Prof. Dr. İlhami KİZİROĞLU

GENEL BİYOLOJİ

CANLILAR BİLİMİ

Gözden Geçirilmiş

7. Baskı

Ücretsiz PDF Ki



İÇİNDEKİLER

GİRİŞ 1

BÖLÜM I
BİYOLOJİ BİLİMİNİN TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİ

1. BİYOLOJİNİN DÖNEMLERİ VE TARİHİ GELİŞİMİ 3
   1.1. BİLİMÖNCESİ DÖNEM (=ERKEN DÖNEM) 3
      1.1.1. Başlangıç Dönem 3
      1.1.2. Klasik Antik Dönem 5
      1.1.3. Geç Antik Dönem 7
      1.1.4 Bizans 7
      1.1.5. Doğu ve İslam - Türkler ve Araplar 7
      1.1.6. Ortaçağ 8
      1.1.7. Erken Yeni Çağ 8
      1.1.8. 17. ve Erken 18. YY (Barok Dönemi) 9
2. BİYOLOJİ DALLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ 10
3. BİYOLOJİNİN BAZI ÖNEMLİ DALLARI 13
4. BAZI BİYOLOJİK KAVRAMLAR 15
5. CANLILIĞI BELİRLEYİCİ ÖZELLİKLERİN KAMÇILI HAYVAN (EUGLENA) ÖRNEĞİNDE İRDELENMESİ 16

BÖLÜM II
HÜCRE BİYOLOJİSİ

1. HÜCRE BİYOLOJİSİNİN GELİŞİMİ 19
2. HÜCRENİN IŞIK ve ELEKTRONMİKROSKOBİK RESMİ 20
3. HÜCRELERİN BÜYÜKLÜK ve ŞEKLİ 20
   3.1. HÜCRELERİN MÜŞTEREK TEMEL YAPILARI 22
4. HÜCRE ve ORGANELLERİ 25
   4.1. HÜCRE KOMPARTIMANLARI 25
      4.1.1. Membran 25
      4.1.2. Plazmalema 28
      4.1.3. Hücre Çeperi 28
   4.2. HÜCRE ORGANELLERİNİN YAPI ve İŞLEVİ 29
      4.2.1. İki Membranlı Organeller 29

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

4.2.1.1. Hücre Çekirdeği ... 29
4.2.1.2. Mitokondriler ... 32
4.2.1.3. Plastidler ... 33
4.2.1.3.1. Proplastidler ... 34
4.2.1.3.2. Kloroplastlar ... 34
4.2.1.3.3. Etioplastlar ... 36
4.2.1.3.4. Lökoplastidler ... 36
4.2.1.3.5. Kromoplastlar ... 36
4.2.2. Mitokondri ve Plastidlerin Kökeni ... 37
4.2.3. Basit ve Tek Membranlı Organeller ... 37
4.2.3.1. Endoplazmik Retikulum ... 37
4.2.3.2. Golgi Cihazı ... 39
4.2.3.3. Lizozomlar ... 40
4.2.3.4. Vakuoller ... 41
4.2.3.4.1. Kontraktil Vakuoller ... 41
4.2.3.4.2. Merkezi Vakuoller ... 41
4.2.3.4.3. Depo Vakuolleri ... 41
4.2.4. Membransız Organeller ... 42
4.2.4.1. Ribozomlar ... 42
4.2.4.2. Sitozomlar ... 43
4.2.5. Hareket Organelleri ... 43
4.2.5.1. Mikrotubuliler ... 43
4.2.5.2. Sentrioller ... 45
4.2.5.3. Kamçı ve Siller ... 45
4.2.5.3.1. Protosit Silleri ... 46
5. BİTKİ ve HAYVAN HÜCRESİ ... 46
6. TEKHÜCRELİDEN ÇOKHÜCRELİYE GEÇİŞ ... 48
7. BİTKİ HÜCRELERİNDE FARKLILAŞMA ... 50
8. HAYVAN HÜCRELERİNDE FARKLILAŞMA VE DOKU OLUŞUMU ... 51
8.1. HÜCRELERARASI BAĞLANTILAR ... 51
8.2 HAYVANSAL DOKULAR ... 52

BÖLÜM III
METABOLİK OLAYLAR

1. HÜCRENİN YAPI ve İÇERİK MADDELERİ ... 59
1.1. TEMEL KİMYASAL MADDELER ... 59
1.1.1. Su ... 63
1.1.2. Karbon ... 63
1.1.2.1. Alkoller ... 64
1.1.2.2. Karbonik Asitler ... 64
1.1.3. Hidrojen ... 64
1.1.4. Oksijen ... 64

1.1.5. Azot ... 65
1.1.6. Kükürt ... 65
1.1.7. Fosfor ... 65
1.1.8. Anorganik İyonlar ... 65
1.2. BİYOKİMYASAL ARAŞTIRMA TEKNİKLERİ ... 65
1.3. PROTEİNLER ... 66
1.3.1. Aminoasitler ... 67
1.3.2. Polipeptidler ... 68
1.4. LİPİDLER ... 70
1.5. KARBONHİDRATLAR ... 72
1.6. NUKLEİKASİTLER ... 73
1.6.1. İdendik Redüplikasyon ... 76
2. HÜCRE METABOLİZMASI ... 77
2.1. BİYOKATALİZ ... 77
2.1.1. Enzimatik Bir Tepkimenin Olaylanması ... 78
2.1.2. Bir Reaksiyonun Oluşma Koşulları ... 79
2.1.3. Enzim İnhibisyonu ... 80
2.2. KOENZİMLER ... 81
2.2.1. Hidrojen Taşınımı ... 82
2.2.2. Enerji Nakli ... 82
2.3. GLİKOLİZ ... 83
2.4. SİTRİKASİT ÇEVRİMİ ... 85
2.5. SOLUNUM ZİNCİRİ ... 87
2.5.1. ATP'nin Oluşum Mekanizması ... 88
2.6. KARBONHİDRAT YIKIMINDAN ENERJİ KAZANCI ... 88
2.7. OKSİJEN KULLANILMAYAN ve ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÖREV YAPAN MAYALANMA ... 90
2.8. YAĞ YIKIMI ... 90
2.8.1. Yağ Asidi Yıkımında Enerji Kazancı ... 91
2.9. PROTEİN METABOLİZMASI ... 92
2.10. METABOLİK OLAYLARIN BİRBİRİ İLE İLİŞKİLERİ ... 92
2.11. MADDE NAKLİ ... 92
2.11.1. Difüzyon ... 92
2.11.2. Ozmoz ... 93
2.11.3. Plazmoliz ... 94
2.11.4. Turgor ... 94
2.11.5. Membranla Madde Nakli ... 95
2.11.6. Potasyum-Sodyum-Pompası ... 96
2.11.7. Endositoz ve Ekzositoz ... 96
2.12. HAREKET ... 97
2.12.1. Kas Hareketi ... 97
2.12.2. Amöboid Hareket ... 98
2.12.3. Kamçı ve Sil Yardımı ile Hareket ... 99
3. BİYOTEKNOLOJİ ... 99
3.1. ESKİ BİR TEKNİK OLARAK BİYOTEKNOLOJİ ... 99

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

3.2. AGAR KÜLTÜRÜNDEN ÜZÜM FERMENTASYONUNA DOĞRU GELİŞME ... 100
3.2.1. Mikroorganizmaların Seçimi ... 100
3.2.2. Mikroorganizmaları Biyoteknolojide Bu Kadar Önemli Yapan Nedir? ... 100
3.3. BİYOTEKNOLOJİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ ... 100
3.3.1. Biyoprotein Üretimi ... 100
3.3.2. Biyoalkol Üretimi ... 101
3.4. ANTİBİYOTİKLER BAKTERİ ÇOĞALMASINI İNHİBE EDER ... 101
4. BİTKİLERDE MİNERAL TUZLARIN ve SUYUN ALINIMI İLE NAKLİ ... 102
4.1. YAPRAK ... 102
4.1.1. Yaprağın Yapısı ... 102
4.1.2. Buharlaşma ... 103
4.1.3. Stoma Açıklığı ... 103
4.1.3.1. Yaprağın İşlev ve Yapısı Arasındaki İlişki ... 104
4.2. KÖK ... 105
4.2.1. Kökün Yapısı ... 105
4.2.2. Kökün Suyu Alması ... 106
4.2.3. Kökün İyonları Alması ... 106
4.2.4. Kök Basıncı ... 107
4.3. GÖVDE ... 107
4.3.1. Enine Büyüme ... 107
4.3.1.1. Gövde Metamorfozları ... 109
4.3.2. Monokotiledonlarda İletim Demetleri ... 109
4.3.3. Su Nakli ... 109
4.3.4. Asimilasyon Ürünlerinin Nakledilmesi ... 110
4.3.4.1. Asimilat İletim Mekanizması ... 111
4.4. BİTKİ ve TOPRAK ... 111
5. BİTKİLERDE MADDE DEĞİŞİMİ ve ENERJİ BÜTÇESİ ... 111
5.1. BİTKİNİN BESİN MADDELERİ ... 112
6. BİTKİLERDE ENERJİ KAZANIMI ve MADDE YAPIMI ... 113
6.1. FOTOSENTEZİN ABİYOTİK FAKTÖRLERE BAĞIMLILIĞI ... 114
6.1.1. Işık ... 114
6.1.2. Sıcalık ... 114
6.1.3. Havanın CO2 İçeriği ... 114
6.2. YAPRAKTAKİ RENK MADDELERİ ... 114
6.2.1. Fotosistemler ... 115
6.2.2. Fotosentezin Olaylanması ... 117
6.2.3. Fotosentez Reaksiyonları ... 118
6.2.4. Redüksiyon Maddesinin Hazır Olması ... 118
6.2.5. Redüksiyon Enerjisinin Hazır Olması ... 119
6.2.6. Redüksiyon Mekanizması ... 119
6.2.6.1. Işığa Bağımlı Reaksiyonlar ... 119
6.2.6.2. Işığa Bağımlı Olmayan Reaksiyonlar ... 120

6.2.7. Otoradyografi ... 121
6.2.8. Azotun Redüksiyonu ... 121
6.2.9. C4 Bitkileri ... 122
6.2.10. Duirnal Asit Ritmi ... 123
6.2.11. Fotosentez Ürününün İşlenmesi ... 123
6.3. OTOTROF BAKTERİLER ... 124
6.3.1. Arke Bakterileri ... 124
6.3.2. Kemosentez ... 124
6.3.3. Nitrifikasyon Bakterileri ... 125
6.4. FOTOSENTEZİN EVRİMİ ... 125
7. İNSAN ve HAYVANDA ENERJİ BÜTÇESİ ve BESLENME ... 125
7.1. ENERJİ BÜTÇESİ ... 125
7.1.1. Enerji Miktarının Ölçülmesi ... 126
7.1.2. Respirasyon Katsayısı ... 126
7.2. BESLENME ... 127
7.2.1. Günümüz İnsanının Beslenmesi ... 127
7.2.2. Besin Maddeleri ... 127
7.2.3. Vitaminler ... 128
7.2.4. İz Elementleri ... 129
7.3. BESİNİN YIKIM ve EMİLİMİ ... 129
7.3.1. Ağızdaki Sindirim ... 129
7.3.2. Midedeki Sindirim ... 131
7.3.3. İncebağırsaktaki Sindirim ... 131
7.3.4. Besinin Emilmesi ... 133
7.3.5. Memelilerin Beslenme Şekilleri ... 133
7.4. KARACİĞER ... 135
7.4.1. Karaciğer Hastalıkları ... 135
7.4.2. Safra Kesesi ve Safra Yolları ... 136
8. KAN ve LENF ... 136
8.1. KANIN BİLEŞİM ve YAPISI ... 136
8.1.1. Kan Plazması ve Kan Hücreleri ... 136
8.1.2. Gaz Nakli ... 138
8.1.3. Kanın Diğer Görevleri ... 139
8.1.4. Kan Pıhtılaşması ... 139
8.2. KALP ve KAN DOLAŞIMI ... 139
8.2.1. Omurgalı Hayvanların Kan Dolaşım Sistemleri ... 141
8.2.2. İnsanda Kan Dolaşımı ... 142
8.2.3. Kalp Kasının Çalışması ... 143
8.2.4. Kalp Faaliyetinin Elektriki Uyarımı ... 144
8.2.5. Kalp Atışının Bozulması ve Elektrokardiyogram ... 145
8.2.6. Kan Basıncı ... 145
8.3. LENF ... 146
8.4. AKYUVARLARIN OLUŞUMU ... 147
8.5. KAN GRUPLARI ... 147
8.6. RHESUS FAKTÖRÜ ... 148

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

8.7. KAN GRUPLARININ MOLEKÜLER TEMELLERİ 148
9. SOLUNUM 149
9.1. DERİ SOLUNUMU 149
9.2. TRAKE SOLUNUMU 149
9.3. SOLUNGAÇ SOLUNUMU 150
9.4. AKCİĞER SOLUNUMU 150
9.5. SOLUNUMUN DÜZENLENMESİ 151
10. BOŞALTIM 152
10.1. BÖBREĞİN YAPISI 152
10.2. İDRARIN OLUŞUMU 153
10.3. KONTRAKTİL VAKUOLLER 155
10.4. SOLUCANLARDA BOŞALTIM ORGANI 155

BÖLÜM IV
GENETİK

1. GENETİK BİLİMİNİN İLK ZAMANLARI 157
1.1. GENETİĞİN TEMEL KAVRAMLARI 159
2. HÜCRE BÖLÜNMESİ 160
2.1. MİTOZ 160
2.1.1. Profaz 160
2.1.2. Metafaz 162
2.1.3. Anafaz 162
2.1.4. Telofaz 162
2.1.5. İnterfaz 162
2.1.6. Kromozomların Yapısı ve Şekil Değişimi 163
2.2. MAYOZ 164
2.2.1. Mayozun Gerçekleşmesi 165
3. MENDEL'İN KALITIM YASALARI 167
3.1. DOMİNANT RESESİF KALITIM 167
3.2. YARIDOMİNANTLIK 168
3.3. KALITIM ŞEMASI 168
3.4. DİHİBRİT KALITIM 169
4. KLASİK GENETİĞİN SONUÇLARI 170
4.1. ÇALIŞMA TEKNİKLERİ VE DENEY OBJELERİ 170
4.2. SİRKE SİNEĞİNİN GELİŞİM DÖNGÜSÜ VE MUTANTLARI 171
4.3. MONOHİBRİT KALITIM VE GERİYE ÇAPRAZLAMA 171
4.4. KALITIMIN KROMOZOM TEORİSİ 172
4.5. GEN BAĞLANTISI 174
4.6. GEN BAĞLANTISININ KESİNTİYE UĞRAMASI VE FAKTÖRLERİN DEĞİŞ TOKUŞU 175
4.7. GEN KARTI 176
4.8. X-KROMOZOMUNA BAĞLI KALITIM 177

4.8.1. Genotipik Eşey Tayini ... 177
4.8.2. X-Kromozomundaki Genler ... 178
4.8.3. X-Kromozomlarının Yapışması ... 178
4.8.4. Homozigot Ölümcül Etkili Dominant Gen ... 179
4.9. MODİFİKASYONLAR ... 179
4.9.1. Modifikasyon Yardımı İle Eşey Tayini ... 180
4.10. MUTASYONLAR ... 181
4.11. ELVERİŞLİ VE ELVERİŞSİZ MUTASYONLAR ... 184
5. KALITIMIN MOLEKÜLER TEMELLERİ ... 184
5.1. KALITIM MADDESİ OLARAK DNA ... 184
5.2. DNA'NIN REPLİKASYONU ... 185
5.3. GENETİK BİLGİ NAKLİNİN GERÇEKLEŞMESİ (=Protein Sentezi) ... 186
5.3.1. Transkripsiyon ... 186
5.3.2. Genetik Kod ... 187
5.3.3. Transfer RNA ... 188
5.3.4. Translasyon ... 188
5.3.5. Moleküler Biyolojinin Dogması ... 189
5.3.6. Genetik Kodun Açıklanması ... 189
5.4. MOLEKÜLER BİYOLOJİDE GEN KAVRAMI ... 190
5.4.1. Bir Gen-Bir Enzim Varsayımı ... 190
5.4.2. Bir Gen-Bir Polipeptid Varsayımı ... 191
5.4.3. Parçalanmış Genler ... 192
5.5. GEN MUTASYONU ... 192
5.5.1. Mutajenler ... 193
5.6. GEN AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ ... 193
5.6.1. Operon Modeli ... 194
5.7. HÜCRE ÇEKİRDEĞİ DIŞINDAKİ GENLER ... 196
5.7.1. Plastid Genleri ve Mitokondri Genleri ... 196
6. BAKTERİ VE VİRÜSLERDE KALITIM ... 197
6.1. BAKTERİ HÜCRESİNİN YAPISI ... 197
6.2. BAKTERİLERDE MUTASYON ... 198
6.3. BAKTERİLERDE GENETİK REKOMBİNASYON ... 198
6.4. VİRÜSLERİN ÇOĞALMA VE YAPISI ... 200
6.4.1. T_2-Fajının Yapısı ... 200
6.4.2. HERSHEY-CHASE Deneyi ... 200
6.4.3. Fajların Çoğalması ... 201
6.5. VİRÜSLERDE GEN AKTARIMI ... 203
6.5.1. Rekombinasyon ... 203
6.5.2. Transdüksiyon ... 203
6.6. AIDS ETKENİ HIV ... 204
6.6.1. Retrovirüsler ... 204
6.6.2. AIDS Virüsünün Moleküler Biyolojisi ... 205
7. İNSANDA KALITIM ... 208

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

7.1. İNSAN GENETİĞİNİN ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ 208
7.2. İNSANIN KROMOZOMLARI 209
7.2.1. Kromozomların Preparasyonu 210
7.2.2. İnsanda Gen Kartı Nasıl Yapılır? 211
7.2.3. DNA Seküensleri Nasıl Saptanır? 211
7.3. KAN ÖZELLİKLERİNİN KALITIMI 212
7.3.1. ABO Sistemi 212
7.3.2. Rhesus Sistemi 213
7.3.3. Rh- Uyuşmazlığı 213
7.3.4. Serum Proteinleri 214
7.4. İNSANDAKİ POLİGENİK KALITIM 215
7.4.1. Bedensel Özellikler 215
7.4.2. Ruhi Özellikler 216
7.5. İNSANDAKİ KALITSAL HASTALIKLAR 217
7.5.1. Fenilketonuri 217
7.5.2. Renkkörlüğü 218
7.5.3. Kalıtsal Olan Kanama (=Hemofili) Hastalığı 218
7.5.4. MARFAN Sendromu 218
7.6. İNSAN KROMOZOMUNDAKİ SAYISAL VE YAPISAL DEĞİŞMELER 219
7.6.1. Otozomal Trizomiler 219
7.6.2. Kromozomal İnterseksiik 221
7.6.2.1. TURNER Sendromu 221
7.6.2.2. XXX Trizomi 222
7.6.2.3. KLINEFELTER Sendromu 222
7.6.2.4. Diplo Y-Sendromu 222
7.6.3. Gonadal İnterseksiik 222
7.6.4. Kedi Çığlığı Sendromu 222
7.7. KALITSAL BOZUKLUKLARIN ERKEN TEŞHİSİ GENETİK DANIŞMA MERKEZİ 223
7.7.1. Genom Analizi 223
7.7.2. Gen Sondası Yardımı ile Gen Bozukluğu Tesbiti 223
7.8. KALITIM HASTALIKLARI VE İNSANOĞLUNUN GELECEĞİ 224
7.9. MUTAJENLER KANSERİ AKTİVE Mİ EDİYOR? 224
8. İMMUNBİYOLOJİ 225
8.1. ANTİJEN VE ANTİKOR 225
8.1.1. Antijenler 225
8.1.2. Antikorlar 225
8.1.3. Antijen-Antikor Reaksiyonu 226
8.1.4. Antikorların Çeşitliliği 226
8.2. AKYUVARLARIN FAGOSİTİK ÖZELLİĞİ 226
8.3. BAĞIŞIKLIK CEVABI 227
8.3.1. Hücresel Bağışıklık Cevabı 228
8.3.2. Humoral Bağışıklık Cevabı 229
8.3.3. Bağışıklık Hoşgörüsü 229

8.4. BAĞIŞIKLIK HAFIZASI 229
8.4.1. Aktif ve Pasif Immunite 230
8.4.2. Radyoaktif Işınlar Immun Sistemini Tahrip Ediyor 230
8.4.3. Allerjiler 231
8.4.4. Monoklonal Antikorlar 231
8.4.5. Tümör Hücrelerinin Savunması 232
8.5. ORGAN NAKLİ 232
9. HAYVAN VE BİTKİ ISLAHI VE GEN TEKNOLOJİSİ 232
9.1. ISLAH AMAÇLARI 232
9.1.1. Seksüel Hibridlik 233
9.1.2. Somatik Hibridlik 233
9.2. GEN TEKNOLOJİSİ YÖNTEMLERİ 234
9.2.1. Dokuya Özel Plazmojen Aktivatörü 234
9.3. GEN TEKNOLOJİSİNİN KULLANILDIĞI ALANLAR İÇİN BAZI ÖRNEKLER 235
9.3.1. Hammadde İşlemede Bazı Örnekler 235
9.3.2. Hayvan Islahı ile İlgili Örnekler 235
9.3.3. Buz Minus Bakterileri 236

BÖLÜM V
ÇOĞALMA VE GELİŞME

1. EŞEYSİZ VE EŞEYLİ ÇOĞALMA 238
1.1. EŞEYSİZ ÇOĞALMA ŞEKİLLERİ 238
1.1.1. İkiye Bölünme 238
1.1.2. Tekhücrelilerin Çoğalması 238
1.1.3. Hücre Gruplarının Ayrılması 238
1.2. EŞEYLİ ÇOĞALMA 239
1.2.1. Eşey Hücrelerinin Yapısı 239
1.2.2. Eşey Hücrelerinin Oluşumu 240
1.2.2.1. Yumurta Hücresi ve Spermin Yapısı 241
1.2.3. Eşeysel Üremenin Çeşitleri 243
1.2.4. Döllenme 243
1.2.5. Eşey Dağılımı ve Eşey Tayini 244
1.3. PARTENOGENETİK ÇOĞALMA 245
1.4. ÇEKİRDEK FAZI VE DÖL DEĞİŞİMİ 246
1.4.1. Çekirdek Faz Değişimi 246
1.5. SEKSÜEL İKİ ŞEKİLLİLİK (=DİMORFİZM) 247
2. HAYVAN VE İNSANDA GELİŞME 247
2.1. BÖLÜNME VE TİPLERİ 247
2.2. GASTRULASYON VE EMBRİYO YAPRAĞININ OLUŞUMU 249
2.3. NÖRULASYON VE ORGAN TASLAKLARININ OLUŞUMU 250
2.4. KUŞLARDA EMBRİYONAL GELİŞİM 252
2.5. İNSANDAKİ EMBRİYONAL GELİŞİM 253

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

2.5.1. Döllenme Olayı ... 253
2.5.2. Embriyonun Gelişmesi ... 254
2.5.2.1. Bölünme ... 254
2.5.2.2. Embriyonal Evre ... 255
2.5.2.3. Fetal Evre ... 255
2.5.2.4. Bireysel Gelişme ... 256
2.5.2.5. İkizlerin Oluşumu ... 256
2.5.3. Gebelik Testi ... 257
3. BİTKİLERDE GELİŞİM ... 257
3.1. ÇİÇEK VE YAPISI ... 257
3.2. EMBRİYONAL GELİŞME ... 258
3.3. TOHUMUN OLUŞUMU ... 258
3.4. TOHUMUN FİLİZLENMESİ ... 259
3.5. BİTKİ HÜCRESİNİN BÜYÜMESİ ... 259
3.5.1. Embriyonal Büyüme ... 259
3.5.2. Uzunlamasına Büyüme ... 260
3.5.3. Farklılaşma Büyümesi ... 260
3.6. MEYVE VE ÇEŞİTLERİ ... 260
3.7. KÖK VE GÖVDE GELİŞİMİ ... 260
3.7.1. Gövdenin Gelişmesi ... 260
3.7.2. Kökün Gelişmesi ... 261
4. GELİŞİMİN İÇ VE DIŞ ETMENLERİ ... 261
4.1. PLAZMANIN ÖNEMİ ... 261
4.2. HÜCRE ÇEKİRDEĞİNİN ÖNEMİNİ GÖSTEREN BİR DENEY ... 263
4.3. REJENERASYON ... 264
4.4. YAŞLANMANIN NEDENLERİ ... 265
4.5. SICAKLIK VE IŞIĞIN GELİŞMEYE ETKİSİ ... 265
4.5.1. Sıcaklık ... 266
4.5.2. Işık ... 266
4.6. RADYOAKTİF IŞINLAMA, KİMYASALLARIN ETKİSİ VE KANSER ... 268
4.6.1. Kanser ... 268
4.6.2. Bitkilerde Kanser ... 270
4.7. HÜCRE VE DOKU KÜLTÜRLERİ ... 270
4.7.1. Bitkiler ... 270
4.7.2. Hayvanlar ... 271
5. HORMONLAR ... 271
5.1. HORMONLARIN ETKİ MEKANİZMASI ... 273
5.2. BAZI HORMON BEZLERİ VE ONLARIN ÇALIŞMASI ... 275
5.2.1. Tiroid Bezi ... 275
5.2.2. Böbreküstü Bezi ... 276
5.2.3. Eşey Bezleri ... 276
5.3. HORMONLAR YARDIMI İLE BAZI OLAYLARIN YÖNETİMİ ... 277
5.3.1. Şeker İçeriği ... 277

5.4. HORMONLAR VE HİPOFİZİN DENETİM GÖREVLERİ..... 278
5.5. PROGRAMLANMIŞ ADRESLER..... 279
5.6. HORMON SİSTEMİNİN BOZULMASI..... 279
5.7. YUMURTANIN OLGUNLAŞMASININ YÖNETİMİ..... 280
5.8. HORMONLA GEBELİKTEN KORUNMA..... 281
5.9. YUMURTA ÇIKIŞININ TAYİNİ..... 281
5.10. GELİŞİMİN HORMONAL DENETİMİ..... 281
5.10.1. Bitkilerde..... 281
5.10.2. Hayvanlarda..... 284
5.11. STEROİD HORMONLARLA GENLERİN AKTİVASYONU..... 285

BÖLÜM VI
DÜZENLEME VE YÖNETİM

1. UYARI VE TEPKİ..... 287
2. SİNİR HÜCRESİ..... 288
2.1. SİNİR HÜCRESİNİN YAPISI..... 288
2.2. SİNİR HÜCRELERİNDEKİ ELEKTROKİMYASAL OLAYLAR..... 289
2.2.1. Membran Potansiyeli..... 289
2.2.2. Dinlenme Potansiyeli..... 290
2.2.3. Aksiyon Potansiyeli..... 290
2.2.4. Refrekter Fazı..... 291
2.2.5. Aksiyon Potansiyelinin İletimi..... 291
2.3. SİNİR HÜCRELERİ ARASINDAKİ UYARININ İLETİMİ..... 292
2.3.1. Sinapsın Yapısı..... 292
2.3.2. Sinapsın İşlevi..... 293
2.3.3. Motorik Son Plaka..... 294
2.3.4. Aksiyon Potansiyelinin Nakli..... 294
2.3.5. İnhibe Edici Bir Sinapsın Etkisi..... 294
2.3.6. İki Aktive ve Bir İnhibe Edici Sinapsın Ortak Etkisi..... 294
2.4. VÜCUDUN ÜRETTİĞİ UYUŞTURUCU MADDELER..... 295
3. SİNİR SİSTEMİ..... 295
3.1. SİNİR SİSTEMİNİN GELİŞİMİ..... 295
3.2. OMURİLİK..... 297
3.2.1. Refleksler..... 298
3.3. VEJETATİF SİNİR SİSTEMİ..... 299
3.4. BEYİN..... 300
3.4.1. Beynin Yapısı..... 301
3.4.2. Ara Beyin..... 301
3.4.3. Orta ve Arka Beyin..... 301
3.4.4. Küçük Beyin..... 302

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

4. SİNİR SİSTEMİNDE BİLGİNİN İŞLENMESİ 302
4.1. BÜYÜK BEYİN VE ARA BEYİN ARASINDAKİ ORTAK ÇALIŞMA 302
4.1.1. Büyük Beyin 302
4.1.2. Ara Beyin 303
4.1.3. Limbik Beyin 303
4.1.4. Büyük ve Küçük Beyin Arasındaki Ortak Çalışma 304
5. DUYU ORGANLARI 304
5.1. GÖRME ORGANI 304
5.1.1. Işık 304
5.1.2. Göz Çeşitleri 304
5.1.2.1. Kamera Göz 304
5.1.2.1.1. Ağ Tabaka 306
5.1.2.1.2. Görme Purpuru 306
5.1.2.1.3. Radopsin Çevrimi 306
5.1.2.1.4. Renkli Görme 307
5.1.2.1.5. Reseptör Alanları 307
5.1.2.1.6. Akkommodasyon 308
5.1.2.1.7. Uyum (=Adaptasyon) 308
5.1.3. Göz Bozuklukları 309
5.1.3.1. Miyopluk 309
5.1.3.2. Hipermetropluk 309
5.1.3.3. Presbitlik 309
5.1.3.4. Astigmat 309
5.1.3.5. Kromatik Aberrasyon 310
5.1.3.6. Sperik Aberrasyon 310
5.1.4. Diğer Göz Çeşitleri 310
5.1.4.1. Kompleks Göz 311
5.1.4.2. Kompleks Gözün Özellikleri 312
5.2. DUYMA ORGANI 312
5.2.1. Hareket ve Denge Duyusu 314
5.2.2. Gürültü Nedeniyle Sağırlık 314
5.3. DİĞER DUYU ORGANLARI 314
5.3.1. Koklama Organı 314
5.3.2. Tatma Duyusu 316
5.3.3. Kimyasal İç Uyarı 316
5.3.4. Akıntı Duyusu 316
5.3.5. Manyetik Duyu 317
5.3.6. Elektriki Alanlar İçin Duyu Organı 317
5.4. ÇEVRE VE DUYU ORGANLARI 318
6. SİNİR SİSTEMİNDEKİ KOMPLEKS OLAYLAR 318
6.1. HORMON VE SİNİR SİSTEMİNİN BİRLİKTE ÇALIŞMASI 318
6.2. STRES VE RUHSAL HASTALIKLAR 319
6.2.1. Stres 319
6.2.2. Ruhi Hastalıklar 320

6.3. UYKU VE RÜYA ... 320
7. BİTKİLERDE UYARILABİLİRLİK ... 321
7.1. BİTKİLERDE HAREKET ... 321
7.2. BELLİ UYARILARA TEPKİLER ... 321
7.2.1. Işık Uyarısı ... 321
7.2.2. Sıcaklık Uyarısı ... 322
7.2.3. Yerçekimi Uyarısı ... 322
7.2.4. Kimyasal Uyarı ... 323
8. GÜNLÜK VE YILLIK BİYOLOJİK RİTİM ... 324

BÖLÜM VII
EKOLOJİ

1. BİR CANLININ ÇEVRESİ ... 325
1.1. YERYÜZÜNDEKİ YAŞAMA ALANLARI ... 325
1.2. ÇEVRE ETMENLERİNİN EKOLOJİK DEĞERLİLİĞİ ... 326
1.3. İKLİM FAKTÖRLERİ ... 327
1.3.1. Sıcaklık ... 327
1.3.1.1. İklimle İlgili Ekolojik Kurallar ... 329
1.3.1.2. Kış Uykusu ... 330
1.3.2. Su ... 330
1.3.2.1. Kurak Ortamda Yaşayan Hayvanlar ... 331
1.3.2.2. Nemli Ortamda Yaşayan Hayvanlar ... 331
1.3.2.3. Bitkilerin Su Bütçesi ... 332
1.3.3. Işık ... 332
1.4. GÖSTERGE BİTKİLERİ ... 333
1.5. BİYOTİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ ... 334
1.5.1. Bitkiler Arasındaki Rekabet ... 334
1.5.1.1. Çoğalma Yeteneği ... 334
1.5.1.2. Yayılma Yeteneği ... 334
1.5.1.3. Kendini Kabul Ettirme Yeteneği ... 334
2. CANLILAR ARASINDAKİ İLİŞKİLER ... 334
2.1. TÜRİÇİ İLİŞKİLER ... 334
2.2. TÜRLERARASI İLİŞKİLER ... 335
2.2.1. Avcı ve Av İlişkisi ... 336
2.2.2. Koruyucu Mekanizmalar ... 336
2.2.3. Mimikri ... 337
2.2.4. Parazitlik ... 337
2.2.4.1. Sıtma ... 338
2.2.5. Kommensallik ve Simbiyozluk ... 339

3. POPULASYONLAR 342
3.1. BİR POPULASYONUN BÜYÜKLÜĞÜ VE GELİŞMESİ 342
3.2. DÜNYA VE TÜRKİYE NÜFUSUNUN ARTIŞI 344
3.3. POPULASYON YOĞUNLUĞUNUN DÜZENLENMESİ 346
3.3.1. Yoğunluğa Bağlı Faktörler 347
3.3.2. Yoğunluğa Bağlı Olmayan Faktörler 348
3.3.3. Kitle Değişimi 348
3.4. ZARARLILARLA SAVAŞ 348
3.4.1. Teknik Savaş 349
3.4.1.1. Fiziksel Savaş Yöntemi 349
3.4.1.2. Kimyasal Savaş Yöntemi 349
3.4.2. Ekolojik Savaş 351
3.4.2.1. Kültür Yöntemi 351
3.4.2.2. Biyolojik Savaş 351
4. EKOSİSTEMLER 352
4.1. EKOLOJİK NİŞ 352
4.1.1. Aynı Yaşama Alanının Farklı Kullanımı İle Niş Oluşturma Olanakları 353
4.2. EKOSİSTEMDEKİ BESLENME İLİŞKİLERİ 354
4.2.1. Üreticiler 354
4.2.2. Tüketiciler 354
4.2.3. Parçalayıcılar 354
4.3. MADDE ÇEVRİMİ VE ENERJİ AKIŞI 354
4.3.1. Karbon Çevrimi 354
4.3.2. Yumru Bakterilerin Azotu Bağlaması 355
4.4. EKOSİSTEMLERDE ÜRETİM 356
4.4.1. Besin Zinciri ve Besin Ağı 357
4.5. ORMAN EKOSİSTEMİ 357
4.5.1. Ormanın Yapısı ve Gelişimi 357
4.5.2. Ormanda Madde Dönüşümü 359
4.5.3. Ormanın İşlevleri 360
4.6. ASİT YAĞMURU VE ORMAN ÖLÜMÜ 361
4.7. GÖL EKOSİSTEMİ 361
4.7.1. Gölün Tabakalı Yapısı 361
4.7.2. Göldeki Sirkülasyon Hareketleri 362
4.7.3. Gölde Madde Çevrimi 363
4.7.3.1. Azot Dönüşümü 363
4.7.3.2. Kükürt Dönüşümü 364
4.7.3.2. Karbon Dönüşümü 364
4.7.3.3. Fosfor Dönüşümü 364
4.7.3.4. Mineralizasyon 364

4.8. DENİZ EKOSİSTEMLERİ 364
4.8.1. Denizin Bölümlere Ayrılması 364
4.8.2. Yaşam Alanı Olarak Deniz 365
4.8.3. Denizde Yaşayan Organizmalar 365
4.9. YENİ EKOSİSTEMLERİN OLUŞUMU 366
4.9.1. Volkanik Olarak Oluşan Bir Adanın Canlılar Tarafından İlk Defa İşgali 366
4.9.2. Bir Gölün Süksesyon Dönemi 366
4.9.3. Traşlama Bölgesinin İşgali 367
4.9.4. Süksesyon ve Ekosistemde Madde Üretimi 368
5. KİRLENME 368
5.1. TOPRAK KİRLENMESİ 368
5.2. HAVA KİRLENMESİ 369
5.2.1. Asit Yağmurları 369
5.2.2. Hava Kirlenmesinin Lokal Etkileri 369
5.2.3. Hava Kirlenmesinin Genel Etkileri 371
5.2.4. Havayı Kirleten En Önemli Maddeler 371
5.2.4.1. Kükürtdioksit 371
5.2.4.2. Karbonmonoksit 371
5.2.4.3. Azot Oksitleri 371
5.2.4.4. Tozlar 371
5.2.4.5. Hidrokarbonlar 372
5.2.4.6. Klor-Flor-Hidrokarbonlar 372
5.3. OZON TABAKASINDAKİ DELİKLER 372
5.4. SU KİRLENMESİ 373
5.4.1. Su Kalitesinin Saptanması 373
5.4.2. Kendi Kendini Temizleme Gücü (=Ötrofi) 373
5.4.3. Su Kirlenmesi ve Enfeksiyon Tehlikesi 374
5.5. ÇÖP İZALE VE SORUNLARI 374
5.5.1. Tekniğe Uygun Depolama 374
5.5.2. Kompostlama 375
5.5.3. Çöpün Yakılması 375
5.5.3.1. Geri Kazanım (=Recyoling) 375
5.6. ATIK SUYUN TEMİZLENMESİ 376
5.6.1. Mekanik Temizleme Basamağı 376
5.6.2. Biyolojik Temizleme Basamağı 376
5.6.3. Kimyasal Arıtma Basamağı 377
5.6.4. Çamur Arıtma İşlemi 377
5.7. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ 377

6. KORUMA 377
6.1. DOĞA KORUMA 378
6.1.1. İlaç Etki Maddesi Olarak Canlılar 378
6.1.2. Genetik Rezerv Olarak Canlı Varlıklar 379
6.1.3. Biyoindikatör Olarak Canlılar 379
6.2. DOĞA KORUMANIN ETİK VE ESTETİK NEDENLERİ 380
6.2.1. Koruma Alanları 380
6.2.2. Çevre Koruma Alanları 380
6.2.3. Doğal Parklar 380
6.2.4. Doğal Abideler 380
6.2.5. Sahildeki Yaşam Alanları 381
7. RADYOEKOLOJİ 381
7.1. RADYONÜKLEİDLERİN ABİYOTİK DAĞILIMI 381
7.2. RADYOAKTİVİTE KİRLİLİĞİ 382
7.2.1. Işınların Biyolojik Etkisi 383
8. ÇEVRE EĞİTİMİ 384

BÖLÜM VIII
DAVRANIŞ

1. DAVRANIŞ BİYOLOJİSİ BİLİMİNİN METODLARI 385
1.1. HAYVAN DAVRANIŞINI ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ 385
1.1.1. Doğadaki Gözlemler 386
1.1.2. Araştırmalarda Kullanılan Aletler 386
1.1.3. Laboratuvar Deneyleri 386
1.1.4. İzolasyon Deneyleri 387
1.1.5. Atrap Deneyleri 387
1.2. İNSAN DAVRANIŞ BİYOLOJİSİNİN METODLARI 387
1.2.1. Süt Bebekleri 388
1.2.2. Kör ve Sağır Doğan Çocuklar 388
1.2.3. Kültür Karşılaştırması 388
1.2.4. İnsan-Hayvan Karşılaştırması 388
2. DOĞUŞTAN DAVRANIŞ 388
2.1. DOĞUŞTAN OLAN DAVRANIŞIN KALITIMI 388
2.2. İÇGÜDÜSELDAVRANIŞ 389
2.3. TELEONOMİ 389
2.4. İÇGÜDÜSEL OLAYLARIN OLAYLANMASI 390
2.4.1. Olaya Hazır Olma (=Güdülenme) 390
2.4.2. Appetens Davranış (=İsteksel Davranış) 390
2.4.3. Çözücü, Harekete Getirici 390
2.4.4. Doğuştan Uyarım Mekanizmaları 390

2.4.5. Hareket ve Kalıtsal Olarak Düzenlenmiş Son Olgu 391
2.4.6. Denge ve Konum Belirleme 391
2.5. İÇGÜDÜSEL DAVRANIŞIN İTİLİMİ 393
2.5.1. Harekete Hazır Olma 393
2.5.2. İçgüdü Modelleri 394
2.5.3. Üzerinden Atlamalı Hareketi 394
2.5.4. Hareket Zincirleri 394
2.6. İÇGÜDÜNÜN SIRALANIMI (=HİYERARŞİSİ) 394
2.6.1. Hareketler 394
2.6.2. Hareket Kompleksleri 395
3. KAZANILMIŞ DAVRANIŞ 395
3.1. ZORUNLU VE İHTİYARİ ÖĞRENME 395
3.1.1. İçgüdüsel Öğrenme Bariyeri 395
3.2. TEPKİME 396
3.2.1. Şartlı Tepkimeler 397
3.3. ŞARTLI AKTİVİTELER 398
3.4. BASIMLAMA (=BAĞLANMA) 398
3.4.1. Objeye Basımlama 398
3.4.2. Motorik Basımlama 399
3.5. ALIŞKANLIK ve TAKLİT 399
3.5.1. Alışkanlıkla Öğrenme 399
3.5.2. Taklitle Öğrenme 399
3.6. HAFIZA VE ÖĞRENME DURUMLARI 399
3.6.1. Hafıza 399
3.6.1.1. Kısa ve Uzun Süreli Bellek ve Onun Fizyolojik Temeli 400
3.6.2. Öğrenme Durumları 400
3.6.3. Öğrenme Evresi 400
4. OMURGALILARDA DAVRANIŞIN HORMON FİZYOLOJİK KOŞULLARI 400
4.1. HORMON ETKİ ŞEKİLLERİ 401
4.2. DIŞ UYARI, HORMONLAR ve DAVRANIŞLAR 402
5. İNSAN VE HAYVANLARDA DAVRANIŞ ŞEKİLLERİ 402
5.1. SOSYAL DAVRANIŞ 402
5.1.1. Agregasyon 403
5.1.2. Anonim Birlik 403
5.1.3. Bireysel Birlik 403
5.1.4. Sosyal Davranışın Değeri 403
5.2. HABERLEŞME 403
5.2.1. Yüz İfadesinin İşlevi 403
5.2.2. Bilgi Verme İşlevi 403
5.2.3. Gösterme İşlevi 404

5.3. SEKSÜEL DAVRANŞ 404
5.3.1. Eşeysel Farklılık 404
5.3.2. Kur Davranışı 404
5.4. YAŞAMA ALANI VE SAHİP OLMA DAVRANIŞI 405
5.4.1. Revir 405
5.4.2. Revir Davranışı 405
5.5. HİYERARŞİK KONUM DAVRANIŞI 406
5.5.1. Hayvanlarda Hiyerarşi 406
5.5.2. İnsan Toplumunda Hiyerarşi 406
5.6. SALDIRGANLIK DAVRANIŞI 407
5.6.1. Birbirinden Uzaklaşma 407
5.6.2. Saldırı Davranışının önemi 408
5.6.3. Yapay Kavga ve Zarar Verme Kavgası 408
5.7. İNSANDA SALDIRI DAVRANIŞI 409
5.7.1. Saldırı Kuramları 409
5.7.2. Dışlanmışlık Saldırganlığı 409
5.8. KULUÇKA VE ÇOCUK BAKIMI 409
5.8.1. Kuluçka Bakımı 409
5.8.2. Yuvaya Bağımlılık veya Bağımsızlık ve Vücutta Taşıma 409
5.8.3. Annesiz Büyüme 410
5.9. İNSANDA ÇEVRE VE GENLER 410
5.10. İNSANLIK KÜLTÜRÜ 410
6. DAVRANIŞ GENETİĞİ 411

BÖLÜM IX
EVRİM

1. EVRİM DÜŞÜNCESİNİN GELİŞİMİ 413
1.1. DARWIN'E KADAR OLAN GELİŞME 413
1.2. DARWIN'DEN GÜNÜMÜZE KADARKİ GELİŞMELER 416
2. EVRİM TEORİSİ 419
2.1. TÜR KAVRAMI 419
2.2. EVRİM FAKTÖRLERİ 419
2.2.1. Evrimin Temeli Olarak Mutasyonlar 420
2.2.2. Seleksiyon 420
2.2.2.1. Seleksiyon ve Populasyon Genetiği 421
2.2.2.2. Seleksiyon Faktörleri 423
2.2.2.3. Preadaptasyon 423
2.2.2.4. Seleksiyonun Etkisi 424

2.2.2.5. Seleksiyon Etkisi İçin Örnekler 424
2.2.2.6. Ko-Evrim 427
2.2.2.7. Konvergens 427
2.2.2.8. r ve k seleksiyonu 428
2.2.2.9. Mutasyon ve Seleksiyonun Birlikteliği 428
2.2.2.10. Rastlantı Etkisi 429
2.2.2.11. Genetik Rekombinasyon 430
2.3. UYUMUN SINIRLARI 430
2.4. İZOLASYON VE TÜR OLUŞUMU 430
2.4.1. Üreme Biyolojisi Bakımından İzolasyon Mekanizmaları 432
2.4.2. Ekolojik İzolasyon Mekanizmaları 433
2.4.3. Genetik İzolasyon Mekanizmaları 433
2.4.4. Postzigotik İzolasyon Mekanizmaları 434
2.4.5. İntraspesifik ve Transspesifik Evrim 434
2.5. SOSYOBİYOLOJİ 435
2.6. GEN BİLEŞİMİNİN UYUMU 435
2.7. EVRİMDE ÖNEMLİ BİR OLAY: GENLERİN YENİ OLUŞUMU 435
3. EVRİMİN KANITLARI VE ARAŞTIRILMASI 436
3.1. GÜNÜMÜZ CANLILARININ YAPISINDAKİ HOMOLOJİLER 436
3.1.1. Günümüzde Köprü Hayvan Türleri 437
3.1.2. Organların Homolojisi 437
3.2. ANALOG ORGANLAR 439
3.3. DUMURA UĞRAMIŞ ORGANLAR 439
3.4. ATAVİZM 440
3.5. DAVRANIŞ ŞEKİLLERİNİN HOMOLOJİSİ 441
3.6. GELİŞMEDE HOMOLOJİLER 441
3.7. BİYOKİMYASAL HOMOLOJİLER 441
3.8. MÜŞTEREK PARAZİTLER 443
3.9. CANLILARIN YAYILIŞININ EVRİM İÇİN ÖNEMİ 443
3.10. HAYVAN COĞRAFYASI 444
3.11. DAVRANIŞ ARAŞTIRMASI 444
4. YERYÜZÜNDEKİ YAŞAMIN TARİHİ 445
4.1. FOSİLLER VE YAŞ TAYİNİ 445
4.1.1. Yaş Tayini Yöntemleri 445
4.2. YAŞAMIN YERYÜZÜNDE OLUŞUMU (=BİYOGENEZ) 446
4.3. KİMYASAL EVRİM 448
4.4. İLKİN CANLILAR 449
4.5. METABOLİK OLAYLARIN EVRİMİ 451
4.6. HÜCRENİN EVRİMİ 452
4.7. YERKÜRENİN İLK ZAMANLARI 454

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

4.7.1. En Eski Canlı Olarak Prokaryontlar 454
4.7.2. Ökaryontların Ortaya Çıkışı 454
4.8. FANEROZOİKUMDAKİ BİTKİ VE HAYVAN DÜNYASI 454
4.8.1. Kambriyum 454
4.8.2. Orodovizyum 454
4.8.3. Silur 454
4.8.4. Devon 454
4.8.5. Karbon 454
4.8.6. Perm 457
4.8.7. Trias 458
4.8.8. Jura 458
4.8.9. Tebeşir Dönemi 459
4.8.10. Tersiyer 459
4.9. EVRİMİN SONUÇLARI 459
4.10. YENİ TİPLERİN OLUŞUMU 461
4.11. ADAPTİF RADYASYON (=UYUMSAL AÇILIM) 461
5. CANLILARIN SOYAĞACI 462
5.1. SOYAĞAÇLARININ YAPILMASI 462
5.2. HOMOLOJİ ARAŞTIRMALARI İLE SOYAĞACI ELDE EDİLMESİ 464
5.3. ATIN SOYAĞACI 464
5.4. MOLEKÜLER BİYOLOJİK SOYAĞAÇLARI 465
5.5. ORGANİZMALARIN GELİŞİM TARİHİ 465
5.5.1. Tekhücrelilerin Oluşumu 465
5.5.2. Çokhücrelilerin Oluşumu 466
5.5.3. Bitkilerin Evrimsel Tarihi 466
5.5.4. Hayvanların Evrimsel Tarihi 466
5.6. EVRİMİN HIZI 468
5.6.1. Grudualizm (=Yavaş Gelişim) ve Punktualizm (=Hızlı Gelişim) 468
5.6.2. Yaşayan Fosiller 469
5.7. EVRİM VE YÜKSEK GELİŞMİŞLİK DÜZEYİ 468
6. İNSANIN EVRİMİ 470
6.1. İNSANIN DOĞAL ORGANİZMA SİSTEMİNDEKİ YERİ 470
6.2. PRİMATLARIN GELİŞİM EĞİLİMLERİ 471
6.2.1. İnsanın Özel Konumu 474
6.2.1.1. Vücudun Dikine Konumu ve Arka Üyelerle Yürüyebilme Özelliği 474
6.2.1.2. Ellerin Kavrama Yeteneği 474
6.2.1.3. Kafatası 474
6.2.1.4. Çene ve Dişler 474

6.2.1.5. Vücut Örtüsü 475
6.2.1.6. Sütçocuğu Tipi, Gençlik ve Yaşlılık Döneminin Uzaması 475
6.2.1.7. Büyük Beynin Büyümesi 475
6.2.1.8. Davranış 475
6.2.1.9. Konuşma 475
6.2.2. İnsanın Anlama Yeteneği 476
6.3. İNSANOĞLUNUN İLK FORMLARI (=ATALARI) 476
6.4. İNSANIN ORTAYA ÇIKIŞI 477
6.5. İNSANIN GELEŞİMİ 477
6.5.1. İlk İnsan Prehominidler 477
6.5.2. Öhominidler 478
6.6. GÜNÜMÜZ İNSAN IRKLARI 479

BÖLÜM X
CANLILARIN SİSTEMATİĞİ

1. BİYOLOJİK SİSTEMATİĞİN TARİHİ 481
2. TÜR KAVRAMLARININ AÇAKLINMASI 482
3. SİSTEMATİK KATEGORİLER 483
4. ORGANİZMALARIN SİSTEMİ 483
4.1. PROKARYONTLAR 485
4.2. PROTİSTALAR 485
4.3. PLANTAE 485
4.4. MYCOBİONTA 486
4.5. LİKENLER 486
4.6. ANIMALİA 486

BÖLÜM IX
BİYOCOĞRAFYA

1. BİYOCOĞRAFYANIN TANIMI ve DALLARI 491
1.1. BİYOCOĞRAFYADA ALAN KAVRAMI 491
1.2. KARASAL ALANLARIN SINIFLANDIRILMASI 493
1.2.1. Holarktik Bölge (=Rejyon) 493
1.2.2. Paleotropik Bölge 494
1.2.3. Neotropik Bölge 495
1.2.4. Avustralya Bölgesi 495

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

1.2.5. Antartika Bölgesi 496
1.3. DENİZLERİN SINIFLANDIRILMASI 496
2. BİYOCOĞRAFYANIN TARİHİ 497
2.1. KITALARIN KAYMASININ ETKİSİ 497
2.2. KITALARIN BÜYÜK MİKTARDA BİRBİRİNDEN AYRILMASI 497
2.3. İZOLASYON OLAYI 498
2.3.1. Madagaskar Adası 498
2.3.2. Yeni Zellanda 498
3. KARA BAĞLANTILARININ ÖNEMİ 499
3.1. GÜNEY ve KUZEY AMERİKA KITASI 499
3.2. KUZEY AMERİKA ve DOĞU ASYA 500
3.3. AFRİKA ve HİNDİSTAN 500
4. PLEİSTOSENİN BİYOCOGRAFYASI 500
4.1. BUZUL ÇAĞLARI 500
4.2. SICAK DÖNEMLER ve BUZUL ÇAĞI SONRAKİ DÖNEM 501
4.3. GÜNÜMÜZ DÖNEMİ 501
5. EKOLOJİK BİYOCOĞRAFYA 502
5.1. DİNAMİK ETMENLER 502
5.1.1. Pasif (=Allokor) Yayılma 502
5.1.1.1. Su (=Hidrokor) İle Yayılış 502
5.1.1.2. Rüzgar (=Anemokor) İle Yayılma 502
5.1.1.3. Hayvan (=Zookor) İle Yayılış 502
5.1.1.4. İnsan (=Antropokor) İle Yayılış 503
5.1.2. Aktif (=Otokor) Yayılma 503
6. CANLILARIN YAYILIŞINA ETKİ YAPAN NEDENLER 503
a) BERGMANN KURAMI 503
b) ALLE KURAMI 503
c) GLEGOR KURAMI 504
d) HESSE KURAMI 504
1. ABİYOTİK FAKTÖRLERİN ETKİNLİĞİ 504
2. FLORA ve FAUNA ELEMANLARI 505
7. EKOSİSTEM 505
8. COĞRAFİK YAŞAMA ALANLARININ BİYOEKOLOJİK OLARAK SINIFLANDIRILMASI 505
ULUSLARARASI ÖLÇÜM BİRİMLERİ SİSTEMİ 507
LİTERATÜR 510
FİHRİST 524

GİRİŞ

Biyoloji (bios= hayat; logos= söz, bilim) canlı sistemler bilimidir. Biyolojinin "HAYAT BİLİMİ" diye tercüme edilmesi, tam doğru değildir; zira kendi başına bir hayat yoktur. Yani, ancak belli sistemlerin, daha doğrusu canlı sistemlerin canlılık özelliği olarak hayata rastlanır.

Canlılık çeşitlidir. Çok sayıda canlı türü vardır. Örneğin bakteri ve mavi algler gibi 3000 prokaryo(n)t türü, 450 000 bitki ve 1,5-2,0 milyon (belki daha fazla) hayvan türü, ökaryo(n)t, bilinir. Bu çeşitlilik içinde benzer özellikler ve genel kuralların incelenmesi "GENEL BİYOLOJİ"nin görevidir.

Canlı sistemlerin nükleikasit ve proteinler gibi makromoleküllerden ve bunların da daha küçük yapı taşlarından oluşmaları, onların önemli özellikleridir. ***Makromoleküller sürekli olarak yapılır ve yıkılır.*** *Canlı sistemlerin en önemli özelliği olan metabolik faaliyetlerde, enerjiye gereksinim duyulur. Bu mekanizmalar* ***dışdaki*** *enerji kaynaklarını (enerjice zengin maddeler, besin ve ışık gibi) da içerir. Yani* ***canlı sistemler "AÇIK SİSTEM"****lerdir.* ***Bunlar, madde ve enerji akımı ile çepeçevre sarılı olup, akıcı bir denge oluşturur.*** *Çevrelerindeki madde alışverişini zorlaştıran ve kaybını asgariye indiren, sistemin mekanda devamını sağlayan bazı özel yapılarla sınırlıdır. Bu ayırım, en başta* ***"HÜCRE"*** *düzeyindedir. Yani bu, hücerelerin membran ve çeperlerle çevrili olması ile başlar, çok hücrelilerle organizma düzeyinde devam eder.* ***Bu bağlamda "BİYOLOJİ" organizmaların işlev ve yapılarını açıklar ve analiz eder. Organizmalar kimyasal yapıları bilindiğinden beri, onları*** *bazı hayatsal işlevlerle (mesela madde ve enerji değişimi, büyüme, çoğalma, duyarlılık ve aktif hareketler) karakterize etme yanında,* ***en basitinden en gelişmiş organik moleküllerine (BİYOMOLEKÜLLER) kadar açıklayabiliriz.***

Biyomoleküller, cansız doğayı karakterize eden yapılara göre çok daha karmaşıktır. Yani ***canlı ve cansız varlıklar,*** *kesin sınırlarla ayrılır. Hatta çoğalmaları başka bir canlıya bağlı olan ve uzun süre canlıdan sayılmayan virüslerde bile gizli bir canlılık vardır.*

Bitki ve hayvanlar arasındaki sınır, özellikle belli bazı tekhücreli organizmalarda o kadar kesin değildir. Kloroplast içeren yeşil renkli ve fototrof olan kamçılılardan ***Euglena gracilis*** *bitkidir. Halbuki aynı türün kloroplast içermeyen heterotrof örnekleri, hayvan olarak kabul edilir.*

Yaşam olayları biyomoleküllerin düzenli tepkimeleridir. *Son yıllardaki moleküler biyolojik gözlemler, organizmaların nükleikasit (DNA ve RNA) ve protein taşımaları ile kendilerini gösterdiklerini açıklar. Bu nedenle canlının tarifini yapmak daha kolaydır.* ***"CANLI" nükleikasit ve protein taşıyan ve bu molekülleri bizzat sentezleyen doğal yapıdır.***

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

BÖLÜM I
BİYOLOJİ BİLİMİNİN TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİ

1. BİYOLOJİNİN DÖNEMLERİ VE TARİHİ GELİŞİMİ

1.1. BİLİMÖNCESİ DÖNEM (=ERKEN DÖNEM)

Bilim ve özellikle Doğal Bilimlerin iki önemli aşaması ve bunları savunan temsilcileri vardır. İlk aşamada her konu için antik döneme başvurulur. Antik dönemde gelişimin devamlı ve kesintisiz olarak ortaya çıktığı görüşü paylaşılır. Diğer aşamanın temsilcileri de gerçek Doğabilmin, ancak **GALILEI** ve onun yeni yöntemleri ile başladığı görüşündedir. Ondan öncekilerin bilimsel olmadığı fikrini taşırlar. Her iki görüşün de kendi açısından haklı yanları vardır.

Bilimsel gelişimdeki bazı dönemlerde çok incelip kopma noktasına gelen bir devamlılık söz konusudur. Burada sosyal bilimlerdeki gelişimin çoğu kez farklı; ama yine de devamlı olduğunu unutmamak gerekir. Sosyal ve Doğal Bilimler arasındaki karşılıklı etkileşim günümüze kadar süregelmiştir. Bu iki bilim arasındaki ilişkiyi kavrayabilmek için, bilimin tarihi gelişimini anlamak gerekir.

1.1.1. Başlangıç Dönemi

İnsanoğlunu hayvandan ayıran en önemli özellik, onun düşünme ve konuşma yeteneğine sahip olmasıdır. Bu özelliklerini kullanabilen insanoğlu, kazandığı deneyim ve geleneklerini, sonraki döllere aktararak, kültür zenginliğine ulaşır. Bu temel görüşten yararlanarak, daha çok ilk dünya görüşü elde edilmiştir. İnsanoğlu ilk

dönemler bazı hareketlerle konuşabiliyordu. Bundan yararlanarak sosyal iletişim sağlanıyordu. Daha sonraları kavramsal ve şekilsel konuşma ortaya çıktı. Buna bağlı olarak düşünme de gelişti. Böylece insanoğlu çevresindeki olaylar hakkında düşünce üretmeye başladı. Gerçi bu döneme özgü belgeler elimizde yoktur; ama yine de taş devrine gelinceye kadarki gelişim sürecini ortaya koyan, bazı bulgular vardır. İlk belgeler ancak taş devrine ait olan mağara resim ve motifleridir. Bu bulgular ilk insan hakkında bize bilgi ve fikir verir. Bu resimler daha önce yaşayan insanların aktardıkları bir kültür birikiminin ürünüdür. Aslında bu bulgular basit resim ve motifler şeklinde değerlendirilmemelidir. Bunlar daha çok, insanın, günlük hayatta yaşadığı olayların çoğunu, şekil ve çizim olarak resmedebilme yeteneğinde olduğunun kanıtıdır. Aynı zamanda bu hayvan resimlerindeki orjinallik ve tamamlayıcılık, bize insanoğlunun çevresini ve çevresindeki canlı varlıkları, çok iyi gözlemleyip incelediğini gösterir. Gerçi bunun bilimsel bir açıklaması yoktur; ama taş devri insanının biyolojik çevresini iyi algılayıp tanıdığını bize aksettirmesi bakımından ilginçtir.

İlkel insan, karşılaştığı objenin onun için ne anlama geldiğini ve ondan ne bekleyip, ona karşı nasıl davranması gerektiğini bilmek zorundadır. Burada biyolojik olayların rolü büyüktür. Çoğalma, doğurma, büyüme, yaşlanma ve ölüm, ilk insan için de önem taşıyan biyolojik olgulardır. Evren insanoğlunun yaşamı ile eşanlamlı olarak kabul edilmiştir. Burada 'BİYOLOJİK ŞEKİLLİLİK= BİYOMORF' DÜNYA GÖRÜŞÜ'nden söz edilir. Oysa dünyanın açıklanması, 'SOSYO ŞEKİLLİLİK= SOSYOMORF' bir karektere sahiptir. Dünya denince uyumlu toplumsal bir birlik akla gelir. Bu eski ve geleneksel dünya anlayışı, çok uzun zaman geçerli olmuştur. Ayrıca metafizik ve filozofik sistemlerde bu görüşün kanıtlanmasına sıkça rastlanmıştır. Ancak, bilimin gelişmesi ile bu görüş de geçerliliğini yitirmiştir.

Yaşanan en eski medeniyet Babillilere özgüdür. Onlar, düşün merkezinin kalp olduğunu varsayarak, çeşitli organların çamur maketlerini yapmıştır. Daha sonraki medeniyet kuşağına damgasını vuran Mısır'daki firavun dönemi insanları, çeşitli canlıları evcilleştirmiş, onların biyolojilerine ilgi duymuşlardır.

GALILEI' okulunda DOĞA KANUNU kavramına hiç rastlanmaması ilginçtir. O **'RAGGIONI'** ve **'PRINCIPI'** (=Nedenler ve Kuramlar) dan söz eder. Aynı şekilde 'HAYVAN VE BİTKİ ALEMİ' kavramları, sosyomorf dünya görüşünden çıkmıştır. Evren, moral ve estetik (=güzelliğe özgü) düzen olarak ifade edilir ve burada evrensel olayların, bizim değer yargı ve sonuçlarımıza göre yönlenmediğine dikkat edilmez. Bu dünya görüşü, tarihsel döneme geçişle de kaybolmamıştır. Mısırlı, Yunanlı ve Romalılarda da benzer görüşlere rastlanır. Gökyüzü bir çadır, manto veya bir ev olabilir. Yıldırım bir silah, güneş bir araba veya hükümdar olabilir. Bu düşünceler, ruhi yaşamın çeşitli alanlarında var olup, klasik döneme kadar süregelmiştir.

Bugün de olduğu gibi, klasik dönemdeki doğabilimcilerin çoğunda, örneğin **ARİSTO'** (M.Ö. 384-322) da, TEKNOLOJİK ŞEKİLLİLİK (=TEKNOMORF) DÜNYA GÖRÜŞÜ hakimdir. Temel kavramlar, madde ve amaca uygun davranış şekilleri olarak karşımıza çıkar. Burada **ARİSTO'**nun ortaya koyduğu maddenin dört evriminden bahsetmek lazımdır; bunlar

a) Materyal veya madde; yani **'HYLE'**.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

b) Mevcut maddeden bir şeyler üretebilmek için gerekli olan **hareket planı** veya şekli; yani **'EIDOS'**.

c) Değişimin kökeninin de oyunda olması, yani bir şeyler yapabilen bir **yaratıcının varlığı** kaçınılmazdır, bu da **'POIEIN'** olarak ifade edilir.

d) Dördüncü ve en önemli evrimsel basamak ise belli bir **amacın** var olması; yani **'TELOS'** un belirlenmesidir. Bu evrimsel basamaklar ışığı altında, eğer bir ev inşa edilmek isteniyorsa, aşağıda belirtilen sürecin izlendiği görülür.

Önce taş, toprak veya harcın, yani **ARİSTO**'nun deyimi ile **HYLE**'nin hazır olması gerekir. Evin çeşitli görünüm planının, belli bir ölçekte elde olması zorunluluğu vardır, bu ise **EIDOS**'un devreye girmesidir. Bu bir yerde **mimari tasarımdır**. Bu iki önemli olgunun bir araya gelmesi ile bir değişim beklenir. Bu ise inşaatcının yaratıcı gücü ile bütünleşerek bir ev biçiminde şekillenmeye; yani **POIEIN**'e yol açar. Sonuçta ise **Ev Yapma** amacına, yani **TELOS**'a ulaşılmış olunur. **TELOS** burada içinde oturulabilir bir evdir. Görüldüğü gibi madde olgusu, bilinçli bir şekilde değişime uğramıştır. Bu da **ARİSTO**'nun temel görüşüne uymaktadır.

1.1.2. Klasik Antik Dönem

Bu dönemin asıl bilim ve felsefe merkezi **KÜÇÜK ASYA** da denen **ANADOLU**'dur. Anadolu her yön ve şekilde gelen farklı akımların etkileşim odağı olmuştur. Burada ilk şehirleşme kültürü 8000 yıl önce ortaya çıkmış ve bugün dahi kalıntılarının izlenebildği ürünler vermiştir. Örneğin en eski şehirlerden olan **ÇATALHÜYÜK** Anadolu'da kurulmuştur.

Milattan 500 yıl önceye bakıldığında, Milet'li **THALES**'in olimpik tanrılar yerine, DOĞAL GÜÇLERDEN söz ettiği görülür. İyonyalı doğabilim filozofları, birçok yorum ve varsayımda bulunmalarına karşın elle tutulur gözlemlere az yer vermişlerdir. İlk madde ve elementlerle ilgili sorular daha çok ön planda tutulmuştur. Bu çerçevede ruhlar ötesi ve dinsel temellerin yavaş yavaş sarsıldığı görülmüştür.

Bir dizi modern yorum ve varsayımlara da bu dönemde rastlanır. Örneğin **DEMOKRİTOS** atom kavramını ortaya atmıştır. Burada bilimsel bir temel yaklaşımdan çok, fantazi rol oynamıştır; ama böyle bir kavramın daha o zaman konuşulur olması, hiç de yabana atılmamalıdır. **EMPEDOKLES** (MÖ 500)'in Evrim Bilimi de bunlardan biri idi. **EMPEDOKLES,** dünyayı önceleri, izole haldeki vücut parçalarının işgal ettiğini düşünüyordu. Yani daha insan bir bütün olarak dünyada yokken, vücut kısımları vardı. Örneğin ayrı kol, bacak, karın ve kafalar çağalamıyordu, ancak çoğalma organına sahip olanlar bunu başarıyordu. Diğerleri ise yok oluyordu. Yaşamda kalanlar da çoğalıp artıyordu. Bunlardan da insanlar ve hayvanlar oluşuyordu. Bu görüş ve varsayım tutarsız, kaba, usa uymaz ve fantazi dolu olmakla birlikte, bir bakıma 19. yy'da **DARWİN**'in ortaya attığı **DOĞAL SEÇİLİM KURAMI**'nın daha ilkel olarak izahını oluşturuyordu.

Klasik dönemde yaşayan ünlü filozoflardan olan **PLATO** ve onun öğrencisi olan **ARİSTO**'nun Biyolojinin gelişimi açısından büyük önemi vardır. **PLATO**'nun ortaya attığı **PLATONİZM**'de evrimsel bir düşünceye rastlanmamakta; ama gerçeklerin fikrin görüntüsü olduğu ve bunların da birbiri ile bağlantılı olmadığı izlenmekte idi. **PLATO**'daki yenilik, başka bir varoluşun

mevcudiyeti ve bunun duyusal deneyim tarafından ruhsal olarak elde edilebileceği görüşüne yer verilmesidir. Bu kanıtlanması ve karşı gelinmesi mümkün olmayan bir olgudur. Fikirler alemi mutlakiyetler alemi olup, göreceli yaklaşımlara burada yer yoktur. Bu fikirler de çeşitli olabilir. Örneğin somut olguların fikri olduğu gibi, sanat eseri ve doğa olayları gibi soyut yaklaşımların da fikri vardır. Bir insan ilk olarak izlediği olay veya olgudan çok etkilenir ve onları ruhun derinliklerine kadar işler. **PLATO** bir bakıma Fikirler Biliminin kurucusu olmuştur. Makedonya'da Stogira'da M.Ö. 384 yılında doğan **ARİSTO, PLATO**'nun en ünlü öğrencilerinden biri idi. **ARİSTO** bilimsel doğa tarihinin kurucusu olmuştur. Düşün ve Devlet Yönetim Biliminde gösterdiği başarılarının yanında, fizikte ve biyoloide de başarılı çalışmalar yürütmüştür. Fizikte yaptığı gözlemleriyle birlikte, biyolojide hayvanlar aleminin betimlemesini de yapan ilk doğa bilimci o olmuştur. **PLATO**'nun ortaya attığı **Fikirler Bilimi** bazen onda da etkili olmuş; ama genelde **ARİSTO** gerçekçi olmasını bilmiştir. Büyük **İSKENDER**'in de hocası olan **ARİSTO**, sonraları Lykeion'da **PLATON AKADEMİSİ**'nin yanına kendi adıyla anılan akademiyi kurmuştur.

ARİSTO hayvanları **HAIMATA (=kanı olan)** ve **ANHAIMATA (=kanı olmayan)** olmak üzere iki sınıfa ayırmıştır. Bu ayırım sonraları yapılan **OMURGALI ve OMURGASIZ** hayvanlara denk düşüyordu. **ARİSTO** hayvanlar alemini dörde ayırmıştı:

a) Doğuran ve kıllı olan dört ayaklılar (bu günkü memeliler);

b) Kuşlar;

c) Yumurta bırakan dörtayaklılar (sürüngen ve çiftyaşamlılar) ve

d) Balıklar

ARİSTO özellikle, solungaç organının anatomik yapısına bağlı olarak balıkları bu günkü anlamda kemikli ve kıkırdaklı balıklara özdeş bir şekilde tanımlamıştı. Balinaları da balıklardan ayırmıştı. Tek toynaklıların da hiç bir şekilde boynuzu olmadığını ve bir hayvanın hem yırtıcı dişe hem de boynuza sahip olamıyacağını belirtmişti. Gerçi onda evrim düşüncesi henüz yoktu; ama deneyimlerinde geneli arayarak daha çok betimlemeler yapmayı yeğlemiştir. Bu bakımdan onda, **PLATO**'nun duyguda aradıklarından farklı bir düşünce yapısı oluşmuştu. Yine de bazen ilginç ve gerçek dışı görüşler ortaya atmaktan geri durmuyordu. **Örneğin kırlangıçların kışı denizde geçirdiklerine inanıyor ve beynin vücudu soğutmaya yaradığını ve mukus salgıladığını savunuyordu.** Canlıların oluşumuna özgü ilk varsayım olan **Kendiliğinden Oluşum (=ABİYOGENEZ)** görüşü de **ARİSTO**'ya aittir. Bu varsayıma göre pire, hamam böceği ve kurt gibi canlılar, vücut teri ve kirden oluşuyordu. Çöplüklerde farelerin, kendiliğinden ve bağırsak kurtlarının da bozuk etlerden oluştuğu sanılıyordu. Deney ve gözlemlere dayanmayan bu varsayım 17. yy'a kadar; yani mikroskobun keşfine kadar sürmüştü.

ARİSTO "HAYVANLAR TARİHİ" adlı eserinde 520 hayvan türünün tanımını yapmış, davranış ve yapılarını betimlemiştir. Bundan başka **ARİSTO**'nun kaleme aldığı **HAYVANLARIN KISIMLARI** ve **HAYVANLARIN ÜREMESİ** adlı eserleri de önemlidir. Özellikle tavuk embriyosunun günlük gelişimi ve işçi arıların partenogenetik yolla çoğalmasını, köpek balıklarının

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

yavrularını, ana karnında geliştirdikten sonra doğurduklarını, çok doğru bir şekilde gözlemleyerek açıklamış ve **GÖZLEM** olgusunu Biyolojiye sokmuştur.

1.1.3. Geç Antik Dönem-Helenizm

Atina'nın çöküşünden sonra M.S. 1000 yılına kadar geçen dönem, bilimsel açıdan verimsiz geçen ölü bir dönem olarak değerlendirilir. Oysa bu görüşün haklı tarafı yoktur. Zira bu dönemde humanizm ve yeni humanizmin değişmezliği ve antik dönemin dar bir kesiti söz konusu olmuştur. Atina'nın politik çöküşüne paralel olarak, bilimde de aynı oranda bir çöküş olmamıştır. O dönemde özellikle Hayvanat ve Botanik bahçelerinin ve diğer önemli bölümlerin varlığı ve İskenderiye'deki bilim kütüphanesi ve müzesinin olağanüstü bir şekilde gelişmesini sürdürmesi, bunun bir kanıtıdır. Bireysel gözlemlerin yoğunlaştığı bu dönemde, birçok önemli görüş ortaya atılmıştır. Büyük İskender'in doğu seferi, Akdeniz Kültürünün Doğu Kültürü ile tanışmasını sağlamıştır. Bu dönemde dinlerin etkin olduğu ve doğu dinlerinin özellikle de İslamiyetin çok hızlı bir şekilde taraftar bulup yayıldığı görülmektedir. İslamiyetin hızlı yayılmasına paralel olarak, doğuda temel ve doğa bilimle uğraşan birçok kurumda, değerli bilim adamları yetişmiştir. Batıda bu dönemin en önemli araştırıcılarından olan **GALENOS (=Galen)** (M.S. 130-200), anatomi ile uğraşan bir doktordu. Özellikle hayvan diseksiyonu yaparak çeşitli tıbbi deneyler yürütüyordu. Adem elmasındaki sinirlerin kesilmesi ile hayvanların ses çıkaramadığını ilk defa o gözlemledi. Anlamlı bir amaca yönelik deneyler yürüttü. Bunlar **GALILEI**'den önce yürütülen deneylerin ilklerini oluşturuyordu.

Bir botanikçi olan **THEOPHRASTOS** (doğum M.S. 371, **Lesbos**) da birçok bitkinin tanımını yaparak, **ARİSTO**'nun hayvanlar aleminde gerçekleştirdiklerini, bitkiler aleminde başarmıştır. O çalışmalarını deneysel düşünceye dayandırmıştı. Yaptığı botanik çalışmaları, biyolojik araştırmaların dönüm noktasını oluşturmuş ve **ARİSTO**'dan sonraki dönem için bir kazanç olmuştur.

1.1.4. Bizans

Roma'nın devlet ve hukuk yapısının hakim olduğu, Yunan bilmi ve felsefesi ile Hıristiyanlığın kaynaştığı Bizans (Doğu Roma)da, kendine özgü bir kültür ve güçlü bir bilimsel temel yapı oluşmuştu. Bu yapı Doğu kültürünün de etkisi ile daha da gelişmişti. Burada Bizans, Doğu ve Batı kültürünü belli bir platformda bir araya getirme şansına sahip olmuştu. Bütün bu uygun yapı ve konuma rağmen, Bizans'ta temel bilimlerdeki gelişme ilahiyat bilimlerindeki kadar olamamıştı. Bunda kilisenin körü körüne uyguladığı baskının önemli rolü vardı.

1.1.5. Doğu ve İslam-Türkler ve Araplar

7.-8. yy'da İslamın hızlı yayılışı ve Akdeniz'in Doğu ve Batı kültürünü sınırlayıp kucaklayan konumu nedeniyle, ilk çağdan orta çağa doğru önemli bir aşama gerçekleşti. Bunda kuşatılan ülkelerin İslamiyeti hemen kabul etmelerinin de rolü vardı. Burada farklı hıristiyan kiliseleri arasındaki anlaşmazlık ve çekememenin de katkısı oldu. Bu süreçde İslamiyet bir yandan Bizans kapılarına dayanırken, diğer taraftan Mısırdaki Kıptilerin İslamiyeti Ortodoksluğa tercih etmeleri, Yunanlıların da

Arap etkisine girmelerine neden oldu. Arap etkisine giren Yunanlılar, Yunan bilim ve kültürünü de birlikte getirdi. Sasanilerin İran'da İslam kültürünü yayma ve desteklemelerinin de bilimin gelişmesine etkisi büyük oldu. Özellikle eski ve ünlü **Gondasopur Tıp Okulu**, Sasani dönemiyle birlikte sahip olduğu Türk, İranlı ve Hintli bilim adamlarının katkısı ile çok gelişti. Bunun sonucu olarak İslam kültürünün yaygınlaşması sağlandı. Özellikle Tıp ve Teknik dallarda çok sayıda bilim adamı yetişti.

Abbasi Halifeliği ile birlikte, İslam Dünyasında geniş çaplı ilmi çalışmalara başlandı. Bu dönemde Me'mun devri, Selçuklularda **MELİKŞAH** (1052-1092) devri, Moğollardan Hülagu Han ve Timur ile onun torunlarından Uluğ Bey devri ve Osmanlılar dönemi ile beraber fasılasız 800 yıllık ilmi çalışma sürdürüldü ve ilim 8.-16. yy'da doruğa ulaştı. Bu dönemde bilime ve dolayısı ile doğal bilimlere Türk-İslam Dünyası damgasını vurdu. Onlar sayesinde hem eski Medeniyetlerin ilmi ürünleri korunmuş, hem de bilime canlılık ve hız kazandırılmıştır. Ancak 16. yy'dan sonra Avrupa büyük ilerleme kaydetmeye başladı. Burada, Arapça olan bilim eserlerinin Latince'ye tercüme edilmesinin rolü fazla olup, böylece Batı Avrupa, Türk-İslam biliminden yararlanma imkanı bularak, önemli ölçüde gelişebilmiştir.

Örnek vermek gerekirse ünü tüm dünyada yayılarak, yazdığı tıbbi eserleri batıda da ders kitabı olarak okutulan büyük Türk alimi ve hekimi **İBNİ SİNA (AVİSENNA) (980-1037) daha 11. yy ortalarına doğru, küçük kan dolaşımını doğru olarak anlatmıştı.** Yani küçük kan dolaşımını ilk bulan kişi olarak adı geçen **SERVETO**'dan tam 300 yıl önce bir Türk, bu önemli keşfi gerçekleştirmişti. Bir başka Türk olan **EL BURUNİ (973-1052)**, faydalı bitki ve otların, çeşitli hastalıklara karşı ilaç olarak nasıl kullanılması gerektiği hakkında çok yararlı araştırma ve buluşlar yapmış, Farmasötik Botaniğin ilk kurucusu olmuştu. El Buruni 180 eser ortaya koydu ve yaşadığı onuncu yy'a **"BURUNİ YÜZYILI"** denmesine neden oldu. 13.000 sayfayı bulan eserlerinde biyoloji ile ilgili olanlar ağırlıkta idi.

1.1.6. Ortaçağ

Bu dönemde bir durgunluk hakimdi. Özellikle kilisenin tutucu etkinliği nedeniyle, deney ve gözlemler yapılamıyor, bunların gereksiz ve tehlikeli olduğuna inanılıyordu. Bu dönemde yaşayan **ALBERTUS MAGNUS** (ölümü 1280), **ARİSTO**'nun eserlerini kendi gözlemleri ile destekleyip tekrar ele almış ve **'VEGETABILIBUS' (=Bitkiler Alemi)** ile **'ANİMALIBUS' (=Hayvanlar Alemi)** adlı kitaplarını yayınlamış. Aynı dönemde yaşayan **ROGER BACON** (1214-1294) da bilimin doğrudan doğruya yürütülecek gözlemlere ve doğal olaylara dayandırılması görüşünü yaymıştır.

1.1.7. Erken Yeni Çağ

Yeni çağın başlaması ile birlikte skolastik (=ilkel) düşünceden uzaklaşılmaya başlandı. Bu daha çok İtalyan anatomistlerince gerçekleşti. Bunlardan Türklerin İstanbul'u almasından bir yıl önce doğan **LEONARDO DA VINCI** (1452-1519), uluslararası bir dahi idi. Onun ifade ettiği şu ünlü sözü, sanki **GALILEI** dönemini çağrıştırıyordu: **'Biz gözlem ve araştırmalarımıza deneyle başlamalı ve**

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

onların yardımı ile olayların nedenlerini açıklamalıyız'. DA VINCI Anatomi ve Karşılaştırmalı Anatomi üzerinde çalışıyordu. Ayaktaki atlama ekleminin yapısını, hem insan hem de atta çok iyi betimlemiş ve bunu çok muhteşem çizimlerle ölümsüzleştirmiştir. Bir mühendis -mimar ve ressam olan **LEONARDO** çizimlerini, kilisenin hışmından korktuğu için ancak gizlice yapabilmiştir. Çizime dayalı düşünce kuramlarını biyolojiye ilk defa sokan da o olmuştur. Hareket organını da aynı anlayışla çizip, işlevsel görüşü de katarak bunu bilimsel olarak açıklamıştır. Bu döneme aslında **LEONARDO, ANDREAS VASALIUS ve GALILEO GALILEI** damgasını vurmuştur. **VASALIUS** (1514-1564) çok sayıda kadavra üzerinde çalışarak, insan vücudunun anatomisini çok iyi işlemiştir. Böylece modern Morfolojinin kurucusu olmuştur. **WILLIAM HARVEY** (1578-1657) **büyük kan dolaşımını** bulmuştur. Böylece küçük kan dolaşımının bir Türk bilim adamı olan **İBNİ SİNA** tarafından keşfinden, yaklaşık 500 yıl sonra büyük kan dolaşımı bulunmuştur.

1.1.8. 17. ve Erken 18. YY. (Barok Dönemi)

Anatomik çizim ve resimlerle matematiksel düşünce tarzı bu dönemde RENE DESCARTES (1596-1650), **BLAISE PASCAL** (1623-1662) ve **GOTTFRIED WILHELM LEIBNITZ** (1646-1716) sayesinde olmuştur. Felsefe ve Doğabilimleri arasındaki karşılıklı etkileşim bu dönemde çok yoğun ve tesirli olmuştur. **DESCARTES'** (=Dekart)'ın **Organizmanın Makine Kuramı,** tüm yaşam olaylarını mekanik ve matematiksel olarak açıklar. **DESCARTES** daha sonraki materyalistlerin yaptığı gibi bunu insana taşımamıştır. İnsan doğal varlık olarak makinedir, düşünce ve duygu insana özgü olup vücutla bağlantılıdır **(İKİ MADDE BİLİMİ).**

Bu dönemde uygulamalı fizikçi ve matematikçi olan **GALILEO GALILEI** (1564-1642)'nin tüm doğa bilimlerine yaptığı etki yadsınamaz. **GALILEI** anlaşılır ve açık bir biçimde, varsayımsal felsefeden uzaklaşmış, uygulamalı ve matematiksel yöntemleri ön plana çıkararak **'YENİ BİLİMİ'** kurmuştur. Bu dönemde; yani 17 yy'in başlarında, optik aletlerin, özellikle mikroskobun keşfi, metodik bakımdan büyük önem taşımaktadır **(VAN LEEUWENHOEK, SWAMMERDAN, MALPIGHI).** Bunun sonucunda **GALILEI**'nin düşüncesi daha yoğun bir biçimde Biyolojiye girmiştir. **GALILEI** Metodu ile hayvanların hareketini içerikli bir şekilde inceleyen **GIOVANNI ALFANSO BORELLI** (1608-1679), insanın yürüme, koşma ve yüzme hareketlerini de analiz edebilmiştir. Bununla birlikte bu kaba mekanik olayların açıklanmış olması, onların nedenlerinin de açıklandığı anlamını taşımaz. Kasların kasılması üzerine hiç bir şey henüz bilinmemektedir.

Yeni yöntem 17 ve 18. yy'da yeni bir başlangıcı da beraberinde getirdi. Bu dönemde bilim adamları müşterek çalışmalar da yürütmeye başladılar. İletişim koşulları kolaylaştı. Bilimle ilgili dernek ve akademiler kurularak bilgi alışverişi sıklaştı ve yoğunlaştı.

LEEUWENHOEK'un çağdaşı olan İtalyan biyolog **FRANCESCO REDI** (1626-1697) yaptığı deneylerle kurtların, ete yumurta bırakan sineklere ait olduğunu bizzat gözlemleyerek buldu ve bilime deney ve gözlemi sokup **Kendiliğinden Oluşum Varsayımını** çürüttü. Ama bu kuramın çöküşü **LOUIS**

PASTEUR'le oldu. **PASTEUR** önce mikroorganizmaların havadaki varlığını buldu. Sonra deney şişelerinin ağzını pamukla tıkayarak havadaki mikroorganizmaların et suyuna girişini önledi ve etin bozulmadığını; bozulmanın havadaki mikroorganizmalar tarafından gerçekleştiğini kanıtladı. Bir canlının kendiliğinden oluşamayacağını, ancak kendisi gibi bir canlıdan, üreme yolu ile meydana gelebileceğini kanıtlayarak **Abiyogenez** yerine **BİYOGENEZ kuramını** ortaya çıkardı.

Günümüze kadar ki süreç içinde biyoloji tarihinde çok önemli gelişmeler oldu. Özellikle elektron mikroskobun keşfinden sonraki dönemde, birçok bilinmeyen biyolojik konu çözüldü. 20. Asrın sonlarına doğru özellikle biyoteknoloji ve genteknolojisindeki gelişmeler ve elde edilen sonuçlar Alman bilgini **FRİEDRİCH VON WEİZSACKER**'in de vurguladığı gibi, gelecek yüzyılda daha da gelişecektir. Bu nedenle 21. yy'a haklı olarak **"BİYOLOJİ YÜZYILI"** denecektir.

2. BİYOLOJİ DALLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Biyolojinin gelişimi daha çok tıp bilimleri ile paralel gidiyordu. Buna bağlı olarak birçok biyoloğun aynı zamanda hekim olduğu da gözleniyordu **(KOPERNIKUS, C. LINNE', A.v.HALLER). A. von HALLER** Uygulamalı Fizyolojinin kurucusu idi.

ARİSTO tomurcuklanma ile çoğalma ve biseksüel çoğalmayı ayırtetmişti. Eşeysel çoğalmanın esası ise henüz bilinmiyordu. Aybaşı kanamasının dişi bireylerin eşey ürünü olduğuna inanılıyordu. Memelilerdeki yumurta hücresini **K.E von BAER** (1827)'de buldu. 18. yy, organ ve vücut bölümlerinin eşey ürünlerinde önceden oluştuğu **(=ÖN OLUŞUM=PREFORMASYON BİLİMİ)** ve embriyonal gelişim sırasında ise geliştiği görüşü yaygındı. Bazı araştırıcılar örneğin **MALPIGHI, von HALLER** ve **SPALLANZANI** vücut bölümlerinin yumurtada önceden oluştuğunu (=OVİSTLER), spermların ise bu taslakların gelişmesi için gereken itilimi verdiğini savunuyorlardı. **LEEUWENHOEK** ve **LEIBNITZ** ise embriyonun şekillenmesinin spermde olduğu ve yumurtanın besin taşıyıcı rolü üstlendiğini iddia ediyorlardı **(=ANİMALKULİSTLER).** Buna karşın **CASPAR FRIEDRICH WOLFF** (1759) **'THEORIA GENERATIONS' (=DÖL KURAMI)** düşüncesini geliştirerek organ ve vücut kısımlarının yeni bir oluşum olgusu ile amorf yumurta hücre kütlesinden oluştuğunu savunuyordu **(=EPİGENEZİS BİLMİ). WOLFF** Yaşam Gücü'ne Embriyogenezde (=Embriyonun Gelişim Süreci) çok önemli rol veriyordu. Oysa onun bu görüşleri, zamandaşları arasında kabul görmüyordu. Bu nedenle **PREFORMİST** ve **EPİGENEZİS**'ciler arasındaki bu tartışma 19. yy boyunca sürmüştü. Ancak bu tartışmalar, Uygulamalı Gelişim Fizyologlarından olan **ROUX, SPEMANN** ve **DRIESCH** tarafından sona erdirilmişti.

Biyolojinin temel dallarından olan **Embriyoloji** ile ilgili bu tartışma ve gelişmelerle birlikte **Sistematik** ya da **Taksonomide** de gelişmeler söz konusu idi. Sistematikdeki gelişme ve çoğu kuramlar, İsveçli bir doğabilimci olan **CARL VON LINNE'** (1707-1778)'ye aittir. **LINNE** flora (=bitki örtüsü) ve fauna

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

(=hayvanlar dünyası)'yı titiz bir şekilde gözlemleyerek **SYSTEMA NATURAE** (=Doğa Sistemi, 1758) adlı eserinde 10000 bitki ve 5000 hayvan türünü betimledi. Sistematik, çoğu kez kabul edildiği gibi sınıflandırma ile eşanlamlı değildir. Sistematik, organizmaların dereceli olarak çeşitliliğini inceler. Doğal bir sistem için kuramsal temeller sağlar ve en azından evrim düşüncesinin (1859) başlamasından beri oluşan görünümlerin açıklanmasına çaba sarfeder.

LINNE'ye göre ana sınıflandırma basamakları **Sınıf-Takım-Familya-Cins ve Türdür**. Günümüzde de kullanılan **BINEER NOMENKULATUR (=Organizmaların Cins ve Tür isimleri ile adlandırılması)**'u **LINNE**'ye borçluyuz. **LINNE**'nin insanla, maymunu aynı takıma **'PRIMATES'** dahil etmiş olması da çok ilginçtir. **LINNE'** bitkilerin sistematiğini üreme organlarına göre yapmıştır. **Kriptogam ve Phanerogam**'ların ayrılmasını da o yapmıştır. Onun görüşüne göre, canlılar tanrının yarattığı şekliyle kalmışlar ve değişmemişlerdir; yani onun sistematiğinde genetik akrabalığa dayanan evrime yer yoktur. Türler değişmezler. Bununla birlikte onun sonraki çalışmalarında, türlerin değişmezliği **(=KONSTANZ)**ne karşı şüphe duyduğu görülür. Sistematiğin sonraki gelişimi **DARWIN**'le birlikte olmuştur. Bunda önemli rolü olan yeni sistematikçilerden **J. HUXLEY, E.MAYR, B. RENSCH ve G.G. SIMPSON**'u sayabiliriz.

Sistematik ve Karşılaştırmalı Morfoloji'de, araştırılacak materyalin elde bulunması gerekir. Bunun sağlanması için, bilimsel geziler (=Exkursiyon) yapılır. Bu amaçla uzak ülkelerden taşınan materyal, çeşitli müzelerde, ilgili araştırıcılar tarafından incelenir. Bu bilimsel araştırma gezilerinden en önemlileri olarak **CARSTEN NIEBUHR** (1761)'un Arabistan Gezisi, **JAMES BRUCE** (1769-1773)'un Habeşiştan Gezisi, **ALEXANDER von HUMBOLDT** (1799-1804)'un Güney Amerika ve Meksika gezisini ve yeni dönem araştırıcılardan Kaptan **COUSTAEU**'nun yürüttüğü gezileri sayabiliriz.

1830-1840 yılları arasında, organizmanın temel taşını oluşturan hücre ile ilgili bilgiler çok artmıştı. **JOHANN EVANGELISTA PURKINJE** (1787-1869), **ROBERT BROWN** (1773-1858), **MATTHIAS JAKOB SCHLEIDEN** (1804-1881) **ve THEODOR SCHWANN** (1810-1882) **'HÜCRE KURAMININ'** kurucuları olarak kabul edilebilir.

Biyolojinin gelişimi için önemli olan hücre kuramı düşüncesi, önceleri oldukça eleştiriye uğradı. Doğal olayların bu kadar küçük bir yapıda gerçekleştiğine uzun süre inanılmak istenmedi. **Bu durum, RUDOLF VIRCHOW** (1821-1902), **hücrelerin de hücrelerden oluştuğu (=OMNIS CELLULA E CELLULA)** kuramını açıklayıncaya kadar sürdü. Onun bu çok ünlenen sözü ilk defa Hücre Patolojisi ile ilgili yazdığı bir makalesinde ortaya atıldı. O zamandan beri şu önemli hususlar hala geçerliliğini korumaktadır: **Birincisi hücrenin biyolojik yapının en küçük birimi; ikincisi canlıların çoğalmasının en küçük birimi; üçüncüsü de hücrenin en küçük işlev birimi olduğudur.**

Canlılar aleminde işlev ve yapı arasındaki ilişkilerle ilgili deneyler, günümüzde Moleküler Biyolojinin gelişmesi ile yeni bir boyut kazandı. Makromoleküllerin çeşitli tiplerinin işlevleri ne kadar belirginleşirse, hücrenin anlamı, biyolojik organizasyonların temel şekli olarak o kadar açık bir şekilde ortaya çıkacaktır. Biyolojinin tarihsel gelişimindeki önemli bilimsel buluşlar ve araştırıcılar *Tablo 12.1*'de görülmektedir.

Tablo 12.1 : Biyoloji Bilminin Tarihsel Gelişim Süreci İçinde Gerçekleştirilen Önemli Bilimsel Buluşları

Tarih	Araştırıcının Adı	Bilimsel Buluş
973-1052	El Buruni	Farmasötik Botaniğin ilk kurucusu oldu.
1030	İbni Sina	Küçük kan dolaşımını buldu.
1665	Robert Hooke	Hücre kavramının "Cellulae" çıkışı.
1674	A.van Leeuwenhock	Alyuvarların keşfi.
1677	Johan Ham	İnsanda spermleri buluş.
1759	C.F. Wolff	Döl kuramı ve homojen temel yapıyı buldu.
1797	F.X. Bichat	Doku kavramını buldu.
1827	C.E. von Baer	Memelilerde yumurta hücresini buldu.
1831	R. Brown	Çekirdek değişimini biyolojiye soktu.
1838	M.J. Schleiden	Bitki hücresini araştırdı ve bitki gelişmesinin araştırmasını başlattı.
1839	Th. Schwann	Bitki ve hayvan hücrelerini yapısal olarak karşılaştırdı.
1839	J.E. Purkinje	Protoplazmayı buldu.
1843 ve 1856	Oschatz ve H.Welcker	İlki mikrotomu buldu, ikincisi geliştirdi.
1852	R.Remak	Hücre bölünmesini buldu.
1852	R.Virchow	Omnis celula e cellula kuramını biyolojiye soktu.
1858	J.Gerlach	Biyolojik objeleri boyama tekniğini buldu.
1865	G.Mendel	Kalıtım yasalarını buldu.
1866	La Valette	Yumurtanın başlı başına bir hücre olduğunu ortaya attı.
1868	J.F. Miescher	Nukleik asitleri buldu.
1873	A.Schneider	Mitozu gözledi.
1875-1877	W.Flemming; E.Strassburger E.van Beneden; O.Butschi ve O.Hertwig	Mitoz bölünmenin mekanizmasını açıkladılar.
1878	O.Hertwig	Döllenmeyi açıkladı.
1884	I.I.Metschni Kof	Fagositozu buldu.
1884	E. van Beneden	Bağırsak solucanlarının basit kromozom seti taşıdıklarını belirledi.
1887	W.Flemming	Mayoz bölünmeyi gözlemledi.
1888	Boveri	Gamet hücresi oluşumunda, mayozu açıkladı.
1890	O.Hertwig	Mayozun tüm safhalarını açıkladı.
1900	Correns, Tschermak ve De Vries	Mendel'in kalıtım yasalarını tekrar buldular.
1903/4	Correns, Boveri ve Sutton	Kalıtımın kromozom kuramını, (genlerin kromozomlarda bulunması) açıkladılar.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

3. BİYOLOJİNİN BAZI ÖNEMLİ DALLARI

Organizma dünyasının çeşitliliği nedeniyle, farklı amaç ve yöntemlerle çalışan biyolojik bilim dalları gelişmiştir. Bunların en önemlileri *Tablo 14.1*'de görülmektedir.

ANTROPOLOJİ: İnsanla ilgili tüm biyolojik sorunları, onun evrimsel ve bireysel gelişimini, organlarının yapı ve işlevini araştırır. Antropolojinin tıp, eğitim ve endüstri gibi çeşitli alanlar için önemi vardır. Ayrıca toplumbilimsel dallarla yakın ilişki içindedir.

BOTANİK: Botanik ya da Bitkibilim, bitkilerin yapı, yaşama şekli ve yayılışını inceler. Genel Botanik de, organizmaların yapısı ile organların işlev ve yapıları (Morfoloji, Fizyoloji) ön planda gelir. Özel Botanik, bitkilerin sistematiği, yayılışı ve sosyolojisini (Taksonomi, Bitki Sosyolojisi, Bitki Coğrafyası) inceler.

Ayrıca Botanikte çalışılan objeye göre adlandırılan bazı alt bilimdalları da vardır. Bunlardan mantarları inceleyene **MUKOLOJİ**; algleri inceleyene **ALGOLOJİ**; yosunları inceleyene **BRYOLOJİ**; tohumsuz bitkileri inceleyene **KRİPTOGAM BOTANİĞİ**; tohumlu bitkileri inceleyene **PHANEROGAM BOTANİĞİ**; ibreli ve kozalaklı bitkileri inceleyene **GİMNOSPERM BOTANİĞİ** ve çiçekli bitkileri inceleyene de **ANGİOSPERM BOTANİĞİ** adı verilir.

ZOOLOJİ: Zooloji veya Hayvanbilim, hayvansal organizmaların yayılış, yaşam şekli ve yapısını inceler. Genel Zooloji, organizmaların yapısı ile organların işlev ve yapısını (Anatomi, Fizyoloji, Embriyoloji) araştırır. Özel Zooloji, hayvanların sistematiği ve yayılışını (Taksonomi, Hayvan Coğrafyası) inceler.

Zoolojide de üzerinde çalışılan objeye bağlı olarak adlandırılan, bazı önemli alt bilim dalları vardır: Bunlardan tekhücrelileri inceleyene **PROTOZOOLOJİ**; kurt ve halkalı solucanları inceleyene **HELMİNTOLOJİ**; eklembacaklıları inceleyene **ARTROPODALOJİ**; balıkları inceleyene **İHTİYOLOJİ**; amfibi ve sürüngenleri inceleyene **HERPETOLOJİ**; kuşları inceleyene **ORNİTOLOJİ**, memelileri inceleyene de **MAMMALOJİ** ve insan ırklarını inceleyene **ANTROPOLOJİ** adı verilir.

MİKROBİYOLOJİ: Bakteri, hayvansal ve bitkisel tekhücreli gibi mikroorganizmaların ve virüslerin yapı, yaşama şekli, yayılış ve taksonomisini inceler. Onların doğada madde çevrimi ve insan için önemini araştırır.

EKOLOJİ: Organizma ve onların çevreleri arasındaki karşılıklı ilişkileri inceleyen bilim dalıdır. Çevre bir organizmaya etki yapan tüm biyotik ve abiyotik etmenleri kapsar.

PALEONTOLOJİ: Çeşitli jeolojik zamanlarda yaşamış organizmaları ve o devirlerdeki yaşamın ve canlıların kanıtı olan fosilleri inceleyen bilim dalı olup sistematiğin bir aracıdır.

SİSTEMATİK: Nesnelerin ortak özelliklerini temel alıp, onları gruplandırır. Her tür sınıflandırması yapılan canlıların adlandırılmasına ise TAKSONOMİ denir. Sistematik yaşayan ve soyu tükenen canlı varlıkları karşılaştıran, tasvir (=betimleme) eden, adlandıran, onları akrabalık derecelerine göre doğal gruplar içine yerleştiren ve böylece doğal bir sistemde toplayan bilim dalıdır.

Tablo 14.1 : Biyolojinin dalları ve ilgilendikleri alanlar

İlgi Alanları	Yapısal Değişmezlik ve Yapısal Değişim	Şekil ve Yapı	Yaşam Olayları	Çevre İlişkileri	Tatbiki Biyoloji
Biyolojinin Dallarına Ait Bazı Örnekler	Evrim Biyolojisi Klasik Genetik Moleküler Genetik Gen Teknolojisi	Sistematik Morfoloji Anatomi Histoloji Sitoloji	Davranış Biyolojisi (= Etoloji), Hormon Fizyolojisi, Üreme ve Gelişme Biyolojisi, Metabolizma ve Hareket Fizyolojisi, Hücre Fizyolojisi	Ekoloji (Autekoloji Demekoloji Sinekoloji) Doğa Koruması	Evcil Hayvanlar Kültür Bitkileri Çevre Emniyeti Biyoteknoloji
Moleküler biyoloji Biyokimya					

Biyoloji dallarının ilgili alanları birbirini keser ve ilişki içinde bulunur.

ETOLOJİ: Davranış Bilimi de denen bu bilim dalı hayvanların davranışını ve onların fizyolojik temellerini inceler. İnsan, "**Karşılaştırmalı Etoloji Bilimi**'nde araştırılır.

MORFOLOJİ: Vücudun dış yapısı ile organizmaların yapı ve organların konum ilişkilerini inceler.

ANATOMİ: Anatomi, morfolojinin bir bölümüdür. Organizmanın ayrı ayrı kısımlarını; organ ve dokuların konum ve yapılarını inceler.

SİTOLOJİ: Hücre ve organellerin yapı ve işlevlerini araştırır.

HİSTOLOJİ: Dokuların yapı ve işlevlerini inceler.

FİZYOLOJİ: Organizmaların hücre, doku, organ ve organ sistemlerinin çalışma ve işlevlerini araştırır. Bu ilişkilerin, hayat olayları ve çevre etmenlerine bağımlılıklarını nedensel bakış açısı ile inceler.

GENETİK (=KALITIM): Ana-baba özelliklerinin döle naklini ve bunu olası kılan yapıları inceler. Genetik bilginin replikasyonu, seksüel olaylarda kombinasyonu ve onların organizmada gerçekleşmesi gibi konularla ilgilenir.

ÜREME BİYOLOJİSİ: Genetik materyalin nakli ve yeni generasyonların oluşumu ile ilgili tüm olayları inceler.

EVRİM: Günümüz organizmalarının oluşumunu inceler. Bunun uzun bir gelişim olayına bağlı olduğunu gösterir.

BİYOKİMYA: Biyolojik objelerde kimyasal yöntemler kullanarak, yaşamın biyokimyasal temellerini araştırır.

BİYOFİZİK: Organizmaların davranış şekillerini, işlev ve biyolojik yapılarını, fiziko-kimyasal yöntemler kullanarak araştırır.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

BİYOCOĞRAFYA: Organizmaların yeryüzündeki yayılış ve dağılımlarını inceler.

BİYONİK: Organizmalarda hareket şekilleri ve statikleri ile onların mekanizmalarını ve bilgilerin alınıp işlenme ve taşınım mekanizmalarını inceler. Elde edilen yeni bilgileri, mevcutların düzeltilmesi ve yeni teknik sistemlerin geliştirilmesinde kullanan bir bilim dalıdır.

4. BAZI BİYOLOJİK KAVRAMLAR

Biyoloji DNA, RNA ve onlara bağlı proteinlerle ilgili direkt veya indirekt olayların açıklanması ve doğal gerçeklerin ortaya konarak yaşamın gerçekleşmesi için gereken önemli olayları belirlemeye çaba sarfeder. Biyolojinin uğraş verdiği alanların farklı objelere kayması, onun çeşitli dallarını doğurur. İlerde sıkça rastlanacak bazı önemli biyolojik kavramlar üzerinde duralım:

EVRİM: Biyolojik evrim, en basit organizasyon basamağından, günümüzde yaşayan ve en gelişmiş olan organizmaların gelişim olaylarını kapsar.

ONTOGENEZ: Zigot, spor gibi ilk basamak hücreden başlayarak, **bireyin gelişiminin tamamını** içine alır ve onun doğal ölümüne kadar geçen, **bireysel gelişme**sine denir.

FİLOGENEZ: İç ve dış etmenlerin yolaçtığı ve birçok döl boyunca **tür, populasyon ve organizma gruplarında görülen evrimsel değişimdir.**

ORGANİZMA: Mekan ve zaman içerisinde gelişen, düzenli biyolojik bir sistem olup, birbirlerine etkili organ ve organelden oluşur. Bu yapı ve çevresi arasında sürekli madde ve enerji alışverişi olur. Organizma bizzat üretme ve düzenleme yetenekleri ile karakterize edilir.

BİTKİ: Bunlar tekhücreli veya çokhücreli organizmalar olup, daha çok "OTOTROF (=KENDİBESLEK)"tur. Kural olarak hareket etmezler. Selülozdan oluşan bir hücre çeperine sahiptirler.

HAYVAN: Bunlar da tekhücreli veya çokhücreli organizmalar olup "HETEROTROF (=ADRIBESLEK)" olarak yaşar. Yer değiştirebilir ve aktif hareket ederler. Zaman içinde sınırlı bir büyümeye sahiptirler. Hücreleri bir membranla çevrili olup selüloz içermez.

TÜR: Organizma sisteminin en önemli taksonomik birimidir. Müşterek bir evrimsel tarihi olan, gizli bir çoğalma birliği oluşturan, yapı ve işlevsel özellikleri birbirine benzeyen ve karakteristik bir yayılım alanına sahip, populasyon veya bireylerin tamamını kapsayan doğal bir temel birimdir.

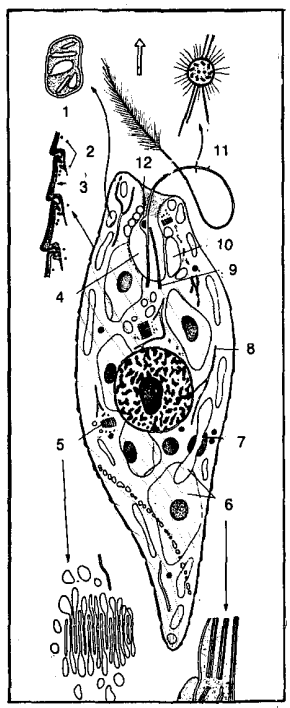
BİREY: Gelişim, yapı ve işlevsel bakımdan yalnız başına yaşayan bir türün tek örneğidir. Tipik şekil ve yapı ile belirli büyüklük ve türe özgü maddelere sahip bir organizmadır.

BİYOSFER: Yerkürede yaşamın mümkün olduğu kısımdır. Yani biyosfer, organizmaların birbirleri ile ilişkilerinin olaylandığı ve kayaç, su ile hava tabakalarının oluşturduğu özel bir yerküre örtüsüdür.

BİYOSTROMA: Çeşitli yaşama alanları (=Biyosönoz)nda yanyana yaşayan, madde ve enerji alışverişi ile birbirlerine bağımlı olan, organizma gruplarının yaşadığı **"BİYOSFER"** bölümüdür.

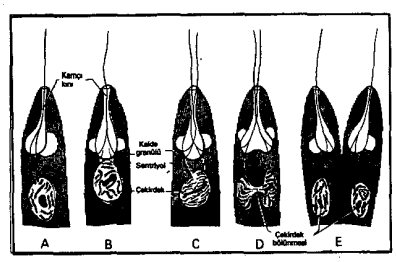
5. CANLILIĞI BELİRLEYİCİ ÖZELLİKLERİN, KAMÇILI HAYVAN *(EUGLENA)* ÖRNEĞİNDE İRDELENMESİ

Euglena, organik maddece zengin bataklık ve su birikintilerinde izlenir. **Tek-hücreli bir canlı olan *Euglena*'nın vücudu, plazmadan oluşur.** Plazma renksiz, saydam ve muköz bir kütle olup, içinde de küremsi bir çekirdek yerleşmiştir *(Şekil 16.1)*. **Hayvanın yeşil rengini, mercimek şeklindeki *"KLOROPLAST"*lar verir.** Hücresel yapıyı, *"PELLİKULA"* denen yoğun ve elastik bir tabaka sarar. Plazmada, besin rezervi olarak nişasta benzeri bir maddenin depolandığı, renksiz tanecikler dağınık bir şekilde yer alır. Hücrede bulunan bu kısımlar çokhücrelilerin organlarındaki gibi belli görevler üstlenir. Bunlara *"HÜCRE ORGANELLERİ"* denir. Bu canlı, vücudunun önündeki bir kamçı ile hareket eder. Kamçı, hücredeki bir *"BAZAL CİSİM"*den kökenlenir. İkinci ve küçük bir kamçı bunun yanından çıkar *(Şekil 16.2)*.



Şekil 16.1: *Euglena gracilis*'de hücre ince yapısı; yüzme yönü yukarıya doğru. 1- Mitokondrium; 2- Mikrotubuli; 3- Pellikula; 4- Depo yeri; 5- Diktiyozom; 6- Kloroplast; 7- Paramilon; 8- ER; 9- Kaide granülü; 10- Kontraktil vakuol 11- Lokomotorik kamçı; 12- Kamçı şişkinliği.

Işıkta hücreler organik maddeyi bizzat üretir (bkz. fotosentez). Karanlıkta ise çözülmüş besin, tüm hücre yüzeyince çevreden alınır. Bundan başka **hiç kloroplastı olmayan *Euglena* hücreleri de vardır. Bunlar fotosentez yapamadıkları için, organik besin maddelerini çevreden almak zorundadır.** Böyle *Euglena*'lar bitkisel ve hayvansal atıkları veya bakteri ve algleri de yer. Bu tip katı besinler hücre yüzeyine dokunursa, küçük besin vakuolleri olarak plazmaya alınır. Bu şekildeki **katı maddelerin hücreye alınması olayına *"FAGOSİTOZ"* denir.** Vakuoldeki besin maddeleri sindirilir; sindirilmeyen atıklar ise dışarıya atılır.



Şekil 16.2: *Euglena gracilis*'de eşeysiz bölünme. A) Sentriyol bölünmüş, B) Her sentriyol yeni bir kaide granülü ve kamçı üretir; çekirdek profazdadır ve vurgan koful ikileşmiştir, C) Kamçının eski kökleri birbirinden ayrılır ve yenileriyle birleşirler, D) Çekirdek ve kamçı kını birbirinden ayrılmaya başlar, E) Organellerin iki misline çıkmasından sonra, ön tarafta boyuna bölünme başlar (Barnes'den).

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Euglena'nın besin olarak aldığı organik maddeler, kendi hücresindeki maddelere göre daha farklı bir bileşimdedir. Bu yüzden bunlar plazma içeriği gibi anında kullanılamaz. Bu nedenle önce küçük ve çözülebilir bileşiklere parçalanır ve değişime uğratılırlar. *Euglena* fotosentetik olarak besin üretebiliyorsa onu hemen kullanır. Yani ***Euglena* hem bitki hem de hayvan özelliği gösteren bir canlı varlıktır.**

Yaşamsal işlevleri için *Euglena* enerjiye gereksinim duyar. Bunu, dışardan aldığı veya bizzat fotosentezle ürettiği maddeleri oksijen alımı ile basamak basamak okside ederek sağlar. Bu olaylara *"HÜCRESEL SOLUNUM"* denir.Oksijenin sudan alınımı hücrenin bütün yüzeyi ile olur.

Besin maddelerinin yıkımı sonucunda oluşan amonyak gibi zararlı maddeler boşaltım yolu ile dışarıya verilir. Bunların bir kısmı hücre yüzeyinden atılır. Diğer bir bölümünü *"KONTRAKTİL VAKUOLLER"* atar. *Euglena*'ya akraba olan ve denizde yaşayanlarda bu tip bir vakuol yoktur. Bunlar tatlı suya getirilirse kısa zaman sonra patlarlar. Burada ozmozla suyun hücreye girmesi olasıdır. Bu su, kontraktil vakuoller olmadığından dışarı atılamaz ve hücre patlar. Fotosentez, besinin alımı ve sindirimi, yabancı maddeden vücuda yararlı madde yapımı ve yıkımı ve bunların vücut dışına atılması gibi metabolik olaylar da *Euglena*'da izlenir. Bütün bu olaylara rağmen *Euglena*'nın yapı ve kimyasal bileşimi değişmez, yani sürekli madde çıkış ve girişine uygun olan durum korunur. Buna *"AKICI DENGE"* denir. Akıcı denge, yalnız madde alım ve veriminin olduğu sistemlerde izlenir. Bu nedenle böyle sistemlere *"AÇIK SİSTEM"*ler denir.

Metabolik olaylarla, hücrenin büyümesi için gereken yapı maddeleri oluşur ve enerji açığa çıkar. Bu da hareket, madde dönüşüm ve yapımı için gereklidir *(ENERJİ METABOLİZMASI).*

Araştırılan tüm tek ve çokhücreli canlılarda **metabolik olaylar** görülür. Bu olaylar **canlılığın işaretidir.** Çokhücrelilerde organizma bir bütün olarak madde değişim olaylarına sahip olduğu gibi, tek tek hücreleri de bunu gerçekleştirir. Yani her hücre, çokhücreli canlının tamamı gibi, akıcı bir dengede bulunur.

Hiçbir *Euglena,* türe özgü büyüklükten daha fazla gelişemez. Bu büyüklüğe ulaşınca *Euglena* hücresi bölünür *(Şekil. 16.2).*

Kimyasal ve dokunum uyarıları *Euglena*'nın tüm hücre yüzeyince alındığı halde, ışık uyarısı, ışığa duyarlı kamçının bazal cisminin bulunduğu bölge tarafından algılanır. Bu nedenle bu cisme "FOTOALMAÇ" adı verilir. Bu işleve kırmızı renkli ve "STİGMA" denen göz lekesi de katılır. Yani ***Euglena* uyarılabilir. Uyarılma ve uyarıya yanıt da her hücrenin önemli bir canlılık yeteneğidir.**

Bu düzenleme metabolik olaylar için de geçerlidir. Böylece hücre büyük ölçüde değişmeyen bileşimini korur. **Organizmada dış ortamın bozucu etkisine rağmen, iç ortamın sabit tutulması veya korunması olayına "HOMÖOSTAZ" denir.**

Görüldüğü gibi çok basit yapılı bir canlı gibi görünen *Euglena* bile canlılığın belirtisi ve kanıtı olan birçok karmaşık olayı kendi amacına uygun olarak gerçekleştirebilir. **Canlılık için çok önemli olan bu olayları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:** ***a)*** **Metabolik olaylar;** ***b)*** **Büyüme;** ***c)*** **Çoğalma;** ***d)*** **Uyarılabilirlik;** ***e)*** **Düzenleme;** ***f)***

Uyum yeteneği; *g)* **Diğer organizmalarla ilişkiler;** *h)* **Çevre ile madde ve enerji değişimi** ve *i)* **Hareket.**

Yukarıda özet olarak verdiğimiz bütün bu olayların düzenli olarak gerçekleşip olaylanması hücreye bağlı olduğundan, **hücreyi başınabuyruk en küçük ve sürekli** olarak işlevsel yeteneğe sahip bir canlı birimi diye kabul edebiliriz. Hücreler açık ve bizzat düzenleyici sistemler olarak değerlendirilebilir. *Euglena*'da açıklanan özellikleri taşıyan sistemi, "*CANLI VARLIK*" diye ifade edebiliriz.

Canlı varlık iki temel gruba; yani hayvansal ve bitkisel canlılara ayrılır. Bunlar arasındaki temel farklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

a) Bitkiler kendi besinlerini, hücre plastidlerindeki klorofil maddesini kullanıp, güneş enerjisi yardımı ile bizzat anorganik maddelerden yararlanarak üretirler **(Ototrof=Kendibeslek organizmalar)**. Hayvanlar ise besinlerini bizzat üretemeyip, dışardan ve oldukça karışık yapılı organik maddelerden sağlarlar (**Heterotrof= Adıbeslek canlılar**) (bkz. s. 112).

b) Çevre ile olan madde değişimi bitkilerde yapraklar, hayvanlarda gövdelerinin iç boşlukları ile olur. Bu yüzden bitkilerde daha çok dış, hayvanlarda ise iç organlar vardır.

c) Bitki hücresinin etrafını selülozdan yapılı hücre çeperi, hayvan hücresini ise hücre zarı sarar (bkz. Şekil 47.1).

d) Uyarılabilme ve bu uyarıyı aktarabilme ile hareket etme özelliği hayvan hücrelerinde geliştiği halde, bitki hücrelerinde gelişmemiştir. Ancak bazı ilkel tek hücreli bitkilerde hareket etme özelliği vardır (bkz. s. 289)

Canlı varlıkların bir yapısı vardır. Çiçekli bitkiler örneğin bir vişne ağacı veya bir gül bitkisi çeşitli organlardan oluşur. Bunlar kök, gövde, yaprak ve çiçek diye ifade edilir ve her birisinin önemli yapı ve görevi vardır. Bu organlar dokulardan, dokular da aynı işlev için farklılaşan hücrelerden oluşur. Bütün bu birimler arasında bir uyum ve iş bölümü vardır. Hayvanlarda da yapısal planı oluşturan birimlerin işleyiş ve oluşumu bitkilerdekine benzer. Örneğin bir Van kedisinin vücudunda birçok organ sistemi vardır. Bilinen bir gerçek ise en basitinden en gelişmiş canlı grubunun bir yapısı olduğudur. Canlılığın başka bir özelliği, onların enerji üretimi için karışık kimyasal olayları gerçekleştirip, metabolik faaliyetler yapabilmesidir. Büyüme, çoğalma, hareket veya kimyasal bileşiklerin üretiminde enerjiye gereksinim duyulur. Metabolik olayların araştırılması ise Biyokimyanın görevidir. Düzenleme sistemlerine sahip olmak da bir canlılık göstergesidir. Çoğalma ve gelişme de canlılığın kanıtıdır. Yine kalıtım da canlı varlıklara özgü bir olgudur. Uyum ve evrim de canlı varlıkların önemli özelliklerindendir. Bütün bu özelliklerin araştırılması da biyolojinin görevidir.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

BÖLÜM II
HÜCRE BİYOLOJİSİ

1. HÜCRE BİYOLOJİSİNİN GELİŞİMİ

Hayvan, bitki, mantar, liken ve bakterilerdeki büyük çeşitlilik, farklı yaşama alanlarına uyumu ifade eder. Bütün bu canlıların ortak bir yanı bulunur. Bu da, **onların hücrelerden oluşmasıdır.** Canlılığın müşterek ifadesi hücre düzeyinde kanıtlanabilir; oysa bu organel düzeyinde mümkün değildir. Bu nedenle **"HÜCRE" yaşama ve çoğalma yeteneğindeki en küçük doğal birimdir.** Hücre biyolojik yapının, çoğalmanın ve biyolojik işlevin en küçük birimidir. Hücrelerin büyük bir kısmı, çıplak gözle görülemez. Hücrenin bulunup, biyolojik araştırmaların yürütülmesi, uygun optik aletlerin geliştirilmesi ile mümkün olmuştur. Canlılar ya tek bir hücreden (=tekhücreliler), ya da çok sayıda hücrenin (=çokhücreliler) bir araya gelmesi ile oluşur. Ama milyarlarca hücrenin bir araya gelmesi ile oluşan insan bile, *"ZİGOT"* denen döllenmiş *"BİR"* hücreden meydana gelir. Yani hücreler de, yine hücrelerin bölünerek çoğalmasından oluşur. Hücre çevresi ile enerji ve madde değişimi ilişkisi içindedir. Çevredeki değişmelere tepki gösterir; yani uyarılabilir.

Hollandalı gözlükçü JANSEN'in ilk ışık mikroskobunu 1600 yılında bulması ile hücrelerin ilk tanımlanma imkanı doğmuştur. Hücre kavramı İngiliz doğabilimci HOOKE'a aittir. HOOKE 1665 yılında, mantar meşesinin kabuklarını incelemiş ve hücrenin ilk mikroskobik çizimlerini yapmıştır. Onun çağdaşı olan van LEEUWENHOEK, kan ve eşey hücrelerini mikroskopla incelemiş ve ilk çizimlerini gerçekleştirmiştir.

Mikroskobun optik ve mekanik açıdan geliştirilmesi, canlıların hücrelerden oluştuğu görüşünü kuvvetlendirdi. JOHANN E. PURKINJE (1787-1869), ROBERT BROWN (1779-1858), MATHIAS JAKOB SCHLEIDEN (1804-1881), THEODOR SCHWANN (1810-1882)'ın 1840 yılında ortaya attığı "GENEL HÜCRE TEORİSİ" 1855 yılında ERST RUDOLF VIRCHOW (1821-1902) tarafından geliştirildi. VIRCHOW hücre bölünmesi ile ilgili çalışmaları sonucunda, **"hücrelerin daima hücrelerden oluştuğunu"** *Omnis cellula a cellula* ifadesi ile vurguladı. Daha sonraki yıllarda hücre ve organeller yapı ve işlevleri bakımından incelendi. Elektron mikroskobu

ve uygun preparasyon tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte, 1931 yılından bu yana hücrelerin ince yapıları araştırılmaya başlandı ve bunun sonucunda "*Moleküler Biyoloji*" ve "*Modern Biyokimya*"nın temeli atıldı.

2. HÜCRENİN IŞIK VE ELEKTRONMİKROSKOBİK RESMİ

Işık mikroskobu ile hücrenin mikroskobik, elektronmikroskobu ile submikroskobik yapıları incelenir. **Bütün hücrelerin yapısal prensiplerinde benzerlik varsa da, hücre büyüklük ve şekli farklıdır** *(Tablo 21.1)*. **Bu**, çokhücrelilerde, çeşitli **hücreler arasındaki iş bölümü ile ilgilidir**. Çok hücrelilerde hücre sayısı çok değişken ve oldukça büyüktür. **Gelişkin insan vücudunun hücre sayısı 6.10^{13}** dür. Bunun $3,5.10^{13}$'ü doku hücresidir. 1 mm^3 ($=10^{-6}$ lt) kanda 6 000 akyuvar yanında, 5.10^6 alyuvar vardır. İnsandaki toplam alyuvar sayısı yaklaşık $2,5.10^{13}$'dür. Ortalama dört ay ömrü olan bu çekirdeksiz hücrelerden, saniyede $2,5.10^6$ adet yeni oluşur; zira aynı miktar yok olur. Çoğalma yeteneği olmayan sinir hücreleri daha doğumda vardır. Orta yaşlarda bir günde yok olan sinir hücresi (=nöron) sayısının 10^3 olduğu tahmin edilir. Sinir hücresi toplam sayısı 10^{10} olduğu için, bu hücrelerin yıllık kaybı, bütün nöronların % 0,004'ü kadardır.

Bitkilerin mezofil hücreleri, kök paranşim hücreleri ve polen tanecikleri gibi izole edilmiş hücrelerinden, tam bir bitki oluşabilir. Bu çok yönlü olarak farklılaşmış her hücrenin tüm organizma için geçerli olan genetik bilgiyi taşıdığı anlamına gelir. Yani hücreler bir yerde ölümsüz ya da totipotenstirler. Atomik, moleküler ve hücresel yapılar veya büyüklüklere ait ölçüm verileri *Tablo 21.1*'de görülmektedir.

3. HÜCRELERİN BÜYÜKLÜK VE ŞEKLİ

Yaşamın en basit yapısal şekli hücredir. Hücre, bütün canlıların temel yapıtaşı olarak, özgün bir moleküler ve submoleküler yapıya sahiptir. Hücrelerin bu yapısı, uzun süren bir evrimin sonucudur. Her hücre bir uyarıya karşı uyarılabilir. Bu özelliği olmasaydı, bir yaşamdan söz edilemezdi. Işık, sıcaklık, ozmotik, kimyasal ve elektriki uyarılar, hatta hormon ve diğer maddeler hücreye etki yapar. Uyarının iletimi, plazmalemanın elektrikle yüklenmesine bağlıdır.

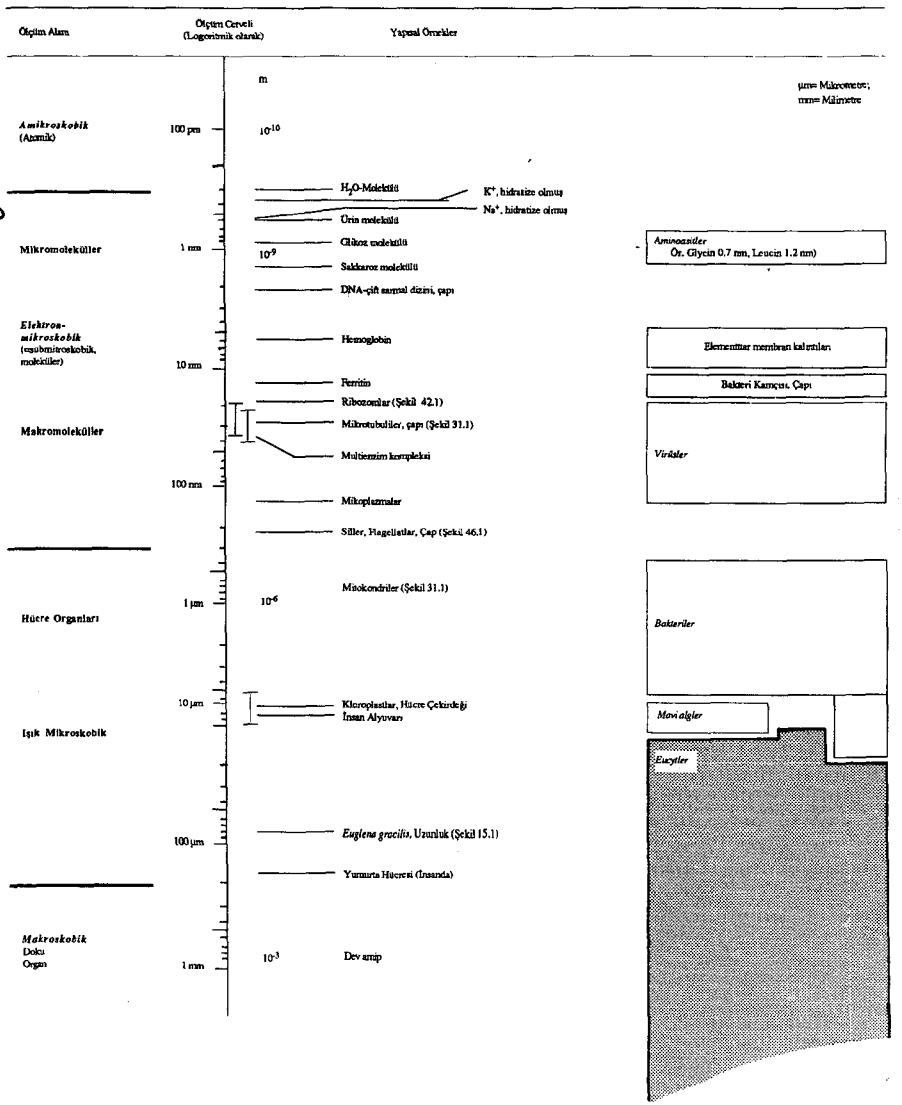
Hücre en küçük yapısal birim olduğu gibi, çoğalmanın da en küçük birimidir. Organizmalar tekhücreli bir basamaktan geçer. Tekhücreliler burada kaldığı halde, çokhücreli organizmalar ZİGOT'un sürekli bölünmesi ile yeni yapı kazanır. **Yaşam olayının tüm temel işlevlerini gösteren en küçük birim, yine hücredir. Hücre bir anlamda en küçük açık sistemdir. Açık sistemler çevreyle sadece enerji değil aynı zamanda madde ve bilgi alışverişi de yapar.**

Bütün hücrelerin benzer yapıda olduğu görüşü; kamçılılar, mantar, bitki ve hayvan hücreleri için geçerlidir. Bunların gerçek bir çekirdeği vardır. Ökaryo(n)t (=Eukaryo(n)t) diye adlandırılırlar. Bakteri ve mavi alg hücreleri, daha küçük ve basit yapılıdır. Bunların gerçek çekirdekleri yoktur, çekirdek benzeri (=equivalensi) bir yapı taşırlar ve "PROKARYONT" adını alırlar: Ortalama büyüklükleri 0,5-3 μm'dir. Bir de bu gruba giren, hastalık yapıcı hücreler vardır. Bunların çapları 0,3 μm olup *"MİKOPLAZMA"* adını alır. Bazı lifli bitki hücrelerinin boyu 250 mm'den daha uzundur; hatta bitkilerin süt borularının uzunluğu birkaç metreyi bulur. Sinir hüc-

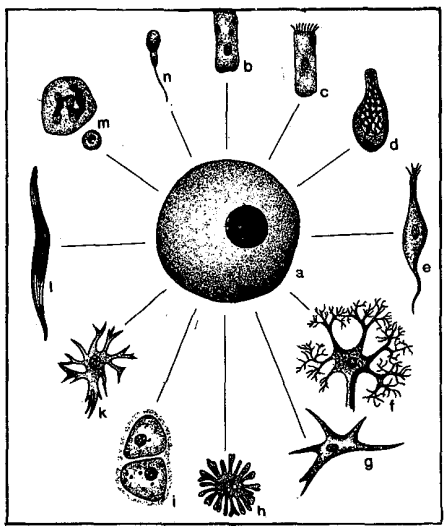
Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

releri uzantıları ile beraber 1 m'den daha uzundur. Hücre ve moleküllerin büyüklükleri *Tablo 21.1'de* görülmektedir.

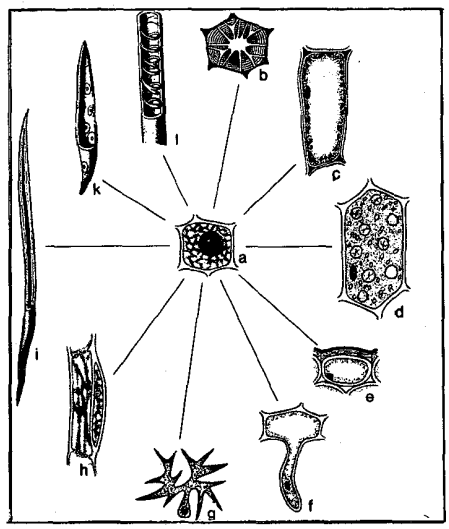
Tablo 21.1 : Hücresel, moleküler ve atomik yapıların ölçüleri (pm= pikometer; nm= Nanometre; µm= Mikrometre; mm= Milimetre



Sadece hücre büyüklüğü çeşitli olmayıp, hücre şekli de farklıdır. Birçok bakteri, çeşitli tekhücreliler, az özelleşmiş çokhücreli bitki ve hayvan dokularındaki hücrelerin çoğunun küreye yakın şekilleri vardır. Özelleşen bazı hücrelerin işlev ve şekilleri arasında ilişkiler vardır *(Şekil 22.1 ve 22.2).*



Şekil 22.1: Hayvan hücrelerinin farklılaşması ile ilgili örnekler a) Yumurta hücresi (=h), b) Epitel h., c) Silli epitel h., d) Salgı h., e) Duyu h., f) Sinir h., g) Bağ doku h., h) Renk maddesi h., i) Kıkırdak h., k) Kemik h., l) Düz kas h., m) Kan h., n) Sperma (doku hücreleri yumurta hücresinin 1/10'i büyüklüktedir) (Linder'den).



Şekil 22.2: Bitki hücrelerinin farklılaşması ile ilgili örnekler: :a)Farklılaşmamış hücre, b) Taş hücresi (=h), c) Asimilasyon h. (20 µm), d) Depo h, e) Epidermis h.(50 µm), f) Kök kılı h., g) Yıldızımsı kıl, h) Elek boru h., i) Kambiyum lifi (5 cm), k) Trakeid (10 mm), l) Trake (b, i, k ve l ölü hücrelerdir (Linder'den)).

3.1. HÜCRELERİN MÜŞTEREK TEMEL YAPILARI

Bu kadar çeşitlenme ve farklılaşmalarına rağmen hücrelerin müşterek yapıları vardır. Bu farklar, ökaryotik ve prokaryotik hücrelerin karşılaştırılması ile ortaya konabilir.

Hücreyi protoplazma doldurur. Ökaryotların **protoplazma**sında **hücre çekirdeği** ve **sitoplazma** ayırtedilir. Kural olarak hücrenin bir çekirdeği vardır (**=monoenergit**). Buna karşın insandaki **iskelet ve dev kemik hücrelerinin** birden fazla çekirdeği olabilir; yani bunlar **polienergitt**ir. Çekirdeği olmayan hücrelerde vardır. Örneğin memeli hayvan eritrosidinde ve yüksek organizasyonlu bitkilerin **elek hücrelerinde** çekirdek bulunmaz. Bunların yaşama süreleri de bu yüzden çok kısadır. Sitoplazma hiyalinli bir ana madde olan **hiyaloplazma (=sitozol)** ve onun içindeki hücre organel ve yapılarından oluşur.

Protoplazmayı daima sitoplazma membranı denen bir kılıf sarar. Bu membran bir yağ-protein (**=lipoproteid**) membrandır. Bunun kimyasal ve temel yapısı tüm canlılardaki hücrelerde büyük ölçüde aynıdır. Buna bitki hücresinde **plazmalemma** da denir. Hayvan hücrelerinde sitoplazma membranı, **glikolipit**ten oluşan çok ince bir tabakadır. **Glikokaliks** denen bu tabaka, hormon almaçları ve antijen

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

yapılarını da taşır. İmunbiyolojik olaylarda ve hücreler arasındaki karşılıklı etkileşimlerde ve hücrenin dış dünyası ile olan bilgi alışverişinde glikokaliksin önemi büyüktür. Hayvan hücreleri, bitki hücresindeki hücre çeperine eşdeğer bir yapı taşımaz (bkz. s.29). Hücre çeperi ışık mikroskobunda kolayca görülebilen **selülözden** oluşur. Mantar ve bakteriler de plazma membranı dışında sağlam bir hücre çeperi taşır. Mantarların hücre çeperinin esas kısmı **kitin** (N-asetilglükozamin) oluşturur. Bakteri hücre çeperi çok karışıktır. Çok sayıda temel maddeden yapılır. Burada **murein tabakası** destek görevini üstlenir. Bitki ve hayvan hücresinin karşılaştırması Tablo 23.1'de görülmektedir.

Tablo 23.1 : Hayvan ve bitki hücresinin karşılaştırılması (+: var; -: yok)

	Hayvan Hücresi	Bitki Hücresi
Hücre Çeperi	-	+
Merkezi Vakuoller	-	+
Enine Büyüme	-	+
Glikokaliks (Antijen yapıları)	+	-
Golgi-Apereyi	kompakt	Dağınık

Prokaryotlarda, yani bakteri ve mavi alglerde gerçek çekirdek olmayıp, onun yerine çekirdek benzeri (ekuivalensi) bir yapı vardır. Bu dezoksiribonukleik asitten (DNA) oluşur ve uygun boyama ile boyanınca, düzensiz şekilli yapılar olarak tanınır. Buna karşın diğer ökaryotik organizmaların hücrelerinde bir çekirdek bulunur. Çekirdek (**=nukleus**), çekirdek zarı ile sitoplazmadan ayrılır ve çekirdek plazması (**=karyoplazma**), kromozomlar ve çekirdekcik (**=nukleolus**)den oluşur.

Bitkilerin hücre çeperinde yer yer delikler (**=geçit**) vardır. Bunlar komşu hücrelerin protoplastlarını, plazma kanalları (**=plazmodezm**) ile bağlar ve hücreler arasındaki madde değişimi böylece sağlanır. Bir bitkinin protoplastları, plazmodezmlerle müşterek bir yapı oluşturur. Buna **simplast** denir. Hayvan ve bitki hücresi sitoplazma membranı ışık mikroskobu (=IM) ile farkedilemez. Sitoplazma saydam ve hiyalin tanecikli bir kütledir. Bunun içinde küremsi ya da eliptik sekilli ve değişken yapılı olan çekirdek (**=karyon**) izlenir. Uygun boyama ile çekirdeğin içinde ağsı bir yapı olan **kromatin taslağı** izlenir. Yine ışığı güçlü bir şekilde kırabilen küremsi çekirdekcik de çekirdekte bulunur. Çok iyi mikroskop ve teknikle, çubuk şekilli olan **mitokondri**ler de sitoplazmada izlenebilir. Embriyonal bitki hücrelerinde buna ek olarak **proplastit** (ön plastit)'lere de rastlanır. Bitki ve hayvan hücrelerinde az veya çok sayıda çeşitli büyüklükte **vakuol**ler bulunur. İyi farklılaşmış bitki hücrelerinde **merkezi vakuoller,** hücrenin önemli bir bölümünü kaplar. Ayrıca hücrenin işlevine göre yeşil **kloroplast**, renksiz **lökoplast** ve sarı veya turuncu **kromoplast**lar izlenebilir. Kromoplastlardaki yeşil maddenin düzenli bir dağılım göstermeyip, belli bölümlere biriktiğini ışık mikroskobu ile izleyebiliriz. Buraya **grana** denir. Bunun yanında

nişasta taneciği, oksalat kristali veya alöron tanecikleri gibi ölü hücre kısımları görülür. Elektron mikroskobu (=EM) ile IM'dan 1000 defa daha iyi resimler elde edilebilir. EM ile çok sayıda membran sistemi ve birçok ayrı kompartıman yapısı izlenir. Bundan başka sitoplazmayı saran çift zar da görülür. Sitoplazma boru, kanal ve kabartı sistemi olan **endoplazmik retikulum** (=**ER**)ca donanır. Bu, plazma ve çekirdek membranı ile doğrudan ilişkidedir. Çekirdek membranı çift tabakalı olup porlarla kesilir. Burası ER'nin bir bölümüdür. ER membranının dış kısmına yerleşmiş küçük ve yuvarlak yapılara **ribozom** denir. Bunlar ayrıca sitoplazmaya da dağılır. Ribozomlu ER'a **granüllü ER** denir. Bazı hücrelerde granüllü ER belli bölgelerde çok iyi gelişmiştir. Plazmanın bu bölümlerine **ergaztoplazma** denir. **Düz ER** membranında ribozom yoktur. ER'nin membran sistemi plazmodezmalar kanalı ile komşu hücrelerle ilişkidedir.

Birbiri üzerine tabaka gibi yerleşen kanalcıklara **diktiyozom** denir. Bunların hücredeki sayıları çok olup, tamamına **golgi apareyi** denir *(Tablo 24.1)*.

Tablo 24.1 : Ökaryotik hücrede bazı organellerin sayısı

Çekirdek	1
Mitokondri	500-200.000
Diktiyozom	20-birkaç bin
Ribozom	1.000.000

Sitoplazmanın dışındaki borumsu yapılara **mikrotubuli** denir. Bunlar fibrilli yapılardır. Sitoiskeletin yapısına katılıp, hücredeki hareket olaylarını düzenler. Mitokondrilerin ince yapısının EM'da iç ve dış membrana sahip olduğu görülür. İç membrana **krista** denir. Katlantılı yapısı vardır. Benzer bir yapıya bitkilerde de rastlanır, buna **kloroplast** denir. Bunlarda da iç kısımda, yani **stroma**da, **tilakoid** denen çok sayıda lamel bulunur.

Bitki ve hayvan hücresinin vakuolleri, plazmadan bir biyomembranla sınırlanır. Farklılaşmış bitki hücresindeki hücre sıvısı vakuolünü saran biyomembrana, **tonoplast** denir.

Prokaryot hücresinin yapısı daha basittir. Bunların gerçek çekirdekleri yerine geçen halka şeklinde bir DNA molekülleri vardır. Ökaryotik hücredeki yukarıda anlatılan organellerin çoğuna prokaryotlarda rastlanmaz. Sadece **70 S-Ribozomu**na rastlanır. Ökaryotik organellerin işlevini, prokaryotlarda **sitoplazma membranı** üstlenir. Örneğin mitokondrilerin işlevini, prokaryolarda **mezozom**lar üstlenir.

Hızlı çevirgeç (=ultrasantrifüj) ile organeller hücre kütlesinden ayrılabilir. Bu şekilde onların kimyasal yapı ve enzimleri belirlenebilir. Böylece çeşitli hücre organellerinin sadece tipik şekli değil, aynı zamanda onların enzimatik yapısı da tanınır. Bu enzimlere **YÖNETİCİ ENZİMLER** ya da **MARKER ENZİMLER** denir. Bunlar çeşitli hücre organellerinin hakkında bize bilgi verir (*Tablo 25.1*).

Tablo 25.1 : Hücredeki önemli metabolik olayların gerçekleştiği ve enzimlerin bulunduğu organeller

Hücre Çekirdeği:	**Mitokondri:**	**Kloroplastlar:**
DNA-Polimeraz	Sitrat çevrimi enzimleri	Işık fosforilizasyonu
DNA'nın duplikasyonu	Elektron nakli	CO_2, NO_3 ve SO_4 yıkımı
RNA-polimeraz	Oksidatif fosforilizasyon	**Mikrotubuli:**
m RNA, t RNA ve r RNA'nın	Yağasidi yıkımı	Sito iskelet
oluşması ile DNA transkripsiyonu	Marker Enzimleri:	Hareket olaylarının denetimi
Diktiyozomlar:	Glutamatdehidrogenaz	Siller
Salgı vesikül ve plazma	Sitokromoksidaz	**Ribozomlar:**
membranının oluşumu	**Granüllü ER:**	Proteinbiyosentezi
Marker Enzimi:	Proteinbiyosentezi	**Lizozomlar:**
Galaktoziltransferaz	(Ribozom)	Hidrolitik enzimler
Plazmalemma:	Metabolik ürünlerin	
Enerji kullanan nakil sistemleri	dağıtımı	
ATP-az, Permeaz	**Düz ER:**	
Sitozol:	Lipid sentezi	
Glikoliz	Steroid sentezi	
Pentozfosfat çevrimi	Biyotransformasyon	
Yağasidi sentezi	Marker Enzimi:	
Mononukleotid sentezi	Glikoz-6-fosfotaz	

4. HÜCRE VE ORGANELLERİ

4.1. HÜCRE BÖLÜT (=KOMPARTIMAN)LERİ

İnsanda organlar farklı ve belirli görevleri yapar. Örneğin mide protein sindirimini; karaciğer safra üretimini ve pankreas sindirim salgılarının oluşumunu üstlenir. Bu üç organ komşudur. Besinin sindirimi söz konusu olduğu için, bunların yan yana bulunmaları mantıkîdir. Benzer bir düzenleme hücrede de vardır. Hücre metabolizmasında belirli işlevleri üstlenen bu yapılara hücre bölüt, organ veya organelleri denir. Hücrede aynı anda karbonhidrat yapım ve yıkımı veya okside olma yanında, indirgeme gibi karşıt metabolik olaylar olur. Bu ise metabolik faaliyetlerin olduğu bölütlerde, yani organellerde gerçekleşir. Organellere hücrede "kompartıman" da denir. Örneğin hücre çekirdeği (N), mitokondri (M), plastid (P), diktiyozom (D), endoplazmik retikulum (ER) ve vakuoller (V) böyle kompartımanlardır (*Şekil 26.1*).

4.1.1. Membran (=Biyomembranlar)

Hücrenin en önemli özelliği, sitoplazmasının sınırlandırılmasıdır. Ayrıca organellerin etrafında da membranlar bulunur. Bunlara *"BİYOMEMBRAN"* denir. Çeşitli hücre organellerinin membranı elektron mikroskobunda incelenirse, bunların elektronca yoğun olan ve herbirinin kalınlığı 2,5 nm'lik hattan oluştuğu görülür. Bu



Şekil 26.1 : Bir bitki kök hücresinin elektronmikroskopik resmi, N: Çekirdek; V: Vakuol; P: Plastid; M: Mitokondri ve D: Diktiyozom (Biologie h.'den).

iki tabaka 3 nm kalınlığındaki üçüncü ve daha açık renkli bir kısmı sarar. Bu üç tabakalı oluşum bütün hayvan hücre membran yapısında görülür. Bu nedenle de **"elemantar membran (=tek membran; unit membran)**'dan söz edilir. Bununla birlikte biyomembranların yapısı tekdüze değildir. Hücre organellerinin farklı görevleri nedeniyle, membranların özellikleri de değişiktir. Örneğin kompartıman türüne göre, **membranlar çözünmüş organik veya inorganik bazı maddeleri seçici geçirgen (=selektif permeabl), yarı geçirgen (=semirpermeabl)**dir, suyu ise geçirgendir yani permeabl'dır. Membranların işlevleri *Tablo 26.1*'de izlenebilir. Biyomembranlar sadece bir örtü olmayıp, hücre içi veya dışı ya da organel ve hiyaloplazma arasında madde alışverişini sağlayan çok özelleşmiş yapılardır. Membranın difüzyon işlevinin bozulması hücrenin öldüğünün bir kanıtıdır.

Tablo 26.1 : Membranların İşlevleri

a) Hücre ve hücre organellerini sarar; difüzyonu engelleyicidir;
b) Hücre ve çevreleri ile organel ve sitoplazma arasındaki madde alışverişini düzenler;
c) Elektriki potansiyelleri organize eder; ozmotik düzenleyici görevi vardır;
d) Komşu ve yabancı hücreleri tanıma özelliği vardır (imunbiyoloji);
e) Almaç proteinleri denen membran proteinleri hormonları tanır;
f) Salgı işlevi vardır; uyarı iletimi yapar
g) Enzimleri taşıyıcı işlevi vardır.

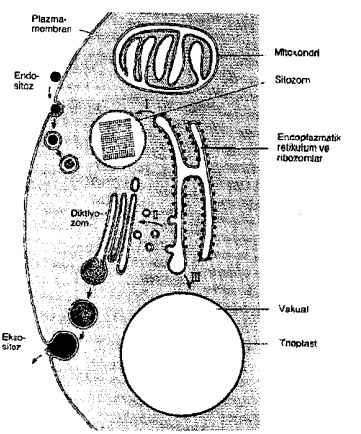
Membranların kimyasal analizlerinden de anlaşılacağı gibi, bütün biyomembranların yapısında lipid (=yağ), protein ve az miktar da karbonhidrat bulunur. Membran lipidi içinde lesitin, kardiolipin ve sipingomiyelin gibi fosfolipidlerin miktarı en yüksektir. Membran lipidinin kimyasal yapısının çeşitliliğine rağmen, yapısı tekdüzedir. **Her lipid molekülünün suyu reddeden (=lipofil) ve suyu tutan (=hipofil) olmak üzere iki bölümü vardır** *(Şekil 28.1)*. Bir damla lipid suya konursa, lipid molekülleri su yüzeyinde tek molekül tabakası oluşturur. Bu lipid tabakasında moleküllerin hidrofil bölümleri su ile temas ettiği halde, lipofil kısımlar uçar. GORTER ve GRENDEL 1925 yılında insan eritrosidi plazma membranının lipid yüzeyinin, alyuvarın çift katlı yüzeyine eşdeğer olduğunu buldu. Bunun sonucu olarak biyomembranların iki tabakalılığı ileri sürüldü. "Çift tabakalı lipid membran modelinde" protein molekülleri dikkate alınmadı. Sıçan karaciğer hücre membranlarının kimyasal içerikleri yaklaşık olarak *Tablo 27.1*'de görülmektedir.

Günümüzde biyomembranlarda protein moleküllerinin akıcı ve çift tabakalı lipid içine yerleşmiş olduğu kabul edilir. Bunlar denizde hareket eden buz dağları (=aysberg)na benzer. Bu modeli SINGER ve NICOLSON 1972 yılında "**Akıcı-Mozaik-Modeli**" veya "**Lipid-Protein-Mozaik Modeli**" diye adlandırdı. Bu proteinler yapı proteinleri veya enzim olabilir. Adenozintrifosfataz gibi enzimler her membranda izlenir. Bu enzimler ATP'yi parçalar ve enerji açığa çıkararak, maddelerin aktif taşınımını membran üzerinden sağlar. Glikolipid ve glikoprotein şeklindeki karbonhidratlar da membranda bulunur. Ayrıca bir veya çok değerli Ca^{2+} ve Mg^{2+} katyonları da membranı oluşturur ve sağlamlaştırır. Membran proteinlerinin çeşitli işlevleri vardır. Aktif ve pasif taşımada görev alır. Membranın seçici geçirgenliğinin temelini oluştururlar. Bir başka kısım proteinler ise hormon olmalıdır. Membran proteinleri bir hücrenin her membran çeşidi için özelleşmiştir. ER membran proteini ile mitokondri membran proteinleri hem yapısal hem de oransal olarak farklıdır *(bkz. Tablo 27.1)*.

Hücre bölünmelerinde membranın değişkenliği kompartımanların birleşmesi veya ayrılmasında ya da membran kısımlarının sürekli olan yıkım ve yapımında kendini gösterir. Bu olaylara "MEMBRAN AKIŞI" denir (Şekil 27.1).

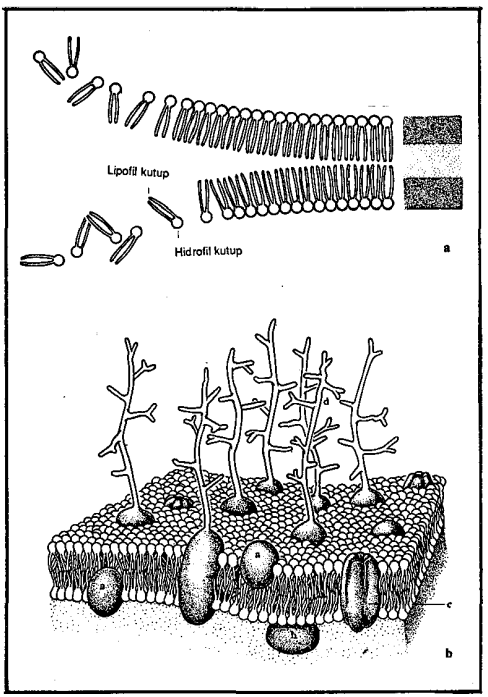
Tablo 27.1: Sıçan karaciğer hücresindeki çeşitli membranların yaklaşık olarak kimyasal içeriğine katılan maddelerin oransal dağılımı

Membran Çeşidi	Fosfolipid (% olarak ağırlık)	Kolesterin (% olarak ağırlık)	Glikolipid (% olarak ağırlık)	Protein (% olarak ağırlık)
Plazma membranı	22.8	14.	2.4	60
Diktiyozom membranı	20	15	-	65
ER membranı	25.5	4.5	-	70
İç mitokondri membranı	22.1	1.9	-	76
Hücre çekirdeği membranı	25.5	4.5	-	70



Şekil 27.1: Elementer membranlar ve membran akışı. Endositoz: Bir tanecigin plazma memb-ranından emilim ile alınması, membranların girinti yapması ve sonuçta bir vesikülün oluşumu. (Fagositoz: Buna benzer olaylanan pinositozda özellikle akıcı madde alınır). Ekzositoz: Golgi vesikküllerinin boşalması, vesikül membranı, plazma membranının bir bölümüdür. I-ER'nin boğumlanması ile sitozomun oluşumu; II- Vesiküller ER'den Golgiye madde taşır, III-Bir ER kanalının kabartı yaparak vakuol oluşturması (Sitte'den).

Membranların yüzeyinde diğer proteinler, örneğin enzim proteinleri ve karbonhidrat zincirleri oturur. **FLUİD (=AKICI) MOZAİK MODELİ** denen bu yapı, günümüzde biyomembranların yapısı için geçerli olan görüştür.



Şekil 28.1: Biyomembranın yapısı (şematik)

a) Polarize fosfolipid moleküllerinin yan yana gelerek bimoleküler bir fosfolipid filmi oluşturması;

b) Biyomembranın şematik görüntüsü; a) entegre, b) çevresel ve c) tünel konumlu proteinler, d) Glikokaliksin glikolipid ve glikoproteinleri (Mörike ve ark.).

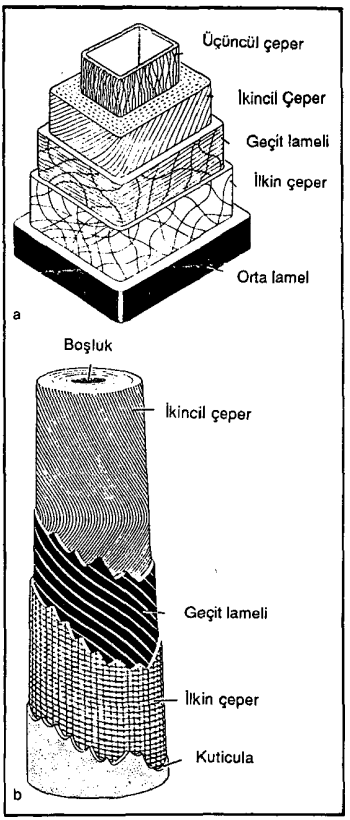
4.1.2. Plazmalema

Hücre sitoplazmasını dıştan saran membrana denir. **Plazmalema, hücrenin dışı ile ilişkilerde hem engel, hem de aracıdır.** Bu görevlerine çok iyi uymuştur. **Hücre ve çevresi arasındaki madde alışverişini düzenleyen yapılara sahiptir. Bazı durumlarda hormon ve nörotransmitter gibi sinyal moleküllerini tanır.** Bunun için gerekli **reseptörlere(=almaç) sahiptir.** Bu almaçlar, genellikle karışık yapılı protein ve karbonhidrat moleküllerdir.

Plazmanın dış yüzeyi karbonhidrat moleküllerinin oluşturduğu ince bir tabaka ile örtülebilir. Bu glikojen benzeri moleküller, membranın lipid ve protein moleküllerine bağlı olabilir. Buna göre "**Glikolipid**" veya "**Glikoprotein**" den söz edilir. Bu tabakaya "**Glikokaliks**" denir *(Şekil 28.1)*. Gevşek ve lifli ağsı bir yapı gibi görünür. **Glikokaliks alyuvarlarda kan grubu antijenlerini yapabilir.** Ayrıca hayvansal hücrelere mekanik bir sağlamlık kazandırır.

4.1.3. Hücre Çeperi

Hücre çeperi bitki hücrelerinde görülür. Yalnız bitkilerin eşey hücrelerinde bulunmaz. Onlarda hayvan hücresi gibi plazmalema vardır. Ancak döllenmenin akabinde, hücre, yüzeyine ince ve jelimsi bir madde salgılar. Bu madde **primordial çeper**'i (=ilk çeper) oluşturur ve içinde **Pektin** bulunur. Pektinler, birbirleri ile iyonlarla bağlanan, uzun zincirli karbonhidrat moleküllerinden meydana gelir. Hücre bölünmesinde oluşan yeni hücreleri birbirinden ayıran bu ilk çeper, iki hücreyi yan yana tutan orta lameldir. Pektinlerin temel yapıtaşı galakturon asididir. Pektin asidi çok zayıftır. Pektin kolayca şişebilir. Hücre çeperindeki diğer madde hemiselülözdür. Bunlar hücre çeperinin yapısına katıldıkları gibi, depo maddesi olarak işlev yapar.



Şekil 29.1: Bir bitki hücresi çeperinin yapısı. a) odun lifi, b) ağaç yün tüyü, birincil çeper ve geçit lamelinin kalınlığı 0,1 µm; ikincil çeper daha kalındır (Czihak ve ark.'dan).

Her oğul hücre, yeni çeper materyalini ilk çepere yığmaya başlar. Bu yığım sonucunda ***ilkin çeper(=primer çeper)*** oluşur. Bu **çeperde pektinlerin meydana getirdiği ana madde içinde dağılan, düzensiz mikrofibriller yer alır. İlkin çeperin bu yapısına *dağınık yapı (=dağınık tekstür)* denir** *(Şekil 29.1).*

Mikrofibriller *selüloz*'dan yapılmıştır. Bir selüloz molekülü, birbirine bağlı 10 000 glikoz molekülünden oluşur. Böyle bir iplik molekülü 4 µm uzunluğa ulaşabilir. Yaklaşık 2 000 ipliğimsi selüloz molekülü, bir mikrofibril demeti yapar. Bu demetler bitki hücre çeperinin yapı birimidir. Selülozun zincir veya iplik molekülleri doğada serbest olarak hiç bulunmaz ve zincirde ağ demeti şeklindedir. Bu birliğin çoğu kısmı kristalindir. Mantar hücre çeperinde yapı maddesi olarak ya selülöz ya da kitin vardır.

Oğul hücreler büyüyünce elastik olan primer çeper de genişler. İlkin çeper bu genişlemede incelemez; zira sürekli yeni mikrofibril tabakaları birikir. Kesin hücre büyüklüğüne ulaşılınca, hücre çeperinin enine büyümesi de durur. **İlkin çeperin üzerine *ikincil (=sekonder) çeper* oturur.** B u çeperdeki mikrofibrillerin birikimi tabaka şeklindedir ve ışık mikroskobu ile izlenir. **Burada mikrofibriller paralel olduğundan paralel yapı (=paralel tekstür)'dan sözedilir. Enine büyüme sırasında lignin veya suberin gibi maddeler ikincil çepere birikir.** Odunlaşan hücre çeperleri, yüksek basınç ve çekmeye karşı dayanıklılık kazanır. **Kuvvetli olan ikincil çeper, hücre içine doğru genelde ince bir tabaka ile sarılır. Bu tabakaya üçüncül (=tersiyer) çeper denir.** İlkin çeper gibi pektin temel maddesinden oluşur. Bunların içinde fibriller vardır. İlkin çeperin tersine fibriller burada paraleldir. Yani ikincil çeper gibi paralel yapı gösterirler. Tersiyer çeperin, ikincil çeper lamellerinin oluştuğu yer olması olasıdır.

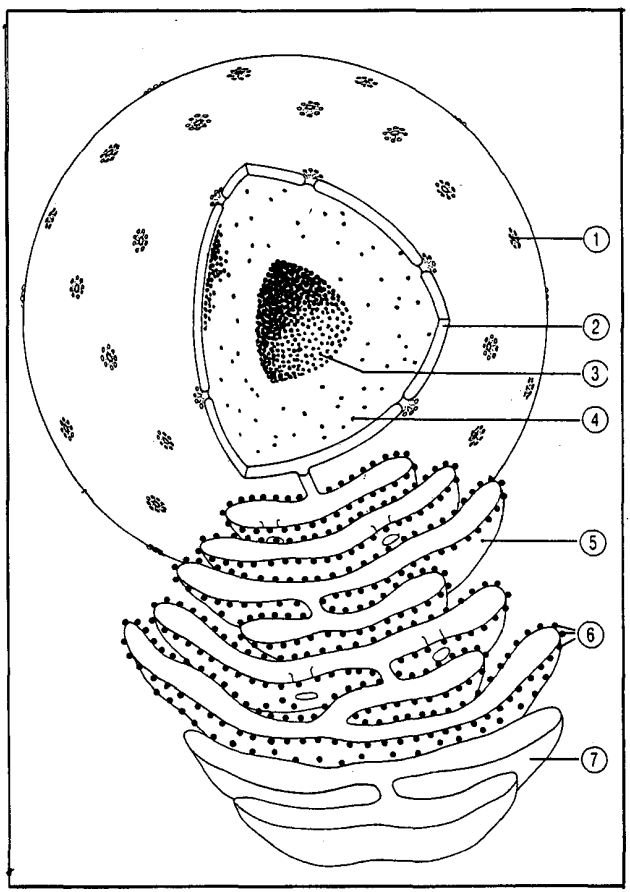
4.2. HÜCRE ORGANELLERİNİN YAPI VE İŞLEVİ

4.2.1. İki Membranlı Organeller (Tablo 42.1)

4.2.1.1. Hücre Çekirdeği (=Nukleus, Karyon):

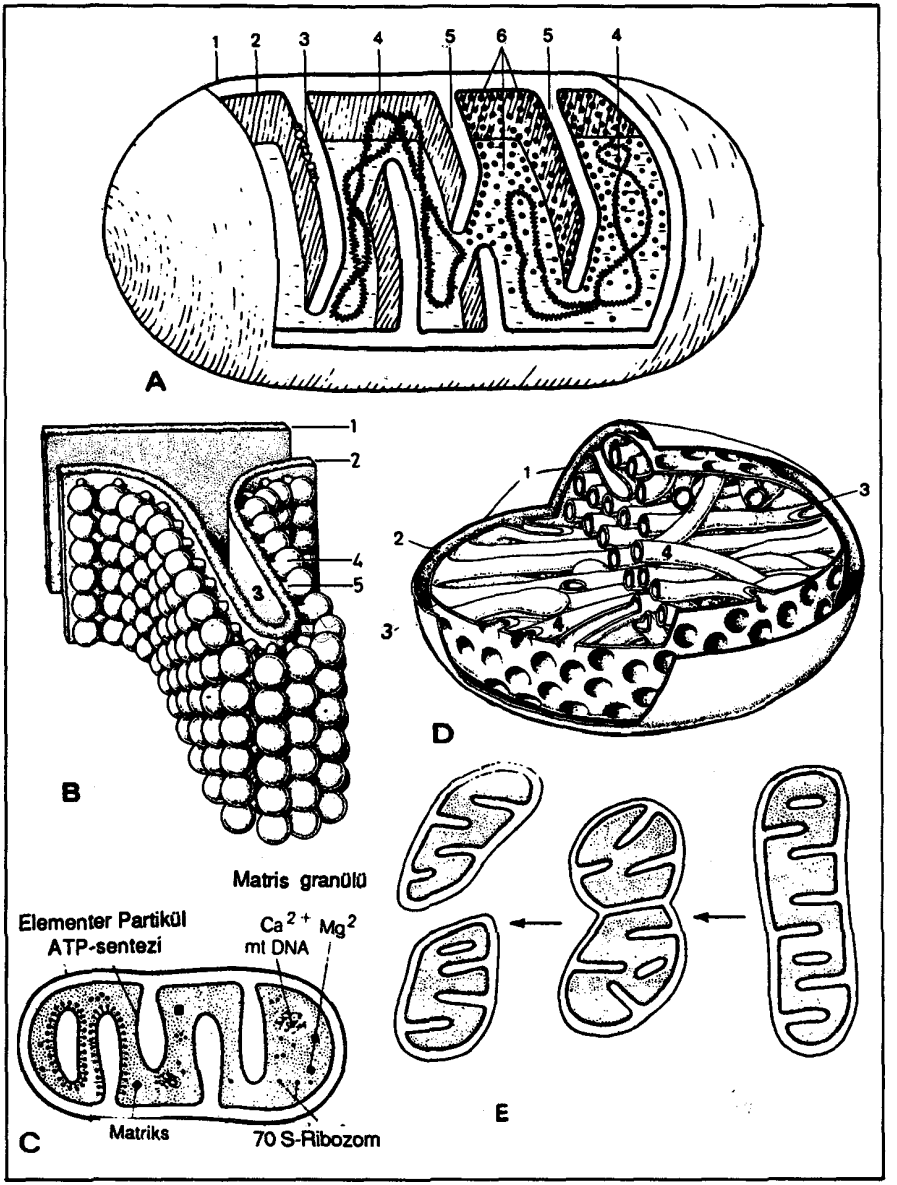
Çekirdek hücrede depo ve genetik bilgi arşividir. Genetik bilgi çift dizinli DNA moleküllerinde depolanır. Burada DNA replikasyonu (=iki katına çıkma) olur. RNA sentezi ile genetik zincirleri burada başlar. Çekirdeğin inferfaz, mitoz ve çalışma halleri vardır. Interfaz çekirdeğinde kromozomların DNA'sı iki misline çıkar.

Çalışma çekirdeği ve inferfaz çekirdeğinde RNA sentezi olur. Genellikle küre şeklinde olan **çekirdek hücredeki en büyük organeldir. Elastik olup, hücre yapısına bağlı olarak şekillenir.** Elektron mikroskobik gözlemlerden çekirdeğin bir kılıfla sarıldığı izlenir. Bu bir iç, bir de dış membrandan oluşur. İki membran arasındaki boşluk 20-50 nm'dir. Membran çok sayıda çekirdek poruna sahip olup endoplazmik retikülumun bir kısmıdır. Porlarla kesintiye uğrar *(Şekil 30.1)*. Makromoleküller porlar kanalı ile çekirdek sitoplazması (=karyoplazma) ile sitoplazma arasında gidip gelirler. **Karyoplazma protein ve nukleikasit (RNA ve DNA) içerir. Çekirdek, hücredeki tüm hayati olayları düzenler. DNA bölgeleri boyanabilir ve buralara Kromatin denir.** Kromatin, hücre bölünmesi olayında, çekirdek bölünmesi safhasında, kromozomları oluşturur. Hücre çekirdekleri, "SİTO-İSKELET" yapıları, yani bir nevi çekirdek iskeletini de içerir. Bu yapı kromatin ile ilişkidedir: Kromozomlar çekirdek iskeletine asılıdır. Çekirdek örtüsünün gerçek yeni oluşumu, çekirdek bölünmesinden sonra, çekirdek iskeletinin kenarda bulunan kısımları tarafından gerçekleşir.



Şekil 30.1: Hücre çekirdeği ve ER'un şematik şekli; (1) Çekirdek poru (deliği); (2) Çekirdek zarı; (3) Çekirdekcik; (4) Çekirdek plazması (=karyoplazma); (5) ER-granülü; (6) Ribozomlar; (7) ER-granülsüz

Karyoplazmada özellikle iyi boyanan ve yüksek oranda RNA içeren bir kısım bulunur. Buna çekirdekcik (=Nukleolus) denir. Sayısı bir veya daha fazla olabilir. Ribozomal RNA sentezinde rol oynar. Burada büyük RNA molekülleri sentezlenir. Çekirdekcik sitoplazmik ribozomların oluşumuna katılır *(Şekil 30.1)*.



Şekil 31.1: A) Mitokondri. 1) Dış zar, 2) İç zar, 3) Enzim, 4) Çember şeklindeki DNA molekülü, 5) Krista ve 6) Ribozom (Hadorn'dan). B)Bir mitokondri kristasının görünümü. 1) Mitokondrinin dış zarı, 2. Mitokondrinin iç zarı, 3) Krista, 4) Küremsi başlıklı partiküller (Fı) 5) Başlıkları iç zara bağlayan silindirik boyun (oligomycine duyarlı bağlantı proteinleri). c) Elementer partiküller ve mitokondri enzimleri. Dış membranlardaki enzimler: Monoaminosidaze; NADH-Sitokrom c-Reduktaze; Kolesterol, iç membrandaki enzimler: Sukkinatdehidrogenaze, Sitokromoksidaze; Kardiolipin: sitrat çevriminde rol olan önemli enzimler: Malatdehidrogenaze; İzositratdehidrogenaze; Sitratsintaze. D) Tubuler mitokondri. 1) Dış zar, 2) Dış ve iç zar arasındaki boşluk, 3) İç zar ve 4) Tubuller (Krstic'den). E) Mitokondri bölünmesi (şematik) (C ve E Czihak ve ark.'dan).

İnsandaki alvuyarlar, gelişim süreçleri içinde çekirdeklerini kaybeder. İskelet kası hücreleri ile kemik dokudaki dev kemik hücrelerinde (=osteoklast) ise birden fazla çekirdek vardır.

4.2.1.2. Mitokondriler:

Mitokondriler hücrenin enerji santrallarıdır. Mitokondrilerde, yağ asidi yıkımı ve sitrat siklusu ile üre siklusunun bazı bölümleri ve özellikle solunum zinciri ve buna bağlı ATP sentezi olaylanır. Mitokondrinin jelimsi matriksinde adı geçen sentezler için gereken enzim bulunur *(Şekil 31.1).* Aminoasit (Glutamin asidi, Citrulin) veya steroidhormonların biyosentezleri de, mitokondrilerde ikincil işlev olarak kabul edilir. Bu çok yönlü ve önemli işlemler, hücre başına isabet eden mitokondri sayısı ile ilişkilidir. Mitokondri işlevi, aktif taşıma ile yakından ilgilidir. Ca^{2+} Mg^{2+} ve K^{+} iyonları mitokondrideki yoğunluk düşüşüne bağlı olarak içeri alınır., Bu değiştokuşta anyon veya H^{+} iyonları serbest bırakılır. Mitokondriler kanalı ile olan aktif iyon hareketi, hücre işlevinin denetimi için önemlidir. Mitokondriler çoğu kez, hücrenin yönlendirilir iyon sistemi olarak kabul edilir. Bir memeli hayvan karaciğer hücresinde 1 000-1 500 mitokondri bulunur *(Tablo 24.1).* Az beslenme durumlarında bu sayı 500-700'e iner. Çizgili bir kas hücresinde, kasın çalışıp çalışmaması ile mitokondri sayısı değişir. Çalışan kasdaki sayı fazladır. Bu da Enerji kazanımı için var olan enzimin artma veya azalması ile ilgilidir. Bu durum hücrenin protein işlevinin % 30'udur. Daha büyük hücrelerde bu sayı 500 000'e çıkar(=dev amip).

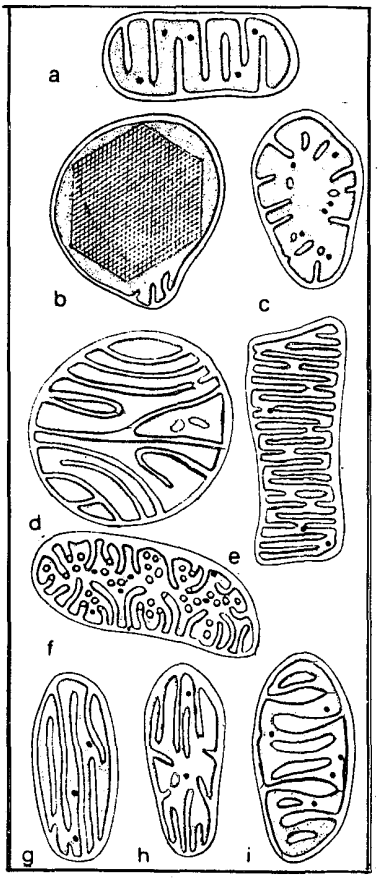
Mitokondriler işlevlerine bağlı olarak küre, çubuk ve dallı ipliğimsidir. Büyüklükleri 0,5 x 0,5 x 1 ile 1 x 1 x 5 µm arasındadır.

Mitokondri örtüsü genellikle 7-10 nm kalınlığında iki membrandan oluşur. İkisi arasında **perimitokondrial bölge** vardır. Dış membran bazen ER-sisternalarına bağlı oldukça iyi geçirgendir (hatta disakkaridleri bile geçirir).

İç membran çok sayıda girintiye sahiptir. Genellikle "CRISTA" denen yaprak benzeri, bazen tüp gibi (memeli hayvan hücresinde), bitkilerde cep şeklinde "SACCULI" denen yapılar vardır. Geçirgen değildir ve sadece belirli bazı moleküller için geçirgendir (Mol. ağırlığı < 0,1 kg/mol). Daha çok transport proteini içerir ve proteince zengindir (% 75 protein, % 25 lipid). Dış membran gibi kolesterol içermez. İç membranda ve cristada entegre olarak elektron transportu için enzim kompleksleri bulunur. *(Şekil 31.1)*

Mitokondri matriksi sitrat siklüsü ve yağ asidi oksidasyonu enzimlerini içerir. İç kısımlarda örneğin piruvat, karboksilleşir veya solunumda dekarboksilleşir; burada mitokondrial biyosentezlerin çoğu olaylanır.

Mitokondri matrikslerinde DNA, RNA(tRNA, $rRNA_1$, $rRNA_2$), mRNA ve Ribozomlar (70S) bulunur. Mitokondri, DNA-replikasyonu, transkripsiyon ve protein biyosentezi yapar. Mitokondrideki DNA miktarı hücredekinin ancak % 0.2'si kadardır. Mitokondri iç membranındaki enzimlerin kısmen mitokondriyal DNA tarafından şifrelendiği kabul edilir. Bira mayası hücresindeki sitokrom a, a3, b ve c1'in mitokondriyal DNA tarafından belirlendiği kanıtlanabilir. Mitokondri matriksinde 5-10 DNA molekülü bulunur. Mitokondrial DNA (mtDNA) hayvan hücresinde küçük olup en çok 2-3 düzine proteini şifreler. Bitki hücresi mtDNA'sı



Şekil 33.1: Mitokondrilerde yapısal farklılıklar: a) Tipik bir mitokondri (ekzokrin pankreas hücresi); b) Bir oositin vitellüs plakacıkları; c) Az kristalı karaciğer mitokondrisi, d) Yeni doğanın yağ dokusu mitokondrisi (depo yağını yıkma işlevi vardır); e) Kas mitokondrisi(=Sarkozom); f) Tübsü mitokondri (protozoa ve omurgalı böbrek üstü kabuğu); g) Boyuna kristalı mitokondri (yumuşakca eşey hücresinde); h) Mantar mitokondrisi; i) Yüksek organizasyonlu bitki mitokondrisi (Sitte'den).

oldukca iridir. İnsanın mtDNA'sı, rRNA molekülü, 22 farklı tRNA turü ve 13 farklı proteini şifreler. Bunlardan 5 protein saptanabilmiştir.

Mitokondriler ancak birkaç gün yaşar. Enine bölünme ile çoğalır *(Şekil 31.1-E)*. Bunlar embriyonal hücrelerdeki promitokondrilerden de gelişir ve çok küçük vesiküller olup yoğun matriksli, çift membranlıdır. İç membranlarında zamanla cristalar gelişir. Promitokondriler, bölünme ile kendilerinden ve tomurcuklanma ile gelişmiş mitokondrilerden oluşur. Mitokondrinin ortalama ömrü, hücreye göre daha azdır. Karaciğer hücre mitokondrileri 7-10 gün yaşar.

Mitokondriler az da olsa genetik bilgiye sahiptir. Eşeysel çoğalmada mitokondriyal bilgi değişmez. Yumurta hücreleri mitokondri veya promitokondrileri döle nakleder. Hayvan sperması oluşumunda birçok mitokondri bir iplik şeklini alır. Memeli hayvan sperminin orta bölümünde, 4 adet iplik mitokondri helezonik bir şekilde bulunur *(Şekil 33.1)*.

4.2.1.3. Plastidler:

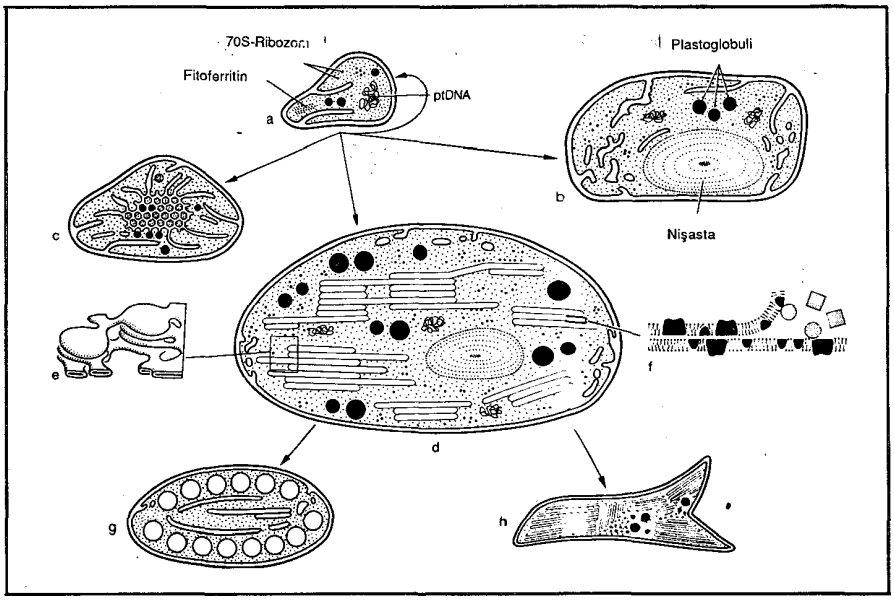
Plastidler de mitokondriler gibi ökaryotlarda ve **sadece bitkilerde** görülür. Mantarlarda plastid yoktur. Plastidler de morfolojik ve biyokimyasal bakımdan birbirinden farklı iç ve dış iki membran tarafından sarılır.

Plastidler iç kısımlarında oldukça ileri farklılaşma gösteren bir membrana sahiptir. Plastidlerde membranlardan başka hidrofob maddeler, globüller ve bir plazma vardır. Plazmayı "STROMA" doldurur. Stroma, sitoplazma gibi proteinlerin sulu çözeltileri, çözülmüş ve tanecikli protein ve çok sayıda ribozom içerir.

Burada da çok miktarda DNA içeren ve feulgen reaksiyonu ile ışık mikroskobik olarak kanıtlanabilen bir kısım vardır. Plastid DNA'sı halka şekillidir. Mitokondrial DNA'ya göre daha fazla genetik materyale sahiptir; ama bütün plastid bileşenlerini şifrelemeye yetmez. Her plastid için genellikle 50 DNA kopyası bulunur. Plastid

DNA'sı baz içeriği ile çekirdek DNA'sından ayrılır. Ondan bağımsız olarak replike (=iki katına çıkma) olur. Ribozom (70S), tRNA ve RNA polimerazları, mitokondri ve bakterilerdekinin özelliğini taşır. Onlardaki gibi, burada da protein sentezi kloramfenikol ile inhibe edilir.

Birbirlerine değişebilen çok çeşitli plastid formu vardır *(Şekil 34.1).*



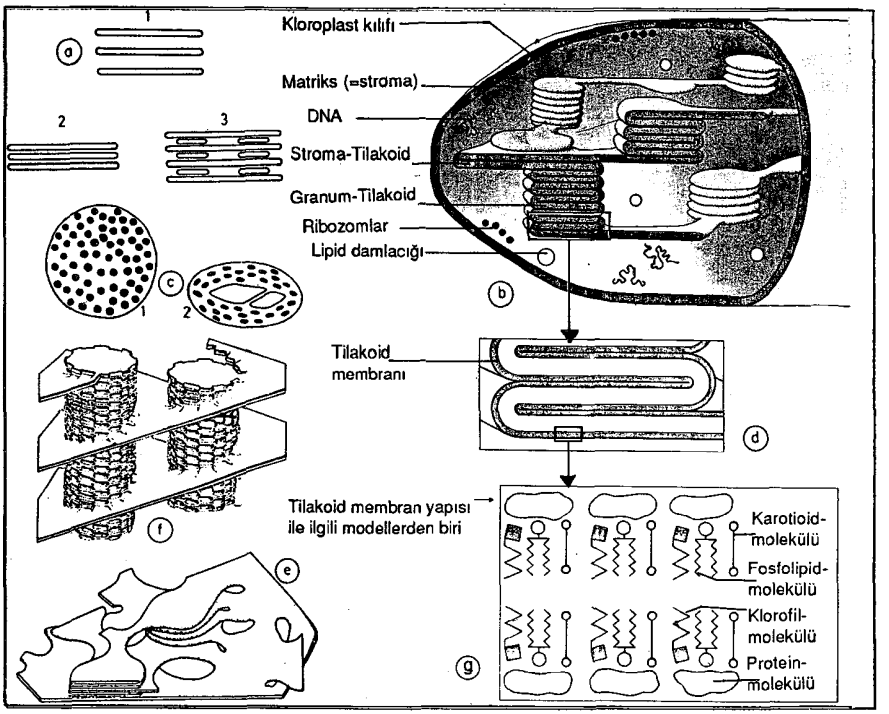
Şekil 34.1: Plastidlerin şekil ve gelişimi: a) Proplastid; b) Nişasta depolayan lökoplast; c) Prolamellar cisimcikli etioplast; d) Grana ve stromalı granül + kloroplast; e) Grana oluşumunda tilakoidlerin üç boyutlu olarak birbiri üzerine yerleşmesi; f) Bir tilakoid membranının moleküler yapısı; g) Globullü kromoplast veya gerantoplast; h) Tüp yapılı kromoplastlar. Kloroplastların birbirlerine dönüşebilirlikleri oklarla gösterilmiştir (Czihak ve ark.'dan).

4.2.1.3.1. Ön Plastidler (=Proplastid)

Proplastidler en basit plastiddir. Farklılaşmamış meristematik doku ve renksiz bitki hücrelerinde, örneğin kök ve epidermisde rastlanır. Proplastidler çift membrandan başka içde farklılaşmamış stroma, çok sayıda ribozom, DNA ve plazmatik proteinler taşır. Ameböid şekil değiştirebilen proplastidler hücrede bölünerek çoğalır. Farklı plastidler bundan oluşur *(Şekil .34.1).*

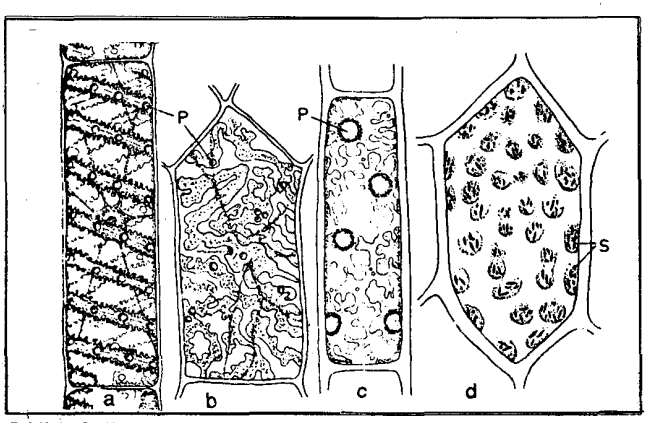
4.2.1.3.2. Kloroplastlar:

Klorofil içeren ve bu nedenle yeşil renkli olan bu plastidler çok yaygındır. Kloroplastların dış şekli ilkel bitkilerde çok değişir, mercimek, ağ, plaka, yıldız ve döner merdiven şekilleri vardır. Yüksek organizasyonlu bitkilerde genelde mercimek şekilli olup 2-5 µm uzunlukta, 1-2 µm kalınlıktadır *(Şekil 35.1 ve 35.2).*



Şekil 35.1: Kloroplastın yapısı. a) Çeşitli canlılardaki tilakoid düzeni; (1) kırmızı alglerde, (2) yeşil alglerde, (3) yüksek organizasyonlu bitkilerde; b) Kloroplastın iç kısmının görünüşü, c) Kloroplastların mikroskopik görüntüsü, (1) yüzey görünüşü, (2) iki nişasta taneciği ile profilden görünüşü, d) Tilakoid membranı; e ve f) Tilakoid ilişkisinin iki değişik modeli, g) Tilakoid membranı modeli (a, c, e, f Libbert'den; b, d, g Biolgie h.'den).

İç yapısı karmaşıktır. İç membran düz torbacıklarla yani *Tilakoid*'lerle bezenmiş olup, iç yüzey tilakoidlerle oldukça çok artmıştır. Bunlar kısmen kapalı torbalardır. Bir kısmı stromayı kateder ve **Stroma-tilakoidi**, diğer bir kısmı da plaka, plaka üstüste yerleşir, bunlara da "**Grana-tilakoidi**" denir. Alg kloroplastlarında grana yapısı yoktur. Kloraplast DNA'sı matriksde bulunur. Her kloroplastta 20-80 DNA molekülüne rastlanır. Sayı bitki türüne göre değişir.



Şekil 35.2: Kloroplastlar. a) Helezonik alg, b) kahve alg. *Ectocarpus*, loplu. c) kırmızı alg, yıldız şeklinde, d) *Mnium* adlı yosunda mercimek şekilli, bir kısmı bölünüyor. B) Pirenoid. S) Nişasta Tanesi (Libbert'den).

Tilakoid membranları diğer biyomembranlar gibi lipid ve proteinden yapılır. Klorofil ve karotinoid gibi renk maddeleri membranlara girmiştir. Bunun yanında klorofil molekülleri genelde proteinlerle tepkime merkezleri (Reaksiyon Merkezi I ve II). Fotosentez ve ışık toplama kompleksleri şeklinde bağlıdır. Işık emilmesi tilakoid membran yüzeyinde olur. Kloroplast ana maddesi, fotosentez karanlık tepkime enzimlerini; özel DNA ve RNA ile protein sentezi enzimleri ve ribozomları içerir.

Kloroplast pigmentleri fotosentez için ışığı emer. Bunlardan en yoğunu klorofildir. Klorofilin de %70'i mavi yeşil (Klorofil a), %30'u sarı yeşil (Klorofil b) olarak yüksek organizasyonlu bitki ve alglerde; Klorofil c ve d veya e diğer alg gruplarında görülür.

4.2.1.3.3. Etiyoplastlar:

Özel bir plastit şeklidir. Üreme organlarının oluşumundan sonra karanlıkta bulunurlar. Örneğin tohum embriyosu veya kök yumruları. Bunlarda tilakoit bulunmaz; ama tüp gibi elemanlar vardır. Bunlara "İLKİN LAMEL CİSİMCİĞİ" denir. Karanlıktaki doku aydınlatılırsa etiyoplaslardan kloraplast oluşur.

4.2.1.3.4. Lökoplastidler:

Bitkinin birçok renksiz dokusunda lökoplastid görülür. Bunları işlevlerine göre 3 tipe ayırabiliriz:

a) Amiloplastidler: Nişasta,
b) Elaioplastidler: Yağ,
c) Proteinoplastidler: Protein depolar.

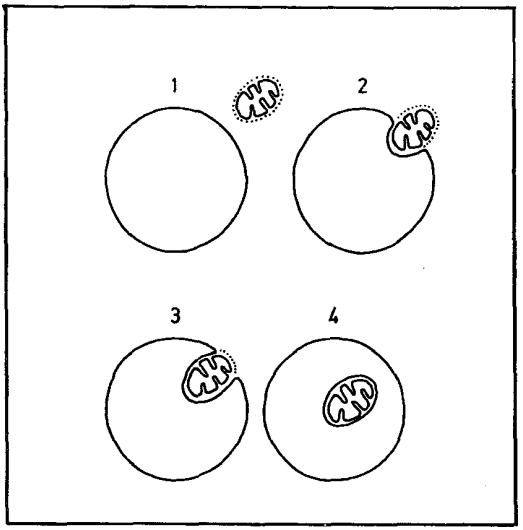
Amiloplastların, kloroplastların yapımı için genetik bilgiye sahip oldukları, nişasta depolayan organların ışığa çıkarılması ile gözlenir. Patates yumrularının yeşil renk almasında amiloplastlar, kloroplastlara dönüşür ve klorofilli tilakoidler oluşur. Elaioplastidler ve proteinoplastidler, plastidlerin dönüşümü olmayan farklılaşmış şekilleridir. Bunlar sadece depo görevi yapar. Lökoplastidler genelde proplastidlerden oluşur; ama bunlar bazen bölünme ile de çoğalır.

4.2.1.3.5. Kromoplastlar:

İki tipi vardır. Renkli çiçeklerde (örn. sarı karanfil) görülen ilk tipde iç membran tüpe benzer, burada *Karotinoid* depolanır. Bunlar proplastidlerden oluşur ve bölünerek çoğalır.

Bunlar da kloroplastlar gibi aynı büyüklükte DNA molekülüne sahiptir. Havuç kökündeki karotinoid kristalleri ile dolu kromoplastlar da proplastidlerden oluşur.

Kromoplastların ikinci tipi, kloroplastların terminal durumudur. Tilakoidlerin yıkımı ile karotinoidler stromada yağ damlacıkları olarak bulunur. Tilakoidlerin protein ve klorofili yıkılır. Kloroplastların bu bozulması yaprakların sonbaharda sararmasında izlenir.



Şekil 37.1: Endosimbiyoz varsayımı: Mitokondri evrimi: Çeperi noktalı olan mitokondrilerin fagositozla hücreye alınması (Libbert'den).

4.2.2. Mitokondri ve Plastidlerin Kökeni

Bu organeller DNA, çeşitli RNA ve Ribozom taşımaları nedeniyle *hücre içinde hücre* diye adlandırılır. Prokaryontlar ile bu organeller arasında moleküler düzeyde birçok benzerlik vardır:

DNA çıplak, halka gibi bir çift dizindir; ribozom tipi 70S olup antibakteriel antibiyotiklerle bloke edilir.

Mitokondri ve plastidler ökoryantlarda özel bir yer alır. Kendi kullanımları için bir genetik sisteme sahiptirler. Çekirdek ve hücre bölünmesinden bağımsız olarak çoğalırlar. **Endosimbiont kuramına** göre bunlar bakteri veya mavi alg benzeri prokaryotların devamı olup, önce fagositozla heterotrof ve anaerob hücreye alınarak orada simbiyotik olarak yaşamışlardır*(Şekil 37.1)*.

Mavi alg hücrelerinin renksiz kamçılılarda yaşadığı ve her iki ortak için C-asimilasyonu yapan günümüz endosimbiyoz formları bulunduğundan, organellerin oluşumunun *Endosimbiyoz*'la gerçekleştiği kabul edilir.

4.2.3. Basit Tek Membranlı Organeller (Tablo 42.1)

4.2.3.1. Endoplazmik Retikulum (=ER):

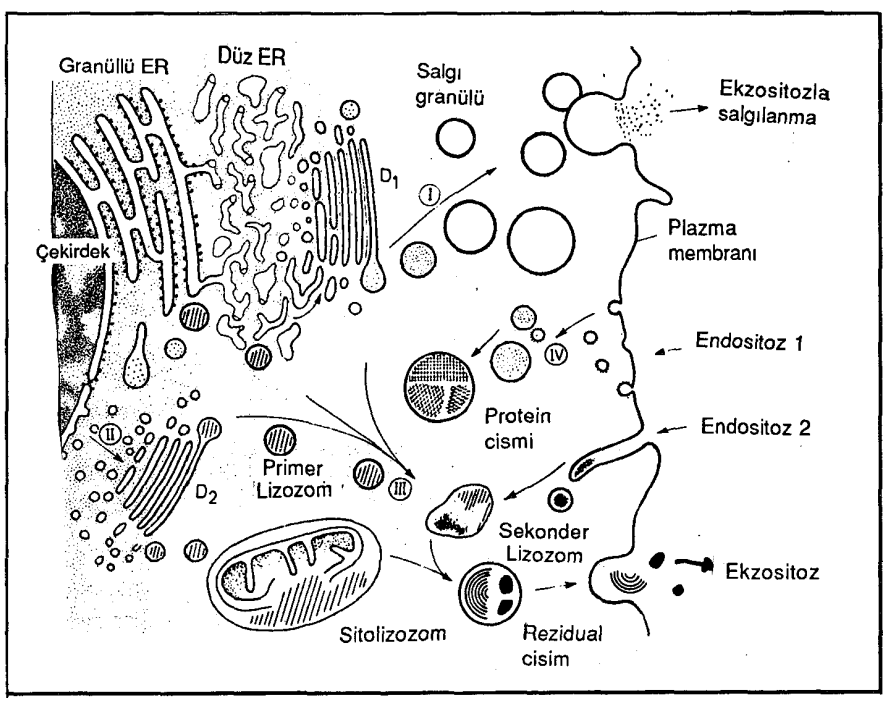
ER eritrosit ve trombositler dışında tüm bitki ve hayvan hücrelerinde bulunur. Bakterilerde böyle bir membran sistemine rastlanmamıştır.

Hücre organellerinin işlevsel olarak bir arada çalışmalarını sağlamak için sitoplazmada madde nakli yapılır. Bu nakil plazmadaki çeşitli moleküller için gerekir. Süratli ve engelsiz bir geçiş için kanalların oluşturulduğu ağsı bir yapı vardır. Bu yapı düz, boru gibi ya da kabarcıklar şeklindedir. Elektron mikroskobu ile yapılan gözlemlerde, plazmadaki bu membran kanalcıkları (=sisterna) nın oluşturulduğu ağsı bir yapı olan Endoplazmik Retikulum veya kısaca ER rahatça izlenir. ER sabit bir sistem olmayıp değişkendir. Oluşum şekil ve ölçüsü, hücrenin metabolik olayları ve gelişme durumuna bağlıdır. ER'nin iç kısmında akıcı bir madde protein kristali ve lipid damlacığı izlenir.

Bazen ER membranlarının üzerinde *Ribozom*'lar veya *Polizom*'lar yer alır. Bunlara *Granüllü ER* denir. Burada salgı proteinleri ve membran proteinleri yapılır. **Üzerinde ribozom bulunmayan ER'lere Granülsüz ER denir.** Granüllü ER ribozomlarında oluşan protein molekülleri sisternalara rahatça girer ve orada kolayca nakledilir. Bunlar daha çok pankreas gibi sindirim bezi hücrelerinde ve antikor oluşturan lenfositlerden plazma hücrelerinde çok gelişmiştir. Granüllü ER'nin paralel sisternalarının yoğun olduğu bölgeler ışık mikroskobu ile bile izlenir. Bunlar daha

çok bez hücrelerinde izlendiğinden, onlardaki sentezle ilişkili olduğu sanılarak önceleri *Ergastoplazma* diye adlandırılmıştır. Granülsüz ER, tüplerin oluşturduğu ağsı bir yapıdır. ER'in membranlarında protein biosentezi, yağ asidi steroid ve fosfolipid biyosentezi ile iyon alışverişi olur. Düz ER'nin özel enzimi olarak karaciğer ve böbrek gibi dokularda Glikoz 6 fosfotaza rastlanır. Düz ER'ye lipid veya steroid hormonu üreten hücrelerde rastlanır. Granüllü ER ile doğrudan doğruya ilişkide olup, onun tarafından yapılır. Embriyonal gelişim sürecinde hücrelerde önce granüllü, daha sonra granülsüz ER ortaya çıkar. Ayrıca granülsüz ER golgi apereyi ile de ilişkidedir. Granülsüz ER lipid sentezinde görev alır. Kan plazmasının lipoproteinleri önce burada lipidlerle yüklenir. Granülsüz ER eşey hormonu salgılayan hücrelerde iyi gelişmiştir. Karaciğer hücrelerinde de önemli işlevleri vardır; bunlar glikojen yıkarken ortaya çıkan Glikoz-6-fosfattan, fosfat kalıntısını da parçalar. İskelet kası hücrelerinde *Sarkoplazmik Retikulum* da denen, granülsüz ER, kalsiyum iyonlarını aktif olarak alır, depolar ve dışarıya verir. Böylece kas kasılmasını düzenler ve kontrol eder.

Madde değişim aktivitesi yüksek olan hücrelerde ER-membranları, hücre organellerine bitişiktir. Hatta hücre çekirdeğinin dış membranı çeşitli noktalarda ER-membranı ile kaynaşır *(Şekil 38.1)*. Yani ER-membranları yardımı ile hücre çe-



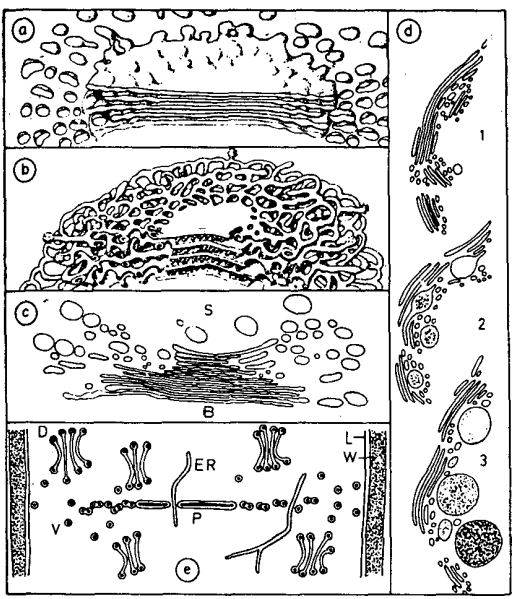
Şekil. 38.1: Hücreiçi nakilde sitomembranlar. Salgılar granüllü ER, düz Er veya Golgi apareyinde oluşturulur. Bu membran sistemleri birbiri ile ilişkidedir. Dışa atılım GA (Diktiyozom D_1) üzerinde golgi vesikülleri ile olur (salgı granülleri), ① GA veya diktiyozomlar (D_2) vesikül akışı ile ② granüllü ER tarafından beslenebilir. Çevredeki maddelerin hücreye alınımı "Endositoz"la olur. Besin partiküllerinden ikincil Lizozomlar ③ oluşur; ER veya GA'inden oluşan primer (birincil) lizozomlar fagozomla kaynaşır. Sitolizozomlarda =otofagozomlar) bozuk hücre organelleri benzer şekilde yıkılır. Sindirilemeyen atıklar rezidual cisimler "ekzositoz"la dışarıya atılır (Sitte'den).

kirdeği ve plazma arasında madde değişimi olur. ER-membran yüzeyine bağlı ve ER-membranında enzimler bulunur. Bu nedenle ER madde değişim yeridir. Bitki ve hayvan hücresinin ER'da herbisit, insektisit ve ilaç gibi yabancı maddeler değişime uğrayarak, zararsız hale getirilir.

4.2.3.2. Golgi Cihazı (=Apareyi= GC):

Diktiyozomlara ökaryotik hücrelerde rastlanır. Prokaryotlar, yani bakteriler ve mavi alglerde bulunmaz. GC denince bir hücrede bulunan *Diktiyozom*'ların tamamı anlaşılır. Bunlar tabak şeklinde, membranların sardığı sisternalar olup, uç kısımlarından boğumlanarak küçük kabarcıklar yapar. Bunlara *Golgi Vesikülleri* denir. Böylece GC sürekli membran materyali kaybeder. Golgi sisternaları (= kanalları) birbirlerine yakın ve paralel konumludur. Sisternaların yükseklikleri 0,1-0,5 µm ve çapları 1-3 µm arasında değişir *(Şekil 39.1)*. Gerek hayvan ve gerekse bitki hücrelerinde, diktiyozomlar dağınık olarak bulunur. Diktiyozomların sayısı hücrenin işlev ve gelişim durumuna göre değişir. Ortalama olarak her hücrede 20 adet vardır. Salgı hücrelerinde bu sayı birkaç bini bulur. Bazı tek hücreli canlılarda ise tek bir diktiyozoma rastlanır.

Hayvan hücresinde GC'nın en önemli işlevi salgı oluşturmasıdır. Şeker kalıntılarını çeşitli reseptörlere taşıyan *Glikoziltransferanz* ve özellikle *Galaktoziltransferanz* gibi glikozilaz enzimleri golgi sisternalarında oldukça aktiftir. Diğer durumlarda taşıma polisakkaridleri golgi sisternalarında sentezlenir. Bitki hücresi çeperinin ana maddesi ve birçok hayvan epitelinin mukus örtüsü GC'da meydana getirilir. Salgı yapan hücrelerde GC belli aralıklarla şekil değiştirir. Salgılarında protein miktarı fazla olan hücrelerde, ER'un ribozomlarında sentez edilen proteinler, diktiyozomlara gelir. Golgi vesiküllerine gelen glikoproteinlerin nakli bu kanalla devam eder.



Şekil 39.1: Golgi sistemi. a ve b) Bitki diktiyozom modelleri; c) Bir diktiyozomun görünüşü (B) diktiyozomun oluştuğu kısım, (S) diktiyozomun salgı yapan bölümü, d) Bir pankreas hücresi Golgi cihazının bir bölümü (1. dinlenme halinde, 2. henüz zimogen granülleri tamamlanmamış, 3. zimogen granülleri tamamlanmış); e) Bitki promordial çeperinin oluşumu; D) Diktiyozom; ER) Endoplazmatik retikulum; L) Plazmalema; P) Primordial çeper, V) Golgi vesikülü; W) Hücre çeperi (a) Drawert ve Mix'e, b) Mollenhauer ve Morre'ye; c) Lüttge'ye; d) Hirsch'e göre)

Diktiyozomlar bitki hücresinde hücre çeper ve membranının yapımına katılır. Hücre bölünmesi sırasında birçok golgi vesikülünün beraberce ilk hücre membranını oluşturduğu bilinir. Hücre çeperini oluşturan maddeler de ilk basamaklarda diktiyozomlar tara-

fından yapılır. GC hücre çeperinin temel maddesi, matriksi yapar. Bu pektin ve hemiselülözden oluşur. Bu polisakkaridler glikoz ve galaktoz gibi ön basamaklardan GC kanallarında polimerize edilir. Kök yüksük hücrelerindeki mukus maddeleri GC tarafından sentezlenir. **Drosera** (=güneş şebnemi) adlı böcek yakalayıcısı bir bitkide, salgılanan yapışkan bir madde de diktiyozomların faaliyeti ile meydana getirilir *(Tablo 40.1)*

Tablo 40.1 : Oluşum ve salgılanmasında golgi cihazının da katıldığı bazı salgılar (Memelilerde)

Oluştuğu Yer	Salgı	Oluştuğu Doku	Salgı
Sinir hücresi	Nörosekret	Hipofiz	Hormonlar
Pankreas	Enzimler	Tiroid	
Mide mukozası	Mukoza maddeleri	Böbreküstü bezi Plasenta	
Süt bezleri	Besin proteinleri	Plazma hücresi	Antikorlar

Diktiyozomlar bazı durumlarda bölünebilirler; ama genelde ER tarafından yeni (=denovo) yapıldığı belirlenmiştir. Histokimyasal araştırmalar, diktiyozomların polisakkarid, mükopolisakkarid, glikoprotein ve azıcık lipid içerdiğini gösterir. Karbonhidrat metetabolizma enzimleri (=Inozindifosfataz, glikozittransferaz), diktiyozomlarla uyumludur. Galaktoziltransferaz, diktiyozom fraksiyonları için yönlendirici bir enzim olarak görülebilir. Bunların dışında çeşitli fosfatazlar da bulunur.

4.2.3.3. Lizozomlar:

Lizozomlar ER'un ürünü olup, oluşumlarına ayrıca golgi cihazı da katılır *(Şekil 38.1)*. Enzim içeriklerine göre lizozom olarak adlandırılan kompartımanlar vardır. Bunlar diktiyozomlar tarafından oluşturulur. Memelilerde yumurta hücresine, spermin çekirdeğinin girmesini sağlayan ve baş kısmının ucundaki *Akrozom* da bunlara dahildir. Akrozomdaki enzimler, yumurta hücresinin zarını eritir ve böylece sperma, kuyruğu dışında yumurta hücresine girer. Normalde daha çok lizozomda görülen fosfataz enzimine, golgi cihazında çokça rastlanır. Yine proteinaz, nükleaz ve fosfolipaz enzimleri de lizozomda görülür. İçerdiği hidrolitik enzimlerle tüm önemli biyolojik bileşikleri yıkabilir. Lizozomda bulunan sindirim enzimlerinden *Kathepsin, Fosfoproteinfosfataz ve kollagenaz* proteinleri, *asidik fosfataz, asidik DN-az ve asidik RN-az* nükleikasitleri, *fosfolipaz A ve C ile esteraz* lipidleri, *hiyaluronidaz, β-Glukaronidaz, β-Galaktozidaz* ve *muraminidaz (=Lizozim)* yapı polisakkaridlerini ve *alfa glukozidaz* depo polisakkaridlerini (=glikojeni) yıkar.

ER sisternalarından veya diktiyozomlardan önce primer lizozomlar küçük vesikül olarak ayrılır. Bunlar gerektiğinde besin vakuolleri veya otofagozomlarla sekonder lizozomlar olarak ortaya çıkar. Bunların içeriği sindirilir. Sindirilmeyen kısım dışarıya (=eksositoz) atılır *(Şekil 38.1)*. Dışarıya atılan bu maddeler daha çok

karbonlu hidrojenler olup, lizozomlarda lipazın bulunmayışı nedeni ile yıkılamamaktadır. Bütün bu olaylar çok süratli olur. Canlı boyama ile boyanan ve lazer ışını ile tahrip edilen terliksi hayvan mitokondrileri, derhal primer lizozomlarla sarılıp, otofagozomlar içinde kapatılıp sindirilmiş ve birkaç dakika sonra sindirilmeyen kısımlar dışarıya atılmıştır *(Şekil 38.1)*. En çok karaciğer, dalak, böbrek ve lökositlerde lizozomlara rastlanır. Lizozom enzimleri ile hücrede yıkılan maddeler endogen veya ekzogen kökenli olabilir. İlk maddelerin yıkıldığı olaya **otofaji**, ikincilerinkine **heterofaji** denir. Otofajide hücrenin kendine özgü, sitoplazma kısımları, organeller ve onların içindeki maddeler otolije olur, yani yıkılır. Bunlar beslenme ve oksijen azlığı, hücre zehirlenmesi ve ışınlanmadan sonraki fizyolojik olmayan koşullarda görülür. Heterofajide bakteri, virüs veya makromoleküller gibi endositozla hücreye giren yabancı maddeler fagozomlarca; yani membranla çevrili vakuollerce sarılır. Bu fagozomlara, lizozomlar hidrolitik fermentlerini boşaltır. Alınan yabancı maddeler de sindirim vakuollerinde tamamen yıkılır. Sindirilemeyen kısım da ekzositozla hücre dışına atılır *(Şekil. 38.1)*. Lizozomlar böbrekte, ilkin idrardan emilen proteinlerin tekrar kullanıma girmesini sağlar. Tiroid bezinde lizozom enzimleri, **tireoglobulini** parçalar ve böylece tiroksini harekete geçirir.

4.2.3.4. Vakuoller

4.2.3.4.1. Kontraktil Vakuoller:

Tatlısu protozoolarında ozmotik basıncı düzenler. Bu hücrelere hipotonik çözeltiden sürekli ozmotik su girer. Bu ve pinositozla giren su vakuollere ozmotik olarak alınır ve bunlar ritmik kontraksiyonlarla dışarı verilir.

4.2.3.4.2. Merkezi Vakuoller:

Vesiküller zamanla bir araya gelerek bitki hücresinin önemli bir kısmını kaplayan merkezi vakuolleri oluşturur. Kalınlığı 6 nm olan **Tonoplast** tarafından etrafı çevrilir. Merkezi vakuoller aşağıdaki görevleri üstlenir:

Çözünen metabolik ara ürünleri örn. glikoz, fruktoz, elma ve limon asidi ile amino asitleri depolar. Atık maddeleri, örn. hücre özsuyu ve renk maddeleri gibi kırmızı, leylakî, mavi **Antokyan;** sarı **alavon** ve **flavonoller** veya zehirli (=toksik) polifenolleri, alkaloid ve diğer ikincil maddeleri depolar.

Bitki hücresine su alınımını kontrol eder ve ozmotik koşullu turgor basıncı ile hücre çeperini elastik olarak gerer.

4.2.3.4.3. Depo Vakuolleri:

Bitki depo doku hücrelerinde tek bir merkezi vakuol yerine birçok depo vakuolü görülür. Örneğin sıvı yağlı yağ vakuolleri veya kolloidal ya da kristaloid proteinli protein vakuolleri (=Alöron vakuolleri). Depo proteinleri granüllü ER'den çıkıp granülsüz ER üzerinden geçerek protein vakuollerini oluşturur.

Tablo. 42.1 : Ökaryotların Organelleri (özet)

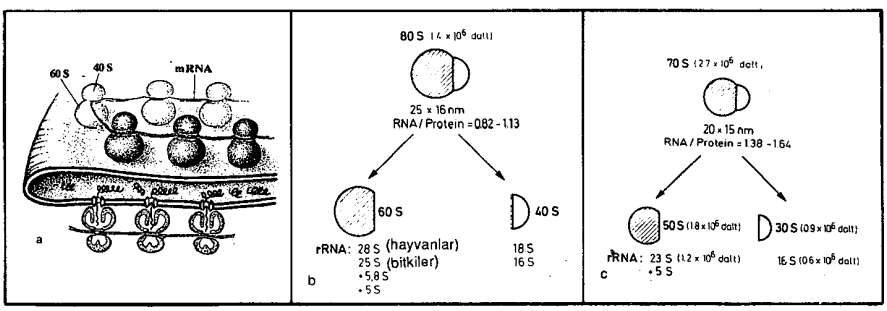
Membransız Olan ve Kendi Kendilerini Oluşturan (Self-assembly) Organeller	Basit, Tek Membranlı ve Endoplazmik Retikulumdan Oluşan Organeller	İki Membranlı ve Çoğalma ile Oluşan Organeller
Ribozom Mikrofilaman İntermedier Filaman Mikrotubuli Hücre Membranı Sito İskeletler İğ İplikleri Kamçı Kirpik Sentriyoller	Endoplazmik Retikulum Diktiyozomlar Mikrobodiler Lizozomlar Golgi Vesikülleri Vakuoller	Mitokondriler Çekirdek Plastidler (Kloroplastlar, Kromoplastlar, Lökoplastlar)

Prokaryotlar yalnız membran ve ribozom içerir. Bazı prokaryotlar vakuol, sil ve flagelluma sahiptir. Prosit ve öositler aynı temel maddelerden yapılmıştır; temel metabolik olayları da benzer (örneğin solunum) bir şekilde gerçekleşir.

4.2.4. Membransız Organeller (Tablo 42.1)

4.2.4.1. Ribozomlar:

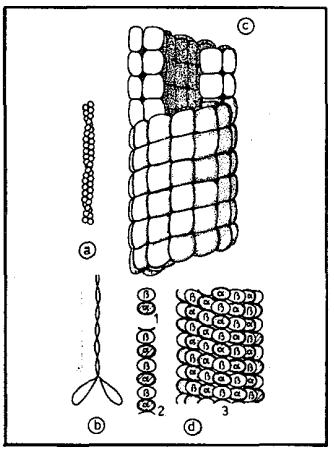
25 nm büyüklükte küremsi yapılardır. Ribozomlar, % 40 oranında ribonükleikasit ve % 60 oranında protein içerir. Ribozomların düşük moleküllü olan kısmı, özellikle iki değerli metal iyonlarından Mg^{+2}'dur. Mg yoğunluğu azalırsa, ribozomun kısımları birbirinden ayrılır ve protein sentezi gerçekleşmez. Protein biosentezi burada olur. Ribozomlar protein sentezinde RNA-molekülleri üzerine inci tanesi gibi ardarda dizilir. Böyle bir yapıya *POLİRİBOZOM* ya da *POLİZOM* denir *(Şekil 42.1)*. Bir polizomda kural olarak 4-7 ribozom bulunur. Bunlar iplik şeklindeki mRNA molekülü ile bir arada tutulur. Polizomlar membranda iri kısımları ile oturur. Virüslerce işgal edilen hücreler veya kanserli hücrelerde polizomlar oldukça büyük olup 30 ribozomdan oluşabilir. Bunlar sitoplazmada serbestçe bulundukları gibi, endoplazmik retikulum üzerinde de yer alırlar.



Şekil 42.1: Ribozomların yapısı. a) Granüllü ER'deki 80-S-Ribozomu; b) 80-S Ribozomunun ve c) 70 S Ribozomunun yapıları.

İki ribozom tipi vardır. İlki 70 Svedberg (=S) ribozomları olup, bunlar prokaryot hücrelerinde, mitokondri ve plastidlerde görülür. Diğeri 80 S-ribozomlarıdır. Bunlar ökaryot hücrelerinde bulunur. Buradaki Svedberg (=S) bir çökme birimi olup hızlı çevirgeç (ultrasantrifüj)de çevrim süratine bağlı olarak, çökelim hızını verir.

Ribozomlar farklı büyüklükte iki alt kısımdan oluşur *(Şekil 42.1)*. Bunlardan büyük olanı ribozomal RNA'dan (60 S ve 50 S), küçük olanı ise çok sayıda farklı proteinden (40 S ve 30 S) oluşur. Aslında burada 100 S ve 80 S-ribozomları söz konusudur; ama ultrasantrifüj sırasında birinde 20 S, diğerinde 10 S ünitesi kaybolur ve böylece ökaryotlardaki 80 S ve prokaryotlardaki 70 S ribozomları elde edilir. Ökaryotlar ve prokaryotlarda rastlanan bu iki ribozom tipinde başka farklar da vardır. Örneğin **protein sentezi 80 S-ribozomlarında *sikloheksimid* ile 70 S-ribozomlarında ise *kloramfenikol ve linkomisin* ile bloke edilir.** İki ribozom tipi arasındaki diğer önemli bir fark da, antibiyotiklerle olan tepkimelerinin farklı oluşudur. Örneğin streptomisin ve kloramfenikol 70 S-ribozomu ile tepkir. Buradan bu antibiyotiklerin bakterilere olan seçici etkisi açıklanabilir.



Şekil 43.1: Mikrofilamanlar ve Mikrotubuliler (şematik) a) Aktinfilamanı; b) Miyozin molekülü; c) Mikrotubuli; d) Bir mikrotubulinin yapısı (1) Tubulin molekülü (Dimeri); (2) Protofilaman; (3) Mikrotubulus (Libbert'e göre)

4.2.4.2. Sitozomlar:

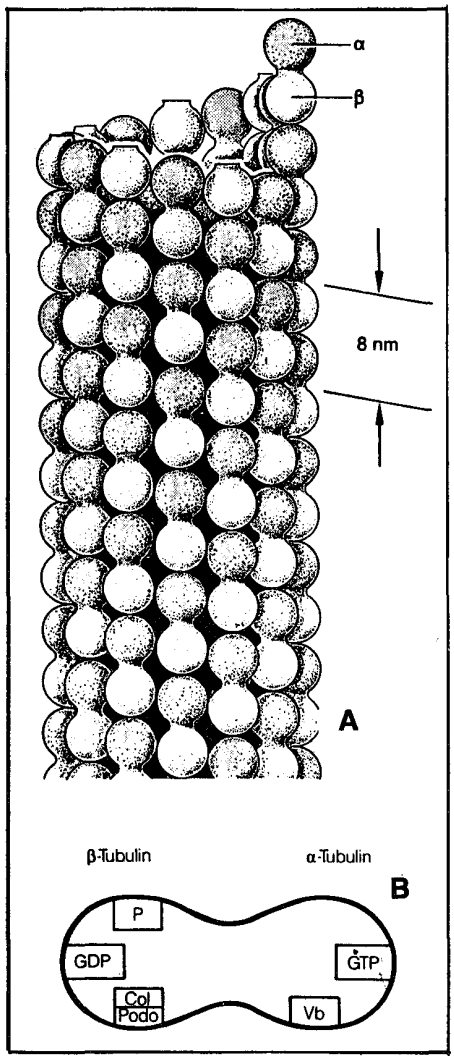
Birçok öositde primer ve sekonder lizozomların yanında heterojen yapılı çok küçük vesiküller de bulunur. Bunlara "SİTOZOM" denir. Bunlardan "PEROKSİZOM", "GLİOKSİZOM" ayrıca nakil sitozomlarından "AKANTOZOM", "AMİNOZOM", "MELANOZOM" ve "GOLGİ VESİKÜLLERİ" en önemlileridir.

4.2.5. Hareket Organelleri

4.2.5.1. Mikrotubuliler

Mikrotubuli sitoplazmadaki boru şekilli yapılardır *(Şekil 43.1)*. Ortalama 250 Å uzunluğunda olup, hücre boyunca uzanırlar. Globüler protein moleküllerinden (Tubulin) oluşur. Tubulin, aktinden sonra ökaryontlarda en sık rastlanan ikinci proteindir. Her dönümde 13 tubulin ünitesi yer alır. İki tubulin çeşidinden söz edilir; birisi mikrotubulinin dışını, diğeri içini gösterir.

Hücrede mikrotubuli hareketi gerçekleştiren yerlerde bulunduğu halde, kendisi sabittir; ama oralarda hareket olur ve bu haliyle sabit borular bir nevi hücre iskeletini oluşturur. Böylece hücrenin şekil kazanmasına yardım eder. Trombosit ve eritrositler etraflarını saran mikrotubuliler belli bir şekil kazanır. Mikrotubuli tarafından uyarılan hareketler de, yönü belirler, örneğin Golgi vesiküllerinin dahilindeki gibi. Uzunlamasına yönlenmiş *NÖROTUBULİ* sinir iplikciklerinin ana bileşenidir. Aktif elemanlar *Aktin* veya *Miyozin* filamentleri gibi *Mikrofilamentler* olabilir *(Şekil 43.1)*. Mikrotubuliler çekirdek bölünmesinde önemli rol üstlenir. Kromatinleri hücre



Şekil. 44.1: A. Mikrotubulinin yapısal modeli (silindirik-helazonik dörtlü yapı); B. Kimyasal yapıları birbirinden farklı iki tubulin birimi (α- ve β-tubulin) bir araya gelerek bir tubulin monomeri oluşturur; GDP, GTP (=guanin di ve trifosfat, vinblastin (=Vb), kolkisin (=Col) ve podofilin (=podo) bağlanma noktası (A. Czihak'dan, B. Reinhard'dan).

kutuplarına taşır. Bunlar, asbest iplikciklerinin en önemli kısmını oluşturur. Kolkisin serbest tubulini bağlar ve spindel (=ağ; asbest) ipliğinin çözülmesine neden olur. Böylece anafaz inhibe edilir. Anafaz gerçekleşmeyince kromatinler tek bir çekirdekte toplanır. Böylece iki misli kromozoma sahip olur. Kolkisinle muamele edilerek kromozom sayısı artırılabilir ve böylece poliploid canlılar elde edilebilir. İnblastin ve rinkristin gibi alkaloidler de ağ ipliklerini çekirdek bölünmesi sırasında çözer. Bunlar ve kolkisin tümör tedavisinde kullanılabilir.

Mikrotubuli sitoplazmadaki Tubulin ünitelerinden çok çabuk yapılabilir ve aynı çabuklukta yıkılır. Mikrotubuli özellikle elektron mikroskobunda mitoz ve mayoz sırasında görülür. Profazda mikrotubulinin çoğu çözünür. Bitki hücreleri, çekirdeğin üst kısmında hücre sınırına yakın bir yerde mikrotubuli bandına sahiptir.

Mikrotubuli hücrede ağsı bir yapı oluşturur. Prokaryotlarda tubulin bulunmadığı için onlarda mikrotubuli yoktur. Bazen açıklandığı gibi bakterilerde mikrotubuli bulunma olasılığı şüphelidir.

Bir yalancı alkaloid olan *Kolkisin (=Mitoz zehiri), Vinblastin, Podofillotoksin* ve diğer ikincil bitkisel maddeler olarak tubulin dimerlerine bağlanır. Bu şöyle olur; örneğin vinblastin, tubulinle tipik kristaller oluşturur. Bunlar bir mol tubulin için bir mol vinblastin içerir; yani tubulinin vinblastin için bir bağlanma noktası vardır. Bu müşterek kristaller kolkisini bağlayabilir. Yani kolkisinin de bir bağlanma noktası olup kolkisin podofillotoksinle bu bağlanma noktası için rekabet eder *(Şekil 44.1)* Böylece tubulinin polimerizasyonunu engeller ve zehir etkisi yaparlar.

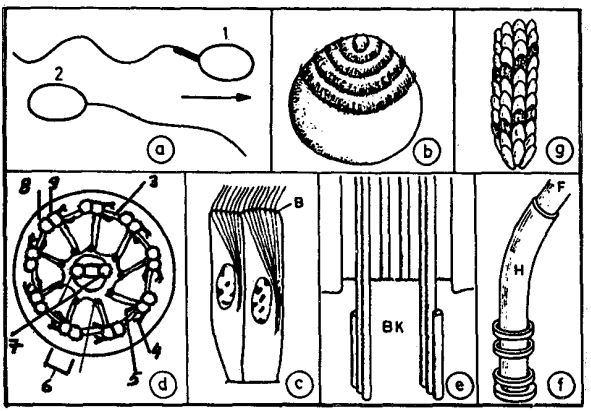
4.2.5.2. Sentrioller:

Hayvan hücrelerinin çoğu ve bazı bitki hücreleri, çekirdek yakınında bir "Sentriol"e sahiptir. Çapı 150 nm, uzunluğu 300-500 nm olan boş bir silindiri andıran bu yapı, 27 mikrotubuliden oluşur. Sentrioller üçlü (=triplet) olup, 9 triplet yapar.

Sentrioller, mitozda görülen ve mikrotubuliden oluşan ağsı yapının (=Spindel) merkezidir. Bazı iğ iplikleri (=Spindel Mikrotubulisi) sentriolden sentriole gider, diğerleri kromozomların belli bir bölgesindeki *Sentromerler*'de bulunur. İğ ipliklerinin kısalması ile kromozomlar sentriollere doğru hareket eder.

4.2.5.3. Kamçı ve Siller:

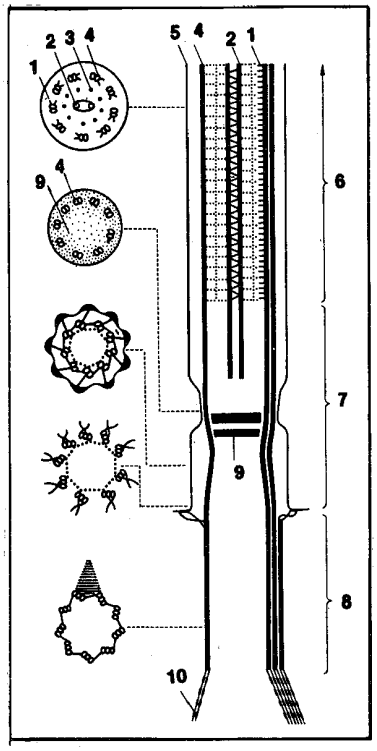
Kamçılar; bakteri, alg, mantar gibi organizmaların gamet hücreleri, sperm ve zoosporlar gibi çoğalma hücrelerinin hareketini sağlayan sitoplazma uzantılarıdır. Aynı zamanda akıcı madde ve tanecik nakline yararlar (örneğin burun mukozası, soluk borusu ve yumurta borusunun kamçılı hücreleri) *(Şekil 45.1)*. Hücrede bir çoğu bir arada izlenen kamçılara *sil* denir. Bunlar 200 nm kalınlıkta ve 100 µm uzunluktadır (kısalar genellikle 10-20 µm).



Şekil 45.1: Kamçılar. a) Memeli sperması (1), ve kamçılı bir alg (2); ok hareket yönünü gösteriyor; b) Açık tohumlu bir bitkide spermatozoid ve silleri; c) Karaciğer kanalı ve salyangozdaki silli hücreler; d) Ökaryotlarda bir kamçı kesiti; e) Ökaryotlarda kamçı bazali (BK= Bazal cisimcik); f) Bakteri kamçısı (H= Çengel, F= Filaman (=iplikcik)); g) Bakteri kamçı filamanı (koyu renkler subfilaman); (3) Neksinkol, (4) Dineinin dış kolu, (5) iç kolu, (6) Çevredeki 9 çift mikrotubuliden bir çifti, (7) Bir çift merkez mikrotubuli, (8) Subtubulus A, (9) Subtubulus B (Libbert'den).

9 çifti çevresel (=perifer), ikisi merkezde olmak üzere 20 mikrotubuli içerir. Çiftler 23 protofilamandan oluşur. Her mikrotubuliye 10'ar, üç tanesi de mikrotubulinin birbirlerine dokundukları yüzeydedir. Her çift, iki uzantı taşır. Bunların aralıkları 17 nm, kalınlıkları 2,5 nm, uzunlukları 10-40 nm'dir. Bu çift uzantılar *Dinein* adlı proteindir *(Şekil 45.1)*. Dinein, miyozin gibi ATP'ase aktivitesine sahiptir. Serbest kalan enerji Dinein kollarının komşu tubulin-çifti boyunca aktif olarak kaymasını sağlar.

Kamçı bazal kısımdan oluşur. Her üçlünün iç kısmında iki mikrotubuli uzar ve kamçının ikizini yapar. Kamçının çifti bazal cisimde son bulur veya sillerdeki gibi hücrenin içine girer *(Şekil 45.1)*. Merkezi mikrotubuliler, küçük bir tanecikde (=Aksozom) veya bir bazal plakada sonlanır.



Şekil 46.1: Bir silin ince yapısı. Bir midyenin (**Anadonta**) solungaç yapraklarındaki silin enine ve boyuna kesiti (elektron mikroskobunda). 1. Perifer filamentin kol uzantıları, 2 Merkezi filamentler, 3. İkincil filamentler, 4. Perifer (=çevresel) filamentler, 5. Plazma lema, 6. Sil ekseni, 7. Geçiş bölgesi, 8. Bazal cisimcik, 9. Bazal plakası, 10. Bazal iplikçikleri (Gibbons'dan).

4.2.5.3.1. Protosit (=Prokaryot) Silleri (=Bakteri Kamçıları):

Bakteri kamçıları öositlerin kamçıları ile homolog değildir. Bunlar daha küçüktür (çapı 10-20 nm, uzunlukları yaklaşık 12 µm) ve tübüler yapıda değillerdir. Bunlar uzun kamçı filamanı, kamçı kancası ve 2-4 bazal plakaya ayrılır. Filaman *Flagellin* adlı protein (mol. ağ. 40 kg/mol) oluşur. Yumurta şekilli moleküller 3-11 subfilaman oluşturur ve bunlar filamanı yapar *(Şekil 46.1).*

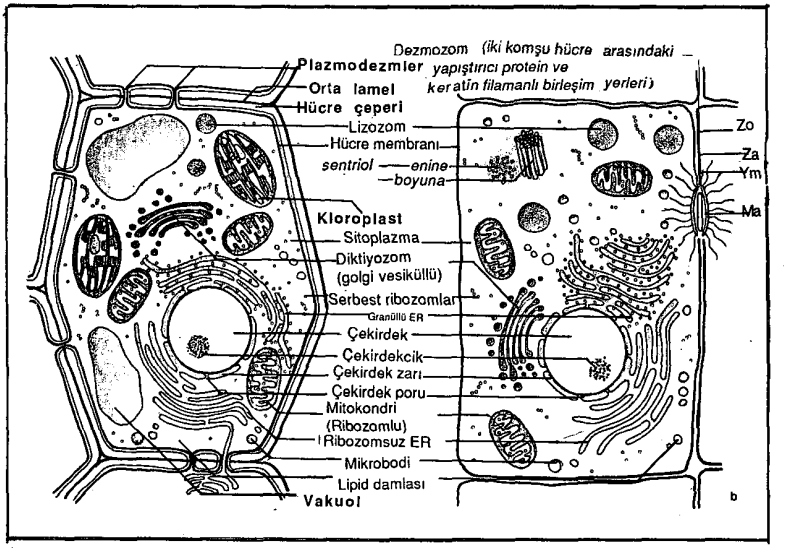
5. BİTKİ VE HAYVAN HÜCRESİ

Işık mikroskobik gözlemlerle bile bitki ve hayvan hücresi arasındaki farklar izlenir *(Şekil 47.1).* Bitki, hayvan ve mantar hücresinin, bazı organeller bakımından karşılaştırılması Tablo 46.1'de görülmektedir.

Tablo 46.1'den de izleneceği gibi bitki hücresi çeperinde selüloz oluşu tipiktir. Hayvan hücresi çeperi selüloz içermez. Selüloz bitki hücresine belli bir dayanıklılık ve şekil verir. Hücre çeperi vakuolleşen protoplastların yüksek ozmotik basıncına karşı koyar. Turgor ve hücre çeper basıncı arasındaki dengeyi sağlar ve hücrenin patlamasını önler. Hücre çeperi de farklı kalınlıkta olabilir. Hayvan hücresi ise değişken şekillidir.

Tablo 46.1 : Ökaryot Hücrelerinin Karşılaştırılması

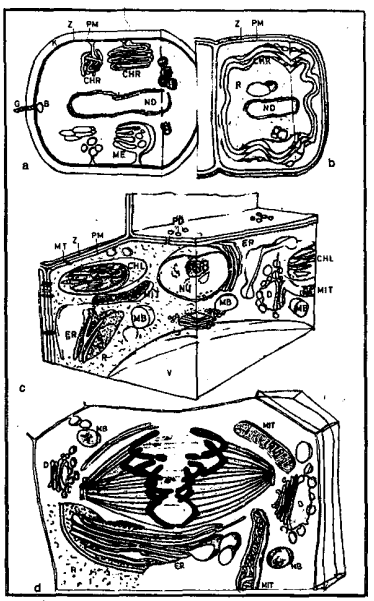
	Bitki Hücresi	Mantar Hücresi	Hayvan Hücresi
Glikokaliks	Yoktur	Yoktur	Vardır
Hücre Ceperi	Selüloz	Genellikle Kitinli	Yoktur
Merkezi Vakuoller	Vardır	Vardır	Yoktur
Plastidler	Vardır	Yoktur	Yoktur
Golgi Apareyi	Dağınık	Dağınık	Toplu
Tipik Depo Karbonhidratı	Nişasta	Glikojen	Glikojen
Sentriol	Nadiren Var	Nadiren Var	Vardır
Enine büyüme	Vardır	Yoktur	Yoktur



Şekil 47.1: Bir bitki hücresi (a) ve hayvan hücresi (b) nin şematik yapısı ve karşılaştırılması. Zo: Zonula occludens; Za: Zonula adhaerens; ym: Yapıştırıcı madde; Ma: Macula adhaerens (Dezmozom).

Bitki ve hayvan hücresi genelde aynı organellere sahiptir. Bunlardan çekirdek ve mitokondriler çift tabakalı membran taşır.

Plastid membranı da çift tabakalıdır ve sadece bitki hücresinde vardır. Bitki hücresinde olup da, hayvan hücresinde olmayan bir diğer organel de merkezi vakuoldür *(Şekil 47.1 ve 47.2)*. Tek tabakalı membran taşıyan endoplazmik retikulum, diktiyozom, lizozom ve küçük vakuoller hem bitki hem de hayvan hücresinde görülür. Ribozom ve mikrotubuli membransız olup her iki hücre tipinde de bulunur. Sentriyoller hayvansal hücrelerin çoğunda bulunduğu halde, bitki hücrelerinin çok azında yer alır.



Şekil 47.2: Çeşitli canlılardaki hücre yapısı. a) Bakteri hücresi; b) Mavi alg hücresi; c) Bir bitki hücresi; d) Mitozun anafazında bulunan bir hayvan hücresi; B= Prokaryontlardan kamçılılarda bazal cisimcik; CE= Sentriol; CHL= Kloroplastlar; CHR= Prokaryontlardaki kromatoforlar; D= Diktiyozomlar (Bir hücrenin diktiyozomlarının tamamına Golgi cihazı denir); ER= Endoplazmatik retikulum (granüllü ER ve granülsüz ER); G= Kamçı; K= Kapsül; MB= Mikrobodiler (Glioksizom, peroksizom ve lizozomlar); ME= Bakterilerdeki mezozom; MI= Mitokondriler; MT= Mikrotubuli; ND= Nukleoid (prokaryontlarda çekirdek ekuvalensi); NO= Çekirdekcik; NU= Çekirdek; PD= Plazmodezmler (ökaryont hücreleri arasındaki plazmatik bağ); PM= Prokaryontların sitoplazma veya ökaryontların plazma membranı, bitkilerde plazmalema adını alır); R= Ribozom; V= Tonoplastla çevrelenmiş vakuoller; Z= Hücre çeperi.

Tablo 48.1'de bitki ve hayvan hücresi arasındaki farklar ve her iki hücre tipinde var olan yapılar görülmektedir.

Tablo 48.1 : Bitki ve hayvan hücresinde farklı ve müşterek olan yapılar

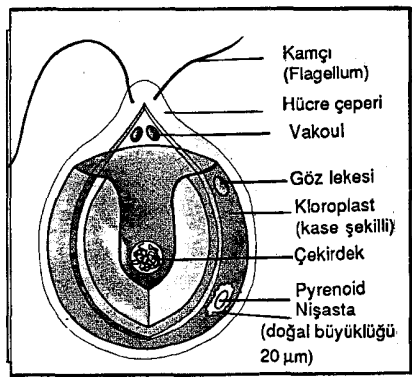
Sadece Bitki Hücresindeki Yapılar	Bitki ve Hayvan Hücresinde müşterek Yapılar	Sadece Hayvan Hücresinde Olan Yapılar
Hücre çeperi	Plazma lema	Glikokaliks
Orta lamel	Mitokondri (=M)	Mikrovillus
Plazmodezmler	M-lipid damlacığı	Sentriyoller
Plastid (=P)	Lizozom	Glikojen
P-DNA'sı	Mikrotubuli	
P-Nişantası	Ribozom	
P-Lipid damlacığı	Çekirdek (Nukleus)	
P-membranı	Çekirdekcik (Nukleolus)	
Tilakoid	Kromatin	
	Çekirdek porları	
	Çekirdek membranı	
	Düz ER	
	Granüllü ER	
	Diktiyozom	
	Golgi vesikülleri	
	Lipid damlacıkları	

6. TEKHÜCRELİDEN ÇOKHÜCRELİYE GEÇİŞ

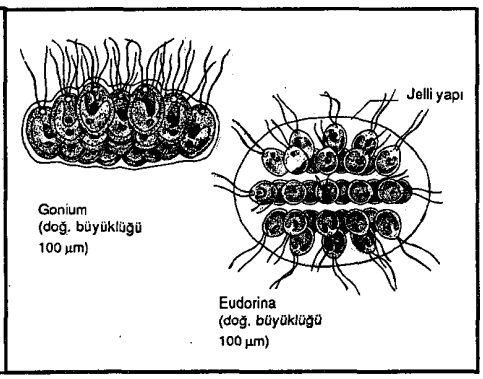
İlkel tek hücrelilerin gelişmesi üç farklı organizasyn formu doğurdu: a) Çok farklılaşmış tek hücreli canlılar (silli hayvan ve terliksi hayvan gibi); b) Büyük ve çok çekirdekli; ama hücrelere ayrılmamış, yani esas anlamda çok hücreliliğe geçmemiş alg ve mantar gibi sönoblastik organizmalar. Büyüme cisimciğinde her çekirdek etkin plazma kısmı ile bir energid oluşturur; c) Çok hücreliler. En iyi gelişmiş yaşama şekillerine çok hücreliler ulaşmıştır. Çok hücreliliğe geçiş evrim sürecinde birbirinden bağımsız olarak çeşitli organizma gruplarında gerçekleşmiştir.

Birkaç damla dere suyu ışık mikroskobunda incelenirse, tekhücreli kamçılı bir yeşil alg, *Chlamydomonas* görülür *(Şekil 48.1)*. Bu bölünerek çoğalır; çoğalma sonucu iki oğul hücre oluşur. Oğul hücreler, ana hücre büyüklüğüne ulaşıncaya kadar büyür. Daha sonra onlar da bölünerek, yeni oğul hücreler oluşturur. Bu olgu aralıksız olarak sürüp gider. Bu yüzden de tekhücreliler için ölümsüz, ya da daha iyisi potansiyel (=gizli) ölümsüz ifadesi rahatça kullanılabilir.

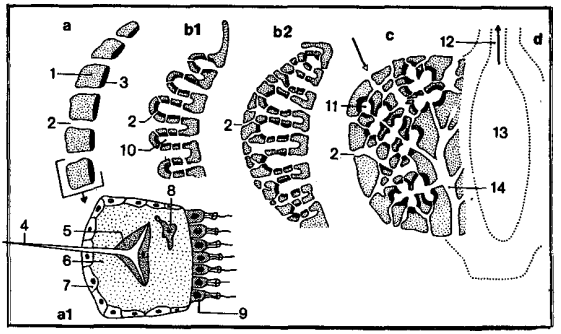
Yeşil algler çok sayıda tek-hücrenin bir araya gelmesinden oluşur. *Gonium* adlı yeşil algde 4-16 adet *Chlamydomonas* benzeri hücre bir araya gelir ve bir plaka üzerinde hücre birliği oluşturur *(Şekil 48.2)*.



Şekil 48.1: Tek hücreli yeşil alg, Chlamydomonas.



Şekil 48.2: Koloni oluşturan yeşil algler.



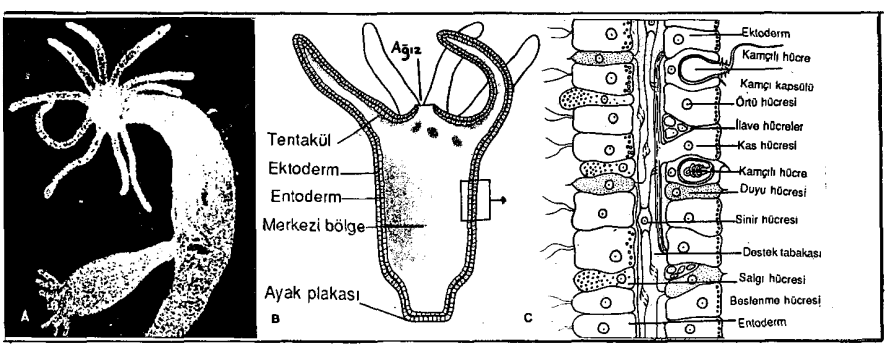
Şekil 49.1: Süngerin yapısal şeması. Boru şekilli bir bireyin (d noktalı), ve a) Askon; b) Sikon; c) Lökon tipleri. Siyah renkli koanositli gastral yaprak (3) ucu açık ok giriş, kapalı ok çıkış akış delikleri. 1. Örtü yaprağı; 2. Örtü delikleri; 5. Skleroblast (kalker veya silisilik asitli iğneler (4) Spikula); 6. Hücrearası madde; 7. Pinosositler; 8. Amöbosit; 9. Yaka kamçı hücresi (Koanosit); 10. Işınsal tüp (Sikontipi); 11. Kamçı odası (Lökontip); 12. Oskulum; 13. Gastral (Merkez) boşluk; 14. Çıkış kanalı (Hyman'a göre).

Gerçek dokunun olmadığı çok hücrelilerden ve sesil (=yer değiştirmeyen) süngerler (*Porifera,* yaklaşık 5 000 türe sahip) tekhücrelilerle, yüksek organizasyonlu çokhücreliler arasında geçit formudur *(Şekil 49.1)*. Şişeye benzeyen vücudun çeperi yakalı kamçı hücreleri ve amipsi hareket yapan iki temel hücre tabakasından oluşur. Bu jelimsi bir destek tabakası ile doludur. Burada çeşitli hücre tipleri bulunur. Örtü hücreleri koruyucudur. Yakalı kamçı hücreleri besin alır. Bunlar farklılaşmıştır. Destek tabakasında serbestçe hareket edebilen ve *Archaeosit* denen hücrelerdeki farklılaşma azdır. Süngerler ayrı ayrı hücrelerinin birbirine bağımsızlığı nedeniyle çok düşük oranda bireysellik özelliği taşır:

a) Büyüklük ve şekilleri çok değişkendir. b) Kendilerini yenilerler; ama hücreleri geriler. c) Her hücre uyarılır; ama aralarında müşterek bir çalışma yoktur.

Üç yapı formuna rastlanır *(Şekil 49.1)*: Boru (=Askon) tipi delikli bir borudan oluşur; ortada merkez boşluğu ve üst akıntı açıklığı (=Oskulum) taşır. Sikon tipinde boru çeperinin katlanması, Lökon tipinde ise çeperde kamçı odalarının oluşumu ile yakalı kamçı hücrelerinin sayısı artırılır. Sinir, duyu ve kas hücreleri yoktur.

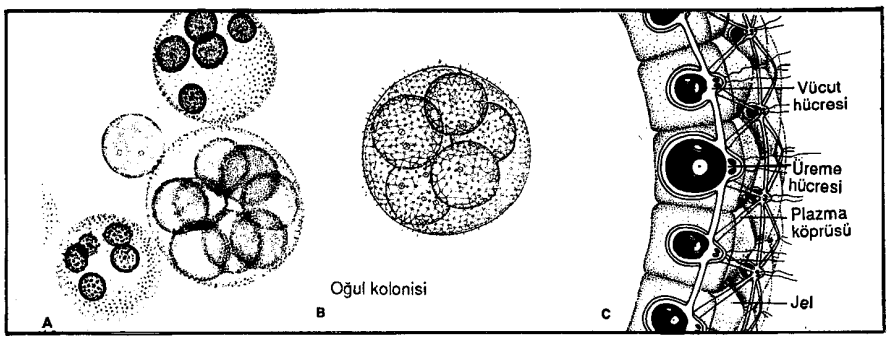
Bunlar üreme hücrelerini oluşturabilir veya kemiksi iplik ya da iğneleri kalkerden yapar. Buna karşın tatlısu poliplerinden ***Hydra***'da daha ileri bir hücre farklılaşması vardır. Bunlarda **salgı, kas, duyu ve sinir hücreleri görülür. Bu nedenle hidralar hayvanlar aleminde ilk gerçek çokhücrelidir** *(Şekil 49.2)*.



Şekil 49.2: Tatlı su polibi Hidra (A ışık mikroskobik resim; B. Şema; C. Kesit) (doğal büyüklüğü 3 cm) (Biologie h'den).

7. BİTKİ HÜCRELERİNDE FARKLILAŞMA

Yeşil alg Volvox'da iki farklı hücre tipi, yani generatif olan çoğalma ve vejetatif olan hareket hücresi ayırt edilir. Organizasyon düzeyi yüksek koloniler olan ilk çok hücreli bitkiler volvoxlardır *(Şekil 50.1)*. Bitkilerde organizasyon arttıkça hücre çeşidi de artar. Örneğin eğrelti ve tohumlu bitkilerde farklı yapıdaki hücre tipleri yosunlara göre daha çeşitlidir. Bir bitkideki tüm hücre tipleri döllenmiş yumurta hücresinden oluşur. Gelişim süresince hücre farklılaşması görülür *(Şekil 50.1)*.



Şekil 50.1: Volvox (A ışık mikroskobik resim, B. Yeşil alg (*Chlorophyceae*). *Volvox aureus* oğul koloni küresindeki yeni bireyler Şema; C. Vücut çeperinden enine alınmış bir kesit) (A. Linder'den B ve C Biologie h.'den).

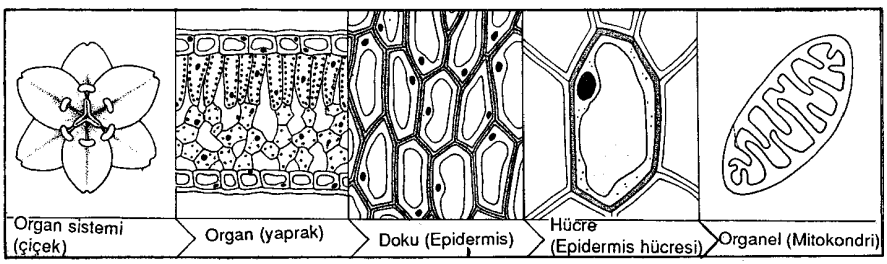
Aynı yapıda olan ve benzer görev üstlenen hücre topluluğuna *Doku* denir. Böyle bir dokuyu terenin kök ucunu ışık mikroskobu ile inceleyerek görebiliriz. Bunlar zar şekilli, ince çeperli ve vakuolsüzdür. Bu hücrelerde sıkça çekirdek ve hücre bölünme dönemleri görülür. Yani doku bir yerde, bölünme yeteneğindeki hücre topluluğudur. Bu şekilde hücrelerin oluşumunu üstlenen dokuya "MERİSTEM DOKU" (bölünür doku) denir. Meristem doku, canlılığını sürdüren bitkide embriyo döneminde bölünme yetisini korur ve primer (birincil) veya öncül olarak bölünür. Meristem doku ve sürekli doku hücrelerinin bazıları hormon ve benzeri maddelerin etkisiyle sonradan tekrar bölünme özelliği kazanır. Bunlara sekonder (ikincil) ya da soncul meristem doku adı verilir.

Kök ucundan yukarıya doğru hücrelerin yapısını incelersek, hücrelerin uzunlamasına yerleştiği bir bölge görülür. Bunların hücre çeperi, farklı kalınlıkta ve vakuolleri değişik büyüklüktedir. Burası **farklılaşma zonudur**. Bu bölgenin üst kısmında aynı hücrelerin oluşturduğu başka bir bölge vardır. Buradaki dokunun hücreleri kural olarak bölünmez. Meristem veya bölünür dokuyu oluşturan hücreler farklılaşarak, sürekli bir durum alırsa DEVAMLI DOKU adını alır. Devamlı doku, kökü sarar. Devamlı doku hücreleri, meristem dokudan hücre bölünmesinin az oluşu veya hiç olmaması ile ayırt edilir. Bu hücrelerin çeperi çok kalın ve merkezi vakuolleri vardır. Bunlar ÖRTÜ DOKUSUNU; yani EPİDERMİS'i oluşturur (Şekil 103.1). Örtü doku, epidermis, tabakaları bitkinin yaprak ve gövdesini sarıp örter. Bunlar vejetasyon küresinin dış meristem tabakası adı verilen Dermatogen; yani PROTODERM'den oluşur (Şekil 108.1).

Epidermis bitki organlarındaki diğer dokuları örterek, onların fazla nem kaybederek kurumasını önler. Ayrıca güneş ışınına, mekanik yaralanmalara ve zararlı böceklere karşı koruyucu rol oynar, Bunu epidermisin, örneğin yaprakta (Şekil 103.1 ve 108.1) olduğu gibi, üzerinde bulunan mumsu bir maddeden yapılmış olan Kutikula (=mumsu örtü) sayesinde gerçekleştirir. Kaktüs gövdesini saran mumsu örtü, bunun için iyi bir örnektir.

Kökün bu tüylü bölgesinin farklılaşmış epidermis hücreleri, su ve çözünmüş tuzları alır. Bunlar bir emme dokusu oluşturur. Epidermis bitkinin "PARANŞİM" veya ***temel dokusunu*** sarar. Bu devamlı doku, çok köşeli şekle sahip az farklılaşan hücrelerden oluşur. Paranşim, konumuna bağlı olarak farklı görevler üstlenir. Örneğin kökün paranşim hücreleri, nişasta veya protein gibi maddeleri depolar. Bu durumda *Depo Paranşimi* söz konusudur. Yapraktaki *Asimilasyon (=Özümleme) Paranşimi* fotosentez, *sünger paranşimi* solunum (=gaz değişimi) görevini yapar. Ayrıca rizodermis ve kök örtüsünün dahil olduğu bir emme dokusu (=absorbsiyon) ve asimilatları (asimilasyon ürünleri) ileten floem ve suyu ileten xylemi içeren bir de iletim dokusu; ayrıca salgı dokusu ve spor ve polen oluşturan doku vardır.

Paranşimde *Destek Doku* bulunur. Bu, çeperi çok kalınlaşan hücrelerden oluşur. Örneğin skleranşim. Bu doku ot sapının esnekliğini; kökte çekme ve basıncı artırır. Temel dokunun diğer bir özel şekline "HAVALANDIRMA DOKUSU (=AERENŞİM)" denir. Bunun hücreleri arasında, büyük hücre arası boşluk vardır. Bataklık ve su bitkilerinin yıldız paranşimi böyledir; yapraktaki sünger paranşiminde de bu durum izlenir.



Şekil. 51.1: Çiçekli bir bitki örneğinde organizma organizasyonu (Biologie h.'den).

Yaprağın çeşitli dokuları bir arada çalışarak, belli bir görevi gerçekleştirir. Bu yapıya *Organ* denir. Bir bitkinin çiçeğindeki taç ve çanak yapraklar ile erkek ve dişi üreme organları gibi çeşitli yapılar, üreme görevini üstlenir. Yani bir bitkinin çiçeği "ORGAN SİSTEMİNİ" oluşturur. Çok sayıda organ sistemi "ORGANİZMA"yı örneğin, çiçekli bitkileri meydana getirir (*Şekil 51.1. ve Şekil 258.1.*).

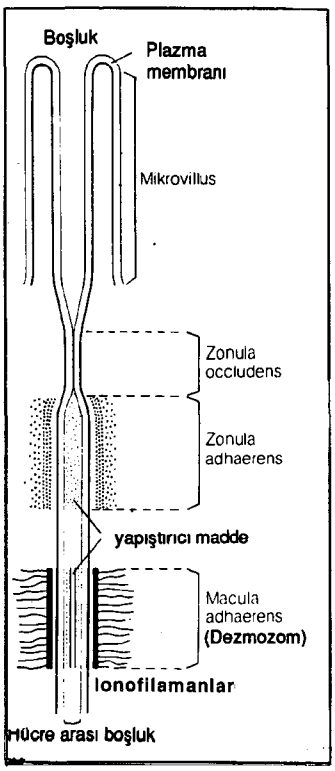
8. HAYVAN HÜCRELERİNDE FARKLILAŞMA VE DOKU OLUŞUMU

8.1. HÜCRELERARASI BAĞLANTILAR

Dokuları oluşturan hücreler birbiri ile ilişkidedir. Hücrelerarası ilişki mekanizmalarının görevi şunlardır:

a) Hücrelerin mekanik olarak birbirine bağlanmasını sağlarlar;

b) Hücre arası boşluğun bir yüzeye dönüştürülmesi veya geçirgen ya da yarı geçirgen hal almasını temin ederler;



Şekil 52.1: Epitel hücreleri arasındaki bağlantı noktaları

c) Dokuda hücreden hücreye, elektriki impulslarla uyarı veya kimyasal madde taşınımını üstlenir.

Bir epitel doku hücresindeki morfolojik (dış yapısal) temas oluşumları, Zonula occludens, Zonula adhaerens, Macula adhaerens ve sinaps diye adlandırılır (*Şekil 52.1 ve Şekil 293.1*).

a) Zonula occludens Komşu hücre plazmalema dış lamellerinin, birbirine kaynaşması ile oluşur. Büyük moleküller hücre arasından geçemez; ama küçük iyonlar geçebilir (örneğin bağırsak epitelinde sindirilmemiş maddeler), bağırsak boşluğundan kontrolsüz giremez. (Bağırsak epiteli örneğindeki gibi, henüz tamamen yıkılmamış olan maddeler, bağırsak boşluğundan kontrolsüz olarak geçemez). Elektriki uyarılar hücreden hücreye bu yapılarla geçer.

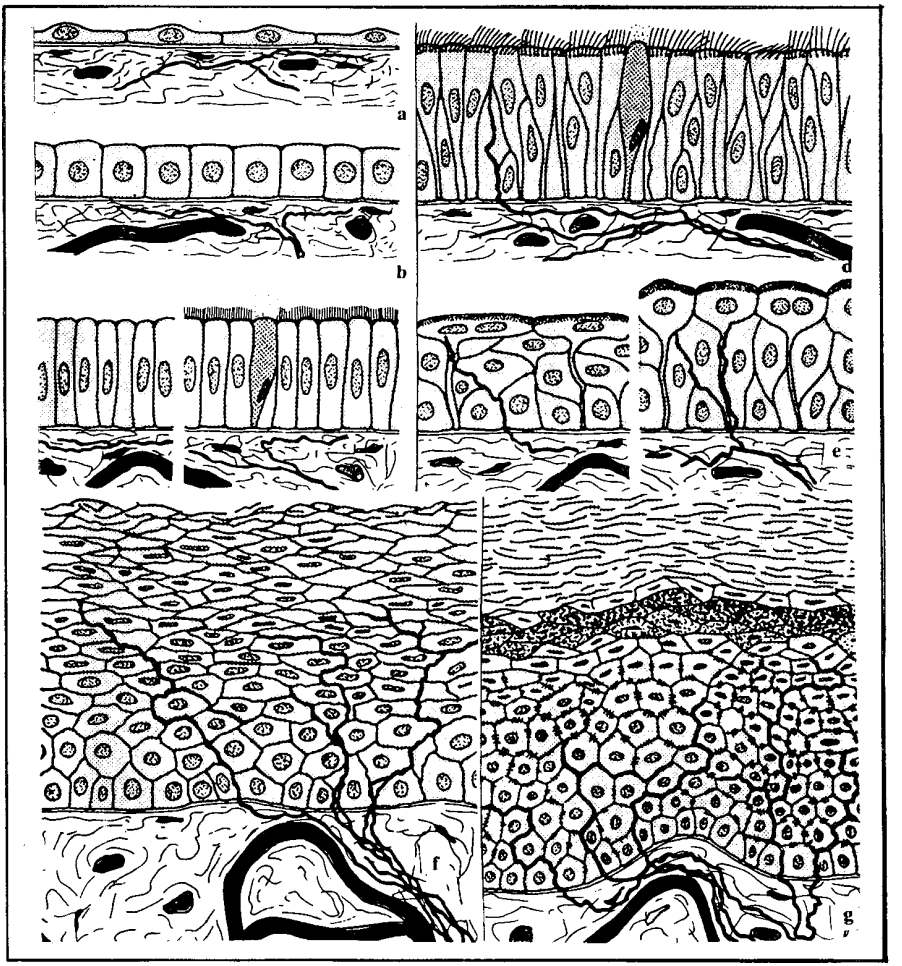
b) Zonula adhaerens: Z. occludens'le ilişki içindedir. İki hücre arasındaki boşluk burada 20 nm olup, henüz daha belirlenememiş bir madde ile doludur.

d) Macula adharens: Dezmozom da denen bu yapı, iki hücrenin birbiri ile temas ettiği noktalarda yarı dezmozom olarak görülür. Burada yapıştırıcı bir madde gibi etkiye sahip glikoprotein tabakası olarak bulunur. Plazmalema bu noktada oldukça kalındır. Hücrelerin mekanik bağlantısına yardımcı olur. Tonofilamanlar hücreye dayanıklılık verir ve yarım dezmozomlara girer. Hücrelerin sağlamlığı bazal membranda yarım dezmodozmlarda olur.

8.2. HAYVANSAL DOKULAR

Bu bölümde hayvan dokusuna kısaca değinilecektir. Çok hücrelilerde hücrelerin bir araya gelip özelleştiği ve bunların da, organizmada belli görevleri üstlenen dokuları oluşturdukları görülür *(Şekil 53.1)*. Her hücre birliğinin görevi farklıdır. Buna göre EPİTEL, BAĞ, DESTEK (KEMİK ve KIKIRDAK), KAS ve SİNİR Dokuları ayrılır. Dokular organların yapısal maddeleridir. Hayvan dokusunun kökeni ve çeşitleri *Tablo 57.1*'de izlenmektedir. Hayvan vücudu da, bitkilerdeki gibi, dışa doğru bir doku ile sarılır. Bu dokuya örtü dokusu veya "EPİTEL DOKU" denir *(Şekil 53.1)*. Epitel doku hücre şekline göre yassı, kübik ve silindirik epitel diye ayrılır. Omurgasızlarda tek tabakalı yassı epitel, vücudu koruyucu bir örtüdür. Epitel hücreleri dışa doğru "Kutikula" denen bir madde salgılar. Kalsiyum karbonat, salyangoz ve midye kavkısındaki, ya da böceklerin kitin tabakasındaki gibi kutikulaya birikebilir.

Omurgalılarda örtü dokusu çok tabakalıdır. Epitel hücrelerinin ömrü kısa olup en üst tabakanın hücreleri keratinleşir ve zamanla dışarıya atılır. Bu durum baştaki



Şekil 53.1: Örtü epiteli çeşitleri: a) Yassı epitel; b) Kübik epitel; c) Silindirik epitel (a-c; tek tabakalı epitel); d) Silli epitel; e) Geçiş epiteli (d-e: çok sıralı epitel); f) Keratinsiz epitel; g) Keratinli yassı epitel (f-g: çok tabakalı örtü epiteli) (Mörike ve arkadaşlarından).

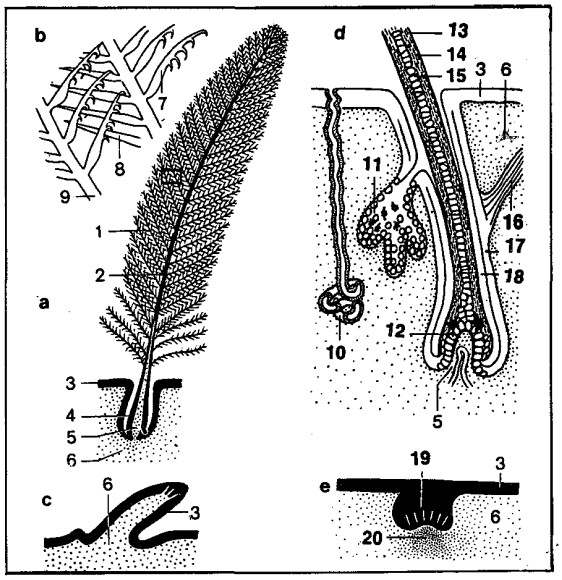
kepek oluşumunda görülür. Deri epitelinin en dıştaki tabakası düzenli bir şekilde atılır *(Şekil 53.1)*. Atılan hücrelerin yerine bazal tabakaya oturmuş hücrelerin mitotik çoğalması ile yeni tabakalar oluşturulur. Bu dokuya ***doğurgan doku*** denir. Örtü epiteli kemiksi deri, tırnak, pençe ve toynak gibi oluşumları yapar. Vücut örtüsünün oluşumu, birçok hayvan grubunda farklıdır. Örneğin örtü dokusu kuş ve memelilerde tüy ve kılları yapar *(Şekil 54.1)*. Sürüngenlerin pul ve plakaların koruduğu bir derisi vardır; kurbağa ve balıklar bezce zengin bir örtü dokuya sahiptir *(Şekil 54.2 a-d)*.

Salgılama özelliği olan hücrelere sahip epitele, salgı epiteli denir *(Şekil 55.1)*. Salgı hücreleri mukus, tükrük, süt, yağ, ter veya toksik madde salgılar. Salgı

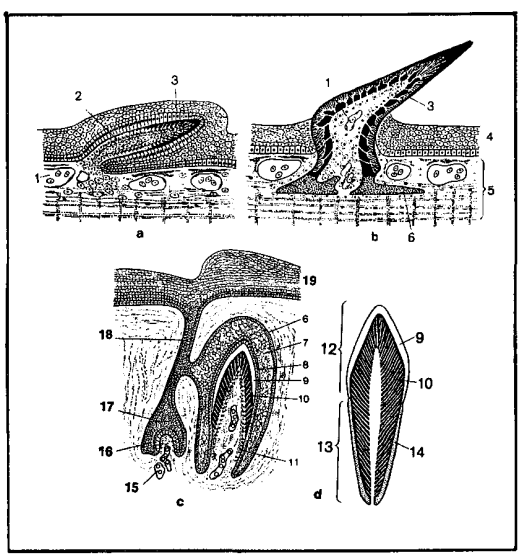
hücreleri çeşitli boşlukların içini sarar. Bu bezler salgılarını bir boşaltım kanalı ile vücudun üst yüzeyine, mide veya bağırsak gibi organların boşluğuna boşaltır. Bezler salgılarını, örneğin hormon, direkt kan dolaşım sistemine verirlerse bunlara "ENDOKRİN"; salgılarını bir kanalla veya dış yüzeye boşaltırlarsa bunlara "EKZOKRİN" denir. Üç salgılama tipi vardır: a) Salgının membran veya sitoplazma kaybı olmaksızın gerçekleştiği tipe "MEROKRİN" denir (endokrin bezler, tükrük bezleri, eşey bezleri) *(Şekil 55.2 a)*.

b) "HOLOKRİN" salgılamada içi salgı ile dolu bez hücresi epitelden ayrılır ve atılır (yağ bezleri). Onların yerini ilave hücreler alır *(55.2 c)*.

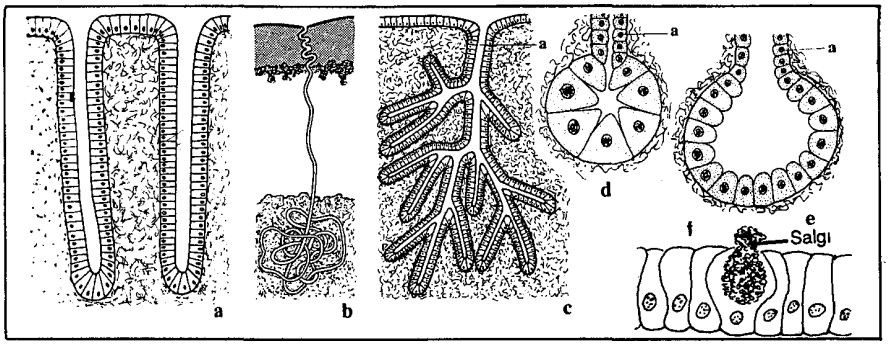
c) Salgı ile dolu uç kısım dışarıya salgılanır, bu tipe "APOKRİN" denir (örneğin ter bezleri). Bazen mukus salgılayan tek bir hüceden oluşan ve "GOBLET" ya da "KADEH HÜCRESİ" denen salgı hücreleri de vardır *(Şekil 55.1f)*. Çok hücreli bezler yüzey epitelinin bağ dokuya çökmesi ile oluşur. Bunlar a) Tübüler, b) Asinöz, c) Alveoler olabilir *(Şekil 55.1-a-e)*.



Şekil 54.1: Kuş tüyü (a-c) ve kılın gelişimi ve yapısı. 1) Tüy bayrağı; 2) Tüy ekseni; 3) Epidermis; 4) Tüy mekiği; 5) Pulpa; 6) Dermis; b. Tüy bayrağının detay şekli; 7) Radius (=dalcık distalda kanca var); 8) Proksimal; 9) Ramus (=dal); c. Tüy taslağı; d. İnsan derisindeki kıl; 10) Ter bezi; 11) Talg bezi; 12) Büyüme zonu; 13) Üst dericik; 14) Kan damarlı pulpa; 15) Kabuk; 16) Öz; 17) Kıl follikül kası; 18) dış; 19) İç kök örtüsü; e. Kıl taslak yeri; 19) Epidermal kıl tomurcuğu; 20) Mezodermal kıl papilesi (Kühn'den).

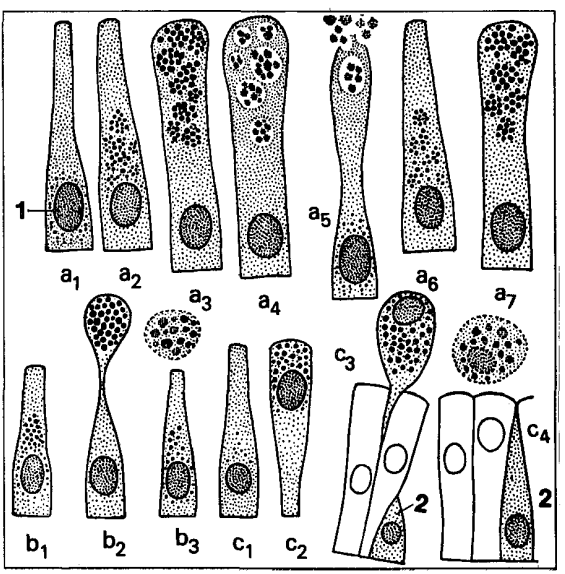


Şekil 54.2: Bir balık pulu (a-b) ve memeli hayvan dişinin (c-d) oluşumu (şematik). a) Pul ön taslağı; b) Gelişmiş plakoid balık pulu. 1) Kan damarı; 2) Papillenin üst hücreleri epitel gibi konumlanır ve odontoblastları oluşturur; 3) Dentin; 4) Epidermis; 5) Kutis (dermis): burası pulpa olarak dişin içine girer; 6) Dentinden oluşan bazal plaka. c. Bir embriyonun diş kirişi kesiti (süt dişi ve onun yerine olacak diş taslağı). 6) Mine organının diş epiteli; 7) Mine pulpası; 8) Mine oluşturucu; 9) Mine; 10) Dentin; 11) Odontoblast; 12) Diş tacı (mine); 13) Diş kökü; 14) Çimento (Sement) tabakası; 15) Kan damarı; 16) İkame diş taslağı; 17) Mine organı; 18) Diş kirişi; 19) Epitel (Kühn'den).



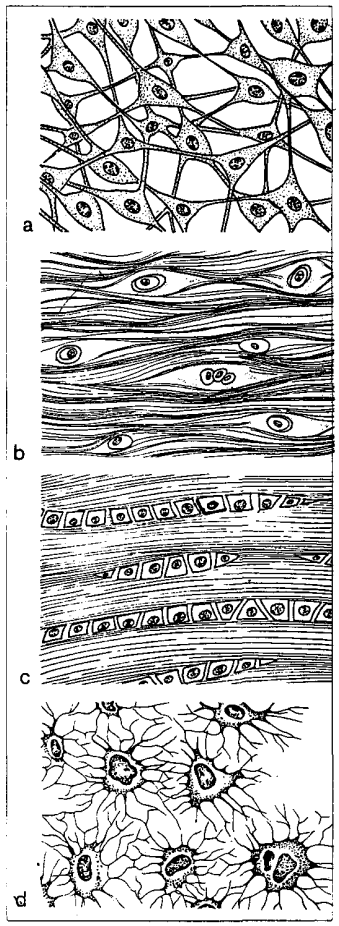
Şekil 55.1: Ekzokrin bez şekilleri (Şematik). a) Kısa tübüler bez, b) Uzun ve katlantılı tübüler bez, c) Dallı tübüler bez, d) Asinöz, e) Alveoler bezler, f) Tek hücreli bez (=Goblet hücresi) a: Boşaltım kanalı (a-e: Czihak, f: Biologie h.'den)

Epiteller bir yandan vücudun dışını sararken, diğer taraftan boşluklu bölgelerin iç kısmını da örter. Bağırsak epiteli sindirilmiş maddeleri emer. Bu maddeler daha sonra kan dolaşım sistemine geçer. Kan damarları *Bağ Doku*'dadır. Bağ doku üzerine epitel doku hücreleri yerleşir. Bağ doku hücreleri ipliksi protein maddesi salgılayabilir. Bunlar mezenşimin değişimi ile meydana gelir. Ara matriksi protein ve mukopolisakkaridlerden oluşan bir kütle olup su dengesini düzenler. Bu şekildeki fibriller, dokunun dayanıklılığını artırır. Band ve tendonlar bağ dokusunu güçlendirir. Bağ doku: üç çeşit fibrile sahiptir. Bunlar çapı 0,001 mm olan çok ince kafes gibi örgülü yapısı olan "RETİKÜLER FİBRİLLER"; çekme yeteneği az olan "KOLLAGEN FİBRİLLER" ve uzunluklarının iki misli kadar uzayabilen ve çok dallanmalı "ELASTİK FİBRİLLER"dir.



Şekil 55.2: Salgılama tipine göre bez çeşitleri. a) Merokrin; b) Apokrin; c) Holokrin bez. (a_1-a_7; b_1-b_3 ve c_1-c_4: salgılamanın gerçekleşmesi, 1. çekirdek; 2. yenilenen hücre (Kühn'den)

Dokulardaki köken hücreler "-blast" ekini alır (bkz. *Tablo 57.1*). Bunlar mitozla çoğalarak doku hücrelerini oluşturur. Örneğin bağ dokuda "fibroblast mitoz→ fibrosit; kemik dokuda "osteoblast mitoz→ osteosit"; kıkırdak dokuda" kondroblast mitoz→ kondrosit" ve kas dokuda "miyeloblast mitoz→ miyosit"i meydana



Şekil 56.1: a-d. Bağ ve destek dokunun histolojik resmi. (a) Omurgalı bir hayvanın meşenşimi; (b) Kıkırdak doku; bazı kıkırdak doku hücreleri hücre arası maddedeki kollajen iplikler. (c) Bir memeli hayvandaki topuk hücre dizinleri ve iplikleri. (d) Uzantılarıyla birlikte kemik hücreleri (Czihak'dan)

getirir. **Yalnız sinir doku hücreleri mitozla çoğalmaz**". Ölen sinir hücresinin yerine, mevcutlardan biri geçer. Bağ ve destek doku için karakteristik olan, bağ doku hücrelerince üretilen, hücreler arası maddenin varlığıdır. Böyle dokuların hücre birlikleri, hayvan vücudunun içinde epiteller arasında bulunur. Hücrearası maddesi şekilsiz ana maddeyi oluşturur. Ana madde içinde çeşitli fibril (=iplik) tipleri yer alır. Ana madde mükopolisakkaritleri içerir. Ana madde kemik dokudaki gibi anorganik tuzların (Ca^{2+}) birikimi ile sertleşir.

Bu dokuların işlevleri çeşitlidir. Bir yandan hayvana sağlam bir şekil verdiği gibi, diğer yandan mekanik bir koruma da sağlar. Kas iplikleri ve kaslar bağ ve destek doku içine girer. Böylece kas faaliyeti sayesinde hareket sağlanır. Diğer bir yandan destek doku metabolik olaylarda ve özellikle mineral bütçesinde önemli rol oynar. Bu doku vücut sıvısının iyon yoğunluğunu korumada, iyon alışverişinde, dinamik bir denge rolünü üstlenir. Bundan başka bağ dokunun depolama, su bütçesini muhafaza etme ve koruma işlevleri vardır.

Bağ ve destek doku çeşitleri *Tablo 57.1*'de görülmektedir. Embiryonal bağ dokuya **MEZENŞİM** denir. Diğer bağ doku türleri mezenşimden oluşur *(Şekil 56.1 a-d).*

Hücre arası maddede fibril yoktur. Mezenşime yakın akraba olan fibrilce fakir jelli ve retiküler bağ doku çeşitleri de vardır. Retiküler bağ doku omurgalılarda serbest hücrelerin ve yağ dokunun oluşturulmasında önemlidir.

Destek doku, diye adlandırılan *Kemik ve Kıkırdak Doku,* bağ dokusu kökenlidir. İnsan iskeletinde 206 kemik vardır. Farklılaşmış kıkırdak hücreleri, çok ince fibrilli ara madde (=matriks) de yer alır.

Kemik dokuda, ara maddede kalsiyum karbonat birikir. Bağ doku iç iskeleti yapar, vücudun ara bölümlerini doldurur ve sarar; ayrıca dokuları bağlar. Kıkırdak ve kemik doku destek dokuyu (=iskeleti) oluşturur. Kıkırdak dokuya hem eklem bacaklılar hem de yumuşakcalar gibi omurgasızlarda, hem de omurgalılarda rastlandığı halde, kemik doku sadece omurgalılarda görülür. Kıkırdak doku elastik aramaddeye sahiptir. Aramaddede kollogen fibriller bulunur *(Şekil 56.1).* Kondrosit denen kıkırdak hücreleri ya tek tek; ya da gruplar halinde aramaddeye yerleşmiştir.

Kemik dokuda Ca^{2+} içeriği yüksektir. Ca^{2+} iyonlarının birikimi sayesinde kemik doku sertleşir. Kemik farklılaşmış halde bile ölü bir yapı değildir. Ca^{2+} madde

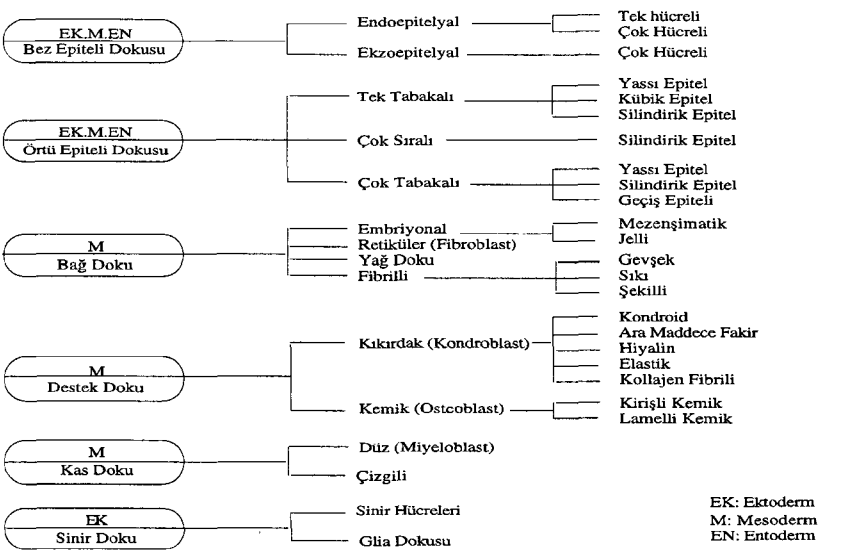
naklini kısmen hatta tamamen engellediğinden madde nakli uzun ve birbirine dokunan hücre uzantılarıyla sürdürülür *(Şekil 56.1 d)*. Ayrıca kemik doku da zengin kan damarı ve sinirlerle beslenir. Kemik doku **HAWERS LAMELLER ve ARA LAMELLER SİSTEMİ**'nden oluşur.

Kas doku da, bağ doku ile birbirine bağlanır. İğ şeklindeki kas dokusu hücrelerinin sitoplazmalarında, uzunlamasına fibriller vardır. Bunlar kısalabilir. Kas hücreleri, sinir hücreleri ile de ilişkidedir. En basit gerçek kas hücresi, epitel kas hücreleridir. Bunlara knidlilerde rastlanır. Hücrenin ana kısmı bir epitelde bulunur. Bazal (=dip) uzantılar kasılma organını içerir *(bkz. Şekil 97.1 ve 98.1)*. Böyle çok sayıda uzantı birbirine asılı kas ünitesini oluşturur. Kas hücresi (=miyosit) tek çekirdekli olabildiği gibi, çok sayıda hücrenin akışı veya ardarda gelen çekirdek bölünmesi (hücre bölünmesi olmaksızın) sonucu çok çekirdekli olabilir. Kas iplikleri farklı sayıda miyofibrilden oluşur. İskelet kasında çok sayıda kas iplik demeti vardır. Bunlar biraraya gelerek kası oluştururlar. Kas doku düz ve çizgili olmak üzere ikiye ayrılır. Omurgalı kalp ve iskelet kası enine çizgili kas tipine sahiptir.

Sinir hücreleri dallanan uzantıları ile tanınır. Bu dallarla birbirine bağlanan sinir hücreleri *Sinir Doku*'yu oluşturur. Bu doku uyarı, algılama, üretme, işleme ve bir tepkimenin oluşumuna özelleşmiş olup ektodermden kökenlenir *(Tablo 57.1)*. Yapı elemanları **sinir** ve **glia hücreleridir.** Sinir doku hücrelerinin bir ana kısmı bir de akson ve dendirit denen uzantıları vardır. Dendiritler çok dallı olduğu halde, akson tek bir uzantı şeklindedir. Sinir hücrelerinin iletişimi sağlaması, membranlarındaki elektriki potansiyel farkının kısa süreli değişimiyle oluşur. En yaygını sinir impulsarı olup, bunlara aksiyon potansiyeli (=eylem gizil gücü) denir. Bunun gerçekleşmesi, temelde tek hücreli hayvandan insana kadar aynı kurallara göre olur.

Erkek ve kadın vücudundaki bazı dokuların bulunma oranı (ilk oran kadının 2. oran erkeğindir). Kan doku % 35.8 ve % 41.8; yağ doku % 28.2 ve % 18.2; iskelet doku % 15.1 ve % 15.9; bez ve diğer dokular % 20.9 ve % 24.1'dir.

Tablo 57.1 : Hayvan Dokularının Kökeni ve Çeşitleri



BÖLÜM III
METABOLİK OLAYLAR

1. HÜCRENİN YAPI VE İÇERİK MADDELERİ

1.1. TEMEL KİMYASAL MADDELER:

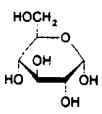
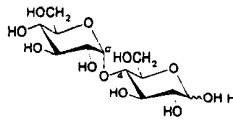
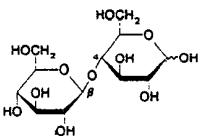
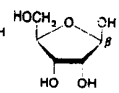
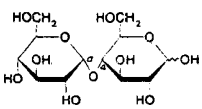
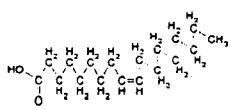
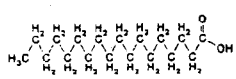
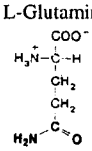
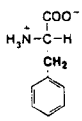
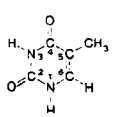
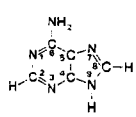
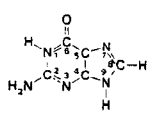
Bir canlıdaki her hücre çok sayıda kimyasal maddeden oluşur. Bunlar farklı görevleri üstlenir. *Hücredeki maddelerin yapım ve yıkımı hücreler arası madde alışverişi ile gerçekleşir.* Hücrenin yapı ve çok çeşitli işlevi için değişik kimyasal bileşiklere gereksinim duyulur. Bu bileşiklerin bir bakteri hücresinin toplam ağırlığındaki oransal dağılımı *Tablo 59.1*'de görülmektedir. Çeşitli hücre organellerinin kimyasal analizi, hücrede şu maddelerin varlığını gösterir: Su,

Tablo 59.1 : Bir bakteri hücresinin yapısına katılan maddeler

Madde Sınıfı	Tamamındaki Ağırlığa Oranı (%)
Su	80
Kuru kütle	20
- Kuru kütleyi oluşturan maddelerin oranları:	
. İyonlar	1.3
. Küçük organik moleküller (yapı taşları; ürünler)	1.3
. Proteinler	10
. Ribonükleikasitler	3
. Dezoksiribonükleik Asitler	0.4
. Polisakkaridler	2
. Lipidler	2

anorganik iyonlar, protein, lipid, karbonhidrat ve nükleikasitler. Bu maddeler için bazı örnekler *Tablo 60.1*'de görülmektedir.

Tablo 60.1 : Hücrenin yapı ve içerik maddeleri için bazı örnekler

Madde Grupları	Örnekler			
Karbonhidratlar	α-D-Glükoz	Maltoz	Sellobiyoz	β-D-Riboz
				
	Maltoz			
				
	halka şekli			
Lipidler	Yağ Asidi		Stearik Asit	
				
Proteinler	L-Glutamin		L-Fenilalanin	
				
Nukleik Asitler	Timin	Adenin	Guanin	
				

Tablo 60.1'de bazı örnekleri verilen makromoleküllerin, tüm hücrelerdeki işlevi hemen hemen aynıdır. Örneğin nükleikasitler genetik bilginin depolanma ve taşınımını sağlar. Yine hücre proteinlerinin çoğu enzimdir, ayrıca diğer maddeler ise yapı elemanı olarak görev yapar. **Proteinler** yapı ve işlevlerine göre çok yönlü biyomoleküllerdir. **Aleuron** örneğinde olduğu gibi bazı proteinlerin depolama işlevi de vardır. **Polisakkaridler** iki önemli işlev yaparlar. Örneğin, enerji üreten olaylar için, nişasta veya glikojendeki gibi, depo işlevi vardır. Selüloz gibi, polisakkaridlerde ise hücre çeperine yapısal eleman olarak katılır. **Lipidler** de iki temel işlev üstlenir. Bazıları biyomembranların yapılarına katılırken, diğerleri hücrede enerji üreten olaylarda, enerji depolayıcı olarak hizmet görür.

Protein ve nükleikasitler bilgi veren moleküllerdir. Bunların temel yapısında özel bilgice zengin dizinler; yani aminoasitler ve nukleotidler vardır. Halbuki polisakkarid ve lipidler bilgi taşımayan moleküllerdir. Bunların temel yapısındaki şeker veya yağ asitlerinin ya hepsi aynı kalır ya da molekül zincirinde düzensizce değişime uğrarlar.

Örneğin lipid yağ asitleri, bir dizi eşdeğer C_2 birimlerinden; nişasta ise bir sıra glikoz molekülünden oluşur.

Makromoleküller çözeltilere spesifik kolloidal (=çok ince parçalanmış)lık verir. Bunlar makromoleküller içindeki bağlara ve çeşitli makromoleküllere dayanır. Protoplazma böyle kolloid bir çözelti, yani "sol"dur.

Bu makromoleküllerle ve onların yapıtaşları ile anorganik iyon ve su da hücrenin yapısına katılır. Hücrenin bu temel (=primer) yapı taşları yanında ve özellikle bitki hücresinde alkaloid, Cardenolid, Antrakinone ve Terpen gibi çok sayıda ikincil (=sekunder) maddeler de bulunur.

Hücrenin yapısına katılan çeşitli elementlerin işlevleri ile katılım oranları *Tablo 61.1*'de verilmektedir.

Tablo 61.1 : Hücrenin yapısına katılan elementler

	Element	Ağırlığa Oranı (%)	Önemli İşlevleri	Kütle Miktarı**
Bir hücrenin temel kısmını oluşturanlar (Hücre ağırlığının % 1-50'sine katılırlar)	Hidrojen (H)	10	Tüm hücrelerin yaygın yapı taşlarıdır.	7 kg
	Karbon (C)	20		14 kg
	Azot (N)	3		2.1 kg
	Oksijen (O)	63		44 kg
	Fosfor (P)	1		0.7 kg
	Kükürt (S)	0.2		140 gr
Hücrede az miktarda rastlanan elementler (% 0.01-1)	Sodyum (Na^+)*	0.1	Hücredeki biyofiziksel olaylara katılırlar. Enzimatik tepkimelerin kofaktörleridir.	70 gr
	Mağnezyum (Mg)	0.04		30 gr
	Klor (Cl)*	0.1		70 gr
	Potasyum (K)	0.25		170 gr
	Kalsiyum (Ca)	1.5		1 kg
İz elementleri (<% 0.001) Bütün hücrelerde rastlanmayabilirler	Bor (B)	-	Daha çok Enzimatik tepkimelerde kofaktördürler.	-
	Flor (F)	-		-
	Silisyum (Si)	-		-
	Vanadyum (V)	-		-
	Mangan (Mn)	0.0002		100 mgr
	Molibden (Mo)	-		-
	Iyod (I)	0.00004		30 mgr
	Demir (Fe)	0.004		3 gr
	Kobalt (Co)	-		-
	Bakır (Cu)	0.0005		300 mgr
	Çinko (Zn)	-		-

* Bitki hücresinde çok az vardır; esas itibari ile hayvan hücresindedir.

** ve bu elementlerin 70 kg ağırlığındaki bir insandaki miktarı ve bu ağırlıktaki oransal değeri.

Hücrede rastlanan İyonların çeşitli rolleri olup, bunlar *Tablo 62.1*'de görülmektedir. İyonlar hücre işlevlerinin devamı için, çok temel öneme sahiptir. Bunlar geçirgenlik, hareket ve uyarı olaylarını etkiler.

Tablo 62.1 : Hücredeki iyonlar ve işlevleri

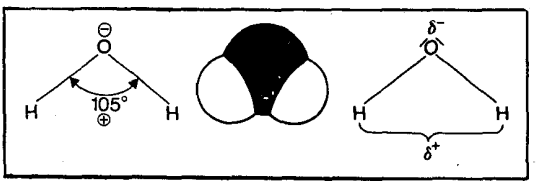
İyon Çeşidi	İşlevi
NO_3^-;NH_4^+	Organik bileşiklerin (N) kaynağıdır.
Na^+	Aktif taşınım ve hareket gizilgücü oluşumuna katılım
Mg^{2+}	Birçok enzimin kofaktörü, klorofildeki merkezi atomdur.
PO_4^{3-}	Nukleik asit, koenzim ve fosfolipid gibi organik bileşiklerin yapısında ve enerji taşınım tepkimelerinde anahtar rolü vardır.
SO_4^{2-}	Kükürtlü aminoasitler gibi organik bileşiklerin kükürt kaynağıdır.
Cl^-	Özellikle hayvanlarda ozmoz düzenleyici (=ozmoregulayan)'dir.
K^+	Bitki kolloidlerine etki yapar ve Ca2+'un karşıtı (=antagonist) kas kasılmalarında sinirdeki uyarı iletimine katılır.
Ca^{2+}	Enzimlerin kofaktörü; membranların yapısına katılım; membran hareketinin düzenlenmesi; K+ antagonisti; kemik yapısının temel maddesidir.
I^-	Tiroid bezinin temel yapı taşı; bazı deniz alglerinde çok bulunur.
BO_3^{3-}	Muhtemelen enzim kofaktörü olarak bazı bitkiler için önemlidir.
SiO_4^{2-}	Hücre çeperlerine birikim; Diatomelerin iskelet yapısına katılım
Mn^{2+}	Birçok enzimin kofaktörüdür.
Fe^{2+}, Fe^{3+}	Oksijen taşıyan küçük enzimin ve elektron naklinin kofaktörü ve kan renk maddesinin merkezi atomu.
Co^{2+}, Co^{3+}	Vitamin B12'nin merkezi atomu.
Cu^{2+}	Oksijen taşıyan birçok enzimin kofaktörüdür.
Zn^{2+}	Birçok enzimin ve özellikle Dehidrogenaz enziminin kofaktörüdür.
MoO_4^{2-}	Bazı enzimlerin kofaktörüdür.

Bu genel bilgilerden sonra, hücre yapısına katılan maddeleri ayrı ayrı irdelemekte yarar vardır.

1.1.1. Su

Bir fasulye tanesi % 10 su içerir. Nemli ortamda suyu alan fasulye şişer ve çimlenmeye başlar. *Yetişkin bir fasulye bitkisi ise % 70-80 oranında su içerir.* Su depolayan kaktüs gövdesindeki hücrelerde su oranı % 90 kadardır.

Hayvansal hücrelerdeki su oranı da çok yüksektir. İnsandaki hücreler ortalama % 60 oranında suya sahiptir. Eğer hücrelerdeki su kaybı % 20'ye ulaşırsa, ölüm söz konusudur. Canlılar için suyun büyük önem taşıması, *su molekülünün* (H_2O) özellikleri ile ilişkilidir. Su molekülündeki *atomlar yaklaşık 105°lik bir açı ile yerleşmiştir (Şekil 63.1).* Her iki hidrojen atomuna karşı, oksijenin büyük negatif elektronu nedeniyle, bağ elektronları oksijen atomunca çekilir. Molekülde elektron yüklemede bir kayma olur. Oksijen atomu negatif kutbu (δ^- = negatif kısmî elektrikî yüklenme), hidrojen atomları pozitif kutbu (δ^+=pozitif kısmî elektrikî yüklenme) oluşturur. Bu bağa *polar elektron çift bağı* ve böyle bir moleküle de "DİPOL" denir.



Şekil 63.1: Su molekülünün yapısal formülü. Ortadaki kalot modeli atomun büyüklüğünü; yani molekülün dış şeklini göstermektedir.

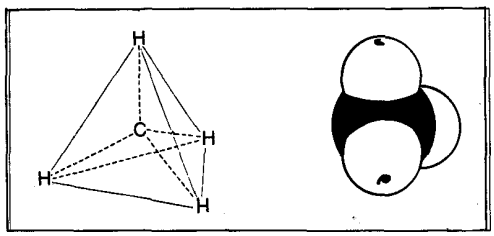
Su moleküllerinin hidrojen köprüsü ile bağlanması yüzünden buz, boşluklu bir molekül ağı oluşturur. Bu yüzden buz akıcı sudan daha az yoğundur. Buzun erimesi sonucu ağın düzenli yapısı bozulur. Yoğunluk artar ve *4°C*'de 1 gr/cm^3'lük değerinin *en yüksek noktasına ulaşır. Bu durumda suyun "YOĞUNLUK ANAMOLİSİ"*nden söz edilir. Su daha da ısıtılırsa moleküllerin hareket enerjisi yükselir. Böylece moleküller arasındaki aralık artar ve yoğunluk tekrar düşer. Su yoğunluğunun anormalleşmesi, *suda yaşayan canlıların hayatta kalmaları bakımından çok önemlidir. Böylece derin suların kışın tamamen donması önlenir,* çünkü 4°C'de suyun yoğunluğu en ağır olup dibe çöker.

1.1.2. Karbon

Hücrede bulunan su ve anorganik iyonlar dışında kalan maddeler, karbon elementinin bileşiğidir. *Karbon bileşikleri (organik bileşikler) tüm kimyasal bileşiklerin % 90'ını* oluşturur. Bu çeşitliliğin nedeni karbon atomlarının birbiri ile sağlam bağlar yapmasıdır.

Karbon atomu, bağlar oluşturabilen dört dış elektrona sahiptir. Bu elektronlar dörtlü (=tetraeder) nün köşelerine doğru yerleşmiş olup *bir elektron bulutu oluşturur.* Bu düzende aynı yüklü elektron bulutunun dışlanma olasılığı oldukça düşüktür. Karbon atomunda sağlam bir bağ oluşturmak için daha dört elektron gerekir. Bu eksiklik diğer karbon atomunda veya hidrojen, oksijen ya da azot atomlarından biri ile giderilir.

Metan molekülünde, karbon atomunun dört elektronuna, 4 hidrojen atomunun 4 elektronu eklenir. Bu da dört bağ elektron çiftli bir tetraeder hidrojen-karbon



Şekil 64.1: Metanın yapısal formülü ve kalot modeli. (Linder'den)

molekülü oluşturur. Metan molekülünde, hidrojen atomuna hidroksil grubu (—OH) eklenirse, bir alkol olan metanol elde edilir *(Şekil 64.1)*. Bu bileşik metana göre farklı özellikler gösterir. *Bir bileşiğin özelliklerini büyük ölçüde tayin eden atom veya atom gruplarına "İŞLEVSEL (=FONKSİYONEL) GRUP" denir. Aynı fonksiyonel gruplu bileşikler aynı madde sınıfında düşünülür.*

1.1.2.1. Alkoller

Bir düzlemde hareket eden polarize ışık, aminoasit çözeltisinden geçirilirse, hareket yüzeyi belli bir açıda döndürülür. Aminoasidin her iki simetrik formunda birisinin hareket yüzeyi sağa [= +Form (=D–Form)] diğerinin aynı açıda sola [(= – Form(=L–Form)) döndüğü görülür. Hücrede sadece L-aminoasitleri bulunur. Birçok önemli başka hücre içerik maddesi de optik aktivite gösterir (örneğin şeker ve süt asidi gibi bazı asitler).

Alkoller hidrokarbonlardan köken alır ve bir veya çok miktarda hidrojen atomunun yerini OH-grubunun alması ile meydana gelir (örn. etanol, gliserin). Bunlar suda hiç bir OH^- iyonu oluşturamaz ve bazik olarak etki yapamazlar. 2 veya 3 OH–gruplu maddelere iki veya üç değerli alkol adı verilir.

1.1.2.2. Karbonik Asitler

Bunlar karboksil grubu ile (—COOH) belirlenir. Karboksil grubu taşıyan karbonik asitlere Etan asidi (sirke asidi) CH_3—COOH; Piruvik asit CH_3—CO—COOH; Süt asidi CH_3—CHOH—COOH ve yağlarda görülen yüksek yağ asitleri de girer. Karbonik asitler alkollerle su ayrılması ile "ESTER"i meydana getirir:

$$H_3C—CH_2—OH + HO—C—CH_3 \rightarrow H_3C—CH_2—O—CH_2 + H_2O$$

Etanol (=Etilalkol) + Etan asidi (= Sirke asidi) → Sirke asidi etil esteri + su

1.1.3. Hidrojen

Yeryüzünde var olan hidrojenin büyük bir bölümü, okside bir şekilde suda bulunur. Volkanik olaylarda oluşan moleküler hidrojen, havadaki oksijenle suya dönüşür.

Organik moleküllerdeki indirgenmiş hidrojen ise suyun enerji ile parçalanmasından oluşur. Hidrojen, indirgenmiş karbon gibi oksidasyona; yani suyun oluşumuna çaba harcar.

1.1.4. Oksijen

Oksijen havadaki % 21'lik oranı ile organik dünya için önemli bir kaynaktır. Oksijen ayrıca metal oksitleri şeklinde çözünmüş olarak denizde ve yerkürenin

kabuğunda bulunur. *Yerkürenin oksijen örtüsü, yerküre tarihinde daha yeni olup fotosentezin suyu parçalayan sisteminin gelişmesi ile oluşmuştur.*

Yerkürenin şu andaki atmosferi % 78 moleküler azot (N_2), % 21 oksijen (O_2), % 0,14 asal gazlar (He, Ne) ve % 0,03 CO_2 ve % 0,03 diğer gazlardan meydana gelir.

1.1.5. Azot

Azot, genetik bilgi aktarımı ve deposu olan protein ve nükleikasit gibi maddelerin katalitik işlevleri içinde önemli rol oynar ve organik moleküllerin mühim bir bölümünü oluşturur. Canlılar azotu, hem nitrat (NO_3) ın maksimum düzeyde okside olmuş şeklinde, hem de amonyum (NH_4) un indirgenmiş halinde kullanır.

Organik N-bileşiklerinden, azotun remineralize olmasından sonra amonyum veya nitrat oluşur.

Azotun bu dönüşümünden başka, çok az canlıya N-kaynağı olarak hizmet eden havadaki moleküler azot da söz konusudur. Oldukça pahalı yöntemler kullanıp teknik olarak N_2 indirgenir ve N-gübresi elde edilir. Böylece biyoçevrimde denitrifikasyonla anaerob bakterilerin yaptığı N_2 kaybı dengelenir.

1.1.6. Kükürt

Kükürt bazı organik moleküllerde oksit veya indirgenmiş bileşikler halindedir. *Bitkiler topraktaki kükürdü sülfat olarak alır. Hayvanlar ise organik olarak bağlı, yani bitki hücrelerinin indirgediği kükürdü, kükürt içerikli aminoasit olan "Sistein"den alır.* Organik kükürt bileşiklerinin yıkımında H_2S veya elementer S oluşur. Proteinlerin sekonder yapısı için önemli olan *Disülfit Köprülerinin (= S—S— Köprüsü)* oluşumunda kükürdün biyolojik önemi dikkati çeker.

1.1.7. Fosfor

Anorganik fosfat, mineral halinde ve organik P-bileşikleri olarak görülür. *Organik P-bileşiklerindeki P, bir yandan enerji, diğer yandan genetik bilgi taşıyıcısı (Nükleik asitler)* olarak önem taşır. Burada, fosfat kalıntılarının enerjice zengin bileşikleri bağlama yeteneği önemli rol oynar.

1.1.8. Anorganik İyonlar

Özellikle Mg^{2+}, K^+ ve Ca^{2+} ile Na^+ katyonları ve Cl^-, HCO_3^-, $H_2PO_4^-$ ve HPO_4^{2-} anyonları membranların katıldığı birçok olayda önemli rol oynar. Bu iyonlar büyük oranda gizil gücü ve böylece membranların özelliklerini belirler. Anorganik iyonlar hücrelerin fotosentez, solunum, sinir sisteminde bilgi iletimi, kas kasılması ve diğer fizyolojik olaylarını etkiler.

İz elementleri proteinlerin katalitik işlevlerine veya diğer biyolojik önemi olan moleküllere etki yapmaları ile önem kazanır. *Örneğin, hemoglobindeki demir ve klorofildeki magnezyumun önemi büyüktür (bkz. Tablo 61.1).*

1.2. BİYOKİMYASAL ARAŞTIRMA TEKNİKLERİ

Kökenleri değişik hücrelerin kimyasal yapıları incelenirse, bunların farklı maddelerden oluştukları görülür. Sinir hücrelerinin örtü tabakalarındaki **schwann hüc-**

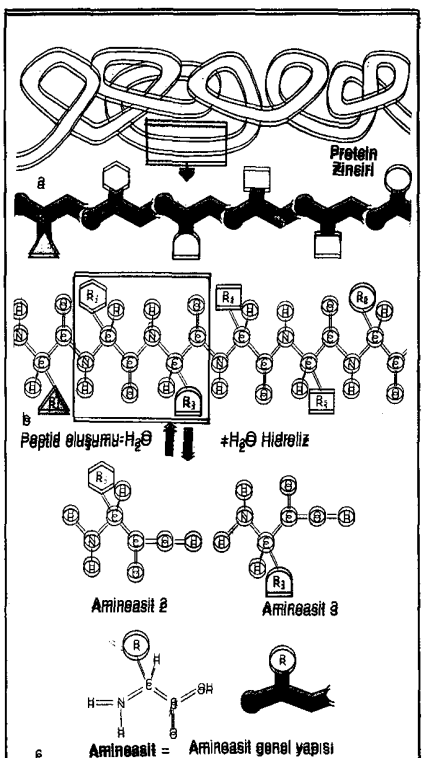
relerinde yağ benzeri maddeler vardır. Patatesin depo parenşim hücrelerinde nişasta, ayçiçeği tohumu hücrelerinde ise yağ bulunur.

Eğer ayçiçeği tohumu parçalanırsa "Hücre Homogenatı" elde edilir. Homogenat, kloroform veya eter gibi organik çözücülerle muamele edilirse, yağlar hücre homogenatından ayrılır. Bu muameleye "Ekstraksiyon" denir.

Glikoz "Fehling Çözeltisi" ile tesbit edilebilir. Bunun için, incelenecek madde, bakır sülfat (=Fehling I)ın çözeltisinde, potasyum sodyum tartrat ve NaOH (=Fehling II) ile ısıtılır. Kırmızı renkli Bakır-İyod-Oksit elde edilir. Aminoasitler "Ninhidrin" ile muamele edilir ve ısıtılırsa leylakî bir renk alırlar. Bu şekilde uygulamaya tabi tutulan çeşitli aminoasitler "Kromatografi" ile incelenirse teker teker ayırtedilebilir.

1.3. PROTEİNLER

Hücre yapısındaki proteinler hücrenin çok yönlü moleküler bileşenleridir. Gerçekten rastlanan protein çeşitleri, teorik olarak rastlanabilecek dizinlerin çok az bir bölümünü oluşturur. Bunların sayısı Z^n; yani, n= monomer sayısı, yani molekül ağırlığı/112, Z= Proteinlerde düzenli olarak rastlanan aminoasit sayısı= 20. Daha 300 aminoasitli gibi orta uzunluktaki bir dizinde bile muazzam sayılara varılır, örneğin $20^{300} = 2.10^{390}$, evrendeki tüm atomların sayısından daha fazladır *(Şekil 66.1)*.



Şekil 66.1: Bir proteinin yapısı. a) Primer yapı: Bir polipeptid zincirindeki aminoasitlerin özel dizin sırası; b) İki aminoasidin bir dipeptide bağlanması, c) Aminoasitlerin genel yapı formülü (Biologie h.'den).

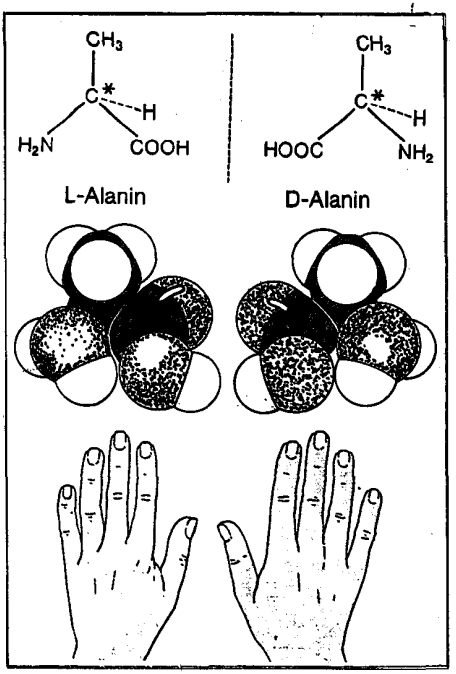
Protein ve nükleikasit dizimlerinin evrimi çok yavaş olaylardır. Bu süre tahminen 4.10^9 yıldır. *Protein'in sözlük anlamı "ilk planda gelen" demektir.* Böylece protein veya proteinli maddelerin bitki ve hayvan hücreleri için önemi vurgulanır. *Proteinler, hücre sitoplazmasındaki tüm organik bileşiklerin miktarca en büyük kısmını oluşturur.*

Proteinler vakuollerde yedek madde olarak depolanır; soya fasulyesi ve tahıldaki vakuollerde boyama ile ve mikroskopik olarak tanınır. İnsan ve hayvanın önemli besin kaynağını oluştururlar. Proteinler hücresel organel ve enzim (=Biyokatalizör)lerin yapılarına katılır. Bazı hormonlar da proteindir. Eksikliği halinde "şeker hastalığı (=diabet)"na yol açan "İnzulin" buna örnektir.

Pepsin ve tripsin gibi birçok enzim ve inzülin gibi peptid hormonlarında önce, önenzim ya da önhormon oluşur. Bunun dizini, biyolojik olarak aktif olan moleküllerden daha uzundur. Aktif inzülin iki zincirden oluşur. Bunlar disülfid köprüleri ile bir arada tutulur. A-zincirinde 20; B-zincirinde 30 aminoasit vardır. Öninzülin ise 84 Aminoasitli tek bir polipeptid zincirinden oluşur. Burada daha sonra meydana gelecek B-zinciri amino grubunun sonunda (N-terminus) A-zinciri de karboksil grubunun sonunda (C-terminus) bulunur. Önenzim olarak oluşturulan sindirim enzimlerinde, aktivasyon sırasında % 1.6-% 64 arasında bir kütle kaybı olur. Protein molekülleri karbon, hidrojen ve oksijen dışında belirleyici element olarak azot da içerir. Protein molekülleri büyük olduğu için bunlara "Makromoleküller" denir. Molekül ağırlıkları 10 000–500 000 arasında değişir *(Şekil 66.1)*.

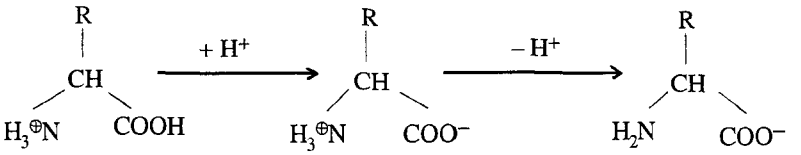
1.3.1. Aminoasitler

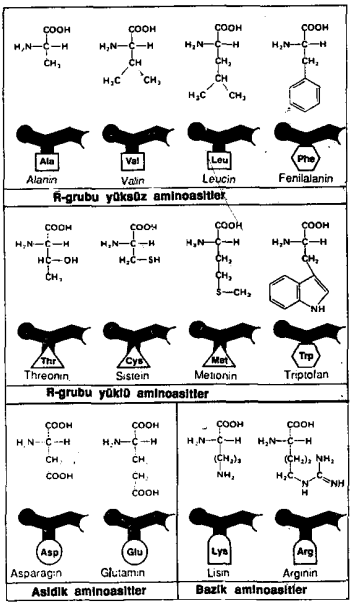
Protein molekülleri belirli koşullarda (örneğin tuz asidinde kaynatmak gibi) su ile muamele edilirse, yapıtaşları olan "Aminoasit"lere ayrılır. Bağlarının su alarak parçalandığı bu tip değişmelere "HİDROLİZ" adı verilir. Aminoasit moleküllerinin yapısı tekdüzedir. Merkezde bir karbon atomu olup, tetraederin her bir köşesine olmak üzere, çeşitli dört atom veya atom grubu bağlanır. Bu gruplardan biri amino ($—NH_2$), diğeri karboksil (—COOH), bir diğeri hidrojen (—H) grubu olup, dördüncü grup her aminoasit için tipik olan bir organik kalıntı (—R) grubudur. Bu şekilde, dört farklı bağlantı grubu taşıyan karbon atomu "asimetriktir". Yani her aminoasidin iki simetrik molekül yapısı vardır. Bunlar birbirini örtmez. Kimyasal özellikleri aynıdır. Diğer bileşiklerin aksine "optik aktivite" gösterirler *(Şekil 67.1)*. Aminoasit çözeltisinden polarize (=tek bir düzlemde yansıyan) ışık geçirilirse, yansıma düzlemi belli bir açıyla döner.



Şekil 67.1: Alaninin kalot modeli ve mekansal yapısı. Alaninin birbirine simetrik iki şekli vardır. C*: Asimetrik karbon atomu; kalot modeli biyolojik olaylar için molekülün önemli yapısını verir. Yalnız model atomlar arasındaki bağın nasıl oluştuğu hakkında fikir vermez.

Aminoasidin, asit özelliğini karboksil (—COOH) grubu verir. Amino ($—NH_2$) grubu moleküle bazik özellik kazandırır. Moleküle belirli karakterler kazandıran gruplara "**fonksiyonel grup**" denir. Karboksil grubunun artı yüklü hidrojen iyonunun amino grubuna geçişi ile her iki işlevsel grup iyon yüklenir. Böylece aminoasit molekülü bir "İkiz iyon" oluşturur. Çözeltinin pH-değerinin değiştirilmesi ile yüklenmeler farklılaştırılabilir.





Şekil 68.1: Doğal olarak rastlanan bazı aminoasit türleri

Aminoasidin baz ve asidik gücü, aminoasidin tam olarak hangi pH-değerinde ikiz iyon olarak bulunmasına bağlıdır. Eğer pozitif ve negatif elektrikli yüklerin sayısı eşitse, o dışa doğru nötraldır. Organik kalıntı diye adlandırdığımız (—R)'nin işlevsel (=fonksiyonel) grubuna bağlı olarak, proteinlerde rastlanan 20 aminoasidi dört farklı grupta toplayabiliriz. Bu gruplar ve onlara ait bazı örnekler aşağıda verilmektedir *(Şekil 68.1)*.

a) R-Grubu Yüksüz Aminoasitler: Bu gruba giren aminoasitlere örnek olarak **Glisin** (Gly), **Alanin** (Ala), **Valin** (Val), **Leusin** (Leu), **İzoleusin** (Ile), **Fenilalanin** (Phe) ve **Prolin** (Pro)'i verebiliriz.

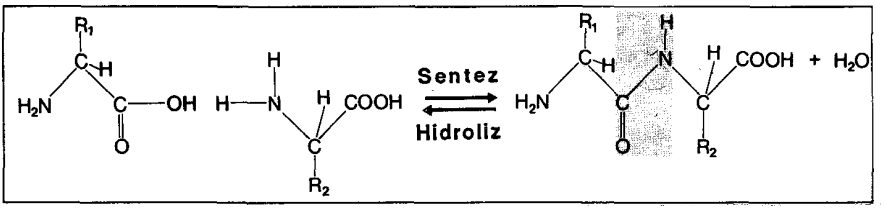
b) R-Grubu Yüklü Aminoasitler: **Tirozin** (Tyr), **Triptofan** (Trp), **Serin** (Ser), **Threonin** (Thr), **Sistein** (Cys), **Methionin** (Met), **Asparagin** (Asp) ve **Glutamin** (Glu)'i bu grup için örnek olarak sayabiliriz.

c) Asidik Aminoasitler: Örnek olarak **Asparagin asidi** (Asp) ve **Glutamin asidi** (Glu)'ni vermek mümkündür.

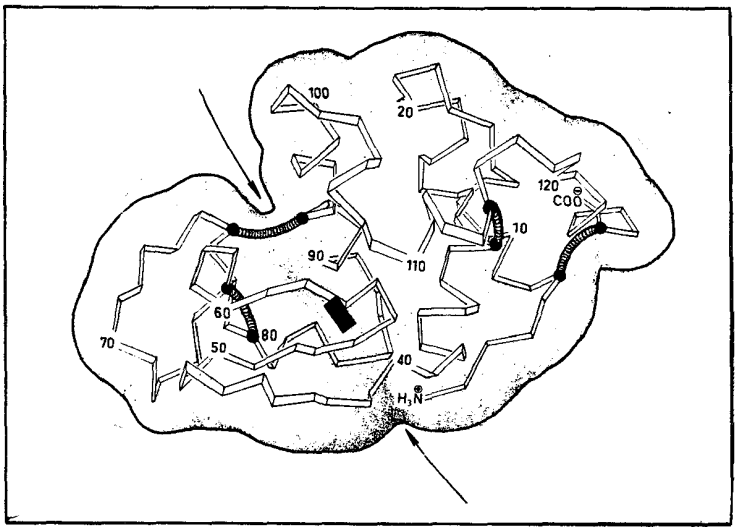
d) Bazik Aminoasitler: Örneğin **Lisin** (Lys), **Arginin** (Arg) ve **Histidin** (His).

1.3.2. Polipeptidler

Bir aminoasidin karboksil grubu, başka bir aminoasidin amino grubuyla, su ayrılması koşuluyla tepkiyebilir. Bu arada bir "Dipeptit" oluşur. Bağ da "Peptid Bağ" diye adlandırılır *(Şekil 68.2)*.



Şekil 68.2: İki aminoasidin bir dipeptid oluşturması (Peptid bağının atomları bir düzlemde (peptid düzlemi) bulunur. —C(=O)—N(H)—).



Şekil 69.1: Lizozimin tersiyer yapısı; oklar katalitik noktayı gösteriyor ve molekülün içine doğru katlantı görülüyor. Tüm sekiz sistein kalıntısı tersiyer yapıyı sağlamlaştıran dört disülfid köprüsünün yapısına katılmıştır (Czihak'tan)

Çok sayıda aminoasidin bağlanması ile "Polipeptid zinciri" oluşur. Bunlar en az 100 aminoasit molekülünden meydana gelerek "Protein" adını alır. Proteinler sadece sayı ve türe göre sınıflandırılmaz aynı zamanda aminoasidin sırasına, yani "**Sekuens**" ine bağlı olarak da ayrılır *(Şekil 69.1)*. **Aminoasit dizini (=sekuensi)** bir proteinin **"Primer Yapısı"** olarak ifade edilir.

100 aminoasit moleküllü bir proteinde, 20 aminoasit dikkate alınırsa $20^{100}(=10^{130})$ olasılık söz konusudur. Bu kombinasyon olanağının akıl almaz çokluğu, evrendeki bileşiklerin tüm atom sayısını (ki bu sayı 10^{71} dir) dahi geçer.

Polipeptid zincirlerinin mekanda belli bir yerleşim düzeni vardır. Örneğin memeli saçının protein molekülleri helezonik veya heliks (=çift sarmal dizin) yapılıdır *(Şekil 70.1)*. Bu hidrojen köprü bağları ile oluşur. İpekböceği ipek teli proteininde, hidrojen köprü bağları protein molekülleri arasında **"katlantılı yaprak yapısı"** verir. Onun için de çeşitli moleküllerin peptid zincirleri, yanyana ve zikzak şekilli olarak düzenlenir. Bir protein molekülünde, **"heliks ve katlantılı yaprak"** yapıları beraberce bulunabilir. Bunlara **"Sekonder yapılar"** denir. Bu yapılar birçok protein için karakteristiktir. Genellikle sekonder yapılar, ilaveten helezonik, katlantılı veya başka bir tarzda şekillenir. Sekonder yapının bu şekildeki düzenine proteinin **"Tersiyer yapısı"** denir. Bunlar hidrojen köprü bağlarından başka, elektron çifti ve iyon bağları ve VAN DER WALLS kuvveti ile stabil (=değişmeyen) hale getirilir.

Tersiyer yapı denince, tam bir protein makromolekülünün üç boyutlu yapısı anlaşılır. Zincir yapısı kavramı hem ince yapılı sekonder, hem de kaba yapılı tersiyer yapıyı kapsar. Bugün birçok protein molekülünün zincir yapısı bilinir. Örneğin lizozim molekülünde, yuvarlak bir yapı söz konusu olup, onun tersiyer yapısı dört disülfid köprüsü ile karakterize edilir. Bunun dışında hipofil aminoasitler molekülün içine, hidrofiller ise dışına yerleşmişlerdir.

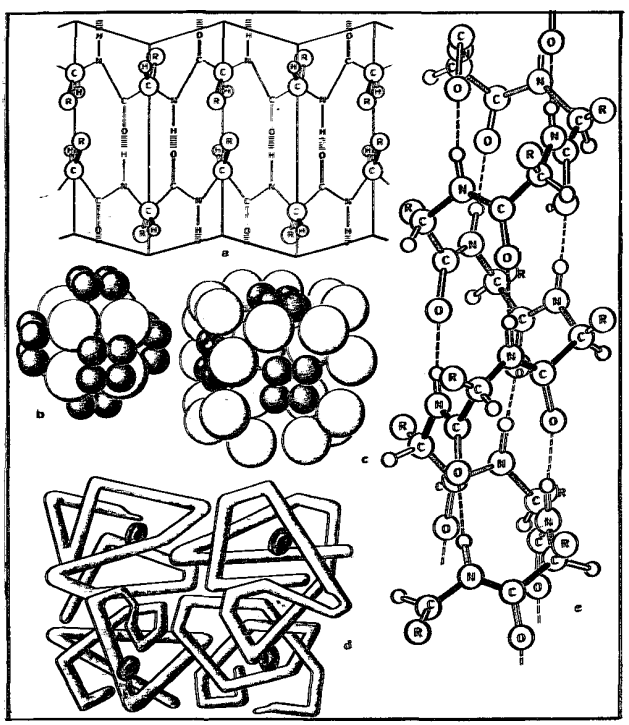
Bir protein yapısına çok sayıda polipeptid zinciri katılırsa **"Kuarter yapı"** sözkonusudur. Böyle bir yapıya hemoglobin molekülünde rastlanır. Hemoglobin molekülü miyoglobinin tersiyer yapısını andıran 4 polipeptid zincirinden (2 alfa ve 2 beta zinciri) oluşur. Miyoglobinde peptid zinciri 153 aminoasitten oluşur. Bunlar merkez iyonu olarak renk maddesi "Hem" ile demiri sarar. Hemoglobinde alfa zinciri 141, beta zinciri 146 aminoasit içerir.

Bütün makromoleküllerde izlenen özellikleri proteinler de gösterir. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

a) **Benzer yapısal birimler (aminoasitler)den yapılır;** b) **Monomerleri belli bir bileşim tipi ile (burada peptid bileşiği) bağlanır;** c) **Yapı en az üç kuramla saptanır;** monomerlerin sıralanışı (sekuensi) (primer yapı), dönüşümlü mekansal yapı elemanları (sekonder yapı) ve makromolekülün konumu (tersiyer yapı). Proteinler 60°C'nin üzerinde ısıtılırsa tersiyer ve kısmen de sekonder yapı bozulur ve protein denatüre olur.

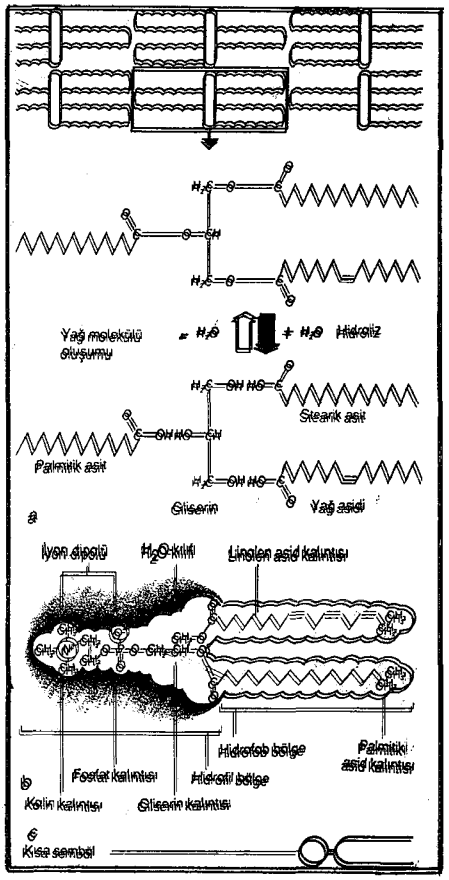
1.4. LİPİDLER

Yağların da dahil olduğu lipidler, hem bitki hem de hayvan hücresinde yedek madde olarak depolanır. Kolza ve ayçiçeği gibi çeşitli bitkilerin tohum ve meyveleri yağca zengindir. İnsan ve hayvanlar, vücut yağını daha çok derialtı dokusunda depolarlar. Yağ, sıcağı izole eder (örn. balina ve fok balığında), organı korur (örn. böbrek ve karaciğer yağı) ayrıca yağ depo maddesi olarak önemli görevler üstlenir.



Şekil 70.1: Bir proteinin farklı yapıları. a) Sekonder yapı (katlantılı yaprak yapısı). b, c, ve d. Multienzim (protein) kompleksinin kuarter yapısı; e) Bir polipeptid zincirinin α-Helix yapısı; kesik çizgiler H-köprüleridir) (a, b, c ve e Czihak'dan d Biologie h'den).

Vücutta 1 gr yağın kullanılması sonucu 39 kJ (=9,7 kkal.) enerji üretilir. Yani yağlar çok önemli enerji deposudur. Yağ sindiriminde, yağ molekülü hidrolitik olarak "Gliserin" ve "Yağasidi" moleküllerine ayrılır. Gliserin, molekülünde üç hidroksil (—OH) grubu taşıyan bir alkoldür. Yağasitlerinde uzun zincirli karbonik



Şekil 71.1: Lipidlerin yapısı. a) Bir triasilgliseridin yapısı; b) Fosfolipid (Lesitin); c) Lipidin kısa formülü (a ve b Biologie h.'den, c Linder'den).

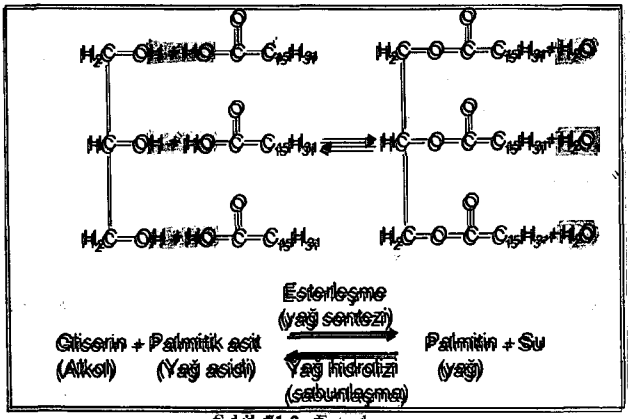
asitler söz konusudur. Yağasidindeki gibi, molekülünde çift bağ bulunan karbonik asitler, *doymamış* yağasididir. İnsan vücudu *Linol* ($=C_{17}H_{31}COOH$) ve *Linolin* ($=C_{17}H_{29}COOH$) *asidi* gibi doymamış yağasidi yapamaz. Bu nedenle bunlar yaşam için çok önemli (=esensiyel) besin olarak görülürler. *Tereyağı, Palmitik* ve *Stearik asitleri* doygun yağasididir *(Şekil 71.1).*

Asit ve alkoller su oluşturarak *Ester'e* tepkir. Bu olaya *Esterleşme* denir *(Şekil 71.2).* Yağlar, yağ asidi ve gliserin (=alkol)den oluşan esterdir. Üç yağasitli bir gliserin molekülü tepkiyebileceğinden, yağlar *Triasilgliserid'dir. Yağların özellikleri esas itibariyle yağ asitleri ile tayin edilir.* Polar bir yağın molekül modeli *Şekil 72.1'* de görülmektedir.

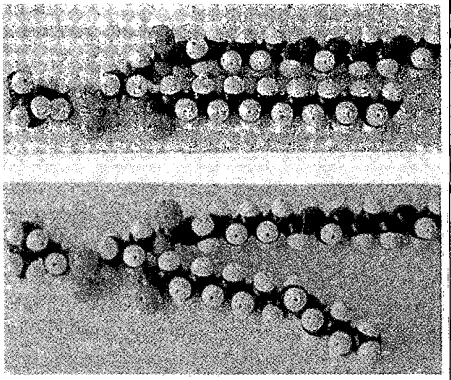
Doymamış yağasitli yağlar, doymuş yağasitlerine göre daha düşük erime sıcaklığına sahiptir. Sıvı yağlara akıcı yağ (=oil) da denir.

Yağlar eter veya kloroform gibi *organik çözücülerde* kolayca *çözünür. Suda* ise hiç *çözülmez,* böyle bileşiklere *lipofil (=yağda çözünen)* veya *hidrofob (=suyu reddeden)* denir. Fosfolipidler de benzer özellikler gösterir. Burada iki yağasidi molekülü, gliserin molekülü ve bir fosfor-asidi molekülü esterleşir, örn. amino alkollü, *Cholin, Lesitin* çok bilinen bir fosfolipiddir. Molekülün bir hidrofil (fosfor asidi esteri) bir de hidrofob (yağ-asidi kalıntısı) kutbu vardır. *Fosfolipidler hücre membranlarının yapısına katılır.*

Steroidler de lipid grubuna girer. Bunlar membranların yapı taşı olarak ortaya çıkar (örn. Kolesterin = kolesterol); hormon olarak da izlenirler (örneğin böbreküstü, seks ve böcek hormonları).



Şekil 71.2: Esterleşme.

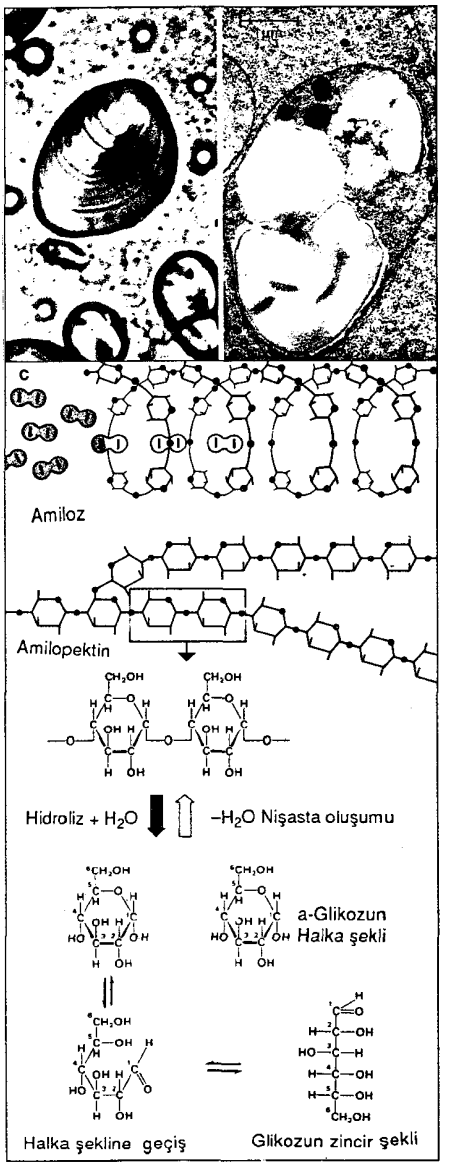


Şekil 72.1: Bir polar lipidin molekül modeli. Molekül yapısı kalot modeli ile gösterilmektedir. İkinci kalot modeli (aynı molekül için) C–C basit bağların dönmesi ile daha fazla yer alan bir yapının oluştuğunu göstermektedir (Linder'den)

1.5. KARBONHİDRATLAR

Bir buğday danesi, iç kısmında beyaz bir madde, yani *un* içerir. Bu madde kimyasal olarak **"nişasta"** diye adlandırılan önemli bir bitkisel depo maddesidir. Nişasta seyreltilmiş asitte pişirilirse, üzüm şekeri (=glikoz) elde edilir. Buna göre *nişasta, glikoz yapıtaşlarından oluşan bir makromoleküldür.*

Glikoz, basit şeker veya "monosakkarid" dir *(Şekil 72.2).* Molekülde 5 karbon atomlulara *Pentoz,* altı karbon atomlulara *Hekzoz* denir. *Glikoz bir hekzoz*dur. Altı karbon atomu kendi arasında ve 5 hidroksil (—OH) grubu, bir aldehid (—CHO) grubu ile bağlıdır. Araştırmalar C-1'deki aldehid grubunun, C-5'deki hidroksil grubu ile tepkidiğini gösterir. Böylece altı üyeli, halka şeklinde ve 5C-atomu ile bir oksijen atomu olan molekül oluşur.



Şekil 72.2: Karbonhidratlar (A: Işıkmikroskobik resim, B: Elektromikrosrkobik resim, C: Yapısı)

İki halka yapısı vardır. C-1 atomunda *hidroksil grubu* halka düzleminin ya altında ya da üstündedir. Buna göre *alfa glikoz* veya *beta glikoz*dan söz edilir. Bir glikoz çözeltisinde zincir ve halka yapıları dengededir. Disakkarid (=çift-şeker) oluşumunda iki monosakkarid su oluşturarak tepkir. Oluşan bağa *Glikozid Bağ* denir. İki alfa glikoz molekülünün birbiri ile tepkimesinde hidroksil grubunun dönüşümü, bir molekülün C-1 atomunda ve başka bir molekülün C-4 atomunda

olaylanır. Bu şekilde oluşan glikozid bağa *alfa-1,4-bağ* denir. Meydana gelen disakkaride *Maltoz* veya *Maltşekeri* denir. Çok sayıda monosakkaridin oluşturduğu bileşiklere *Polisakkarid* adı verilir. Polisakkaridin mekansal yapısı, yapıtaşlarının hangi glikozid bağla ilişkide olduğuna bağlıdır.

Patates nişastası incelendiğinde, onun iki çeşit molekülden oluştuğu görülür. Bunlar **"Amiloz" ve Amilopektin"dir. Amiloz suda çözünüp, iyod molekülü ile mavi renk alır ve molekülü helezoniktir. Amilopektin ise suda çözünmez, iyod molekülü ile leylakî bir renk alır ve ayrıca dallı bir yapı gösterir.** Önemli bir polisakkarid de "Selüloz"dur. Selüloz glikoz ünitelerinden yapılır ve bitkide temel yapı maddesidir.

1.6. NÜKLEİKASİTLER

Hücrede protein, lipid ve karbonhidratların yanında MIESCHER'in 1869'da çekirdekte keşfettiği **"Nükleikasidler"** de bulunur. Bugün RNA (=ribonükleikasit) ve DNA (=dezoksiribonükleikasit) olmak üzere iki çeşit nükleikasit vardır. Bunlar az veya binlerce kg/mol molekül ağırlığa sahip makromoleküllerdir. RNA'nın sitoplazmada, DNA'nın ise plastid ve mitokondrilerde de bulunduğu artık günümüzde bilinmektedir. Hücrede DNA'nın önemli kısmı çekirdektedir, bunlar kalıtım faktörlerini taşır. Elektron mikroskobik gözlemler DNA'nın uzun, ipliğimsi ve dallanmayan makromoleküller olduğunu gösterir. DNA özellikle hücre çekirdeğinde yoğun olmakla birlikte plastidler mitokondrilerde de az miktarda vardır. Bakteri hücrelerinde DNA nukleotidde, siyanofit hücrelerinde kromidial apareyde yoğunlaşır. Virüslerin çoğu DNA içerir. Nükleikasitler daha çok bilgi taşıyıcıdır. Nükleikasitlerin yapıtaşlarına **"Nukleotid"** denir. **Her nükleotid şeker, fosfor asidi ve azotlu organik baz moleküllerinden oluşur.** Nükleotidlerin bileşimi ve hücre metabolizmasındaki işlevi *Tablo 73.1*'de görülmektedir.

Tablo 73.1 : Nukleotidlerin bileşimi, bulunduğu Nükleikasit ve hücre metabolizmasındaki işlevi

Baz Çeşidi	Şeker	Nukleikasidi	Nukleotidi	Nukleotidin rastlandığı Nükleikasit	Nukleotidlerin Koenzim İşlevleri
Adenin (A)	Riboz	Adenozin	Adenozin-5'-mono di- ve trifosfat (AMP; ADP; ATP)	RNA	Enerji metabolizmasının tüm tepkimelerinde; ATP çok sayıda sentezde kullanılan enerji verici
	Dezoksiriboz	Dezoksi-adenozin	dAMP; dADP; dATP	DNA	-
Guanin (G)	Riboz	Guanozin	Guanozin-5'-mono di ve trifosfat (GMP; GDP; GTP)	RNA	Şeker metabolizmasındaki tepkimelerde ve protein sentezinde enerji verici.
	Dezoksiriboz	Dezoksiguanozin	d-GMP, dGDP, dGTP	-	
Urasil (U)	Riboz	Uridin	Uridin-5'-mono, di ve trifosfat (UMP, UDP, UTP)	RNA	Şeker metabolizmasının çok sayıdaki tepkimesinde
	Dezoksiriboz	Dezoksiuridin	dUMP, dUDP, dUTP		Timin nukleotidinin biyosentezindeki ara ürün
Sitozin (c)	Riboz	Sitidin	Sitidin-5'-mono, die, ve trifosfat (CMP, CDP, CTP)	RNA	Lipid metabolizmasının birçok ve karbonhidrat metabolizmasının bazı tepkimelerinde
	Dezoksiriboz	Dezoksisitidin	dCMP, dCDP, dCTP	DNA	-
Timin (T)	Riboz	Timidin	Timidin-5'-mono, die trifosfat TMP, TDP, TTP)		Şeker metabolizmasının bazı tepkimelerinde
	Dezoksiriboz	Dezoksitimidin	dTMP, dTDP, dTTP	DNA	-

İnsanın çeşitli hücrelerindeki DNA ve RNA içerikleri *(Tablo 74.1)* ve diploid hücre çekirdeğindeki DNA içeriği pgr (=pikogram= 0.000000001 gr) olarak *Tablo 74.2*'de görülmektedir.

Tablo 74.1 : İnsanda çeşitli organların tek bir hücresindeki DNA ve RNA içeriği

Hücrenin Bulunduğu Organ veya Hücre	DNA pgr/Hücre	RNA pgr/hücre
Kemikiliği	0.87	0.69
Beyin	0.68	2.63
Böbrek	0.83	1.20
Karaciğer	1.0	2.48
Lökositler	0.73	0.25
Sperm hücreleri	0.31	0.24

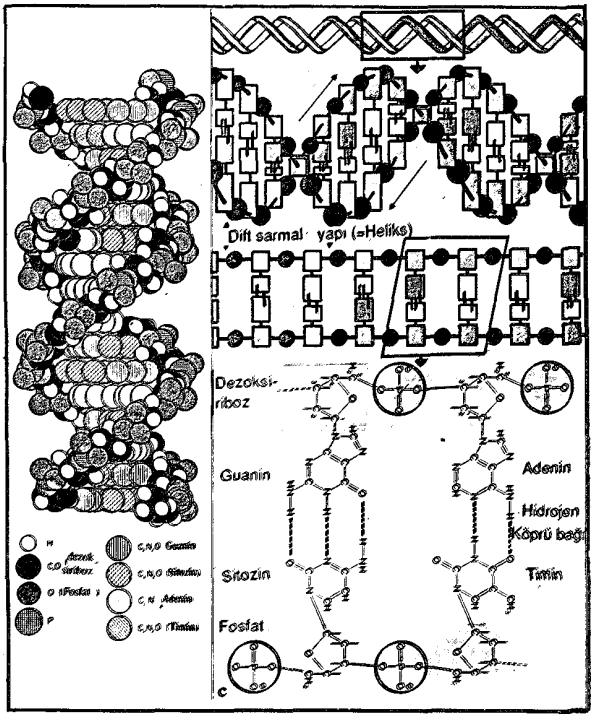
Tablo 74.2 : Diploid hücre çekirdeğindeki DNA içeriği

Organizma	Hücre Çekirdeğindeki DNA Miktarı (pgr)
Eschericha coli	0.0042
Çam	93.8
Buğday	36.2
Mısır	6.6-15.4
Soğan	33.5
Bezelye	9.1
Ayçiçeği	9.8
Sirke sineği	0.2

RNA'da şeker molekülüne **"Riboz"**, DNA'da ikinci C atomu oksijen atomu taşımaz bu nedenle buna "Dezoksiriboz" denir. Nükleikasitlerde dört farklı **"Baz"** görülür. **DNA'da "Adenin (=A), Guanin (=G), Sitozin (=C) ve Timin (=T)" adlı bazlar bulunur** *(Tablo 74.3)*

Tablo 74.3 : Çeşitli organizmaların DNA baz oranları

Organizma	[A]+[T]/[G]+[C]
Omurgalı Hayvanlar:	
İnsan	1.40-1.52
At	1.33
Alabalık	1.34
Koyun	1.36
Omurgasız Hayvanlar:	
Deniz kirpisi (*Arbacia*)	1.58
Göçmen Çekirge (*Schistocera*)	1.84
Bitkiler:	
Buğday	1.19-1.22
Yeşil alg	0.57
Euglena grasilis'in	
Hücre çekirdeğinde	0.88
Plastid-DNA'sında	3.23
Bakteriler:	
Escherichia coli	0.93-0.97
Bacillus subtilis	1.38
Clostridium perfringens	2.70
Virüsler:	
Çocuk Felci Virüsü	1.08
Herpes simplex	0.47
Kolifajda : T2	1.86



Şekil 75.1: DNA'nın çift heliks yapısı (Watson ve Crick'e göre).

RNA, timin bazı yerine "Urasil" bazına sahiptir. RNA tek dizinlidir. Molekül ağırlığı DNA'dan daha azdır. Hareketli elçi RNA, hareketsiz bazı DNA baz dizinlerinin kopyasıdır. Bu, DNA'da depolanan bilgiyi protein sentezinin olduğu Ribozomlara taşır. Ribozomal RNA (=rRNA) taşıyıcı (tRNA) diye iki RNA tipi daha vardır. Her üç RNA'da, DNA'ya bağımlı RNA-polimerazın yardımı ile DNA'da oluşurlar (bkz. Transkripsiyon s. 186). Adenin ve guanin 4 azot atomlu çift halka moleküllü olan "Purin"den kökenlenir. İki azot atomlu, altı halkalı "Primidin"in, oluşturduğu bazlar sitozin, timin ve urasildir. Baz ve "pentoz" bileşiğine "Nükleosid" denir. Adenin ve ribozun tepkimesinden "Adenozin" adlı nükleosid meydana gelir.

Nükleosid

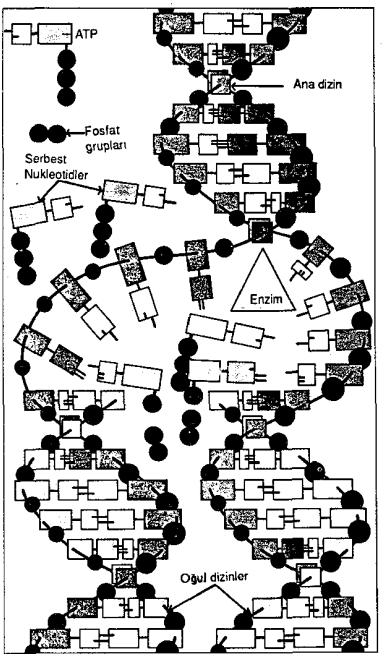
Baz–Pentoz–Fosfat

Mononukleotid

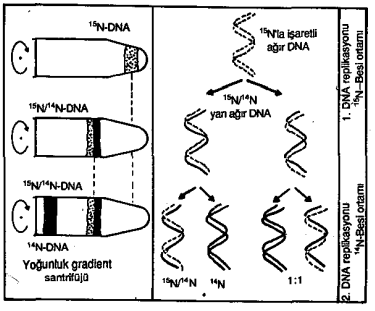
Bir nükleotidin fosfat grubu, ikinci bir nükleotidin şeker molekülü ile bağlanırsa, "Dinükleotid" elde edilir. Çok sayıda nükleotidin bağlanması ile nükleikasidin "Polinükleotid"i elde edilir. Mononükleotidlerin biraraya gelip polinükleotidleri oluşturması sırasında iki fosfat asidi grubu mononükleotidlerden ayrılır. Su açığa çıkarak mononükleotidler ester gibi birbirleri ile bağlanır. Bağlanma önceki nükleotidin C-5 atomundan, fosfor asidi ile bir sonraki nükleotidin C-3 atomuna doğru olur. Bu bağlanma 5'den-3'ün sonuna doğru olmaktadır. Böylece 3 milyon nükleotidi kapsayabilen makromoleküller oluşur. Bunun molekül kütlesi 10^9'a eşittir. Bu nükleotidlerin dizini (=sekuensi), proteinlerin primer strüktürleri gibi türe özgüdür. Genellikle iplik molekül yapısı gösteren RNA'nın aksine, çekirdeğin DNA'sı iki ipliğin yan yana gelmesi ile "ÇİFT HELİKS" oluşturur *(Şekil 75.1)*.

Adenin ve timin ile guanin ve sitozinin DNA molekülünde eşit oranda bulundukları tesbit edilmiştir. Her iki tek dizinin bağlanması, karşı karşıya gelen bazlar arasındadır. Böylece *adenin-timin* ve *guanin-sitozin bazları özel baz çifti oluşturur (Şekil 75.1). Adenin-timin arasındaki bağ iki, guanin-sitozin arasındaki*

bağ ise üç hidrojen köprüsü ile gerçekleşir. WATSON ve CRICK bu modele "ÇİFT HELİKS" adını vermişlerdir. Baz çiftleşmesinin özel olması nedeniyle bir dizinin bazları, diğerininki ile belirlenir. Bunlar için birbirlerine "KOMPLEMENTER"dir denir. Ayrıca bunlar bağ yönü itibarı ile karşıttırlar. Bir dizinde, bağlanma dezoksiriboz ve fosfat grubu arasında 3'den 5'in sonuna doğru onun komplementeri olan dizinde ise bu, 5'den 3'ün sonuna doğru olur.



Şekil 76.1: a-d: Birbirini izleyen dört aşamada DNA'nın iki katına çıkması (Weidel'den)



Şekil 76.2: DNA redüplikasyon mekanizması (MESELSON/STAHL deneyi (şematik).

1.6.1. İdentik (=Eşdeğer) Replikasyon=Redüplikasyon (=İki Misline Çıkma)

DNA'nın çift sarmal dizin modeli sadece yapı ve baz eşdeğerlerini (ekuvalensini) açıklamaz, replikasyonu; yani iki katına çıkmayı da açıklar. Buna göre çekirdeğin ardarda olaylanan iki bölünmesi arasında DNA'nın identik redüplikasyonu gerçekleşir *(Şekil 76.1)*. Bunun için DNA çift heliksinin her iki dizini birbirinden ayrılır. Tek dizinlerin serbest kalan bazlarına komplementer nükleotidler birikir. Çift sarmal dizin, uzunluğu boyunca açılmayıp daima sadece belli noktalardan açılır. Enzim etkisi ile de kısa komplementer dizinler yapılır ve daha sonra uzun polinükleotid dizinlerine bağlanır. Bunlar her iki tek dizin ile iki yeni DNA çift dizini oluşturur. Yeni çift dizinlerin her biri bir eski, bir de yeni tek dizin taşır. Replikasyonun çok çabuk ve hatasız gerçekleşmesi DNA-polimeraz enzimi ile olur.

MESELSON ve STAHL 1958 yılında, bu mekanizmayı deneysel olarak kanıtladı *(Şekil 76.2)*. Araştırıcılar (^{15}N) ağır azot izotopu içeren besin agarında bakteri kültürü yetiştirdi. Birbirini izleyen çok sayıda bölünme sonucunda ^{15}N'un bakteri DNA' sına yerleştiği belirlendi. Bakterinin ^{14}N'lu besi agarına yeniden ekilmesinden sonra, DNA'nın ilk bölünmenin ardından yarı ağır olduğu görüldü. Yani DNA'nın bir dizininde ^{14}N, diğerinde ^{15}N vardı. Başka bir DNA-redüplikasyonundan sonra yarı ağır ve hafif DNA, 1:1 oranında izole edilebildi.

2. HÜCRE METABOLİZMASI

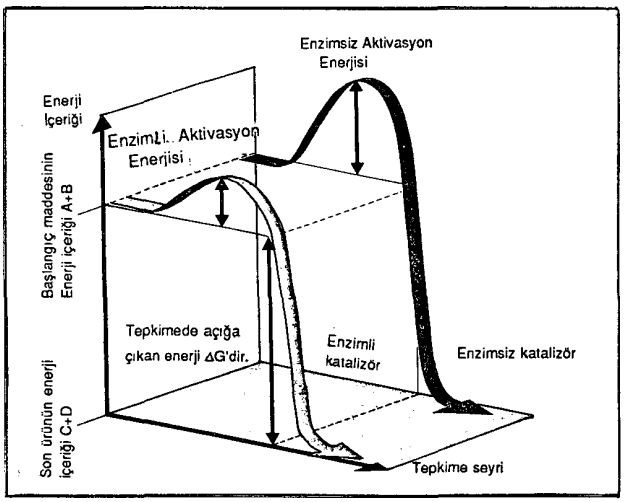
Metabolik olaylar canlılığın bir işaretidir. Bu olaylar madde alımı, işlenmesi ve atılması şeklinde olur.

Burada metabolik olayların moleküler temelleri incelenecektir. Hücredeki metabolik olaylar hem hayvan, hem de bitki hücresinde aynı şekilde olup, yaşamsal işlevler için gerekli yapı maddelerini ve enerjiyi sağlar. Her hücrede yüzlerce hatta binlerce tepkime olaylanır. Her bir tepkime fiziksel kurallara bağlıdır. Bir tepkimenin yönü ve enerji bütçesi termodinamik ve energetikten çıkar. Gerçek tepkime mekanizmasının sürati kinetik kavramı ile açıklanır. Kimyasal tepkimelerin cereyanı iki büyüklükle belirlenir: Bunlar **ENERJİ ve ENTROPİ**'dir. Bir sistemin iç enerjisi, bağıl güçleri (çekirdek, atom, iyon ve moleküllerini) bir arada tutmasının sonucudur. Bu güçler ne kadar kuvvetli ise sistem enerjice fakir ve stabil (=değişmez)dir, ne kadar zayıfsa değişken (=instabil) ve enerjice zengindir.

Kimyasal tepkimelerin dinamiğini belirleyen ikinci büyüklük, bir sistemin **ENTROPİ**'sidir. Entropi, sistem ve onun kısımlarını içine alabilen muhtemel enerji verilerinin durumuna bağlıdır. Sistemin olası durumları ne denli büyükse bu da o kadar büyüktür. Her tepkime sistemi, en büyük olasılık durumunu ve böylece en büyük entropiyi alma eğilimindedir. Bir tepkimenin entropisi genellikle tepkime ortağının artışına yol açan yönde artar. Sulu çözeltilerde; çözelti molekülleri ve tepkime ortağı arasındaki değişim ilişkileri dikkate alınır. Bir sistemin entropisi ölçülebilir. Çünkü bu sıcaklık kapasitesi, yani $Q.T^{-1}$ ile ilişkilidir. Entropi ne kadar büyükse, sistemin kinetik enerjiyi alma olasılığı da o kadar çok olur.

2.1. BİYOKATALİZ

Nişasta çözeltisi deney tüpünde tükürükle karıştırılırsa, nişasta molekülleri malt şekerine parçalanır. Burada tükürükde bulunan bir enzim olan "ALFA-AMİLAZ" etkilidir. Nişasta, tepkime maddesi (=substrat), alfaamilazın katalitik etkisi ile "MALTOZ" yani ürüne (=produkt) parçalanır. Enzimler genelde "-az" son ekini alır; ama tükürükdeki "PİTYALİN", midenin "PEPSİN", acı bademin "EMULZİN" adlı enzimlerindeki gibi bazıları da "-in" son eki taşır.



Şekil 77.1: Metabolik bir tepkimede enzim etkisinin şeması. Tepkimenin aktivasyon enerjisi enzimle o kadar azaltılır ki oda sıcaklığının enerjisi bir tepkimeyi harekete geçirmeye yeter. Ama reaksiyon eksergonik olarak (Δ G negatif) çok süratli olaylanır (Linder'den).

Enzimler protein olup, metabolik olayların tümü için biyokatalizör görevini yapar. Enzimler aktivasyon enerjisini azaltıp tepkime hızını artırır *(Şekil 77.1).* Böylece, nişasta parçalanmasındaki gibi, reaksiyonların oda

sıcaklığında gerçekleşmesini sağlar. Böyle bir tepkimede bağlar gevşetilip çözülmelidir.Bu ise enerji gerektirir. *Enzimler* bu *enerji miktarını azaltır ve reaksiyon oda sıcaklığında bile olur.*

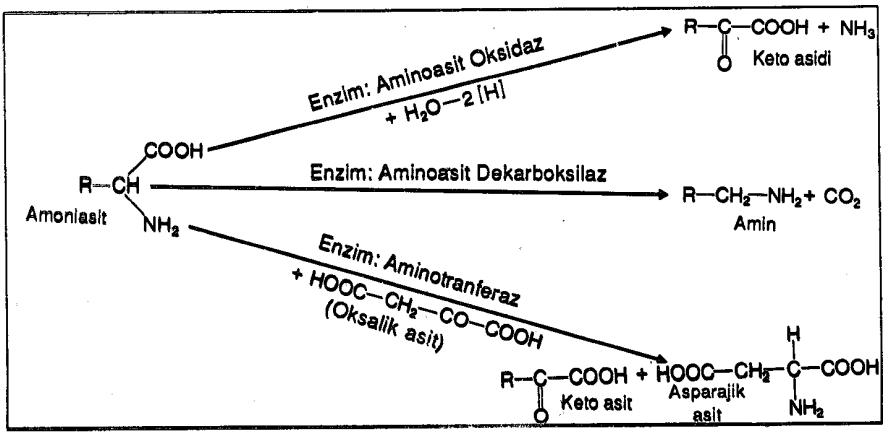
2.1.1. Enzimatik Bir Tepkimenin Olaylanması

Şu ana kadar canlı hücrede belirlenmiş olan enzim sayısı 3 bindir. Bunların 150'si izole edilerek çok iyi incelenmiştir. Hepsi protein zincirleri olup çok karmaşık bir yapı gösterir. Enzimde, substratın (=maddenin) bağlandığı torba gibi olan bir bölüm vardır. Buraya **AKTİF** veya **KATALİTİK MERKEZ** denir. Aktif merkez, genelde enzimin iç kısmındaki hidrofob (=suyu reddeden) çantada bulunur. Her enzimin bir aktif merkezi olup burada maddenin katalitik dönüşümü gerçekleşir. Burada kimyasal bir tepkime olaylanır. Değişen substrat molekülü geçşek bir bağla enzime girer. Bu bağlanmaya **"ENZİM-SUBSTRAT-KOMPLEKSİ"** denir. Enzimler bağları gevşeterik substrat molekülünün mekansal yapısını değiştirir. Bu kompleks daha sonraki bir tepkimede ürüne ayrılır (Şekil 80.1).

Bu arada enzim molekülü tekrar serbestleşir. Nişasta parçalanması örneğindeki gibi substrat "NİŞASTA-ALFA AMİLAZ KOMPLEKSİ"ne dönüşür. Bu da maltoz ürününe ve değişmeyen enzime parçalanır.Tek bir enzim molekülü ortalama olarak dakikada kendi substratının 100 000 molekülünü değiştirebilir. Bir dakikada enzim molekülünün değiştirdiği substrat molekülü sayısına "DEĞİŞİM SAYISI" denir. Bu sayı enzim aktivitesi için bir ölçüttür.

Enzim ve substrat arasındaki reaksiyon "ANAHTAR-KİLİT KURAMI" ile karşılaştırılır. Sadece belli bir substrat, enzimin "AKTİF MERKEZİNE" uyar. Enzimler, genellikle bir substrat molekülünün tek bir reaksiyonunu katalizler. Yani *enzimler "SUBSTRAT a"* ve *TEPKİME"ye özelleşmiştir.* Örneğin bir aminoasit, NH_3 ayrılması ile "KETO ASİDE" okside olabilir veya ondan CO_2 ayrılabilir ya da onun NH_2– grubunu "OKZALİK ASİDE" taşıyabilir. Bütün bunlar tepkimeye katılmış olan enzim çeşidine göre değişebilir *(Şekil 78.1).* İki şekerli maltoz, maltaz enzimi ile en kısa zamanda iki molekül glikoza parçalanır. Aynı şekilde iki glikoz molekülünden oluşan selüloz ise yıkılmaz, zira moleküller birbirlerine başka şekilde bağlıdır.

Enzimlerin bu özelleşmesi nasıl açıklanır? Enzimin protein zinciri öyle üç boyutlu kodlanmıştır ki, katalitik etkili gruplar enzimin aktif merkezine girer. Aktif

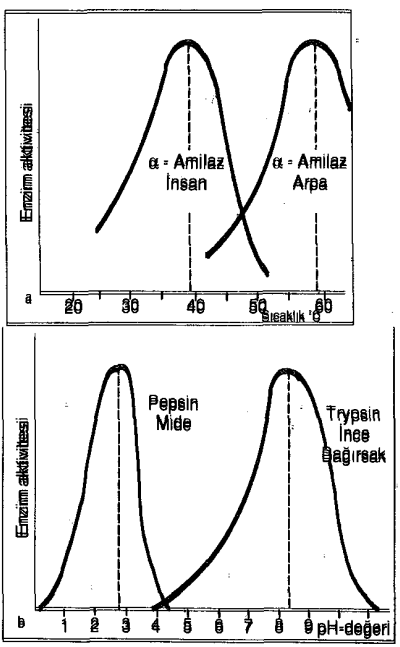


Şekil 78.1: Enzimin etki spesifikasyonu (Linder'den).

merkezde üç bağlantı noktası alınırsa substrak molekülü yanlız bir yöne gider. Bu şekilde değişim için belli substrak molekülü seçilmeli izomerler; yani mekansal olarak farklı olmayan maddeler bile ayrılır. Böylece bir enzimle, bir aminoasit dekarboksile (CO_2'nin parçalanması) edilir. Başka bir enzim, aynı aminoasidi deamine (amino gbrunu parçalama) eder. Enzimler sadece bağları parçalamakla kalmaz, aynı zamanda glikozdan nişasta yapılmasından olduğu gibi de bağları da birbirine bağlar.

2.1.2. Bir Reaksiyonun (=Tepkime) Oluşma Koşulları

Yumurta akı pişirilir ya da kuvvetli bir asitle muamele edilirse, hemen topaklaşır. Aynı şekilde enzim molekülleri de sıcaklık pH değeri değişmelerine karşı duyarlıdır (*Şekil 79.1.*). Sıcaklığın artmasına bağlı olarak bütün kimyasal tepkimelerde olduğu gibi enzimi katalizliyen olaylarda da tepkime hızı artırılır. Bu hız, enzim proteinin sıcaklığa duyarlılığı ile sınırlıdır. Enzimler, bu iki etmen nedeni ile bir sıcaklık obdimumu (=en uygun sıcaklık gösterir). Örneğin sıcak kaplıcalarda yaşıyan bakteri enzimlerinde bu sıcaklık 80^0C üzerindedir. Enzimlerin sıcaklık optimumu memeli hayvanlarda ve kuşlarda vücut sıcaklığı düzeyindedir (vücut sıcaklığı 36.5-37 ^{0}C; kuşlarda 41-43 ^{0}C'dir). Enzimatik tepkimelerde etkili olan bir başka etmende pH değeridir. İnsanın sindirim organında farklı pH değeri görülür: Nişastayı parçalayan alfa-amilaz enziminin etkili olduğu ağızda pH değeri 7'dir. pH değeri midede 1.5 olabilir. Orada da işlevsel enzimler bulunur. Örneğin proteini parçalayan pepsin gibi. İnce bağırsakda bazik bir pH değeri olan 8 hakimdir. Burada proteini parçalayan tiripsin görev yapar. Adı geçen bu enzimler belirtilen pH değerlerinde en yüksek etkiye sahiptir. *Yani bütün enzimler böyle bir pH değeri gösterir.* Bağırsaktaki bazı sindirim bozukluklarında sindirim enzimi preparatları ağız yoluyla alınır. Protein yapısındaki bu enzim preparatlarının midedeki pepsin tarafından yıkılmamaları gerekir. Bu nedenle tedavi için verilen enzim preperatları mide öz suyunun etkili olmadığı kapsüllere konulur. Böylece bu preparatların tedavisi gereken bağırsağın bazik ortamında çözülmeleri sağlanır. Enzimlerin çoğu substratın (=maddenin) ismine - ase (=az)eki getirilerek adlandırılır (Örneğin nişasta yani amilumdan amilaz; maltuzu katalizliyen maltaz gibi). Bütün enzimlerin doğru bir şekilde sınıflandırılması gerekir. Bunun için altı sınıf vardır. Bunlar Uluslararası Enzim Komisyonu tarafından belirlenir. Örneğin alfa-amilaz şu şekilde açıklanır: Alfa (1⇒4)-Glucan 4- glucano-hidrolaz, 3 nolu ana sınıf olan hidrolazlardandır. En önemli enzim gruplarında bazıları Tablo 79.1'de görülmektedir. Aynı enzim tepkimesini katalizliyen, ancak farklı moleküler yapıya sahip olan enzimlere İZOENZİM denir. İzoenzimler uygun ayrım yöntemleri, örneğin elektroforezle izole edilebilir. En iyi bilinen izoenzim örneği laktatdehidrogenaz'dır.



Şekil 79.1: Enzim aktivitesinin a) sıcaklığa ve b) pH değerine bağımlılığı (Biologie h'den)

Tablo 79.1 Enzimlerin gruplandırılması

1- Oksidoredüktazlar: Redoks tepkimeli katalizleyenler, örnek; Dehidrogenaz'lar.

2- Transferaz'lar: İşlevsel grupların taşınımını katalizliyenler. x-y+z x+y-z, Örn: Transaminaz'lar.

3- Hidrolaz'lar: C-C, C-O, C-N gibi bağların hidrolizini katalizliyenler, Örnek; Fosfataz'lar.

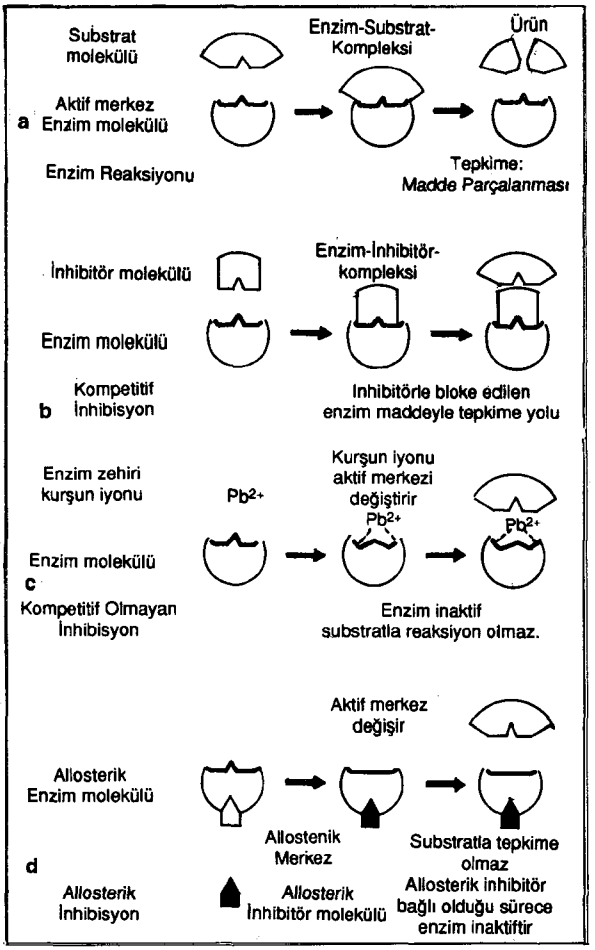
4- Liyaz'lar: C-C, C-C veya C-N bağlarının, bir çift bağın oluşumunda eleminas-yonu ile hidrolitik olmıyan parçalanmayı katalizliyenler, Örnek; Aldolaz'lar.

5- İzomeraz'lar: Bir molekülün geometrik veya mekansal konfigürasyonunun değişimini katalizliyenler.

6- ATP gibi enerji zengin bir maddenin aynı andaki hidrolizinde iki molekülün bağlanmasını katalizliyenler, Örnek; Glutamin -Sintetaz.

2.1.3. Enzim İnhibisyonu

Hücre metabolizmasında rastlanan kehribar asidinden, dehidrogenaz etkisi ile iki hidrojen atomu ayrılabilir. Bunun sonucunda böylece ***Fumarik asit*** oluşur. İfade edilen bu reaksiyon, kimyasal olarak benzer bir molekülle, yani ***malon asidi*** ile bloke(=inhibe) edilebilir. Malon asidi de hiç değişmeden, enzimin aktif merkezine oturur. Bu durumda **"malon asidi"** bu reaksiyon için bloke veya inhibe edici yani inhibitör olarak etki yapar. Substrat veya inhibitörün enzimi işgal edip etmediği, onun yoğunluğuna bağlıdır. İnhibitörün yoğunluğu ne kadar yüksek ise, o kadar fazla miktarda enzim molekülü bloke edilir. Yani gerek substrat ve gerekse inhibitör aktif merkeze yerleşmek için birbirleri ile rekabet eder. Enzim blokesinin bu şekline **"kompetitif bloke (=inhibisyon)"** denir *(Şekil 80.1-b)*. Bu bloke substrat yoğunluğunun artırılması ile eski duruma getirilir (=reversibl, yani dönüşümlüdür).



Şekil 80.1: Enzimatik bir tepkime modeli (a) ve bunun inhibe edilme olasılıkları (b, c ve d) (Linder'den).

Substrat molekülleri ile hiçbir benzerliği olmayan moleküllerin, bloke ettiği enzimler de vardır. Bu tip enzimlerin aktif merkezleri yanında ikinci bir bağ merkezi taşıdıkları belirlenmiştir. Eğer buraya bir madde (=substrat) bağlanırsa, bu enzimin mekansal yapısını etkileyerek onun katalitik aktivitesine tesir eder. Bloke edici madde (=inhibitör)nin enzimin aktif merkezini değil de, bu ikinci bağlanma yerini işgal ettiği enzim inhibisyonları da vardır. Bunlara "Kompetitif olmayan (=nonkompetitif) bloke(=inhibisyon) denir *(Şekil 80.1-c)*. Bu mekanizma metabolik olayların düzenlenmesi için çok uygundur. Bunun için ***son ürün inhibisyonu*** çok iyi bir örnektir. Bir reaksiyon zincirinin son ürünü, inhibitör olarak zincirin başına, metabolik basamağa etki yapar ve böylece daha az miktarda

son ürün oluşur. Bu şekildeki bir olaya ***negatif geriye dönüşüm*** denir. Örneğin fosfofruktokinaz enzimi, fruktoz-6-fosfatı, fruktoz 1,6 bisfosfata dönüştürür. Glikoz metabolizmasında sonradan görülen sitrik asit, enzimi inhibe eder ve böylece glikozun miktarını azaltır.

Enzim reaksiyonunda çeşitli aminoasitlerin çok sayıdaki yan zinciri, aktif merkezde substrata etki yapar. Aktivasyon enerjisi azaltılır ve tepkime olaylanır. Çok sayıda aminoasidi yan zincirinin aynı anda devreye girmesi enzim etkinliği için tipiktir. Bu nedenle burada "ÇOK İŞLEVLİ KATALİZ"den söz edilir. Hücrenin çok sayıdaki enzimlerinden bazıları düzenlenebilir, çünkü onlar katalizör olarak etkime yeteneklerini belli bir maddeyi bağlayarak değiştirirler. Böylece substrat yoğunluğunun aynı kalması halinde, tepkime hızı değişir. Etkili maddeye "EFEKTÖR" denir. Bu, metabolik olaylarda oluşan maddedir. Eğer tepkime hızı efektör moleküllerinin bağlanması ile düşerse "İNHİBİSYON"dan, artarsa "AKTİVASYON"dan söz edilir. Efektörler substrata göre çok farklı olabilir. Aktif merkezde değil de, özel bir bağlantı noktasında bağlanabilirler. Bu bağlantı noktasına "ALLOSTERİK MERKEZ (=başka yapılı)", bütün bu görünüme de "ALLOSTERİ" denir *(Şekil 80.1-d).*

Yüksek sıcaklık ve asit enzimin doğal yapısını bozarak denatürosyonuna neden olur. Böylece protein molekülünün yapısı bozulur. Bir insektisit (=böcek öldürücü) olan E 605 (=eldirin) gibi zehirler de kuvvetli enzim bloke (=inhibe) edicisi olarak etki yapar. İnsan bağırsağındaki bazı solucanlar da salgılaldıkları inhibe edici maddeler ile protein yıkan enzimleri bloke ederek sindirilmelerini engeller. Genellikle bu şekildeki enzim inhibisyonları geri dönüşümsüzdür (=irreversibl).

2.2. KOENZİMLER

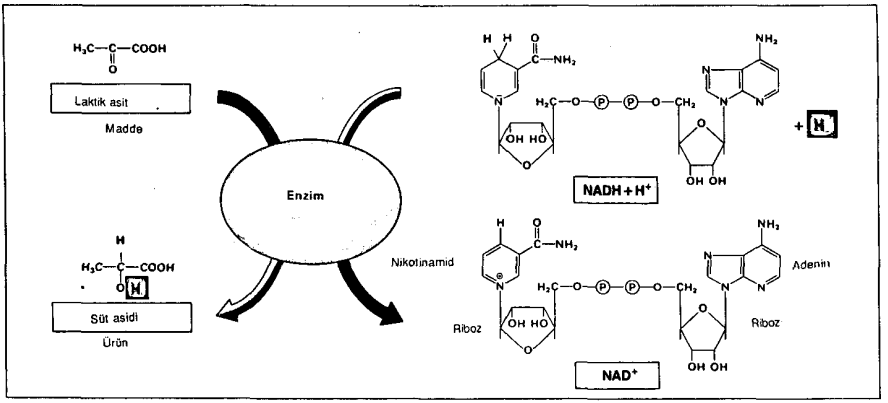
Bazı enzimler enzimatik aktiviteleri için, ilaveten KOFAKTÖR'lere gereksinim duyarlar. Metal iyonları veya organik moleküller (=Koenzimler) kofaktör olarak görev yapar. Kofaktörler enzim proteinleri ile beraber olunca HOLOENZİM adını alır, enzimin sadece protein kısmına ise APOENZİM denir. Kofaktörler, birçok durumda enzimden ayrılır; bunlar enzim proteininin aksine termostabil; yani sıcaklıkla değişimyen, ve düşük molekül ağırlığına sahiptir.

Birçok koenzim, flavin veya nikotinamid gibi insanın bizzat sentezliyemediği ve vitamin olarak almak zorunda olduğu aktif molekül bileşenlerini içerir *(Tablo 79.1)* Eğer koenzimler enzim proteinin içine çok sıkı olarak bağlanırsa, PROTETİK GRUPLAR adını alırlar. Bunlara katalizatör demek mümkün değildir. Çünkü bunlar kimyasal tepkimeden değişmeden çıkamaz. Ancak daha sonraki tepkimelerde koenzim tekrar yenilenir (=rejenere edilir).

Kafaktörler elektron, hidrojen atomlarının veya fonksiyonel grupların taşıyıcısı olarak görev yapar. *Tablo 81.1*'de koenzim ve onların işlevleri ile ilgili örnekler verilmektedir. Koenzimler doğrudan doğruya tepkimeye katıldıklarından ve kimyasal olarak değiştirildiklerinden bunlara **kosubstrat** da denir. Vücut ve koenzimlerin çoğunu bizzat üretemez. Bu nedenle bunları besinle alır. Örneğin B1 vitamini (=tiamin) karbonhidraz yıkımının koenzimlerinin bir kısmını oluşturur. Bunun eksikliği BERİ BERİ hastalığına neden olur. Koenzimler çeşitli madde sınıflarına ait olduklarından, görevleri bakımından ayırt edilir. Buna göre hidrojen veya enerji taşıyan koenzimler vardır *(Tablo 81.1.)*

Tablo 81-1. Koenzim ve onların işlevleri için bazı örnekler

Koenzimler	Taşıdıkları Maddeler	Vitaminler /İnsan
A) Hidrojen ve Elektron Taşıyan Koenzimler:		
NAD (Nikotinamid- adenin-dinukleotid)	Hidrojen	Nikotin Asidi
NADP (Nikotinamid- adenin-dinukleotid fosfat)	Hidrojen	Nikotin Asidi
FMN (Flavinmononukleotid)	Hidrojen	Riboflavin, B2
FAD (Flavin-adenin-dinukleotid)	Hidrojen	Riboflavin, B2
Grup Taşıyıcı Koenzimler:		
NAD	ADP-Ribozil Kalıntısı	Nikotin Asidi
ATP (Adenozintrifosfat)	Fosfarik Asit, AMP Kalıntısı	-
CDP (Sitidindifosfat)	Fosforilholin	-
UDP (Uridindifosfat)	Şeker, Uron Asidi	-
Pridoksalfosfat	Amino Grupları	Pridoksin, B6
S-Adonazilmetionin	Metil Grubu	-
Biotin	Karboksil Grubu	Biotin
Coenzim A, CoA	Asetil Grupları	Pentoten Asidi
Tiaminpirofosfat	C2-Aldehid Grubu	Tiamin B1
Kobalamin	Metil Grupları	B12



Şekil 82.1: NADH + H^+ kanalı ile H^+ taşınımı (Biologie h.'den).

2.2.1. Hidrojen Taşınımı

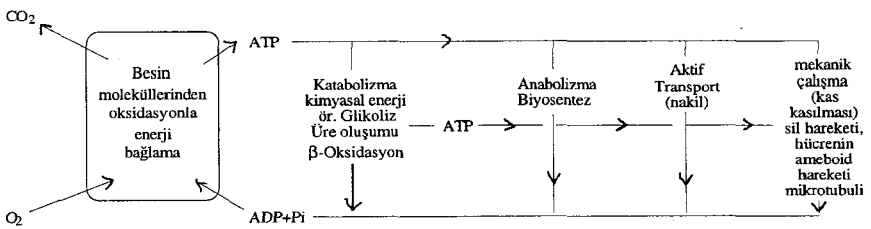
Kas hücrelerinde yorgunluk halinde laktik asitten süt asidi oluşur. Bu arada bir hidrojen taşınımı meydana gelir. Böylece laktik asit süt asidine indirgenir *(Şekil 82.1)*. Bu reaksiyon için gerekli hidrojen "NİKOTİNAMİD-ADENİN-DİNÜKLEOTİD" (NAD^+) adlı koenzimlerden elde edilir. Bu okside olmuş koenzim, sadece metabolik olaylarda tekrar NADH+H^+'e indirgenir. Bir hidrojen molekülünün her iki hidrojen atomundan birisi "HidridİYonu (H^-)" şeklinde, substratdan NAD^+'ye taşınır. Diğeri ise H^+ iyonudur.

Hidrojen taşıyan NAD^+ koenzimi, hidrojeni gevşekçe bağlama ve gerektiğinde geri verme özelliğindedir. Hücre metabolizmasında NAD^+ ile birlikte başka koenzimler de bulunur. Bunlar da tersinir olarak H_2'i bağlayabilirler. Kimyasal bakımdan NAD^+'ye benzeyen $NADP^+$, adenozinin ribozunda, ilaveten bir fosfat grubu taşır.

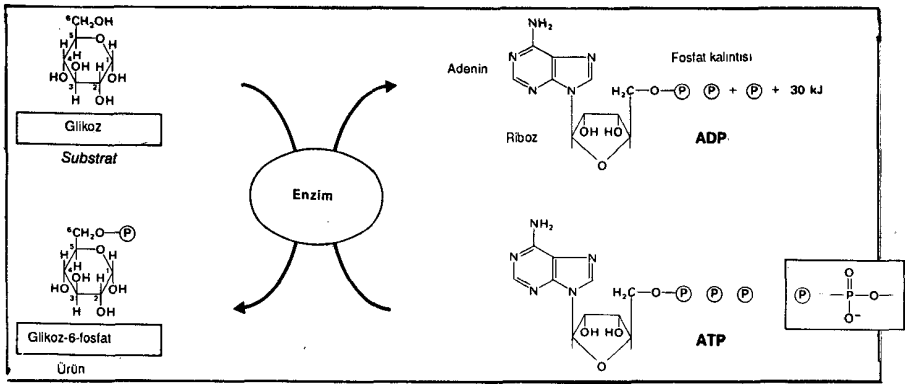
Hücre metabolizmasında rol oynayan başka bir koenzim de "FLAVİN-ADENİN-DİNUKLEOTİD" (FAD)'dir. Bu moleküle de tersinir (=dönüşümlü) olarak H_2 bağlanır ve $FADH_2$ oluşur. $FADH_2$ de çok iyi bir H_2 taşıyıcısıdır.

2.2.2. Enerji Nakli

Enerji olarak ATP'yi kullanan metabolik olaylar *Şekil 82.2*'de görülmektedir.



Şekil 82.2: Sentez çevrimi ve ATP kullanılan metabolik olayların şeması. Glikoz tepkimelerde kullanılandan daha fazla ATP üretir; yani mitokondrideki sentez yanında ikinci enerji kaynağıdır. ATP'nin ADP'den kas hücrelerinde kreatinfosfat yardımı ile yenilenmesi dikkate alınmamıştır (Koecke'den)



Şekil 83.1: ATP kanalı ile enerji taşınımı (Biologie h.'den).

Bütün canlı olaylar için hücrenin enerjiye gereksinimi vardır. Madde yapımı için kimyasal enerjiye, vücut sıcaklığını korumak için de sıcaklığa ihtiyaç duyulur. Glikoz yıkımının ekzergonik tepkimesi ile endergonik reaksiyonlar için enerji kazanılır. Kas hücreleri mekanik, sinir hücreleri elektrikî enerji üretir. Bunların çalışmasında da enerji kullanılır. Hücre için enerji nakli ve depolama sorunu vardır. Zira hücredeki tepkimeler her zaman glikozun yıkıldığı yerde olmaz.

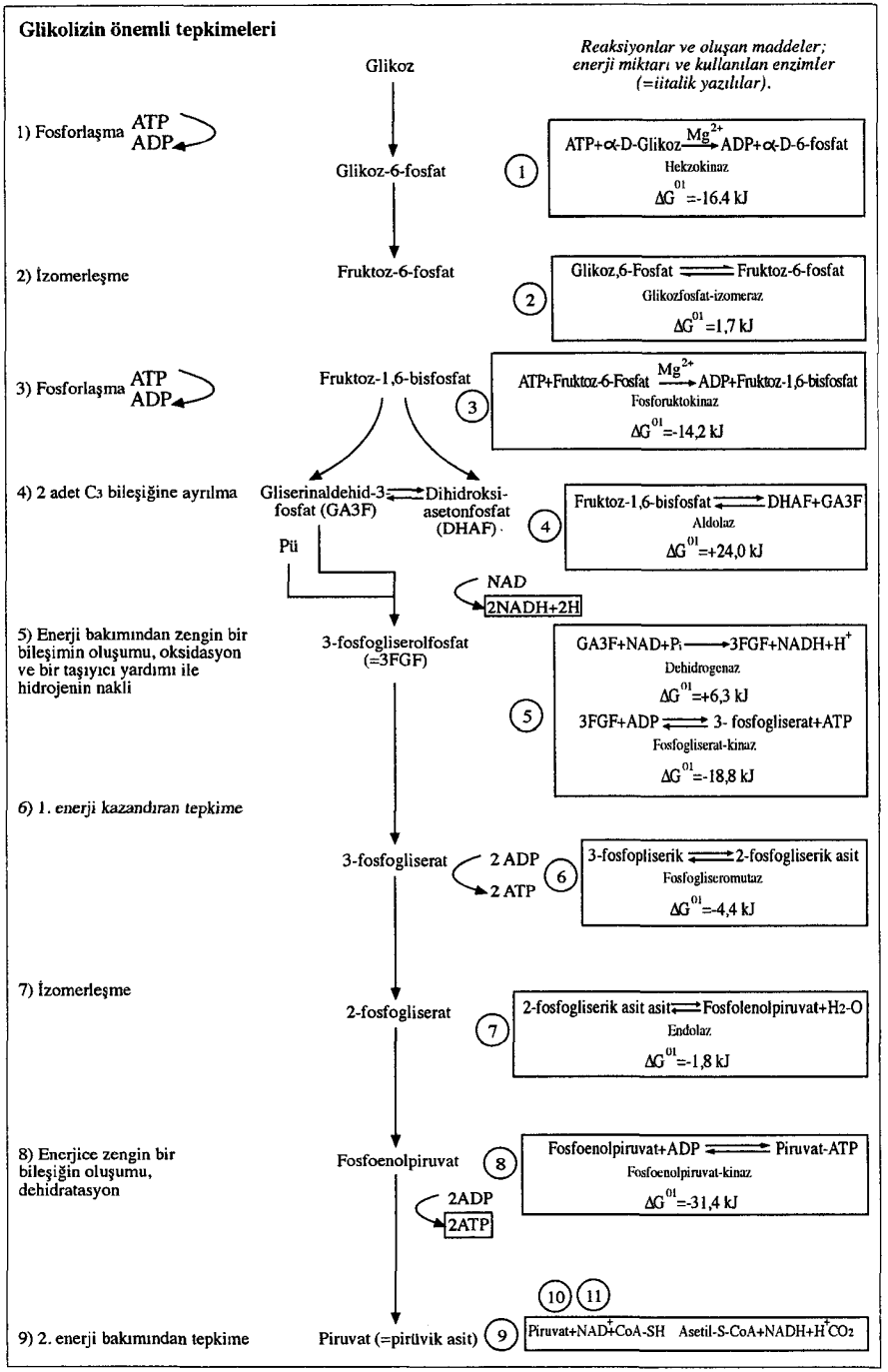
Enerjiyi hücrede taşıma ve tesbit etme yolu, kimyasal bağların biraraya gelmesinden geçer. Bunun için kullanılan enerji, bağların ayrılması ile serbest bırakılır. Bütün canlı hücrelerinde "ADENOZİNTRİFOSFAT=ATP" enerjinin nakil ve depolanmasına hizmet eder *(Şekil 83.1)*. Molekülün 3 fosfat grubu vardır. ATP'nin sahip olduğu enerji, üç fosfat ünitesinin iki kimyasal bağında bulunur. Bu, bağların hidrolitik parçalanması ile serbestleşir. Enerjice zengin olan bu bağ (~) işareti ile gösterilir. Adenozintrifosfattan bir fosfat P kalıntı ayrılarak "ADENOZİN-DİFOSFAT= ADP" oluşur.

Her mol için açığa çıkan 30 kJ enerji tepkimelerde kullanılır. Yani ATP-sentezi endergonik (=enerji gerektiren), ATP'nin hidrolizi ise ekzergonik (=sistemden enerji çıkaran) bir olaydır. Ekzergonik tepkimede açığa çıkan enerjinin, sadece belli bir kısmı, örneğin madde yapımı ve kas çalışmasında, kullanılır. Geri kalan diğer bölümü ise sıcaklık olarak dışarıya salınır. Vücuttaki bütün hücrelerde ATP bulunur. Hücredeki yoğunluğu 0,5-2,5 mg/ml/doku kadardır. İnsan vücudu her zaman sadece 35 gr ATP içerdiğinden, ATP-molekülleri günde, yaklaşık 2400 defa ADP'den yapılır ve tekrar ADP'ye yıkılır. ATP'nin dönüşüm yüzdesi çok yüksektir.

İnsan vücudunda ATP'nin günlük değişimi çok büyüktür. Günde 85 kg ATP oluştuğu ve tekrar yıkıldığı tahmin edilir.

2.3. GLİKOLİZ

Glikoz doğada çok *yaygın* olan *bir monosakkariddir.* Hücreler glikozu özel bir yolla yıkar. Bitki ve hayvanlar, burada açığa çıkan enerjiyi, yaşamsal işlevlerini devam ettirebilmek için kullanır. Glikoz *yıkımının ilk bölümüne "GLİKOLİZ"* yani "ŞEKER PARÇALANMASI" denir *(Şekil 84.1).*



Şekil 84.1: Glikoliz'deki reaksiyon (=tepkime) basamakları ve olaylanması (Değiştirilerek Rheinhard'dan); rakamların izahı metindedir.

Glikoliz sitoplazmada olaylanır. Glikoz, tepkime zincirinde iki molekül "PİRUVİK ASİDE" ayırılır. 6-C-atomundan oluşan glikoz iki C_3 molekülüne ayrılır (Şekil 84.1). Şeker parçalanması glikoz molekülünün aktivasyonu ile başlar. Burada ATP kullanılarak Glikoz-6-fosfat oluşur. Tepkimenin seyri aşağıdaki gibidir: (1) Bu tepkime endergoniktir. Glikoz-6-fosfat, glikoza göre enerjice daha zengindir. Bu nedenle de tepkimeye daha hazırdır. Böylece glikoz aktive edilir. Glikoz-6-fosfat hekzokinaz enzimi ile katalizlenir ve bütün fosforilize olan maddeler gibi, hücreyi terk etmez; zira membran bu maddeyi geçirmez. Bu maddeler hücrenin tepkime bölgesinde kalır. Glikoz-6-fosfat daha sonra fosfo-glikoizomeraz enzimi ile fruktoz-6-fosfata değişir. (2) Bu da bir molekül ATP kullanılarak, fosfofruktokinaz enzimi ile tekrar fosforilize olur ve fruktoz-1, 6-bisfosfat (3) meydana gelir. Bu da daha sonra iki C3 molekülüne ayrılır. Bunlar (4) "Gliserin aldehit-3-fosfat" ve (5) "dihidroksiaseton-fosfat"dır. Bu iki molekül birbirleri ile izomer olup, kimyasal bir denge içindedir. Gliserin aldehid, glikolizin sonraki basamağında "Gliserin asidi"ne okside olur. Bu oksidasyonda korboksil grubu da fosforilize olur ve "Difosfogliserikasit" (6) meydana gelir. Aldehidin aside oksidasyonu glikolizin enerji açığa çıkaran basamağıdır. Fosfat grubu anorganik fosfattan kökenlenir. Difosfogliserikasit başta üç fosfogliserik asit (7), sonra iki fosfogliserikasit (8) ve daha sonra da fosfofenolpirüvikasit (9) üzerinden "PİRÜVİKASİDE" (10) dönüşür.

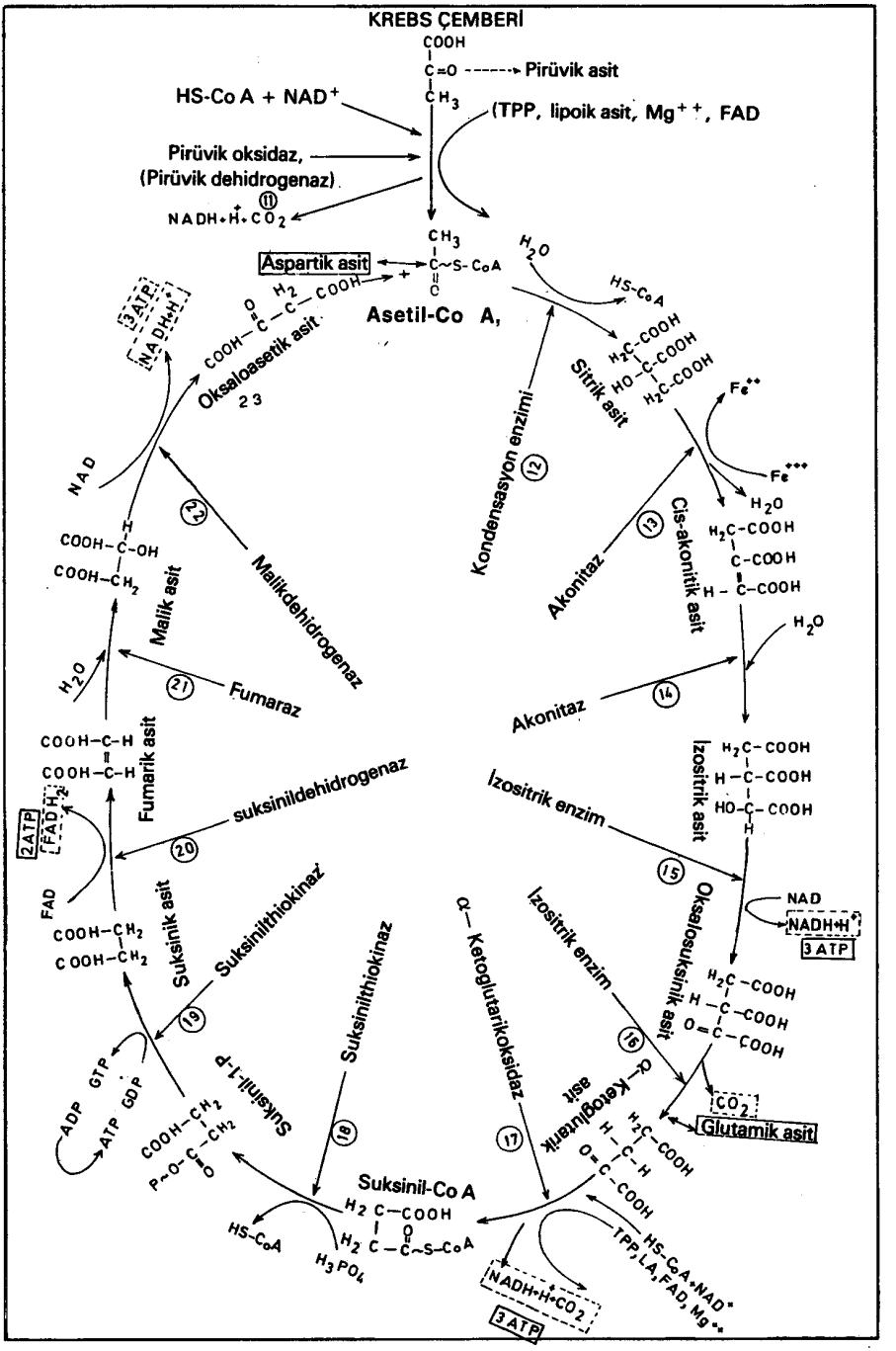
Glikoliz sonucunda, her glikoz molekülüne karşılık 2 mol ATP, net kazanç olarak ortaya çıkar. Bundan başka, sonraki tepkimelerde kullanıma hazır, iki mol indirgenmiş $NADH+H^+$ koenzimi oluşur.

Glikozun yeniden yapımın (=Glikoneogenez) da, örneğin karaciğerde "GLİKOJEN"in oluşumu, glikolizin dönüşürlüğü ile olmaz; yani "Glikoz-6-fosfat"ın "Glikoz-1,6-bisfosfat"dan oluşumu için, özel bir enzim gerekir. Bu enzime "HEKZOKİNAZ" enzimi adı verilir.

2.4. SİTRİKASİT ÇEVRİMİ (=KREBS SİKLUSU)

Glikoliz sonucunda, glikoz iki mol prüvik aside indirgenir. Bu sırada her mol glikoz için iki molekül ATP meydana getirilir. Üç karbon atomlu pirüvik asitten bir molekül CO_2 ayrılır (11). Serbestleşen hidrojen indirgeme eşdeğeri şeklinde kazanılır ($NADH+H$ ve $FADH_2$). Bunlar daha sonra enerji kazanımı için solunum zincirine geçer. Ayrıca asetatın oksidasyonunda 1mol Nukleotid üç fosfat GTP olarak oluşturulur. Geriye kalan sirke asidi taslağı bir koenzimle bağlanır. Buna "KOENZİM-A" denir. Böylece sirke asidi tepkiyebilir bir duruma getirilir. Koenzim-A enerjice zengin ve aktive edilmiş sirke asidini, yani "ASETİL KOENZİM-A"yı oluşturur (*Şekil 86.1-11*`). Sonraki basamakta sitrik asit Asonitaz enzimi ile izositrik aside izomerize olur.

Asetil koenzim-A, tüm metabolik olayda merkezi bir birleşik konumundadır. Çevrimin sonraki aşamasında ise "SİTRİKASİT ÇEVRİMİ"ne bağlanır ve C_6-bağlı bir "SİTRİKASİT" oluşur (12). Bundan çok basamaklı bir çevrimde $2CO_2$ açığa çokar. Sonuçta tekrar okzoloasetik asit elde edilir. Yani Asetil-Ko A akseptörü, sitrikasit çevriminde yenilenir ve çevrim tekrar başlar. Bu aşamalar kısaca şöyledir: Önce "CİSAKONİTİK ASİT" (13), C6-bağlı "İZOSİTRİK ASİT" (14) ve "OKZALOSUKSİNİK ASİT" (15); C_5-bağlı "ALFA-KETOGLUTARİK ASİT"e (16); C_4-bağlı "SUKSİNİK ASİT" (17-20), o da C_4-bağlı "FUMARİK ASİT"e (21), o da tekrar C_4-bağlı "MALİK ASİT"e (22), daha sonra da C_4-bağlı "OKZALOASETİK ASİT"e (23) dönüştürülür.



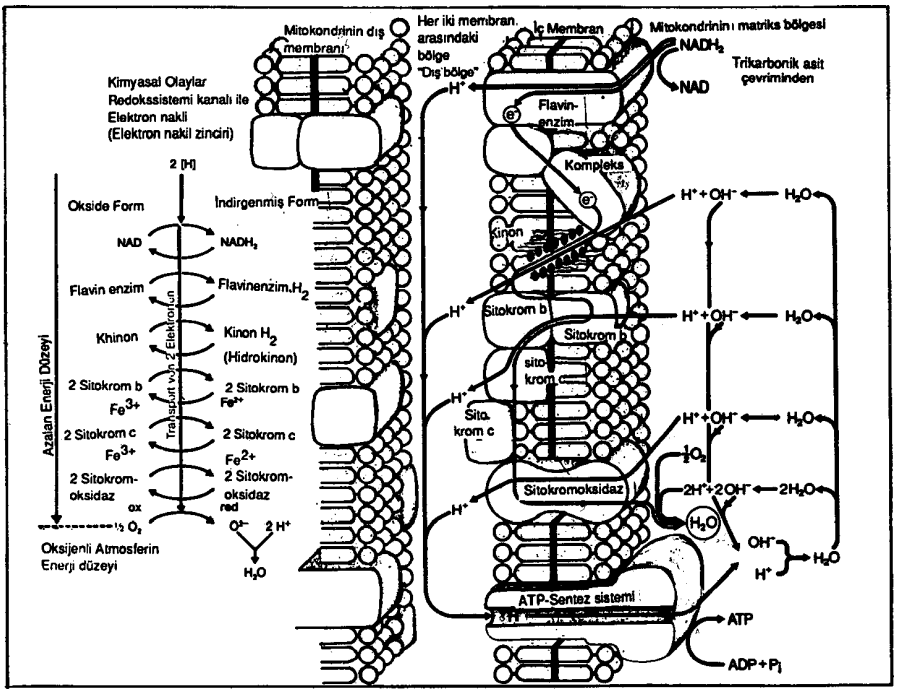
Şekil 86.1: Sitrikasit çevrimi (=Krebs çemberi).

Çevrim sonucunda 2 mol CO_2'le birlikte, 3 mol $NADH+H^+$ ve bir mol $NADH_2$ meydana gelir. Hidrojenin tamamı H_2-taşıyıcı koenzimle bağlanarak saklanır.

2.5. SOLUNUM ZİNCİRİ

Glikoliz ve sitrikasit çevriminde bir mol glikozun yıkımından 2 mol ATP ve bir mol GTP (=Guanozin trifosfat) açığa çıkar. Bunun yanında koenzime bağlı hidrojen "$NADH + H^+$ ve $FADH_2$" olarak oluşur. Bunlar enerjice zengin moleküllerdir; zira bunlar enerjinin serbestleşmesi sırasında, kolayca oksijene taşınabilir elektron çifti taşırlar. Bu tepkime çok büyük bir enerjinin açığa çıktığı patlayıcı bir reaksiyondur. Aynı şekilde bu gaz reaksiyonunda hidrojen elektronları oksijene taşınır.

Madde değişiminde $NADH + H^+$ ve $FADH_2$ elektronları oksijene geçer. Bu elektron taşınımı mitokondrinin iç membranında olur. Bu, örneğin içinde sitokrom enzimlerinin arka arkaya bulunduğu gibi, çok sayıda elektron taşıyan moleküllü bir elektron zinciri üzerinden adım adım gerçekleşir. Enerji böylece aniden değil porsiyon porsiyon, yani yavaş yavaş açığa çıkar. Bu şekilde elde edilen enerji ATP'nin fosforilasyonunda kullanılabilir. Bu nedenle solunum zinciri tepkimelerine "OKSİDATİF FOSFORİLASYON veya SOLUNUM ZİNCİRİ FOSFORİLASYONU" denir *(Şekil 87.1)*.



Şekil 87.1: Mitokondrinin iç membranında solunum zinciri ve ATP oluşumu. Solda kimyasal olay görülmektedir. ATP oluşumu için membrandaki enzim sistemleri onları sınırlayan tepkime alanları ile birlikte etkili olmalıdır (Linder'den).

2.5.1. ATP'nin Oluşum Mekanizması

ATP, basit ve hücrede sıkça kullanılan yolla oluşturulur. Buna göre ATP oluşum mekanizması, elektrokimyasal proton derecelerinin yapımı ile başlar. Proton nakli için aktive edici güç, mitokondri iç membranı ile ve de içten-dışa doğru elektron naklinin solunum zinciri koenzimleri tarafından adım adım ilerlemesi ile sağlanır. Protonlar suyun disosiyasyonu ($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$) nedeniyle, mitokondri matriksinde *(Şekil 87.1)* her zaman bulunur. Elektron nakil zincirinde üç noktada proton pompasının varlığı deneysel olarak tesbit edilmiştir *(Şekil 87.1)*. Bunlar elektron akışı sırasında iç mitokondri membranı sayesinde proteinleri taşır. Gerçekten de bu membranda 1,4 birimlik pH farkı vardır. Bu pH değeri iç kısımda dışdakine göre daha yüksektir. "ATP-SENTEZİ" bu protonların dıştan içe doğru geriye akışı sırasında; yani bu proton gradienti tekrar yıkıldığında, olaylanır.

ATP sentezi, çok sayıda protein yapı taşından oluşan ve bir kanala sahip enzimde olaylanır. Bu sentezin gerçekleştiği yerin, küçük küremsi ve iç mitokondri membranının matriks tarafındaki bir yapı olduğu, elektron optiki olarak kanıtlanmıştır. Geriye akan iki proton, bir ATP molekülünün sentezi için enerji iletir. Proton gradientinin yapımı üzerinden ATP-oluşumu ve kimyasal ozmotik yoğunluk farkının dengelenmesi sonucu enerji kazanımı, daha birçok deneyle incelenmelidir. Bu konuda üzerinde en çok durulan "KEMO OZMOTİK" varsayım, büyük oranda kabul görür.

Elektriki alan ve pH farkından dolayı içerilen enerji, ATP oluşumu için kullanılır. Enerjinin bu şekildeki eldesi, dağın tepesinden aşağıya inen ve bir elektrik türbününü çalıştıran enerji ile karşılaştırılabilir. ATP, H^+ iyonlarının matriksde dolaştığı sürece oluşur. Bunun için esas olan koşul ise elektron nakli ile sürekli H^+ iyonlarının tekrar dışarıya taşınımı ve bu yüzden elektriki ve pH düşüşünün korunmasıdır. ATP'nin fotosentezde oluşumu, aynı kurama göre gerçekleşir. Bu yöntem ters yönde de kullanılır. Elektrik enerjisi ile türbünü pompa gibi işletip suyu tekrar yukarıya pompalamada olduğu gibi, ATP'nin parçalanması ile çeşitli iyonların (H^+–, K^+– ve Na^+– iyonları) bir membrandan geçip yoğunluk düşüşü yolu ile nakledilmesi mümkündür. Burada "AKTİF İYON NAKLİ" söz konusudur.

2.6. KARBONHİDRAT YIKIMINDA ENERJİ KAZANCI

Glikozun aerob (=oksijenli ortamda) yıkımı "GLİKOLİZ, SİTRİKASİT ÇEVRİMİ VE SOLUNUM ZİNCİRİ" gibi metabolik olaylar sayesinde olur. Glikoz tam olarak CO_2 ve H_2O'ya yıkılır. Bu olayların en önemli yanı ATP kazanımıdır. ATP, enerjiye gereksinim duyulan olaylarda, örneğin kas çalışması ve sinirsel işlevlerde tekrar kullanılır *(Tablo 89.1)*.

Tablo 89.1 : Glikozun oksijensiz ve oksijenli ortamda yıkımından bağlı ve bağlı olmayan durumlarda; yani ATP oluşturarak ve oluşturmayarak, elde edilen enerji miktarı

Enerji Miktarı		(kJ.mol^{-1})	ATP Kazanım [(mol ATP.Mol Glikoz)$^{-1}$]	Kullanılan Enerjiden Depolanan Kısmın %
Alkol Mayalanması :				
ATP oluşturmadan :	Glikoz-->2 Etanol+2Co_2	235	0	0
ATP oluşturarak :	Glikoz+2ADP+2Pi-->2 Etanol+2CO_2+2ATP	156	2	34
Sütasidi Mayalanması:				
ATP oluşturmadan :	Glikoz-->2 Laktat	199	0	0
ATP oluşturarak :	Glikoz+2ADP+2Pi-->2 Laktat+2ATP	120	2	40
Oksijenli Ortamda Glikoz Yıkımı :				
ATP oluşturmadan :	Glikoz+6O_2-->6H_2O+6CO_2	2872	0	0
	Glikoz-->2 Piruvat+2$NADH_2$	149	0	0
	2$NADH_2$+O_2-->2NAD+2H_2O	440	0	0
	2 Piruvat+5O_2-->6CO_2+6H_2O	2283	0	0
ATP oluşturarak				
1- Glikoliz :				
Glikoz+2ADP+2Pi+2NAD-->2Piruvat+2ATP+2$NADH_2$+2H_2O		70	2	53
2$NADH_2$+O_2+6ADP+6Pi-->2NAD+8H_2O+6 ATP		202	6	54
2- Piruvat Oksidasyonu :				
2 Piruvat+30ADP+30Pi+5O_2-->6CO_2+30 ATP+34H_2O		1091	30	52
Toplam: Glikoz+38ADP+38Pi+6O_2-->6CO_2+38ATP+44H_2O		1363	38	53

Tablonun incelenmesinden de alkol ve sütasidi mayalanmasında 1 mol Glikoz için 2'şer ATP üretildiği görülmekte iken, oksijenli ortamda 1 mol glikoz yıkımından 38 mol ATP oluşur. Elde edilen enerjinin yaklaşık yarıya yakın kısmı çevreye verilmektedir (% 47'si).

Glikozun enerji içeriği, tam yakma ile kalorimetrede saptanabilir. Bu her molekül (=180 gr) için 2 825 kJ'dur. Glikoz yıkımındaki metabolik olaylarda oluşan enerjinin hangi kısmının vücut tarafından kullanıldığı hesaplanabilir.

*Glikolizde 2 mol ATP*kazanılır. *Ayrıca* oluşan *2 mol NADH + H^+*solunum zincirinde *6 mol ATP* verir. Bu ilk yıkım yolu sonunda, her mol glikoz için 2 mol "PİRÜVİK ASİT" oluşur. 2 mol pirüvik asidin, 2 mol asetil koenzim-A'ya dönüşümü, *2 mol NADH + H^+*meydana getirir. Bu da *solunum zincirinde 6 mol ATP'lik bir kazançtır.*

Sitrikasit çevriminde *2 mol GTP* oluşur; bu da ATP olarak hesaplanır. *Ayrıca 6 mol NADH+H^+ da solunum zincirinde okside olarak, 18 mol ATP* oluşturur. *Aynı şekilde sitrikasit çevriminde oluşan 2 mol $FADH_2$, solunum zincirinde okside olarak 4 mol ATP oluşturduğundan* sitrikasit çevrimi toplam 22 mol ATP sevkeder. *Eğer glikoliz, sitrikasit çevrimi ve solunum zincirinde* meydana getirilen *ATP kazancı toplanırsa 38 mol ATP elde edilir.* Bir mol ATP yaklaşık 30 kJ enerji depoladığından, 38 mol ATP toplam 1 140 kJ enerji depolamış olur. Bu miktar, glikozun tam yanması ile elde edilecek 2 825 kJ enerjinin yaklaşık % 40'ı kadardır.

2.7. OKSİJEN KULLANILMAYAN VE ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÖREV YAPAN MAYALANMA

Hücre oksijen kullanmaksızın organik bileşikleri (ör. şeker) tam olarak yıkamaz. Bu durumda "MAYALANMA" söz konusudur. Aynı zamanda bu olay bir nevi disimilasyondur. Mayalanmada üretilen son ürün göreceli bir şekilde enerjice zengindir. Bu yüzden mayalanma ile enerji kazanımı sadece enerjice fakir CO_2 ve H_2O gibi maddelerin oluştuğu solunuma göre çok düşüktür.

Eğer maya mantarı seyreltik şeker çözeltisine konur ve kaba O_2 girişi engellenirse, bunun gelişimini sürdürüp çoğaldığı görülür. Şeker bu arada büyük çapta etanol ve CO_2'e dönüşür:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Bu olaya "alkolik mayalanma" denir. Yalnız mayalanma ile glikolizde hidrojen akseptörü olarak kullanılan NAD+ yenilenebilir. Burada ise her glikoz molekülü için 2 mol ATP kazanılır. Bu da 38 mol ATP'lik glikoz yıkımının sadece % 5'lik enerji kazancına denktir *(Tablo 89.1)*.

2.8. YAĞ YIKIMI (=Metabolizması)

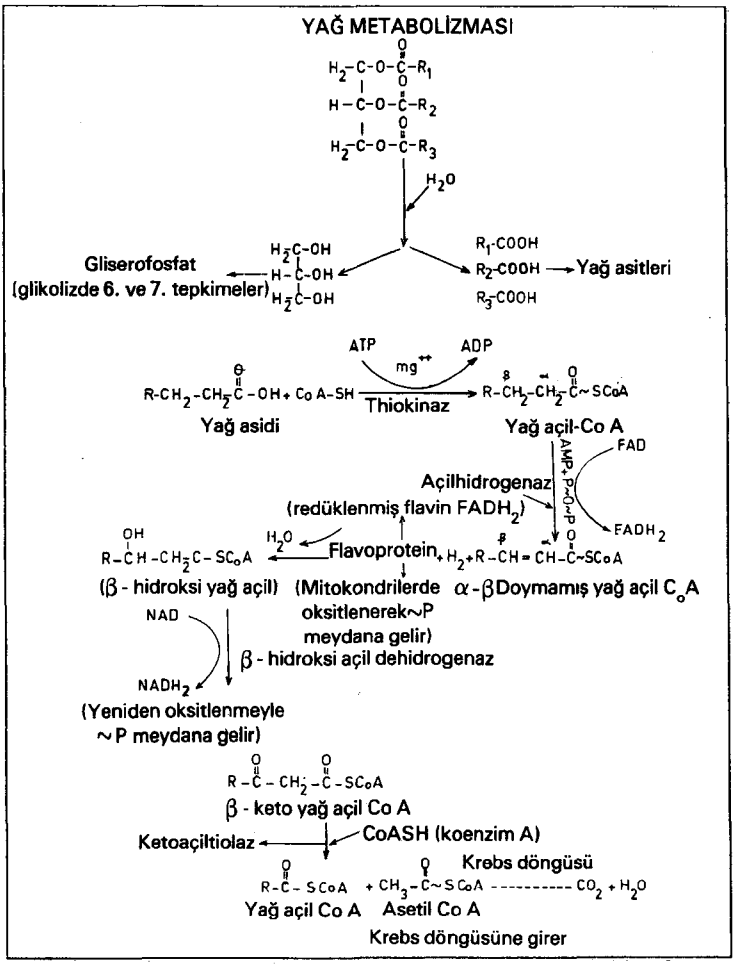
Yağlar fevkalade iyi enerji depolar. Bunlar yağ hücrelerinin sitoplazmasında, üç yağ asidi molekülünün bir gliserin molekülü ile esterleşmesiyle elde edilen "triaçilgliserid" şeklinde depolanır. Eğer 70 kg ağırlığındaki bir insanın 10 kg'lık yağ rezervi karbonhidrat olarak depo edilmek istense idi, o insanın 120 kg'dan daha ağır olması gerekirdi.

Nötr yağların katabolizmasında iki ana dönem ayrılır. Bunlardan ilki Yağ yıkımı, yağ moleküllerinin gliserin ve yağ asidine ayrılması ile başlar ve yağasitlerinin β-Oksidasyonu ile sürer. Gliserin molekülü "dihidroksiaseton fosfat" üzerinden gliserin aldehit-3-fosfata değişir ve böylece glikolizde tekrar işlenir. Daha çok palmitik veya stearik asit gibi, 16 veya 18 karbon atomlu uzun karbon zincirli, yağ asitleri çok basamaklı bir yıkım olayına girer. Buna "beta-oksidasyon" denir. Zira o yağ asidinin beta-C-atomundaki oksidasyon ya da yıkım basamağında önemli bir dehidrasyondur *(Şekil 91.1)*.

Eğer stearik asit örneğinde olduğu gibi, bir yağ asidinin yıkım yolu incelenirse, bunun stearik asidin 18 karbon atomunun, 9 asetil koenzim A-molekülüne kadar parçalandığı bir yıkım çevrimi olduğu anlaşılır.

Yağ asidi yıkımı ATP kullanılarak, molekülün aktivasyonu ile başlar. Burada yağ asidi molekülünün bir seferlik aktivasyonu için 1 mol ATP'ye ihtiyaç duyulur. Yağ asidi bu reaksiyonda koenzim A'ya bağlanır. İlk yıkım basamağı bir dehidrasyondur.

Hidrojen FAD tarafından alınarak $FADH_2$ olmuşur. Yağ asidi molekülünde böylece çiftbağ oluşturulur. Sonraki tepkime basamağında yeni ortaya çıkan çiftbağa su birikir. Onu izleyen dehidrasyonda da NADH + H^+ oluşur. Bu reaksiyonda görülen hidrojen NAD'ya birikir. Bu, çevrim olayının son tepkimesinde **"asetil koenzim A"** parçalanır. Böylece yağ asidi molekülü 2 karbon atomu kısalır. Çevrim kısalmış olan bu molekülle yeniden başlar.



Şekil 91.1: Yağ metabolizması

Yağ asidi yıkımı mitokondride olur. Her yağ asidi netice itibarı ile iki karbon atomlu münferit moleküle, yani asetil koenzim A'ya parçalanır. **Bu asetil koenzim A sitrik asit çevrimine girer ve yıkılır.** Burada da enerji kazanılır. **Yağ aynı ağırlıktaki glikozun enerji içeriğinin iki mislinden daha fazlasına sahiptir.**

2.8.1. Yağ Asidi Yıkımında Enerji Kazancı

18 C'lu yağ asidi olan stearik asidi 9 asetil koenzim A'ya ayrılır. Bunun için yağ asidi yıkımı çevrimi 8 defa tekrarlanır. Bu parçalanmada 38 mol ATP doğrudan doğruya elde edilen enerji kazancıdır. 9 mol asetil koenzim A'nın sitrikasit çevriminde enerji kazanımı ile yıkımı sürer. Bunlar orada 9 yıkım çevriminde 9 molekül GTP (=9 ATP), 9 mol $FADH_2$ (=18 ATP) ve 27 mol NADH + H^+ (=81 ATP) oluşturur. Sonuç olarak bir mol stearikasit yıkımı 146 mol ATP'lik bir enerji kazancı sağlar.

2.9. PROTEİN METABOLİZMASI

Besindeki protein, proteaz adlı enzimlerle mide ve ince bağırsakda aminoasitlere parçalanır. Vücut hücreleri buradan ya vücuttaki proteini sentezler, ya da aminoasitleri parçalamaya devam eder. Aminoasit yıkımında örneğin glutamin asidinin oksidatif deaminasyonunda karaciğer hücresi mitokondrilerinde, kuvvetli bir hücre zehiri olan "AMONYAK ($=NH_3$) üretilir. İnsanın da dahil olduğu bütün memeli hayvanlar amonyağı suda çözünen üre halinde urin olarak vücutlarından atar. Amonyak CO_2 ile aminoasitlerin dekarboksilasyonundan veya solunumdan enerji harcanarak karbamil fosfat şeklinde müştereken çıkar. Bu molekül, aminoasidin *Ornitine* bağlandığı bir çevrime, yani üre siklusuna gelir.

Ürenin ikinci amino grubu asparajin asidinden çıkar. Bu kendi reaksiyon basamağında "fumarik asit"den oluşabilir. Üre siklusu fumarik asit üzerinden sitrikasit çevrimi ile de ilişkilidir. Eğer amino grubunun parçalanmasından sonra aminoasidin karbon taslağının tekrar kullanımı söz konusu ise aminoasit yıkımının sitrikasit çevrimi ile olan bu bağlantısı çok önem kazanır. Bu şekilde enerji kazanımı da söz konusudur.

2.10. METABOLİK OLAYLARIN BİRBİRİ İLE İLİŞKİLERİ

Önceki bölümde glikoliz, solunum zinciri, sitrikasit çevrimi, yağ ve protein metabolizması ayrı ayrı incelendi. Organizmada ise bu olaylar tek tek olaylanmayıp birbirleri ile bağlantılıdır.

Sitrikasit çevrimi metabolik olayların ana milidir. Onun içine karbonhidrat, yağ ve protein yıkımları girer. Sitrikasit çevriminde, daha sonra solunum zincirinde büyük miktarda enerji kazandıran oksidasyonla indirgenen koenzimlerin esas kısmı oluşur. **Protein metabolizması (=üre çevrimi) da, sitritasit çevrimi ile ilişkidedir.**

Bu metabolik olayların önemli bir bölümü mitokondrilerde gerçekleşir. Madde yıkımı sonucu olarak ATP oluşumunda bir dizi "BİYOSENTEZ"lere gereksinim duyulur.

Kural olarak madde değişiminin her ara maddesi, hücrenin kendi maddelerinin yapımında kullanılabilir. Karbonhidrat ve yağ yıkımında görülen asetil koenzim A, tekrar depo yağı olarak yapılabilir. Aminoasitler münferiden de protein biyosentezinde, derhal vücudun kendi proteinlerine sentezlenir.

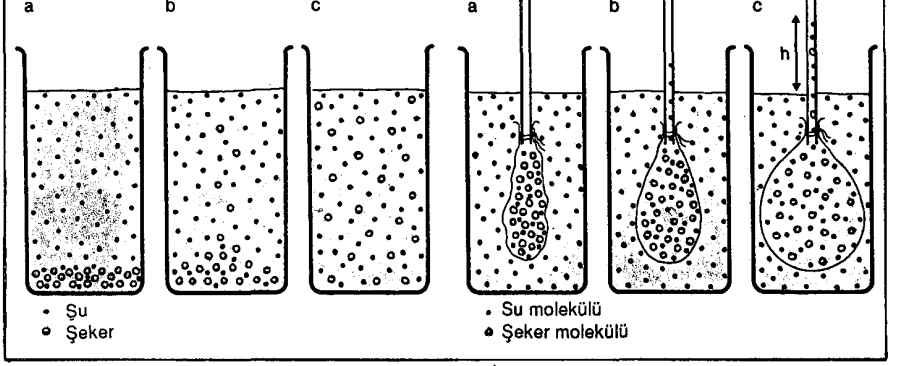
Bu çok yönlü bağlantılar, farklı besin maddelerinin alınmasında, metabolik olayların gayet düzenli bir şekilde olmasını da açıklar.

2.11. MADDE NAKLİ

2.11.1. Difüzyon

Potasyum permanganat suda iyi çözünür. Eğer bu maddenin kristali su dolu bir ölçü kabına konursa, kısa bir süre sonra renkli bir tabaka oluşur. Ölçü silindiri birkaç gün öylece tutulursa, renk tabakasının yavaş yavaş kapta dağıldığı ve neticede kabın tamamını kapladığı izlenir. Su ve potasyum permanganat çözeltide iyice karışır.

Çözeltideki bütün parçacıklar düzensiz olarak hareket eder. Sıcaklık ne kadar artarsa, parçacık hareketi de o kadar hızlı olur. Bu hareketlere "**BROWN'un**



Şekil 93.1: Difüzyon Şeması

Şekil 93.2: Ozmoz Şeması.

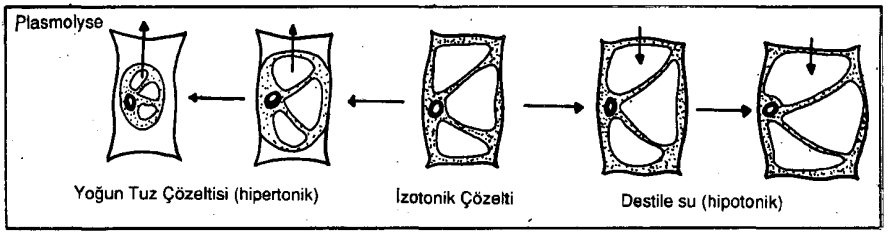
Moleküler Harekiti" denir. Çözeltinin renk maddesi parçaları da, bir oraya bir buyara hareket eder. Birbirilerine çarparak kabın her tarafına yavaş yavaş yayılır. Bu parçacık hareketine "DİFÜZYON" denir (Şekil 93.1). Difüzyon olayları farklı yoğunluktaki çözeltiler arasındaki yoğunluk dengelenmeni etkiler. Renk maddesi parçacıkları çözeltinin içine girer. Sıvının yavaş yavaş olan bu karışma mekanizması, rengin kabın her tarfına eşit oranda dağılmasına kadar sürer. difüzyon hızı, ona yol açan moleküllerin büyüklük ve ağırlığına; ortamın yoğunluk ve sıcaklığına bağlıdır. Difüzyon yönü, difüzyona yıl açan moleküllerin yoğun olduğu ortamdan az yoğun ortama doğru olur. Gazlarda da termik hareket nedeniyle, gaz parçacıklarının birbiri içine girip karışması söz konusudur. Odanın belli bir noktasında kapağı açılan parfüm şişesinden çıkan uçucu moleküllerin, çok kısa bir süre sonra oda atmosferinde yayılması buna iyi bir örnektir.

Difüzyon, parçacıklar için geçirgen olan sınır tabakalarında da gerçekleşir. Örneğin su ve çözünmüş şeker parçacıkları, bitki hücresinin selüloz çeperlerinden rahatça geçer. Hücre çeperi su ve çözünen parçacıklar için geçirgen, yani permeabldır. Hücre membranında ise durum başkadır. Hücre membranı su için geçirgen; ama suda çözünen, bütün parçacıklar için geçirgen değildir. Yani hücre mambranı bir başka ifade ile ayrı geçirgen (=semipermeabl)dir. Bu özellik hücre, çevresindeki maddelerden işine gelenleri seçmesini sağlar. Yani su molekülleri, stoplazma membranından her iki yönde rahatça gidip geldiği halde suda çözünen madde iyonlar çok yavaş hareket eder, hatta bazıları hücreye hiç giremez. Bu durum ozmozun temelini oluşturur.

2.11.2. Ozmoz

Semipermeabl bir membranla saf sudan ayrılmış kaba, şeker çözeltisi konursa tek yönlü bir difüzyon olaylanır. Bu olay difüzyonun özel bir şekli olup "DİYALİZ" adını alır. Şeker çözeltisindeki su molekülleri membrandan geçebildiğinden, çok sayıda su molekülü çözeltiye doğru geçtiği halde, çözeltiden aksi yöne doğru molekül akışı daha az olur. Su moleküllerinin kabın diğer tarafındaki çözeltiye doğru hareketi sonucunda, kaplardaki sıvıların seviyesi farklılaşır. Bunun sonucu ozmotik bir basınç (=OB) oluşur. Suyun alınmasıyla oluşan turgor basıncı ozmotik basınca zıt yönde çalışır. Ozmotik basınç seviyesi, sıvısı artan; yani suyu alan sütundaki hidrostatik basınca, diğer bir ifade ile turgor basınca (=TB) eşdeğerdir. Yani OB>TB olduğu sürece sisteme su gelmesine yol açan kuvvete emme kuvveti (=EK) denir.

Canlı hücrede gerçekleşen özel ve tek yönlü difüzyon olayına "OZMOZ" denir. Ozmoz su moleküllerinin yüksek yoğunlukta bulundukları bölgelerden, düşük yoğunluktaki bölgelere, yarı geçirgen bir zar aracılığı ile taşınmasıdır. (Şekil 93.2)



Şekil 94.1: *Tek bir yaprak hücresi ile plazmoliz deneyleri (Linder'den).*

Böylece ozmoza katılan OB, TB ve EK gibi ögeler arasındaki matematiksel ilişkiden söz edilir. Yani EK=OB-TB, ozmozun başlangıcında TB sıfır olduğundan, EK=OB olur ve EK en yüksek değere ulaşır. Eğer EK sıfıra inerse zaten emilme sona erer.

Hücre membranının yarı geçirgenliğini deneysel olarak gösteren birçok model vardır. Bu modellerde müşterek olan özellik membranların suyu geçirip, suyun içinde çözünen maddeleri geçirmeyen porlara sahip olmalarıdır. Bunun için selofan kağıdı kullanılır. Difüzyon, diyaliz ve ozmoz pasif taşıma olaylarıdır. Burada yoğunluk farkı önemlidir. Bunlar hem bitki hem de hayvan hücresinde rol oynarlar.

2.11.3. Plazmoliz

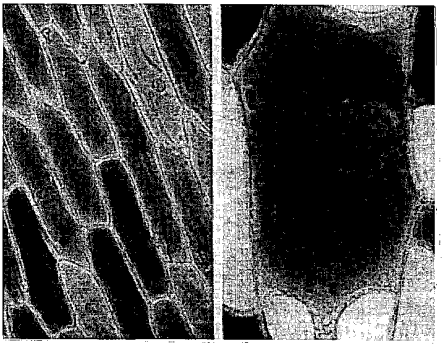
Soğan epiteli lam üzerine konur ve bir damla derişik şeker çözeltisi damlatılırsa, kısa bir zaman sonra, hücre plazmasının yuvarlaklaştığı ve küçüldüğü görülür. Bütün bitki hücrelerinin etrafında sabit bir çeper vardır. Hücre plazması da bir membranla yani "PLAZMALEMA" ile sınırlanır. Vakuollere doğru başka bir membran, yani "TONOPLAST" plazmayı hücre sıvısından ayırır. Derişik şeker çözeltisi hücre çeperinden girebilir; ama hücre membranından giremez.

Plazma sınırında, hücre sıvısından suyun çıkmasını etkileyerek hücre içeriğinin büzüşmesine yol açar. Yani hücre membranı su için geçirgendir; ama onun içindeki çözünmüş parçacıklar için geçirgen değildir. Plazmanın bu şekilde hücre çeperinden ayrılıp hücrenin ortasında büzüşmesine "PLAZMOLİZ" denir. **Plazmolizle hücrenin ölmediği kanıtlanabilir.** Eğer kısa bir süre için plazmolize uğramış hücre su ile muamele edilirse vakuoller dolar ve plazma da tekrar çepere doğru gelir yerleşir. Bu nedenle **plazmolize uğrayabilme canlı bir bitki hücresi için canlılık işaretidir** *(Şekil 94.1).*

İyi bir mikroskobla bu ozmotik olay insan alyuvarında da gösterilebilir. Kan damlasına, derişik şeker çözeltisi damlatılırsa, alyuvarların büzüştüğü ve dikenli bir küre şeklini aldığı görülür. Eğer yoğunluk ilişkisi değiştirilir ve distile su kullanılırsa, alyuvarın patladığı izlenir. Zira alyuvarların membranı bu değişmeye dayanamaz ve hücrenin patlamasını engelleyemez.

2.11.4. Turgor

Bitki vakuollerinin içeriği sulu bir çözelti olup, çeşitli iyon ve moleküllere sahiptir. Vakuoller tonoplast denen semipermeabl bir membranla çevrilidir. Böylece hücre dışardan su alabilir. Suyun hücreye girişi, vakuollerdeki basınç büyüklüğü hücre çeperinin basıncına ulaşıncaya kadar devam eder. Hücreye yeterli miktarda su verilirse, her canlı bitki hücresi bir dengede bulunur. Bu yolla hücrenin gergin bir hal almasına "TURGOR" adı verilir. Turgor bitki dokusunun sağlamlığı için önemlidir. Odunlaşmamış otsu bitki kısımları suyun eksik olması durumunda hemen



Şekil 95.1. Soğanın turgor yapan epidermis hücreleri

solar. Bu arada turgor basıncı azalır ve bitki dokusu hemen gevşer. Hücre yaşadığı ve hücre membranı normal çalıştığı sürece ozmotik su alımı turgor ile tekrar gerçekleşir *(Şekil 95.1)*.

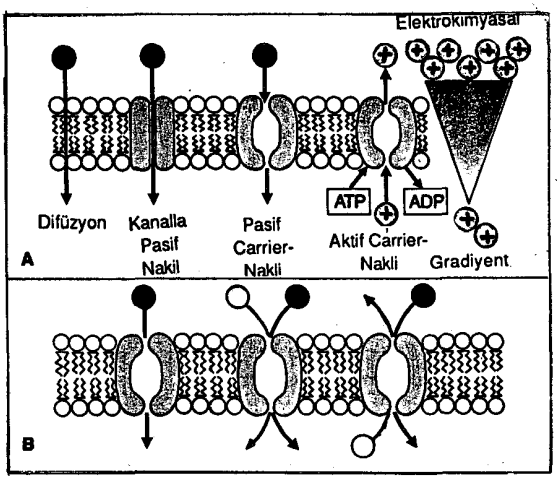
Çöl bitkileri ve tuz seven bitkilerin kök hücreleri, çok yüksek ozmotik değerlere sahiptir. Fasulyenin kök hücrelerinde 2-5 bar olan ozmotik basınca karşın, tuz bitkilerinde bu değer 30 barın üstündedir. Hatta çöl bitkilerinin kök hücrelerindeki ozmotik basınç 100 bardan fazladır. Bu sayede bitkiler toprakta en az miktarda olan suyu bile rahatça emerler.

2.11.5. Membranla Madde Nakli

Hücreler bulundukları ortamdaki maddeleri seçebilir. Seçicilik görevini "MEMBRAN-NAKİL-PROTEİN"leri üstlenir. Membran proteinleri, bilindiği kadarı ile hücre membranına tamamen girerek özellikle hidrofob çift lipid tabakasını örter ve böylece hidrofil parçacıkları da nakledilebilir. Şeker veya aminoasitlerin, iyonları için de böyle nakil proteinleri vardır.

Bazı membran-nakil-proteinleri, derişim gradientleri yönünde, yani yüksekten düşük yoğunluğa doğru, iyon veya moleküllerin geçişine izin verir. Yoğunluk farkının dengelenmesinden sonra nakil yavaşlar. Pasif transporta katılan bazı proteinler "taşıyıcı" veya "KARRİER" adı verilen moleküllerce taşınır ve bunlar membranın diğer kenarına bırakılır. Bazı nakil proteinleri de membranda hidrofil bir kanal yapar.

Bir kısım karierler molekül veya iyonları da kimyasal veya elektrokimyasal gradientlere karşı nakledilebilir. Bunlar enerji kullanarak pompa gibi çalışır. Bu nedenle daima enerji sevkeden olaylardaki gibi gerçekleşir (örneğin ATP-parçalanması). Bu nakil şekline "AKTİF TRANSPORT" denir *(Şekil 95.2)*. Enerji bazen hidrojen veya sodyum iyonlarınca da, gradienti izleyerek nakledilir, yani yoğunluğu yüksek olan bölgeden düşük yoğunluktaki bölgelere doğru yer değiştirirler.



Şekil 95.2. Pasif ve aktif taşıma.

Karier proteinlerinin enzimlerle birçok benzerliği vardır. Bunlar sadece belli bir molekülü bağlar ve eğer bütün bağ noktaları dolu ise nakil maksimum bir sürate ulaşır. Nakil, rekabet eden moleküllerce de kompetitif olarak inhibe edilebilir. Bunların enzimlerden tek farkı, bağlanan substratın kimyasal olarak değişmemesidir. Naklin, karier proteininin üç boyutlu yapısının, reversibl olan değişimi ile ilgili olduğu kabul edilir.

2.11.6. Potasyum-Sodyum-Pompası

Bütün hayvansal hücreler ve özellikle sinir hücreleri, bir membran potansiyeline sahiptir. Bu da Na ve K iyonlarının eşit olmayan dağılımı ile ilişkilidir. K-Na-Pompasının en önemli kısmı, Na iyonlarının hücreden çıkışı, K iyonlarının ise hücreye girişidir. Yine K-Na-pompasının en önemli bölümü, ATP'yi parçalayan K-Na-ATPaz adlı enzimdir. Bu, ikisi büyük ve ikisi küçük birimli 4 proteinden oluşur.

Membranı geçen büyük proteinlerin ATP, 3 Na– ve 2 de K– iyonu için bağlanma yeri vardır. Küçük protein moleküllerinin görevi henüz tam olarak bilinmemektedir. ATPaz saatte 100 molekül ATP parçalar. Her ATP molekülü için 3 Na iyonu hücre dışına, 2 K iyonu hücre içine nakledilir. ATP parçalanmasında Na iyonları varken, ATP'nin fosfatı ATPaze enzimine bağlanır. Enzimin fosforilasyonu büyük bir olasılıkla ATPazın dengesini değiştirir. Bu arada 3 Na iyonu nakledilir. Buna karşın defosforilasyon, K iyonu naklini etkiler. ATPaze ise bu sırada ilk durumuna geri döner *(Şekil 95.2)*.

2.11.7. Endositoz ve Ekzositoz

Vücutta günde 100 milyar yeni kan hücresi üretilir. Aynı miktarda yaşlı kan hücresi kandan uzaklaştırılmalıdır. Bu ise "MAKROFAJ"ların görevidir. Bunlar, vücuda zararlı parçacıkların yokedilmesi için özelleşen, bakteri, virüs ve diğer katı maddeleri alıp sindiren hücrelerdir. Aynı şekilde yine diğer birçok ökaryont hücresi de makromolekülleri, küçük parçacık ve sıvıları hücre membranı kanalı ile alabilir. Eğer çözünmüş madde taşıyan sıvılar küçük bir torbacığa girerse "PİNOSİTOZ", büyük parçacık veya ölü hücre ya da bakterinin tamamı, örneğin makrofajlar tarafından yutulursa, buna "FAGOSİTOZ" denir. Bu olaylara "ENDOSİTOZ" adı verilir *(Şekil 38.1)*. Membran vesikülünün oluşumu ve enzimatik primer lizozomun, "Sekonder lizozoma" gelişmesini göstermektedir.

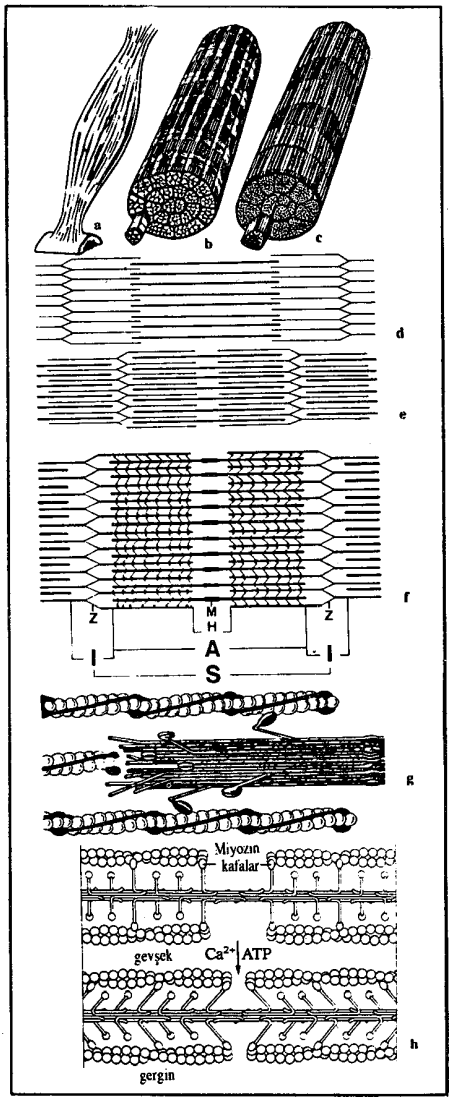
Sekonder lizozomlarda, alınan maddeler sindirilir. Hücrede kullanılmayan maddeler dışarıya atılır. Bu maddelerin hücre dışına atılmasına "EKZOSİTOZ" denir. Bazı hücreler, mesela pankreasların **langerhans adacığında** olanlar, ekzositozu büyük hormon moleküllerinin dışarıya verilmesi için kullanır. Bu arada membran vesikülünde kalan insülin, vesikül membranı ile hücre membranının kaynaşması ile kana boşaltılır. Bütün hücrelerin, plazma membranlarındaki küçük bölgeleri içeriye doğru girinti yaptırarak, çevredeki maddeleri aldıkları kabul edilir. Makrofajların endositoz oranı çok yüksek olup, dakikada dış membranlarının % 3'ünü vesiküller şeklinde içeri alırlar. Bu ise yarım saat içinde onların membranlarının % 100'ünü kullandıkları anlamına gelir. Makrofajların hücre yüzeyleri endositoz olayında aynı büyüklükte kaldığından, buna paralel olarak eşit miktarda ekzositozun olaylandığı kabul edilmelidir. Bunu hücrede membran yıkan ve bu büyüklükte gerçekleşen hiçbir olayın olamayacağı görüşü destekler.

Endositoz da makromoleküllerin hücre çevresinden seçilip alındığı olaylar vardır. Kolesterinin, hücre membranının yapımında kullanılan madde ya da hormonların sentezi için ön basamak olarak alınması buna bir örnektir *(Şekil 38.1)*. Hücre, reseptör proteini üretir ve bunu membranda belli yerlere koyar. Eğer bu membran yüzeyi girinti yaparsa, hücreye kandan çok miktarda bağlı **kolesterin** girer. Bu olay sadece 10 dakika sürer ve çok selektiftir. Hücre, reseptör proteini ile ne alınacağını belirler. Reseptör proteinlerin türü çekirdekteki genlerle saptanır. Bazı insanlarda kalıtsal bir bozuklukla haddinden fazla çalışan bir protein yapılır, bu da kolesterini bağlayamaz. Bu nedenle böyle insanların kanında yüksek yoğunlukta kolesterin oluşur. Bu da onlarda **arteriosikleroz** rizikosunu artırır.

2.12. HAREKET

2.12.1. Kas Hareketi

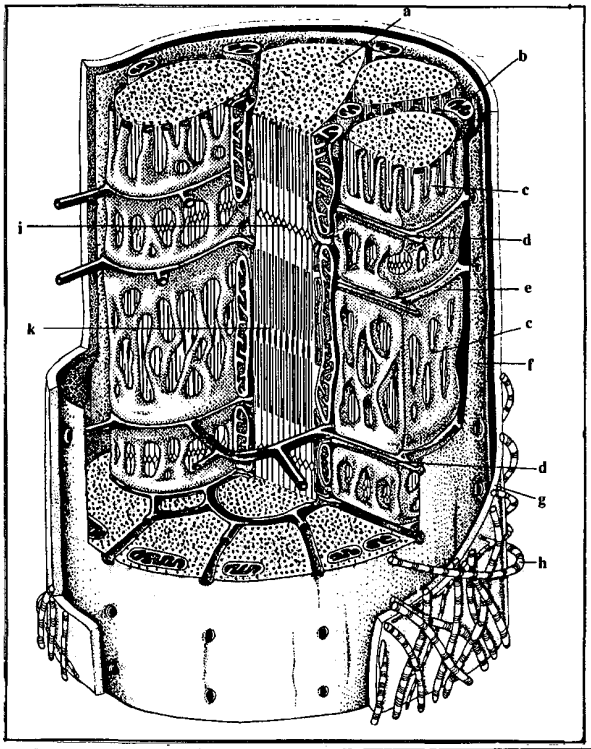
Günde yüzlerce km koşabilen bir atlet, koşu sırasında binlerce adım atar. Kaslar her adım atışta kasılır ve diğer kaslarca ilk konumuna çekilerek kısalır *(Şekil 97.1)*.



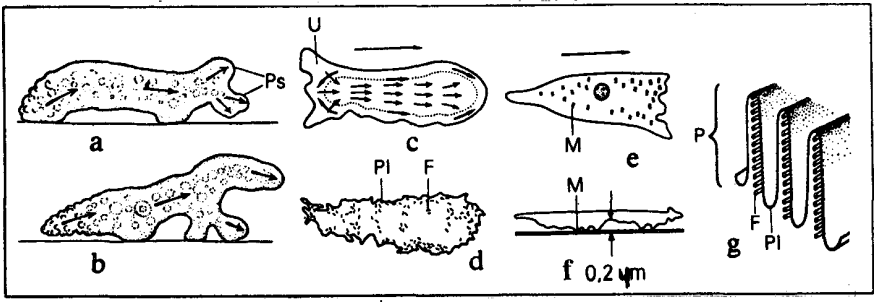
Kas dokuda çıplak gözle bile kolayca kas fibril demeti izlenir. Işık mikroskobik gözlemde, onların fibrilleri seçilir. Bunlar santimetrelerce kas boyunca uzanır ve kemiğe sıkıca bağlı topukda son bulur. Kas fibrilleri "miyofibriller"den oluşur. İzole edilmiş taze miyofibrile ATP çözeltisi eklenirse hemen kasılır. Bu olayları anlamak için elektronmikroskobik bulgulardan yararlanılır. Her miyofibrilde izlenen bazı birimler vardır, bunlar 2,5 µm uzunluk ve 1,5 µm çapında küçük silindirlerdir. "SARKOMER" adını alırlar *(Şekil 97.1 f)*. Sarkomer kesidi elektronmikroskobunda düzenli bir yapıya sahiptir. Bunlardan, ince ve ipliksi yapılara "AKTİN FİLAMANI" kalınlara da "MİYOZİN FİLAMANI" denir *(Şekil 98.1)*. Bunların ikisinin de yapısı karmaşık olup proteinden oluşur. *Sarkomerler 2 Z-çizgisi arasındaki kısımdır.* Bunlar, üzerinde aktin filamanlarının fırça kılları gibi düzenlendiği protein plakaları olup, *kasılma birimi diye adlandırılır.*

Aktin küre veya kabarcık şeklinde ve inci tanesi gibi ardarda dizilmiş protein birimlerinden oluşur. Bu şekildeki iki inci zinciri yan yana gelince, birbirine sarılı bir aktin filamanı oluşur.

Şekil 97.1: İskelet kasının şeması ve işleyiş tarzı. a) Kasta çok sayıda kas iplik demeti (b) olup, bunlar kas ipliğinden (c) oluşur. Kas ipi kas fibrillerin (Miyofibril)den (d), bunlar da ince aktin ve kalın miyozin filamentlerinden oluşur. d) gevşek, e) gergin durumdaki miyofibriller, f) miyofibrillerin enine çizgili yapısı miyofilamentlerin konumu ile ilgilidir. Yalnız aktin filamentli bölgelere **izotrop (I-çizgisi)** miyozinli bölümler ışığı çift kırar, **anizotrop (A-çizgisi)** tur. I-çizgisinin ortasında Z-çizgileri bulunur. A-çizgisinin orta kısmında miyozin vardır ve açık renkli olup H-çizgisi adını alır. Miyozin filamentlerinin ortasındaki kalınlaşma sonucu M-çizgisi oluşur. İki Z-çizgisi arasında bulunan **kasılma birimine sarkomer** (=S) denir. Miyofilamentler çok sayıda miyozin molekülünden oluşur. Bunlar kafaları ile komşu aktin filamentlerine dokunur. g ve h) Kasılmanın olaylanması sırasında filamentlerin konumu (Kayan filamentler kuramı) (a-g; Mörike ve ark.'dan, h; Biologie h'den).



Şekil 98.1: Dört kas fibrilinin şematik görünümü (kasılmış durum). a) Filamentli fibril, b) Mitokondrium, c) Longitudinal sistem (=düz ER), d) Transversal sistem, e) Terminal sistermalar, f) Sarkolema, g) Bazal membran, h) Bağ doku fibrilleri, Resmin ortasında aktin ve miyozin filamentlerinin uzunlamasına konumu izleniyor. i) Z-çizgileri, k) M-çizgileri (Krstic'den).



Şekil 98.2: a-b-c ve d) Amipte hareket. a ve b) İleri doğru harekette sitoplazmanın akış doğrultusu. c) Hareket mekanizmasının oklarla açıklanması. Noktalı bölge ektoplazmayla endoplazmanın sınırını gösterir. d) Elektron mikroskobunda plazma filamentlerinin sitoplazma içerisindeki dağılımının gösterilmesi, e ve f) Zar hareketi, e) Fibroblastlarda filamentlerin üstten görünüşü (elektron mikroskobunda), f) Zar hareketinin yandan görünüşü, g) Bir sillide (Opalina) pellikula, M) Zar (membran) kıvrımları, F) Plazma filamenti, P) Pellikula, Pl) Plazmalemma, Ps) Yalancı ayak (pseudopod), U) Arka kısım (Kühn'den).

2.12.2. Amöboid Hareket

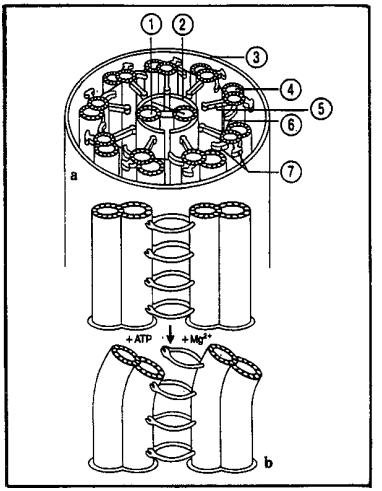
Amip, yalancı ayak veya "PSÖDOPOD" adı da verilen plazma uzantılarının, dışarıya akıp, içeriye çekilmesi ile hareket eder. Işık mikroskobunda sadece hareket değil, aynı zamanda hareket yönüne doğru olan plazma akışı da izlenir. Burada ön kısımdaki daneli "ENDOPLAZMA" ve saydam "EKTOPLAZMA" söz konusudur. Hücrenin arka bölümünde bu olayların karşıtı olur. Amöboid hareket de aktin filamanlarına dayanır. Bunlar amip ektoplazmasında çok vardır *(Şekil 98.2)*.

2.12.3. Kamçı ve Sil Yardımı ile Hareket

Bir sigara tiryakisinin sabah erkenden öksürmesi üst solunum yolundaki mukozada bulunan birkaç yüz milyar kirpik veya kamçının çalışması ile ilgilidir. Bunlar hareket ederek sayısız miktarda küçük duman parçacığını yukarıya doğru iter ve tiryakinin sürekli olarak öksürmesine neden olur.

Örneğin *Euglena* ve sperm hücresi de kamçı ya da "FLAGELLUM"la hareket eder. Kamçı ve kirpik hareketinin temeli aynıdır. Bir silin elektron mikroskobik kesitinde önceki bölümde ayrıntılı anlatılan tipik yapısı izlenir.

Sillerin mikrotubuli borularının yapısına başka proteinler de katılır. Sillerin hareketi için en önemli olanlar, dış çift tubulilerde oturur. İki kol gibi olan yapı komşu çift tubuliye doğru uzanır. Bunlar "DİNEİN" adlı proteinden yapılır. Bu dinein kolları *(Şekil 99.1)* sillerin hareketinden sorumludur.



Şekil 99.1a : Bir kamçının genel yapısı. (1. Merkezi tüp; 2. Merkezi örtü; 3. Plazma membranı; 4. İkili tüp; 5. Tüp parmağı; 6. Neksin bağlantı; 7. Dinein kolları); b) Kamçının hareketi ve etki mekanizması.

Sillerin hareketinin çift tüplerin karşılıklı hareketine bağlı olduğu düşünülür.

Nefes borusundaki silli bölgeler endoskopla incelenirse, sillerin ayrı ayrı değil de, birlikte hareket ettikleri görülür. Bu hareket rüzgarın etkisi ile başakları birlikte sallanan bir buğday tarlasını andırır. Dışı sillerle kaplı terliksi hayvanda, düzenli sil vuruşu, hareketi sağlar. Eğer yoğun sigara içmede görüldüğü gibi, soluk borusunun silleri düzenli hareket özelliğini yitirirse, akciğer mukus ve toz taneciklerinden temizlenmez. Sonuçta da "KRONİK BRONŞİT" kaçınılmaz olur.

Mikrotubulideki yapısal ve işlevsel bozukluklar, insanda önemli rahatsızlıklara neden olur. Örneğin erkeğin steril oluşu, spermin hareketini sağlayan kamçıların olmayışı ile ilişkilidir. Kamçıların çift tüplerinde ***dinein kolları*** *yoktur, ya da sadece biri vardır veya merkez tüpte hiç bulunmaz. Bütün bu bozukluklar steriliteye (=dölsüzlük) neden olur.*

İnsan yumurta hücresi de siller tarafından yumurta kanalından nakledildiğinden, *işlev gören mikrotubulilerin çoğalma için önemi büyüktür.*

3. BİYOTEKNOLOJİ

3.1. ESKİ BİR TEKNİK OLARAK BİYOTEKNOLOJİ

Bundan 8000 yıl önce SÜMER ve BABİLLİLER bira gibi alkollü içkileri yapabiliyorlardı. Mısırlılar bundan 6000 yıl önce hamur mayası kullanarak, ekmek yapmayı biliyordu.

LOUIS PASTEUR mayalanmanın belli bazı mikroorganizmaların işi olduğunu keşfetti. PASTEUR, araştırmalarında aerob ve anaerob mikroorganizmaların varlığını ortaya koydu. BUCHNER 1897'de parçalanmış maya hücrelerinin alkolik mayalanma yaptığını buldu. Daha sonra mayalanma olayını gerçekleştiren biyokatalizörlerin bir nevi enzim olduğu anlaşıldı. Bu bulgu mayalanmanın anlaşılması için ilk bilimsel temeli oluşturdu.

3.2. AGAR (=BESİ EKİTİ) KÜLTÜRÜNDEN ÜZÜM FERMENTASYONUNA DOĞRU GELİŞME

Mikrobiyolojik ve biyokimyasal bilgileri endüstride kullanmak için, mikroorganizmaların kitle üretimi ve onların metabolik ürünlerinin ekonomik olmasını sağlayan yöntemler geliştirildi. Bütün yöntemlerin temel bir şeması vardır.

3.2.1. Mikroorganizmaların Seçimi:

Endüstride kullanılabilecek suşun seçimi ve üretimine "SCREENING" denir. Büyük üretim kazanları için önemli miktarlarda mikroorganizmaya gereksinim vardır. Bunlar önce besi agarındaki hücre kolonilerinden elde edilir. Bunun akabinde hücre kolonileri adım adım, çalkalama kültürüne aktarılır ve son olarak büyük kaplara konur. Bunlara "BİYOREAKTÖR" veya "ÜRETİM FERMENTERİ" denir. Fermentasyon sistemi ve besi ortamı steril olmalıdır.

3.2.2. Mikroorganizmaları Biyoteknolojide Bu Kadar Önemli Yapan Nedir?

Mikroorganizmalar insanların kullanabileceği maddeleri üretir. Bu maddelere enzim, vitamin, organik asit ve antibiyotikler girer. Biyoteknolojide bakteri, mantar ve bira mayası ekonomik olarak kullanılır.

Büyük olmayışı nedeniyle mikroorganizmalar hacimlerine oranla önemli bir yüzeye sahiptir. Böylece besin maddeleri hücre içine, metabolik ürünler ise derhal dışına nakledilir. Mikroorganizmalar çok çabuk büyür ve çoğalırlar. Mikroorganizmaların özellikle maya yapanları, düşük enerji elde etmeleri nedeniyle, büyük miktarda besin maddesini dönüştürürler. Bu sayede bunlar insanın ekonomik olarak kullanacağı önemli miktarda metabolik ürün salgılar. Solunum yapanlar ise özel besi ortamı veya genetik müdahalelerle, ekonomik olarak kullanılan metabolik maddeyi üretmede kullanılır.

3.3. BİYOTEKNOLOJİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Bira ve şarap üretiminin klasik metodları yanında, yeni bilgiler ışığı altında devamlı yeni biyoteknolojik yöntemler geliştirilmektedir. Böylece sırf kimyasal sentezle hiç ilişkisi olmayan veya yalnız büyük masraflarla üretilebilecek maddeler elde edilir.

3.3.1. Biyoprotein Üretimi

İnsan yaşamı için önemli olan aminoasitlerin sağlanmasında, protein gereksiniminin 1/3'ünün hayvansal kökenli olması lazımdır. Bu ihtiyaç, özellikle açlığın kolgezdiği bölgelerde hiç karşılanamaz. Büyük ölçüde artan protein açığını kapamak için protein içeren biyomas, mikroorganizmalar şeklinde üretilir. Hammadde olarak melas, yağı alınmış peynir veya süt ve sülfit hidroksit gibi atık maddeler, metan, parafin veya alkol kullanılır. Özellikle gelişmiş bir yöntemde substrat (=madde) olarak "METANOL"dan, bakteri suşu diye de *Methylomonas chlara*'dan yararlanılır.

Substratın yarısına yakın kısmını bakteriler enerji kazanımında kullanır. Diğer yarısı, *Methylomonas*'ın ortamdaki tuzları da değerlendirip % 80'inin biyoproteinden oluştuğu biyomas sentezinde kullanılır. Bu, tek hücre proteini veya "SINGL CELL PROTEIN"i diye adlandırılır.

Hücreler çok miktarda nükleikasit içerdiğinden, insanın beslenmesi ancak elde edilen biyomasın işlenmesine devam etmekle mümkün olur. Bunlar insan metabolizmasında ürik asit bileşiklerine yıkılır. Bu maddeler daha sonra böbrek taşı olarak dışarıya atılabilir. Çözücü maddelerin yıkımı ile nükleikasit ve hatta yağ, hücreden dışarıya verilir. Sonuçta balık ve süt proteinine eşdeğer olan bir protein elde edilir.

Protein üretimi, atıkların yokedilmesi ile birlikte yapılabilir. Tekhücreli bir mantar olan ***Paelocomyces*** *cinsinin çeşitli türleri, kağıt fabrikalarının sülfit hidroksitli atık sularında yetiştirilir. Bu sayede bir yandan atık su temizlenirken, diğer yandan elde edilen mantar, hayvan yemi olarak kullanılabilir.*

Biyoproteinler en basit olarak, alg ve siyanobakterilerin sığ gölcüklerde yetiştirilmesi ile üretilir. Bu yöntem masrafın az olması nedeniyle daha çok gelişmekte olan ülkelerde kullanılır. Yüksek oranda protein içeren bir siyanobakteri olan *Spirulina* ile yüksek miktarda ürün elde edilir. Çat Gölü civarında yaşayan halk eskiden beri aynı yöntemi uygulayıp, gölde yetişen *Spirulina*'yı beslenmek için kullanır.

3.3.2. Biyoalkol Üretimi:

Mayalanma eskiden beri alkol üretiminde kullanılır. Bu yöntemde önce nişastalı hammadde, bakterilerden izole edilen "AMİLAZ" enzimi ile mayalanabilir ve şeker moleküllerine parçalanır. Şeker molekülleri bunun akabinde bira mayasının anaerobik olan mayalanma olayında "ETANOL" ve CO_2'e dönüşür. Mayalanmada ise yoğunlukları % 12 ile % 15 arasındaki alkoller meydana gelir. Yüksek yoğunluktaki alkol, alkolün destilasyonla zenginleştirilmesiyle elde edilir. İleride başka mikroorganizmaların kullanımı ile şeker içeren çeşitli hammaddeden, daha çok alkol üretilecek yöntemler geliştirilecektir.

3.4. ANTİBİYOTİKLER BAKTERİ ÇOĞALMASINI İNHİBE EDER

ALEXANDER FLEMING 1928'de, besi agarında *Penicillium notatum* adlı mantarı bulduğunda, bazı bakterilerin büyüyemediğini tesadüfen gördü. Bunun üzerine *FLEMING* mantarı sıvı bir alanda yetiştirip, daha sonra besi ortamından uzaklaştırdı. Hücreden arınan *bu sıvının, birçok bakteri türünün üremesini engellediğini gördü. Mantarın saldığı bu maddeye "PENİSİLİN" adını verdi.* Bu madde, mantarın bakteri ile rekabet edebilmesi için, onu, doğada yok etmesine yarar. Ancak *1941 yılında FLOREY ve CHAIN bir dizi bakteri infeksiyonunun penisilinle tedavisinin mümkün olduğunu buldu.*

Penisilin üretiminde *Penicillium chrysogenum* adlı ana suş kullanılır. Bunun röntgen ve UV-ışını ya da mutajenlerle muamelesi ile mutasyonlar elde edilir. Bu mantarlardan en fazla penisilin üretenler dikkatlice seçilerek kullanılır. Her litre besi agarında 7 gr. penisilin üretebilen iyi bir suşun elde edilebilmesi için 21 mutasyona ve seleksiyon siklusuna gereksinim vardır. Bugün ise bir litre besi ortamında 20 gr. penisilin üretilen suşlar elde edilmiştir.

Sadece *Pencillium* cinsinden değil, onun yanında *Cephalosporium ve*

Streptomyces adlı cinsler de diğer mikroorganizmalar gibi bazı maddeler üretirler. Bunlara "ANTİBİYOTİK", denir. Bu maddeler bazı mikroorganizmalarca üretilir ve diğer mikroorganizmaların faaliyetlerini inhibe etmede kullanılır. Örneğin penisilin bakterilerin hücre çeperinin yapısını bozar, *Streptomycin* ribozomları bloke eder ve "Anthrasiklin" DNA duplikasyonunu önler.

4. BİTKİLERDE MİNERAL TUZ VE SUYUN ALINIMI İLE NAKLİ

4.1. YAPRAK

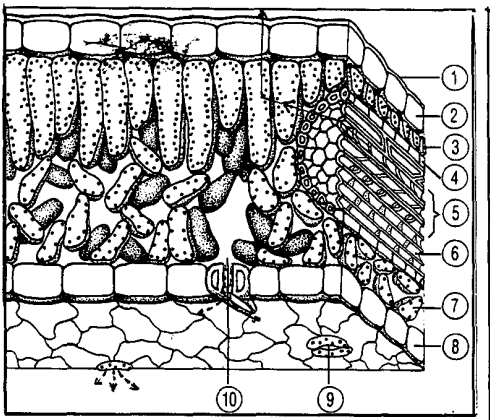
Hemen bütün bitkiler, kökleri ile topraktan su ve onda çözünen mineral tuzları alır. Alınan bu maddelerin nakli, iletim demetleri kanalı ile bitkinin bütün dokularına ve özellikle de yapraklarına doğru olur. Bitkinin yaprakları, fotosentezin olduğu en önemli organları olup su naklinde de rol oynar. Yaprak hem enerji üreten maddeleri üretir, hem de bitki özsuyundan suyun atılmasını gerçekleştirerek terlemeyi sağlar.

4.1.1. Yaprağın Yapısı:

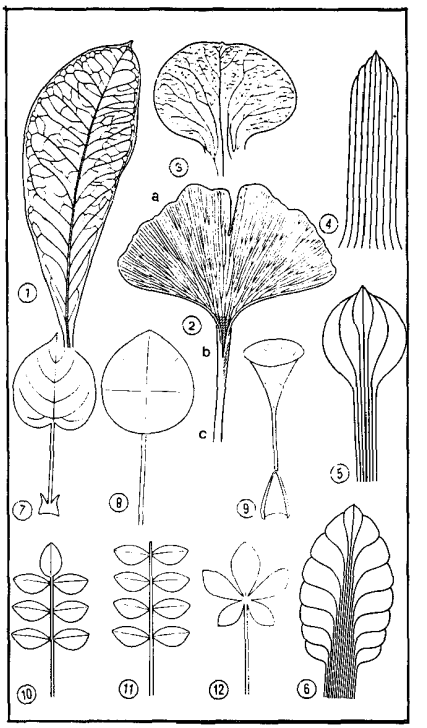
Farklı bitkilerdeki yaprak yapıları da bir çeşitlilik veya çok biçimlilik gösterir. Ama hepsi aynı temel yapı planı üzerine kurulmuştur. Akasya veya dişbudakdaki gibi yaprakların bir araya gelmesiyle oluşan bileşik yapraklar olduğu gibi, diken, iğne ya da burgu şeklinde veya küçük böcek ve sinekleri yakalayıp sindiren etcil yapraklar da vardır. Yaprağın bitkideki dizilişi rastgele olmayıp bir sisteme uygundur. Yaprak nereden olursa bir açıyla (divergens açısı) çıkar. Yaprak dizilişi karşılıklı çapraz (dekuzat, örneğin, leylak, karanfil), dairesel (=vertisillat, örnek zakkum) ve spiral (sarmal ya da altarnat, örneğin mısır, süsen ikili sarmal, kızılağaç, üçlü sarmal) olmak üzere ayrılır. Yaprak çeşitliliği yaşam şekillerinde de kendini gösterir, herdem yeşil çamgillerin ibre yaprakları yanında, belli mevsimlerde yapraklarını döken yapraklı ağaçlar da vardır. Yaprak, taban (=bazis), sap (=petiyol) ve aya (=lamina) gibi üç bölüme ayrılır.

Yaprakların solunum organı olarak yapılanması, karayosunları ile birlikte ortaya çıkmıştır. Daha sonra ortaya çıkan eğreltiler, üreme organlarının bazı bölgelerini kuvvetlendirip, özsuyunun dolaşımını kolaylaştırmak için yaprak yapısında ligninden yararlanmıştır. İlk ağaçlar 300 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır. 160 milyon yıl önce ortaya çıkan mamut ağacı (**=Gingko biloba**) günümüzde de yaşamakta olup yelpaze biçimindeki ilkel yapraklara sahiptir. Bu yapraklarda merkezi damar yoktur *(Şekil 103.2 c)*. İbrelilerde, iğne şeklini alan ve gövdeyi kaplayan ibreler kuraklığa ve dona oldukça dayanıklı olup, kışın dökülmez. Çiçekli bitkilerin yaprakları genelde dökülür ve her yıl yenilenir.

Birçok yaprağın üstü koyu, altı açık yeşil görünür. Bu renk farkı, içyapı ile ilişkilidir. Mikroskop altında incelenen yaprağın enine kesitinden onun dört tabakalı olduğu izlenir. *Yaprağı üst ve alttan örten tabaka, "EPİDERMİS" adı da verilen bir "Kapama Dokusu"dur.* Epidermis hücreleri aynı konumda yerleşmiş olup, kloroplast içermez. Epidermisin üstü koruyucu ve su geçirmez mumsu bir madde olan "KUTİKULA" ile sarılıdır. Alt ve üst epidermis arasında yaprağın iç dokusu, yani mezofil tabakası bulunur. Yaprağın iç dokusu genelde iki hücre tabakasından oluşur:



Şekil 103.1: Bir yaprağın enine kesidi. (1. Kutikula; 2. Üst epidermis; 3. Palizad paranşiması; 4. Sklerenşim; 5. Ksilem; 6. Floem; 7. Sünger paranşiması; 8. Alt epidermis: 9. Stoma açıklığı (=gözenek); 10. Solunum boşluğun; düz çizgi kutikula, kesikli çizgi stoma buharlamasını gösteriyor.



Şekil 103.2: a (=aya), b (=sap) ve c (=taban) Bir yaprağın bölümleri. 1-6) Yaprak damarlarına göre yaprak tipleri: 1) Kapalı damarlı yaprak; 2. (=Gingko biloba) ve 3. Açık damarlı yaprak; 4, 5 ve 6. Monokotiledon (=tek çenekli) yaprağın temel şekilleri; 7) Kordat; 8) Plaka yaprak (ör. Tropaeolum majus); 9) Huni sekilli yaprak (ör. Bergenia crassifolia); 10, 11 ve 12) Bileşik yaprak tipleri; (10) Pinnat (=çifter değil); 11) Çifter ve 12) Palmat el sekilli yaprak (Weberling'e göre).

"PALİZAD DOKU"da kloroplastça zengin hücreler, aralarında boşluk bırakmadan yanyana dizilir. Bu doku esas itibariyle fotosentezi yürütür. Bunun altındaki "SÜNGER DOKU" solunuma katılır. Bu dokunun hücreleri arasında hava ile dolu interselüler boşluk vardır. Sünger doku hücreleri arasındaki bu boşluklar, "STOMA" denen açıklıklarla dışarı ile ilişkidedir *(Şekil 103.1 ve 108.1)*. Yapraklar dallara öyle yerleşmiştir ki, her yaprak güneş ışığından azami miktarda yararlanabilsin. Bu nedenle bazen değişik konumlu yapraklara rastlanır *(Şekil 103.2)*.

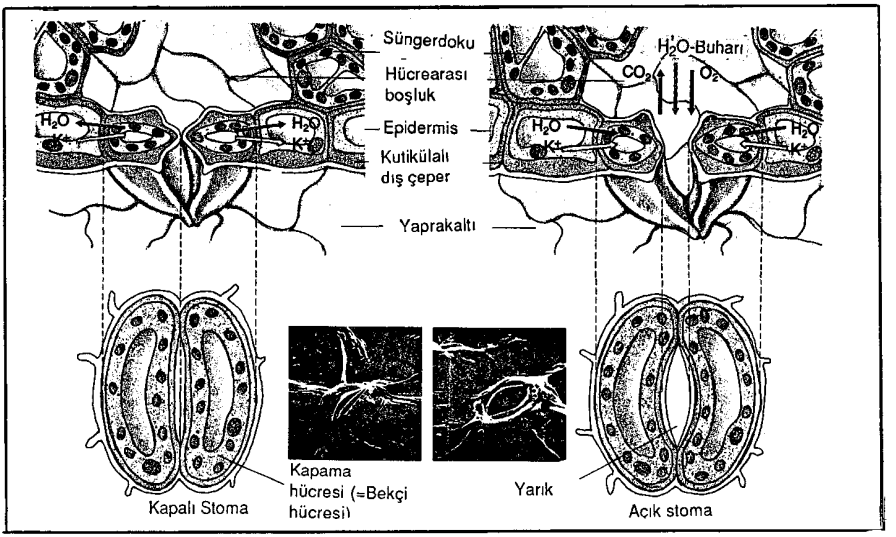
4.1.2. Buharlaşma:

Su, yaprak damarları ile yaprağın iç kısmına iletilir. Buradan su buharı sünger dokunun hücre arası boşlukları ile dışarıya verilir. Bu olaya buharlaşma veya "TRANSPİRASYON" denir *(Şekil 103.1)*. Bunun bitki için iki önemi vardır. Su ve içindeki mineral tuzlar sürekli olarak topraktan emilir. Buharlaşmadaki soğutma, güneşin etkisi altındaki yaprak yüzeylerini yanmaya karşı korur. Yalnız buharlaşma yaprağın epidermisinin küçük bir kısmında olur; zira üstteki örtü kutikula suyun çıkışını engeller ve böylece yaprağı buharlaşmaya karşı korur. Sadece doğal yetişme alanlarında yeterli miktarda su olan bitki türleri, çok ince bir kutikulaya sahiptir. Böylece kutikula kanalı ile yüksek oranda buharlaşma olur.

Bitkilerin çoğunda **transpirasyon suyu** daha çok stomalarca dışarıya verilir. Stomaların sayısı çoktur. Örneğin 1 cm^2'lik yaprak yüzeyinde ortalama 20000-40000 stoma vardır. Böylece stomalar üzerinden çok yüksek oranda buharlaşma gerçekleşir.

4.1.3. Stoma Açıklığı:

Yaprak yüzeyinin büyüklüğüne göre yaprağın sentez yeteneği de artar. Aynı şekilde su buharlaşması da yaprak yüzeyine bağlı olarak yükselir ve normalden daha büyük buharlaşma da bitkiyi tehlikeye sokar. Bu nedenle bitkiler buharlaşmayı



Şekil 104.1: Stoma açıklığının açılıp kapanması, (resim ve şematik) (Linder'den)

düzenleyen bir çıkış yoluna sahiptir. Bitki su kaybını, stoma açıklığı ile kontrol eder. Bunun için porları genişletir veya daraltır. Her stoma açıklığı iki adet fasulye şeklinde kapama hücresi tarafından sınırlanır. Porlar sünger dokunun oldukça büyük olan interselüler bölgesine, yani *solunum boşluğu* adı verilen kısma açılır *(Şekil 104.1)*. Kapama hücreleri diğer epidermis hücrelerinin aksine biraz kloroplast içerir. Kapama hücrelerinin çeperinin kalınlığı düzensizdir, dış ve iç çeperleri çok kalın olduğu halde komşu hücrelerin çeperleri çok incedir. Stoma açıklıkları genellikle yaprağın alt kısmındadır.

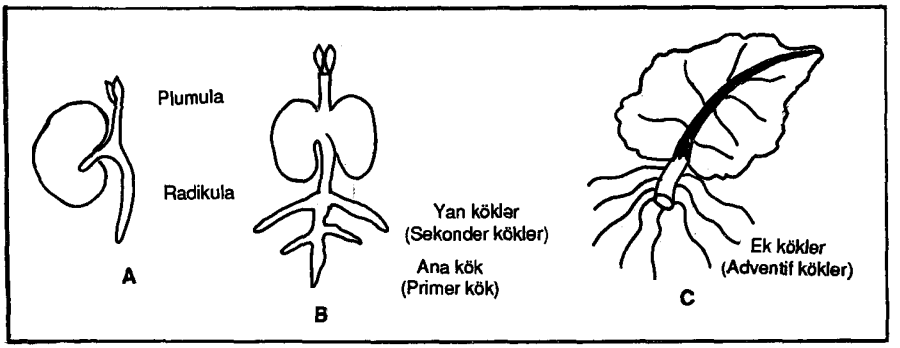
Stomalar açılıp kapanabilirler. Bu hareket kapama hücrelerindeki turgor basıncının artmasına bağlıdır. Kapama hücrelerinin çeperi düzensiz bir şekilde kalınlaşmıştır. **Turgor basıncı artınca kalınlığı az olan çeperler genişler, kapama hücreleri (=bekçi hücreleri) büzüşür ve porlar açılır.**

Özellikle yazın öğlen saatlerinde 30-35°C sıcaklıklarda, porların büyük bölümü kapanır. Böylece buharlaşma ile su kaybı önlenir; ama diğer yandan da fotosentez için gereken CO_2 alınamaz *(Şekil 104.1)*.

4.1.3.1. Yaprağın İşlev ve Yapısı Arasındaki İlişki

Yaprak yüzeyinin artışı ışık emilimini elverişli hale getirir. İnce yapraklarda stomalar asimilasyon dokusuna çok yakın bulunur. Ayrıca asimilasyon dokusunun hücreleri arasındaki boşluklar solunumu artırır. Fotosentezde yaprakta sürekli madde nakli olur. Hücre çeperlerinden buharlaşma ile su, su buharı olarak ve fotosentezle oluşan oksijen stomalardan dışarı çıkar. Aynı anda CO_2 stomalardan yaprağa girer. Geceleri nişasta şekere dönüşür ve floemle nakledilir. 1 mm^2'lik bir yaprak yüzeyinde 50-500 stoma bulunur.

Kırmızı yapraklı kayın ve fındık türlerinde hücre sıvısında çözünmüş *antokyan* klorofili bastırır. Sonbaharda yaprağın sararması klorofilin yıkımı ile olur, bu arada yapraktaki sarı ve kırmızı "karotinoid" adı verilen renk maddeleri oluşur. Bazı türler sonbaharda ilaveten antokyan yapar. Klorofili yıkan maddelerin rengi kahvedir.



Şekil 105.1: Kök çeşitleri. A. Radikula; B. Primer ve segonder kökler. C. Ek kökler.

4.2. KÖK

Çok az ayrıca dışında kökler bitkinin yeraltındaki kısımlarıdır. Bunlar bitkiyi toprağa bağlar, su ve mineral tuzları alır. Kökler genellikle şeker pancarı ve havuçtaki gibi önemli depo organı olarak görev yapar. Genel olarak ana kök (=primer kök), yan kök (=sekonder kök) ve ek kök (=adventif kök)'e ayrılır *(Şekil 105.1).*

4.2.1. Kökün Yapısı

Kök çeşitlilik gösterir ve bitkinin toprağa tutunması ve su ile mineral tuzların emilmesini sağlama gibi iki önemli görevi vardır. Kökün enine kesidi incelendiğinde bir "MERKEZİ SİLİNDİR" görülür. Bu kabuk dokusu tarafından sarılır. Kökucu bölgesindeki dış kısma "RİZODERMİS", iç kısma ise "ENDODERMİS" denir. Büyüme zonunun bulunduğu kökucu bir "KÖK YÜKSÜĞÜ" tarafından sarılır ve bu yolla da korunur. Bunun hemen akabinde kök saçağı (yan köklerinin) yer aldığı bölge gelir. Yaşlı kök kısımlarında kök saçağı bulunmaz *(Şekil 105.1).*

Su ve mineral tuzlarının alınımı sadece kök saçağı bölgesinde gerçekleşir. Kök saçaklarının etrafında çeperler vardır ve uzunlukları ise birkaç milimetreyi bulur.

Kök saçaklarını rizodermis yapar. Bunlar toprak tanecikleri arasına girip, binleri bulan (1 cm^2'de birkaç bin adet) sayıları ile kökün yüzeyini artırır. Bir çavdarın tahminen 10 milyardan daha fazla kök saçağı vardır. Bu kök saçakları ardarda eklenirse 10 000 km'lik bir uzunluğa ulaşır. Bunlar sadece birkaç gün yaşar; ama sürekli olarak yeni kök saçakları oluşur. Bunların ölümü ile birlikte rizodermis hücreleri de parçalanır. Böylece onların altındaki kabuk tabakası yeni bir kapama dokusuna dönüşür. Kabuğun hücreleri de su geçirmez mantar maddesi depolar. Bu nedenle kökün yaşlı bölümlerine su giremez. Merkezî silindir iletim ve destek dokudan oluşur. Merkezdeki bu yerleşim düzeni, köke daha çok çekme ve eğilme yeteneği verir.

Köklerin esas görevlerinden başka işlevleri metamorfoz (=değişim)'a uğrıyarak gerçekleştirir. Buna göre kök besin maddesi depolar (=depo kökü, örneğin, patates, yıldız çiçeği ve turp); bataklık bölgelerde solunum kökleri yaparlar; duvar sarmaşığı (=*Hedera helix*)'ndaki gibi **tutunma kökü**; bir süs bitkisi olan deve tapanı (=*Monstera deliciosa*) ve mısır (=*Zea mays*)'daki gibi **destek kök** olabilir; sıcak ülkelerde sıkça rastlanan, örneğin orkidelerdeki gibi **asimilasyon kökü** oluşturulabilir. Ökseotu (=*Viscum album*), cinsaçı (=*Cuscuta sp.*) ve canavarotu (=*Drobanche sp.*) gibi parazit bitkilerin, konak bitkiden yararlanmak için yaptıkları

sömürücü kökler ya da **emme kökler**; Çiğdem (=*Crocus sp.*) ve Türkalacası (=*Lilium martagon*) gibi bitkiler, toprakaltı gövdelerinin daha derine gitmesini sağlamak için **çekme kökleri** yaparlar ve nihayet hurma ve palmiyelerdeki gibi diken şeklinde olan kökler koruyucu görev yapar.

4.2.2. Kökün Suyu Alması

Kökler, toprağın su rezervi ile ilişkidedir. Toprak tanecikleri arasındaki boşluklu bölgelerde kapiler su toplandığı halde, hidrat suyu toprak taneciklerinin üstünde bağlı olarak bulunur. Bitki, suyun bu her iki şeklini de kullanır.

Su köke, saçak bölgesindeki mantarlaşmamış hücre çeperinden kolayca girer. Buradan iki farklı yolla merkezi silindire geçer. Birinci yolda kapiler boşluklarla hücre çeperindeki mantar benzeri birikim ile bu yoldan suyun ilerlemesi engellenir. "CASPARY" adı verilen bu hatlar suyu geçirmez. Su ancak endodermis hücrelerinin protoplastları üzerinden ilerler. Su diğer yolla da kök kabuk hücrelerinin protoplastları ile endodermis hücrelerinin plazmasına iletilir. Buradan da merkezi silindirin su iletim borularına geçer.

Suyun kabuk doku tarafından yer değiştirmesinden kök hücrelerinin dıştan içe doğru artan ozmotik emme gücü sorumludur. Bununla beraber emme gücü endodermisde oldukça azalır. Bu duruma "ENDODERMİS PATLAMASI" denir.

Endodermisden merkezi silindire giden başka bir yol için ozmotik kuvvet söz konusu değildir. Ama merkezi silindirin kanallarında suyu muhtemelen endodermis hücrelerinden çeken düşük bir basınç vardır. Bu düşük basınç, yapraktaki buharlaşma faaliyeti sonucu oluşur. Bitki endodermis hücreleri sayesinde içinde birçok iyon ve molekül bulunan su alma işini düzenler.

4.2.3. Kökün İyonları Alması

Kural olarak topraktaki iyonlar, kök saçağında bulunan hücrelere göre daha az yoğundur. Kök saçakları topraktan su ile birlikte onda çözünen mineral tuzları da alır. Toprak bu maddeler için önemli bir depodur. Bununla birlikte mineral tuzlarının % 98'i zor çözünür ve ancak çok yavaş serbest hale geçer. Yaklaşık % 0,2'si kapilar toprak suyunda çözünmüş olup hemen kullanıma hazırdır. Geriye kalan kısım toprak taneciklerinin üst yüzeyince emilir. Örneğin kil mineralleri gibi negatif yüklü parçacıklar, katyonlara bağlanır. Bitki bu iyonları, iyon değiştirme işlemi ile kazanır. Bunun için bitki katyonları alır ve protonları dışarıya verir. Anyonlar hidrokarbon ($=HCO_3$) iyonlarına karşı değiştirilir.

Ölçümler kök hücresindeki anorganik iyon yoğunluğunun onu saran topraktakine göre daha yüksek olduğunu gösterir. İyonlar, yoğunluk düşüşü ile alınır ve zenginleşir. Bu ise sadece ATP kullanımı ile olur; ama seçici olarak alınma gibi bir avantaja sahiptir. Bundan belli bazı iyonların, toprağın mineral tuz rezervinden seçilip alınabilme imkanı doğar. Bitki bu şekilde, K- ve P- iyonları ile takviye edilir. İyonlar kabuk hücrelerinin protoplastları sayesinde endodermise kadar taşınır. Endodermis hücreleri onları aktif olarak su iletim borularına verir.

Kökler solunum için havaya gereksinim duyar. Onlar toprağın boşluklu bölgelerindeki toprak havasını kullanır. Toprak çok ıslanırsa hava su tarafından dışarıya çıkmaya zorlanır. Bunun sonucunda kökler çürür ve ölür. Bunu da bitkinin ölümü izler.

4.2.4. Kök Basıncı

Eğer nem yüksekse, buharlaşma çok zor olur. Kadın mantosu ve diğer birçok ot türü gibi bazı bitkiler, su atarak mineral tuz naklini zorlayabilirler. Onlar aktif olarak, yani enerji kullanıp, suyu özel su yarıklarından (=hidatod) veya yaprak ucu ve kenarındaki su bezlerinden sıkıştırır. *Çiği andıran yapıları, sabahın erken saatlerinde izlemek mümkündür. Suyun bu şekilde aktif olarak salgılanmasına "GUTASYON" denir.* Buna benzer bir durum da bitkinin belli bölgelerinde olan kanamadır. Eğer bitkinin dalı kesilirse, gövdeden sürekli olarak akıcı bir madde çıkar. Bu olay daha çok huşda (=*Betula* sp.) görülebilir; öyleki ilkbaharda kesilen noktadan litrelerce şekerli su akar.

Depolanan besin maddesi, buharlaşma ile iletimin daha düşük olduğu bir dönemde tomurcuklara doğru gönderilir ve orada biriktirilir.

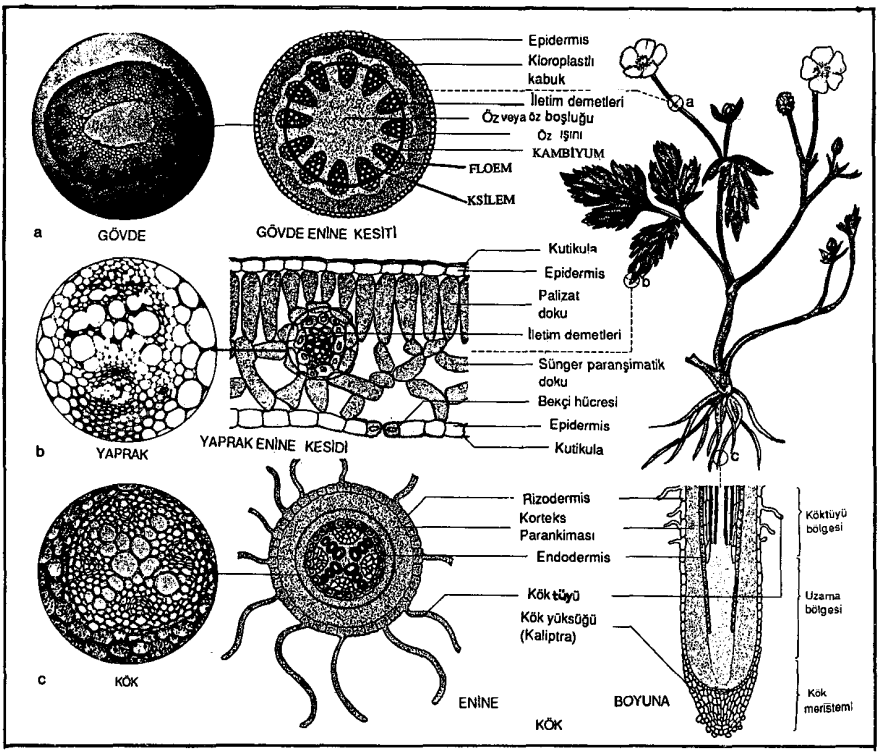
Gutasyon ve kanamanın nedeni "KÖK BASINCI"dır. Bu durum buharlaşma hiç olmadığında da, endodermis hücrelerinin iyonları merkezi silindire göndermesi sonucunda olur. Artan iyon yoğunluğu, kök dokudan ozmotik su akışını sağlar ve su yukarıya doğru pompalanır.

4.3. GÖVDE

Gelişme düzeyi yüksek bitkilerin toprak üstündeki yaprak ve üreme organlarını taşıyan, silindirik yapılı ve dallanma gösteren organa **GÖVDE** denir. Gövde genelde yer üstünde gelişir; ama bazı bitkilerde patates (=*Solanum tuberosum*) hem yeraltı hem de yerüstü gövdeleri vardır. Deniz yosunları ve mantarların gerçek gövdeleri yoktur. Kesilen bir lale bitkisi hemen solmaya başlar. Gövde kanalı ile başka su iletilmez; ama buharlaşma yaprak ve çiçek vasıtasıyla devam eder. Renkli su bulunan bir kaba,çiçekli bir bitki konup gövdenin enine kesiti incelenirse, renk maddesi sadece su ve mineral tuzların kökten yukarıya doğru iletildiği iletim demetleri bölgesinde izlenir. Bu dokuya iletim demetlerinin "KSİLEM"(=xylem)i veya kanal bölgesi denir. İletim demetlerinin dışında da iletim yolları vardır. Bunlar asimilasyon ürünlerini yapraklardan alarak taşır. Bu kısma elek veya FLOEM (=Phloem) denir. Çiftçeneklilerde (=Dikotiledon) ksilem ve floem arasında genellikle farklılaşmamış ve bölünebilen bir doku hattı yer alır. Buna "KAMBİYUM" denir. Kambiyum, odunsu bitkilerin enine büyümesinde rol oynar. İletim kanalları uzunlamasına hücrelerden oluşur. Bu hücrelerin yapısı ksilem ve floemde farklıdır.

Ksilem "TRAKE" ve "TRAKEİD" içerir. Bunlar ardarda bulunan ölü hücre borularıdır. Bu hücrelerin protoplastı çözüldüğünden su akışı kolaydır. Trakeidlerde ucu sivri hücreler, özel açıklıklar (=geçit) kanalı ile onları izleyen hücrelerle ilişkidedir. Trakelerde enine çeperler tamamen çözünmüştür. Bazı borular bir metre kadar uzunluktadır (meşede 10-100 cm). Çeperler odunlaşmıştır. Yaprakların su kaybı nedeni ile boru içinde bir alçak basınç oluşur. Boruların genişliği 0,25 mm (meşede) ile 0,006 mm (ıhlamurda) arasında değişebilir. Çeperlerdeki birikimler halka veya helezoniktir. Böylece komşu dokularla su ve diğer maddeleri değiştokuş ederler.

Floem elek boruları taşır. Bunlar plazmalı, uzun ve canlı hücrelerden oluşur. Çekirdekleri yoktur ve yakındaki küçük kayma hücreleri ile plazmatik ilişkidedirler. Elek borularının hücre çeperleri odunlaşmamıştır. Elek hücreleri arasındaki enine çeperler elek gibi delikli olup protoplastları elek porları aracılığıyla ilişkidedir.



Şekil 108.1: Çiftçenekli bir bitkinin iletim dokusu. a) Halka etrafına yerleşmiş iletim demetli gövde, b) Yaprak enine kesiti ve iletim demetleri, (üstte odun=Xylem, altında elek boruları=Phloem), c) Kökün enine kesitinde merkezi silindir (Lindner'den)

İletim demetleri kökdeki merkezi silindirde beraberce bulunur. Bunlar ibreli ağaç gövdesinde ve çiftçeneklilerde bir daire üzerine yerleşir. Tekçeneklilerde gövde kesitinin her tarafına yayılır. İletim demetleri arasında öz ışınları yer alır. Bunlar ince çeperli hücrelerin oluşturduğu temel dokudan meydana gelir ve öz ile kabuk arasında madde değişimini sağlar. İletim demetleri yaprakta bağ halinde olup, yaprak damarlarını oluşturur. Bu damarlar tekçeneklilerde paralel, çiftçeneklilerde ise ağsı bir yapıdadır *(Şekil 108.1 a)*.

4.3.1. Enine Büyüme

Gövde ekseni, uç kısımda "VEJETASYON NOKTASI" denen bir büyüme bölgesi taşır. Gövde çok sayıda hücre bölünmesi ile enine büyür. Buna "PRİMER ENİNE BÜYÜME" denir. Hücreler daha sonra farklılaşmaya başlar ve çok nadiren bölünür. Bir bitki sürekli olarak büyürse iletim elemanları ve destek doku yeterli olamayacağından bu dokular ilaveten yapılır. Bu nedenle ibreli ve daha küçük dikotiledon bitkiler gövde eksenini güçlendirmek için ayrıca "SEKONDER ENİNE BÜYÜME" yapar *(Şekil 108.1 b)*. Bunun için gerekli olan en önemli koşul, bölünme yeteneğindeki hücrelere sahip bir kambiyumun varlığıdır. Daha baştan beri genellikle

kapalı bir kambiyum halkası mevcut olup, sürekli yeni hücreler üretir ve bunları dışa ve içeriye gönderir. Bu yeni hücreler konumlarına göre ksilem veya floem elemanlarına dönüşür. Diğer türlerde kambiyum sadece iletim demetlerinde bulunur. Bu açık iletim demetlerindeki kambiyum üniteleri bir halkaya dönüşür ve aynı şekilde yeni ksilem ve floem hücreleri yapar. Bu şekilde, sekonder ksilem olarak "ODUN" ve sekonder floem olarak da "SOYMUK" oluşur. Kambiyumun faaliyeti mevsimsel bir ritme bağlıdır. İlkbaharda yapraklar sürünce, artan su gereksinimini karşılamak için geniş olan ksilem boruları oluşur. Bu dönem vejetasyon mevsimi olup büyümenin gerçekleştiği dönemdir. Sonraki mevsimde, örneğin sonbaharda, odun elemanları daha daralır ve kalın çeperli olur. Bu şekilde "YILLIK HALKA"lar oluşur. İlkbahar halkaları sonbahara göre daha açık renklidir. Bir açık bir koyu halka bir yıllık enine büyümeyi gösterir. Yıllık halkalar sayılarak ağacın yaşı saptanır. Buna göre en içteki halka en yaşlı, en dıştaki en geç yıllık halkadır. Çünkü kambiyum tarafından en son meydana getirilen halka, en dışdakidir.

4.3.1.1. Gövde Metamorfozları

Gövdenin esas görevi dışında, başka işlere yönelmesi sonucu, gövde metamorfazları oluşur. Bunlar genelde iki gruba ayrılır:

a) Süsen (=*İris*), mührüsüleyman (=*Polygonatum*) gibi toprakaltında sürünücü bir şekilde gelişen **rizom gövdesi**; patates, yer elması (=*Helianthus tuberosus*) ve siklamen (=*Cyclamen neopolitanum*)'deki gibi toprakaltında gelişen etli ve yuvarlak **yumru gövde** ve soğan (=*Allium cepa*), sümbül (=*Hyacinthus sp.*) ve lale (=*Tulipa sp.*) gibi toprakaltında gelişen ve tabla denen gövdenin etrafında pul yapraklarla örtülü soğan (=*Bulbus*) ve sert soğan (ör. kılıçotu =*Gladiolus sp.*) gövde tiplerinin yer aldığı **TOPRAKALTI GÖVDE MATAMORFOZLARI** vardır.

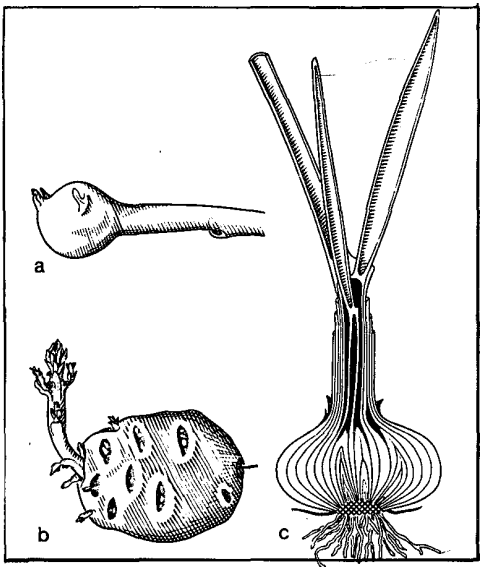
b) Gövdenin yere uzandığı sürünücü gövde, örneğin çilek (=*Fragaria vesca*); kurak bölgedeki bitkilerde yaprakların indirgendiği ve asimilasyonu da yürüttüğü asimilasyon gövdesi (ör. kaktüsler, sütleğenler); asma (=*Vitis vinifera*) gibi tutma ve sarılmaya yarayan sarılıcı gövde ve nihayet abdestbozan (=*Sarcopoterium spinosum*), kadıntuzluğu (=*Berberis vulgaris*) ve ateşdikeni (=*Pyracantha coccinea*)'ndeki gibi sürgünlerin diken halini aldığı diken gövdelerinin yer aldığı **TOPRAKÜSTÜ GÖVDE METAMORFAZLARI** vardır *(Şekil 110.1)*.

4.3.2. Monokotiledonlarda (=Tekçeneklilerde) İletim Demetleri

Monokotiledonların iletim demetleri oldukça dengeli bir şekilde sap üzerine dağılmıştır. İletim demetlerinin mikroskobik yapısı da ilginçtir. **İç kısımdaki ksilem ve dıştaki floem arasında kambiyum bulunmaz.** Kapalı iletim demetlerinden söz edilir. Enine büyüme kambiyumdan gerçekleştiği için, yucca bitkisi gibi bazı ayrıcalar dışında, **monokotiledon** (=tekçenekliler)**larda sekonder enine büyüme mümkün değildir.**

4.3.3. Su Nakli

Bitkisel ürün için suyun önemi çok büyüktür. Örneğin tahıl bitkileri bir ton dane için yaklaşık 500 ton suya gereksinim duyar. Dane karbonhidratı içinde ise sadece 0,6 ton su fikse edilir. Bir kg kuru kütle için gereken su miktarı çeşitli



Şekil 110.1: Gövde metamorfozu olarak; a ve b patatesin gövde yumrularının değişik gelişim dönemleri; a) Yumru oluşumunda; b) Olgun gövde yumrusundaki yan ve ara tomurcuklar; c) Soğanın boyuna (=*Alium cepa*) kesiti (Troll'e göre).

bitkilerde farklıdır (örneğin söğütte, akçaağaca göre iki mislidir). Su noksanlığı söz konusu olursa, su kaybı stomalar kapatılarak engellenir. Su bitkide iletim demetlerinin ölü hücreleri ve hücre çeperindeki küçük boşluklar üzerinden nakledilir. Burada endodermis hücreleri bir ayrıcalık oluşturur. Onlar suyun ve onda çözünen madde akışını kökte kontrol ederler.

Eğer gövdeden halka şeklinde bir parça soymuk çıkarılırsa yapraklar solmaz. Yani su nakli odunun iletim borularında devam eder. Bununla birlikte asimilasyon ürünleri elek boruları kesildiği için köke ulaşamaz. *Organik madde nakli iletim demetlerinin canlı hücreleri kanalı ile hücreden hücreye, "PLASMODEZM" lerle iletilir.* Ksilemdeki su nakli saatte birkaç metre hızla olabilir. Su, yer çekimine karşı önemli yükseltilere iletilir. Büyük bir olasılıkla buna yapraklardaki buharlaşma etki yapar. Ksilem borularındaki su, çekme basıncının etkisindedir. Zira su molekülleri bir su sütununda *kohezyon kuvveti* ile birarada tutulur. Buharlaşma ile su sütunu yukarıya çekilir. Su sütununun dar borularda yeterli çekme gücüne sahip olduğu deneysel olarak kanıtlanır. Su, bu güçle Mamut ağacında olduğu gibi 120 m. yükseğe çıkabilir. Su naklindeki kohezyon teorisinin karşıtı olarak ileri sürülen mekanizmaların, hiç rolü yoktur. "Kapilar güçler" ince borularda suyun iletimini sağlar; ama bu ancak suyun sadece 80 cm yüksekliğe kadar çıkarılması için yeterlidir.

4.3.4. Asimilasyon Ürünlerinin (=Asimilat) Nakledilmesi

Bitkinin klorofilsiz kısımları fotosentez yapmaz; ama karbonhidrata ihtiyaç duyar. Bunlar kök, çiçek, meyva, tohum ve gövde ucu olup yapraklardan karbonhidrat alır. Bunun iletimi floem suyu kanalı ile olur. Floem suyunda çözünen maddelerin % 90'dan daha fazlası şekerlerden ve özellikle de sakkarozdan oluşur. Az miktarda aminoasit ve azot içeren diğer maddeler de nakledilir.

Asimilatların iletimi, genel olarak "TRACER" denen radyoaktif madde kullanılarak incelenir. Eğer bir bitki, radyoaktivite yayan ^{14}C izotopunu şeker yapabiliyorsa, şekerin takip ettiği yol bitkide izlenebilir. Bu yöntemle gövdenin üst kısmındaki yaprakların asimilatlarını gövde ucuna, alttaki yaprakların ise köke ilettikleri belirlenir. Meyva oluşumu sırasında ise asimilatların tamamı meyva ve tohumlara gönderilir. Tracer yöntemi ile asimilatların iletim hızı da ölçülür. Bu hız saatte 50-100 cm'yi ancak bulur.

4.3.4.1. Asimilat İletim Mekanizması

Yaprak hücrelerinde, fotosentez nedeniyle şeker yoğunluğu yüksektir. Şeker, floem özsuyu ile yoğunluğun az olduğu bitki bölümlerine gönderilir. Yoğunluk farkları besin iletimi için kullanılır.

Şeker önce aktif olarak yaprak iç dokusu hücrelerinden iletim hücrelerine getirilir. Oradan çok sayıdaki plazma bağı üzerinden floeme geçer. Burada şeker yoğunluğu artar. Bu komşu dokulardan özellikle ksilem borularından floeme ozmotik su girişine neden olur. Kök gibi şeker yoğunluğunun düşük olduğu kısımlarda floem suyu tekrar boşaltılır. Şeker floem borularından iletim hücrelerine geçer. Oradan da, muhtemelen aktif madde iletimi ile kök hücrelerine verilir. Floemde şeker yoğunluğunun azalması, komşu hücrelerde ozmotik su çıkışına yol açar. Böylece floem özsuyu yavaşça floemin dolduğu bölgelerden, boşaltıldığı yere doğru akar. Bu teoriye, asimilat iletiminin "BASINÇLI AKIM TEORİSİ" denir.

4.4. BİTKİ VE TOPRAK

Toprak anakayanın aşınması ile meydana gelen mineralli maddelerden oluşur. Ayrıca toprakta birçok küçük canlının yaşadığı "HUMUS" denen bir kısım bulunur. Bütün bu bölge "EDAFON" adını alır. Ölü bitki ve hayvanların yıkılmasından oluşan humus, büyük moleküller içerir. Bu moleküller çevredeki sudan iyonları emer. Bitki biriken iyonları, topraktan alacağı iyonlarla değiştirebilir. Bitki katyonların alımı için H^+ iyonlarını, anyonların alımı için de HCO_3 iyonlarını dışarıya verir.

Bitkinin büyüyüp gelişmesi, toprağın dane yapısı, su içeriği, su geçirgenliği, havalılığı, ısınabilirliği, besin madde içeriği ve pH değeri gibi toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yakından ilgilidir.

Toprak üzerinde yetişen bitki örtüsü, toprağın özelliği hakkında bize bilgi verebilir. Hatta bazı bitkiler sadece belli özelliklere sahip topraklarda yetişebilir. Bunlara "GÖSTERGE BİTKİLERİ" denir. Örneğin ısırganotu azotu bol bölgeleri sever.

5. BİTKİLERDE (CANLILARDA) MADDE DEĞİŞİMİ VE ENERJİ BÜTÇESİ

Bitkiler içinde organik madde olmayan besin tuzu çözeltisinde, ışığın etkinliği ile gelişir. Büyümeleri için gerekli olan organik bileşikleri bizzat yapar. Bunun açıklanması için madde enerji kazanımı ile ilgili bazı temel soruları sormak gerekir.

a) Bitki hangi maddeleri almalıdır?

b) Organik madde üretiminde ışık nasıl kullanılır ve kendisi için gerekli diğer bütün maddeleri nasıl üretir?

c) Bitki yaşam olayları için gerekli enerjiyi nasıl kazanır?

d) Bitkisel maddelerin hayvan ve insan için önemi nedir?

e) Karasal bitkiler, su gereksinimlerini nasıl karşılar ve bu arada çok farklı yaşama yerlerindeki su ilişkilerine nasıl uymuşlardır?

Gerek bitki ve gerekse hayvanlarda maddelerin alınımı, değiştirilmesi ve yıkımı gibi olaylar metabolik olup, bunlara "MADDE DEĞİŞİMİ" de denir. Bunlar canlı-

daki tüm kimyasal olayları kapsar. Metabolik olaylar organizmanın yapımı için sadece yapıtaşları üretmez, aynı zamanda gerekli olan enerjiyi de gönderir. Bunları işlevlerine göre aşağıdaki gibi ayırtedebiliriz.

a) ASİMİLASYON: Vücuda alınan yabancı maddelerin, vücut tarafından kendine özgü madde haline dönüştürülmesidir. Asimilasyon olayları yapıcı, yani ANABOLİK tepkimelerdir. Bunların enerjiye gereksinimleri vardır. Yeşil bitkiler bu enerjiyi güneş ışınlarından sağlarlar.

b) DİSİMİLASYON: Enerjice zengin maddelerin, organizmaların yaşamsal olaylarında kullanacağı enerjiyi dışarı çıkarıp, enerjice fakir maddelere yıkımıdır. Disimilasyon olayları yıkıcı, yani "KATABOLİK" tepkimelerdir.

c) OTOTROF ORGANİZMALAR: Bunlar anorganik ve enerjice fakir maddeleri alır ve onları enerjice zengin organik maddelere dönüştürürler. Bu organizmalar, bunun için ışık enerjisi kullanırlarsa, bu olaya "FOTOSENTEZ", kimyasal enerji kullanırlarsa bu olaya "KEMOSENTEZ" adı verilir.

d) HETEROTROF ORGANİZMALAR: Yaşamlarını dışarıdan aldıkları besinle sürdürürler. Bu besinler diğer organizmaların ürettiği enerjice zengin çeşitli maddeler içerir.

Her iki organizma grubu da enerjice zengin maddeleri disimilasyonla yıkarak kullanır. Canlı hücrelerin korunabilmesi için, organizmanın sürekli enerji takviyesine gereksinimi vardır.

Madde değişimi yolu ile hücreyi oluşturan bileşimler yapılıyor ve böylece organizma büyüyorsa, hücre için bir "YAPIM METABOLİZMASI" söz konusudur. Bu hücre materyalini artırmadan onun değişimine yarıyorsa "İŞLETME METABOLİZMASI" adını alır. Her iki katabolizma şekli birbiri ile içiçedir.

Kullanılacak enerjinin (örneğin ATP yapımı gibi) üretimine yol açan ilgili metabolik olaylara "ENERJİ METABOLİZMASI" denir. Bu olay her iki metabolizmanın gerçekleşebilmesi için önemli bir koşuldur. Onu diğerlerinden ayrı düşünmek mümkün değildir.

5.1. BİTKİNİN BESİN MADDELERİ

Meşe palamudundan oluşan meşe ağacı, büyüyüp gelişerek kütlesini zamanla milyonlarca misli artırır. Gelişmesi için gerekli olan maddeleri yetiştiği bölge ve çevresinden alır. Bitkinin besinle birlikte topraktan hangi elementleri aldığı, onun kimyasal analizi ile belirlenebilir. Otsu bitkilerin taze ve kuru ağırlığı arasındaki fark % 70-90 arasında değişir. Bu suyun varlığı ile ilgilidir. Odunsu bitkilerdeki su oranı % 50'yi bulur. Bu oran çok sert olan tohum ve meyvalarda ancak % 10'a ulaşır. Bitkilerdeki ortalama su içeriği % 60-90 arasında değişir.

Kuru bir bitkinin yakılması sonucunda geriye kül ve CO_2 kalır. Ortaya çıkan CO_2 miktarından, yakmadan önceki materyalde bulunan CO_2 içeriği hesap edilebilir. Bu miktar, kuru kütlenin % 40-50'si kadardır. Külün ağırlığı da kuru ağırlığın %10'undan daha azdır. Kül anorganik bileşiklerden oluşur. Küldeki kimyasal elementlerin hangisinin bitki için önemli olduğu, bitkiyi toprakta yetiştirmek yerine, besi çözeltilerinde büyüterek saptanabilir.

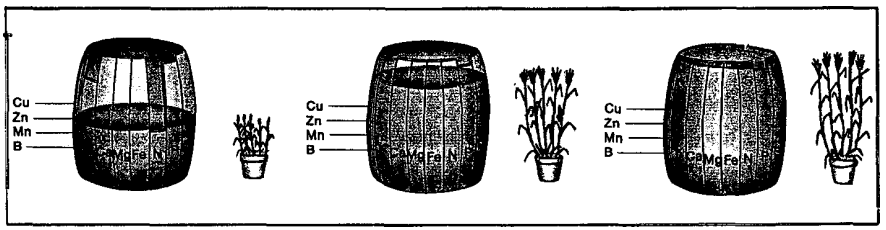
Birçok deney, bitkinin gelişmesi için C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg ve Fe gibi 10 elemente gereksinim olduğunu göstermiştir. Eğer besin için önemli olan

"BÜYÜK BESİ ELEMENTLERİ"nden herhangi birisi olmazsa, bazı bozukluklar izlenir. Bunlara ilaveten az miktarda bile olsa "İZ ELEMENTLERİ" (=Küçük Besi Elementleri)ne ihtiyaç vardır. İyonlar şeklinde alınan en önemli iz elementleri olarak Mn, Zn, Co, Cu, Mo, B, Cl ve Si'u verebiliriz. Bu elementlerin bazıları enzimlerin bir bölümünü oluşturur.

Bitkilerin büyük ve küçük besi elementlerini, karbon dışında, kökleri ile ve aşağıdaki şekillerde alırlar:

a) H ve O'ni su olarak,
b) N'u, nitrat veya amonyum iyonu olarak,
c) S ve P'ı sülfat ve fosfat olarak,
d) K, Mg, Ca, Fe ve küçük elementlerin çoğunu katyon olarak,
e) Cl'u kloridion olarak alırlar.

Bitkinin gelişimi besin maddesinin en düşük seviyede olmasına göre gerçekleşir. Yani bu elementlerin en düşük miktarlarda bile alınma zorunluğu vardır. LIEBIG tarafından bulunan bu kurama "MİNİMUM KURAMI" denir. Bu kuram bitkilerin gübrelenmesinde çok önemlidir *(Şekil 113.1)*.



Şekil 113.1: Minimum Kuramı. Bitkisel ürün (fıçının dolu hali) en az bulunan besin maddesince saptanır (en az doluluk). En büyük hasıla ancak tüm besin maddelerinin optimal miktarda olması halinde söz konusudur. (Linder'den)

6. BİTKİLERDE ENERJİ KAZANIMI VE MADDE YAPIMI

Saksıda yetiştirilen bir bitki gün geçtikçe ağırlaşır. Kütle artışı havadan alınan CO_2'in organik maddeye dönüştürülmesi ile ilişkilidir. Bu arada O_2 de açığa çıkarılır. Bitkiler, hayvan ve insanın soluyarak kullandığı ve CO_2'ce zengin havayı tekrar yeniler. Bu olay sadece ışık varsa olur. Bu durum ışıkta özellikle O_2 kabarcığı yapan bazı su bitkilerinde rahatça görülebilir.

ENGELMANN'ın deneyinden izleneceği gibi aerob bakteriler, yeşil alg şeritlerinin ışıklı bölgelerinde birikir. Böyle bir alg şeridine renkli ışık verilirse mavi ve kırmızı ışık, özellikle yüksek etki yapar. Yeşil ışık ise O_2 üretimine etkili değildir. Yeşil alg, yeşil renk maddesi "KLOROFİL" içerir. Bu ise yeşil ışığı emmez. Işığın emilmesiyle bitki tarafından ışık enerjisi alınır. Daha sonra CO_2 ve H_2O'nun katıldığı karışık bir kimyasal reaksiyonda enerjice zengin yüksek moleküllü bileşikler, yani karbonhidratlar sentezlenir. Gerekli enerji güneş ışınından alındığı için, bu olaya "FOTOSENTEZ" denir. Fotosentez olayı kısaca aşağıdaki formülle gösterilir.

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık Enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Fotosentez yeryüzündeki en temel metabolik faaliyettir. Fotosentezle biyolojik kütle yapılır. Yaşam olayları için "ENERJİ" bağlanır ve solunum için "OKSİJEN" üretilir. İnsan, hayvan ve bitkilerin yaşamı fotosenteze bağlıdır. Yeryüzünde her yıl 150 milyar ton karbonhidrat fotosentezle üretilir. Tek bir yapraklı ağaç bile, günde 12 kg karbonhidrat ve 9 000 litreden fazla O_2 üretebilir. Bir kayın (*Fagus* sp.) ağacının fotosentetik faaliyeti *Tablo 114.1*'de görülmektedir. Havanın CO_2 içeriği % 0,3 ile oldukça düşüktür, ama bu tüm yeşil bitkilerin fotosentez yapmaları için yeterlidir. Ayrıca solunum ve biyolojik yıkım kanalı ile fotosentezde kullanılandan daha çok CO_2 havaya geçer. Diğer taraftan tüm jeolojik çağlarda fotosentez ürünü olan fosil enerji kaynaklarının miktarı sürekli olarak azalmaktadır.

Tablo 114.1 : Bir Kayın Ağacının Fotosentetik Faaliyeti

15 yaşındaki bir kayının
15 000 yaprağı
1 200 m^2 yaprak yüzeyi
10^{74} kloroplastı
180 gr klorofili vardır.

Güneşli bir günde 9 400 litre CO_2 asimile edilir. Bunun için 36 000 m^3 havaya gereksinim duyulur. Sonuçta 9 400 litre O_2 üretilerek, 45 000 litre hava rejenere edilir (yenilenir). Bu ise 2-3 insanın günlük solunum gereksinimini karşılar. Bunun dışında 12 kg karbonhidrat üretilir.

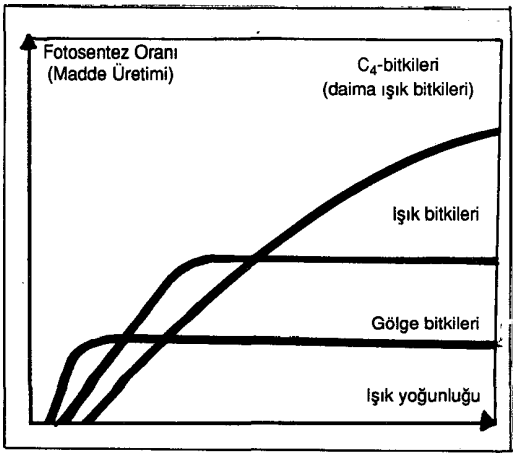
30 cm^2'lik bir yaprak (tek yüzü ele alınırsa) saatte 4,7 mg CO_2 asimile eder ve yine bir saatte 2,4 ml O_2 üretir.

6.1. FOTOSENTEZİN ABİYOTİK FAKTÖRLERE BAĞIMLILIĞI

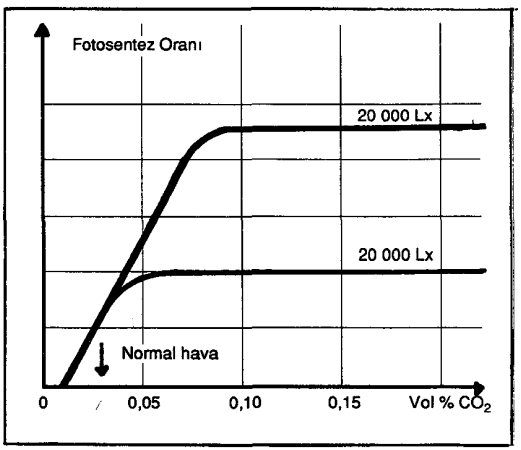
6.1.1. Işık

Kayın karışık ormanının zemininde ilkbaharda çalıgülü bitkisinin yetiştiği görülür. Bu bitki burada çok iyi gelişir; çünkü daha henüz iyi gelişmemiş kayın yaprakları güneş ışığının zemine inmesine engel olamaz. Bunun sonucu olarak ışık zemine ulaşır. Kayının yaprak çatısı zamanla gelişir ve ışığın alt tabakaya geçişi engellenirse gülün yerüstündeki kısımları ölür. Zira bitkinin fotosentez yapabilmesi için yeterli ışık gelmez ve solunumla kaybedilen organik maddeyi karşılayacak madde fotosentezle üretilemez. Solunumla kullanılan ve fotosentezle üretilen ışık yoğunluğunun eşitliği durumuna "IŞIK KOMPENZASYON NOKTASI" denir.

Fotosentez ışık yoğunluğuna bağlıdır. Bununla birlikte laboratuvar deneyleri, ışığın istendiği kadar artırılması ile fotosentezin çoğalmadığını gösterir. Belli bir ışık yoğunluğunda, yani ışık doyumunda fotosentez faaliyeti maksimuma ulaşır. Bu maksimum, çalıgülünde çançiçeğine göre daha yüksek olduğundan, çançiçeği ge-



Şekil 115.1: Çeşitli bitki gruplarında fotosentez oranının ışık yoğunluğuna bağımlılığı (Linder'den).



Şekil 115.2: Bir ışık yaprağında fotosentez oranının CO_2 yoğunluğu ve ışık intensitesine bağımlılığı. CO_2 sunumunun artışı ile önce fotosentez yükselir; ama daha sonra etkin ışık fotosentezi sınırlar. Bu da dış faktörlerin karşılıklı olarak etki yaptıkları için iyi bir örnektir. (Linder'den).

lişirken çalıgülü ölür. Bu nedenle *"ışık ve gölge"* bitkileri ayrımı yapılır. Gölge bitkileri, daha zayıf ışık yoğunluğunu kullanabilme avantajına sahiptir. Bunların ışık kompenzasyon noktası, düşük ışık yoğunluğunda aşılır. Böylece bu bitkilerin gölge olan bölgelerde yetişmeleri mümkün olur. Işık bitkileri ise, kuvvetli ışığı daha iyi kullanır *(Şekil 115.1 ve 115.2).*

6.1.2. Sıcaklık

Fotosentez faaliyetinin en iyi gerçekleştiği optimum bir sıcaklık basamağı vardır. Bu optimum, doğal yetişme alanlarının koşullarına uygun olarak farklıdır. Optimal basamağın dışında fotosentez faaliyeti azalır. Soğukta, bütün kimyasal reaksiyonlar gibi fotosentez de yavaş olaylanır. Çok yüksek sıcaklıkta da fotosentez enzimleri zarar görür.

6.1.3. Havanın CO_2 İçeriği

Seralara ıslak saman balyaları konarak bitkilerin büyümeleri artırılır. Islak samandaki bakteriyel yıkım olayları seranın CO_2 içeriğini de artırır. Böylece bitkinin daha iyi fotosentez yapması sağlanır *(Şekil 115.2).*

6.2. YAPRAKTAKİ RENK MADDELERİ

Bitkilerin yaprağı sonbaharda solar. Bu dönemde ilkbahar ve yazın, yaprağa yeşil rengi veren "Chlorophyll a ve b" kimyasal olarak yıkılır. Magnezyum gibi tekrar kullanılacak maddeler gövdeye döner. Yaprakta klorofilin yıkım ürünleri ve yeşil klorofilin bloke ettiği sarı ve kırmızı yaprak renk maddeleri geri kalır. Bu renk maddeleri "KAROTİNOİD"ler ve özellikle "BETA-KAROTİN"dir. Geriye kalan renk

maddelerinin bileşimine göre yaprağın sonbaharda farklı renkler aldığı görülür. Kan kayını gibi bazı bitkilerde kırmızı renk maddeleri ANTOKYAN yazın bile klorofili bastırır.

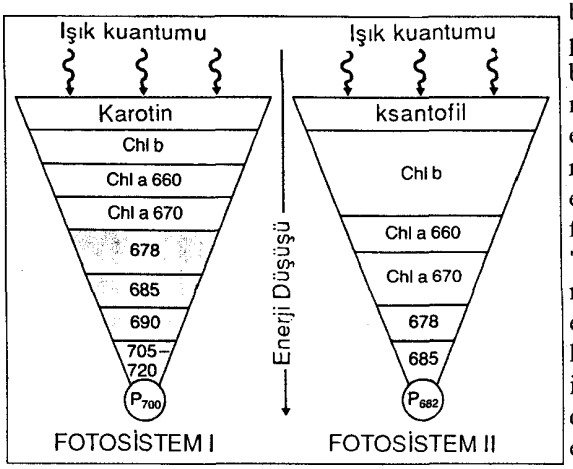
Klorofilsiz bitkiler de vardır. Kırmızı şapkalı kaktüs klorofilsiz bir mutant olup rengi karotinoid nedeni ile parlak kırmızı veya sarıdır. Yeşil bir kaktüsün üstüne aşılanarak orada yaşar. Yazgülü ve ipek yonca da klorofilsiz bitkilerdir. Bunlar diğer bitkilerde parazit olarak yaşar ve heterotrof olarak beslenir.

6.2.1. Fotosistemler

Klorofil ve karonitoidlere sadece plastidlerde rastlanır. Bunlar fotokimyasal reaksiyon üniteleridir ve *"renk maddesi bütünü"* veya *"fotosistem"* diye adlandırılır ve birarada bulunurlar. Kloroplastı tilakoid renk membranlarının içine yerleşen bu maddelerden her biri, 300 renk maddesi molekülünden oluşur.

Bir fotosistemdeki tüm renk maddesi molekülleri ışık enerjisini emer; ama bu enerjiyi sistemde sadece bir tane aktif klorofil molekülü, gerçek fotosentez reaksiyonu için fotokimyasal olarak kullanır. Bu da *"klorofil a"*dır. Bu aktif klorofil molekülüne fotosistemin *"TEPKİME (=REAKSİYON) Merkezi"* denir. Fotosistemin diğer renk madde molekülleri, ışık enerjisinin yakalanıp reaksiyon merkezine nakline yarar. Fotosistem bir huni modeli olarak düşünülebilir *(Şekil 116.1)*. Işık, en üstteki renk madde molekülüne isabet ederek, onu harekete geçirir. Enerji buradan alttaki renk maddesi molekülüne taşınır ve tekrar iletilir. Bunu izleyen molekül, öncekine göre daha az aktivasyon enerjisine sahiptir. Bu, çok az emilim farkına yol açar ve reaksiyon merkezine hedeflenen şekilde enerji naklini sağlar. Buna *"IŞIK TOPLAMA TUZAĞI"* denir. Böylece çok düşük miktarda ışık da yakalanabilir ve fotosentez kazancı artırılır. Işık enerjisini emen ve emilen enerjiyi reaksiyon merkezine taşıyan renk maddesine *"ANTEN PİGMENTİ"* denir.

Işık toplama tuzağı modeline göre reaksiyon merkezi, huninin tabanında bulunur. Krolofil-a molekülü protein molekülüne bağlanması ile diğer klorofil moleküllerinden ayrılır. Bağ, emilmeyi etkiler ve kırmızı renk bölümündeki maksimum emilmeyi belirler. İki farklı fotosistem vardır. Bunlardan *"Fotositem I"* reaksiyon merkezi olarak maksimum emilmenin 700 nm olduğu bir klorofil-a protein kompleksi içerir. Bu nedenle buna "P_{700}" denir. *Fotosistem II* "P_{680}" emilim maksimumunun 680 nm olduğu bir klorofil-a protein kompleksi içerir.



Şekil 116.1: Renk maddesi kollektivi. Işık enerjisi anten pigmentlerince toplanır ve tepkime merkezine iletilir (Biologie h.'den).

Dalga boyu 500-550 nm arasındaki yeşil ışık, klorofil tarafından emilemez. Etki tayfı, bu dalgaboyu basamaklarında bile, fotosentezin yüksek olduğunu gösterir. Burada aslında, karotinoidler enerjiyi emer ve klorofile taşır. Böylece bu ışık enerjilerinden yararlanılır ve spektrumun fotosentetik olarak etkisiz olduğu *"yeşil boşluğu"* denen kısmı oldukça daralır.

6.2.2. Fotosentezin Olaylanması

Fotosentezde CO_2 ve H_2O'dan, bir karbonhidrat olan üzüm şekeri (=glikoz) yapılır. Bunun gerçekleşmesi güneş enerjisi ve klorofil maddesinin varlığı ile mümkündür. Yerküre güneşten her saat $1{,}53x10^{17}$ kcal (1 kcal=4,186 kilojoule, kJ= $1{,}163x10^{-3}$ kilowatt saat) güneş enerjisi alır. Bunun % 30'u tekrar atmosfere geri döner (=planet Albedosu). Diğer bir kısmını da atmosfer emer ve sadece % 45'i yeryüzüne iner.

Yerküreye gelen ışığın dalga boyu 400-750 nm'dir. Bu da fotosentezde kullanılmaya elverişlidir. İnsanların kullandıkları yıllık enerji, yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin ancak % 0,008'dir (=$5x10^{16}$ kcal). Yerküreye inen ışık enerjisinin ancak % 0,12'si yeryüzünde kullanılır. Her yıl fotosentezle $6{,}9x10^{17}$ kcal'lik bitkisel kuru madde depolanır. 1 kg kuru madde sentezi için kültür bitkileri 300–800 kg su buharlaştırır. Bir hektar (=10000 m^2) lık tahıl tarlasında bir vejetasyon döneminde 10 ton biyokütle (bunun 4-5 tonu buğday danesidir) elde edilir. Bunun içinde 3-4 milyon litre su kullanılır. 1m^2 lik kayın yaprağının bir yüzünde günde 10 gr karbonhidrat üretilir. Bir soya fasulyesinde 18, mısırda 24 gr. kuru ağırlık artışı/m^2 x gündür. Karbonhidrat ve O_2 üretiminin tüm canlılar ve özellikle insan için önemi çoktur. Bir insan yılda 1 milyon kcal'yi besin maddesinden almak durumunda olup, bu da 250 kg karbonhidrata eşdeğerdir. Yani yeryüzünde üretilen ürün, enerji olarak düşünülürse $1{,}4x10^9/0{,}25=5{,}6$ milyar insana yetebilir. Bu ise bitkilerin ve doğal alanların bozulmadan korunmasına bağlıdır.

Karbonhidratlar genel formülleri $(CH_2O)_n$ olan bileşiklerdir. Karbonhidrat CO_2'e göre daha az O_2 içerir; ama ayrıca H'_2'e de sahiptir. *Kimyasal olarak değerlendirilirse, fotosentez bir* ***"indirgeme"*** *dir.* Bunun bir indirgenme (=redüksiyon) olayı olup olmadığına, bazı sorular sorarak karar verebiliriz. Şöyle ki:

a) Bir indirgenme olayının redüksiyon maddesine ihtiyacı vardır. Bu nereden karşılanacaktır?

b) Redüksiyon olayı endergoniktir, yani bunun için bir redüksiyon enerjisi gerekir. Bu enerji nasıl sağlanacaktır?

c) Redüksiyon hücrede bazı yapılara bağlı olmalıdır ve bozuklukların olmaması için belli bir mekanizmaya göre işlemelidir. Bu nerede ve hangi mekanizmaya göre olacaktır.

Klorofile, sadece fotosistemlerde, kloroplast membranında rastlanır. Böylece ışık emilmesi ve ona bağlı fotokimyasal reaksiyonların tilakoidlerde olacağı anlaşılır. Buna biyokimyasal reaksiyonlar da katılır; bunlar tilakoidlerin ara bölgelerinde yani "STROMA"larda olaylanır.

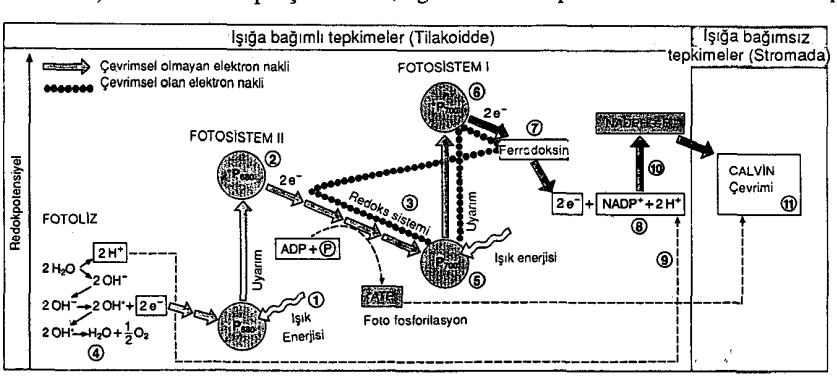
6.2.3. Fotosentez Reaksiyonları

Fotokimyasal reaksiyonlar büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olarak olaylanır. Fotoğraf çekerken, filmin yaz veya kış mevsimlerinde aydınlatılmasının hiç önemi yoktur. Halbuki bağların parçalandığı veya bağlandığı biyokimyasal reaksiyolarda bu RST-kuralının (=reaksiyon sürati temperatürü) etkisindedir.

Bu kurala göre, 10 kelvinlik sıcaklık artışında reaksiyon sürati iki misli artar. Artan sıcaklıkla birlikte fotosentez işlevi de bir optimuma kadar yükselir. Bununla birlikte bu durum yüksek bir ışık kuvvetinde geçerlidir. Düşük ışıkta, sıcaklığın artışının hiçbir etkisi yoktur. *Kuvvetli ve zayıf ışıkta fotosentezin farklı oluşu, fotosentezin bir fotokimyasal (sıcaklığa bağımsız) ve bir de biyokimyasal (sıcaklığa bağımlı) reaksiyon basamağından oluştuğunu gösterir. Fotokimyasal reaksiyonlarda* ***PRİMER*** *veya* ***IŞIĞA BAĞIMLI REAKSİYON****'lar, ikinci kısma* ***SEKONDER*** *veya* ***IŞIĞA BAĞIMSIZ REAKSİYON****''lar denir.* Fotokimyasal reaksiyonlarda yapılan maddeler, biyokimyasal reaksiyonlarda işlenir. Kuvvetli ışıkta fotokimyasal reaksiyonlar yeterli miktarda madde üretir. Böylece sekonder reaksiyonlar için yeterince madde hazırlanmış olur. Reaksiyonun bütünü sıcaklığa bağımlıdır. Bununla birlikte zayıf ışıkta daha az madde üretilir. Sıcaklığın artması da fotosentez işlevinin artmasına etki etmeyebilir.

6.2.4. Redüksiyon Maddesinin Hazır Olması

Fotosentezin genel formülünden de görüleceği gibi, karbonhidratın H_2'i sudan sağlanır. Yani su molekülleri parçalanmalıdır. Parçalanma, H^+ ve OH^- iyonlarının dissosiasyonu ile karıştırılmamalıdır. Onun yerine burada, kimyasal elektrolizle karşılaştırılabilen endergonik bir parçalanma söz konusudur. Elektrolizde su, elektrik enerjisi kullanılarak O_2– ve H_2+ gazlarına parçalanır. Fotosentezde suyun parçalanması için ışık enerjisi kullanılır. Bu nedenle suyun **"FOTOLİZİ"**nden söz edilir. Burada oksijen gazı da meydana gelir; ama moleküler H_2 oluşmaz. Mekanizmada proton ve elektronlar farklı yollara girer. Yolların sonunda proton ve elektronlar H_2 atomuna birleşir ve $NADP^+$'yi NADPH + H^+'ne indirger. NADPH + H^+ fotosentezin gerçek redüksiyon maddesi olup, ışığa bağımlı olaylarda tekrar kullanılır *(Şekil 118.1)*. Fotolizde su parçalanması, ağır ^{18}O- izotopu ile kanıtlanabilir. İzotop,



Şekil 118.1: Işığa bağımlı reaksiyonların şeması. Sudan, $NADP^+$'ye doğru olan endergonik elektron naklini ışık enerjisi gerçekleştirir (Biologie h.'dan).

su molekülüne yüklenir ve fotosentezde izotopun yolu izlenir. Bu sadece dışarıya verilen O_2'de bulunur. Fotosentez eşitliği daha da uzayabilir (ağır O_2'nin altı çizilidir)

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

6.2.5. Redüksiyon Enerjisinin Hazır Olması

Emilen ışık enerjisinin bir bölümü fotoliz ve $NADP^+$ nin redüksiyonu ile bağlanır. Bunun yanında ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştüğü başka bir reaksiyon da olur. ATP redoks olayları sayesindeki bağlanma ile yapılabilir. ATP'nin ADP'den sentezi ve anorganik fosfat, bir fosforilasyondur. Fotosentezde ATP'nin yapımına *FOTOFOSFORİLASYON* denir.

6.2.6. Redüksiyon Mekanizması

6.2.6.1. Işığa Bağımlı Reaksiyonlar

Gözlemlere Fotosistem II'deki reaksiyon merkezi P_{680} ile başlayalım: Rakamlarla verilen basamakları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

① Işık enerjisi alınarak reaksiyon merkezi aktive edilir;

② Aktive edilen durum $*P_{680}$ olarak gösterilir. Aktivasyon durumu, bir elektronu komşu akseptora taşımaya energetik olarak yeterlidir. Bu, elektron alımı ile indirgenir. Bununla birlikte hemen tekrar okside olur. Burada bir elektron başka bir sisteme taşınır. *Oksidasyon ve indirgenme durumu arasındaki sürekli değişim nedeni ile böyle bir moleküle* ***REDOKS SİSTEMİ*** denir;

③ $*P_{680}$ tarafından verilen elektron, tam bir redoks sisteminin sahip olduğu zincir tarafından yer değiştirilir. Böyle bir düzene *ELEKTRON NAKİL ZİNCİRİ* denir. Zincir içinde sistemden sisteme elektron alımı için bir eğilim gittikçe artar. Elektronlar enerji düşüşünde aşağıya doğru göçer. Zincirin son redoks sistemi elektronu Fotosistem I'in P_{700}'üne taşır, P_{680}'nin ışıkla aktivasyonu ve elektron nakil zinciri üzerinden elektron göçü, P_{680}'de bir elektron boşluğu yaratır. Bu boşluk su elektronları ile tekrar doldurulur. Su molekülleri dissosyasyonla proton (H^+) ve hidroksiliyonlarına (OH^-) ayrılır. Işık aktivasyonu ile Fotosistem II'de oluşan elektron boşluğu, daha henüz araştırılmamış redoks sistemlerinin katılımı ile bir elektron çekimi uygular. Böylece, hidroksil iyonlarından elektronlar ayrılır;

④ *İyonlar boşalır ve moleküler oksijeni parçalayan hidroksil radikalleri oluşur. Yani ışık enerjisi kullanılarak su parçalanır. Bu olaya da* ***FOTOLİZ*** *denir.*

⑤ Fotosistem II ve I arasındaki elektron nakil zincirinin son basamağı, Fotosistem I'deki P_{700} adlı reaksiyon merkezidir. P_{700} ancak bir elektron boşluğu varsa, elektron alabilir. Fotosistem II'de olduğu gibi bu reaksiyon merkezinde de ışık aktivasyonu ile böyle bir boşluk açılır, P_{700} ışık enerjisini emer ve aktive edilir;

⑥ aktive olan reaksiyon merkezi;

⑦ demir içeren bir redoks sisteme, yani **FERRODOXİN**'e bir elektron verir,

⑧ ferrodoksin bu elektronu $NADP^+$ ye taşır;

⑨ aynı zamanda protonlar tepkir;

⑩ ve $NADP^+$, $NADP^+ + H^+$'e indirgenir;

⑪ bu daha sonra ışığa bağımsız reaksiyonlara geçer.

Işıkta, hidroksil iyonlarından sürekli bir elektron akışı Fotosistem II'ye, oradan I'e ve nihayet $NADP^+$'ye doğru olur. Bu elektron akışı enerji düşüşüne karşı olur, bunun aksi olmaz; çünkü o fotosistemlerin her iki motoru ile aktive edilir. Işık enerjisinin bir bölümü de fotofosforilasyonda ATP sentezinde kullanılır. Bunun için iki olasılık vardır: İlkinde ATP sentezi, Fotosistem II ve I arasındaki elektron nakil zincirine bağlanır. Buna *ÇEVRİMSEL OLMAYAN FOTOFOSFORİLASYON* denir.

Bunun yanında muhtemelen ışığa bağımlı reaksiyonlarda enerji bağlanmasının başka bir şekli de vardır. Buna sadece Fotosistem I iştirak eder. Işık aktivasyonundan sonra elektronlar ferrodoksine akar; ama oradan NADP+'ye gidemeyip redoks sistemi kanalı ile P700'e geri döner. Bu esnada ATP yapılır. Bu durumda **ÇEVRİMSEL FOTOFOSFORİLASYON**'dan söz edilir. Burada NADP+'nin redüksiyonu ve su parçalanması olmaz.

6.2.6.2. Işığa Bağımlı Olmayan Reaksiyonlar

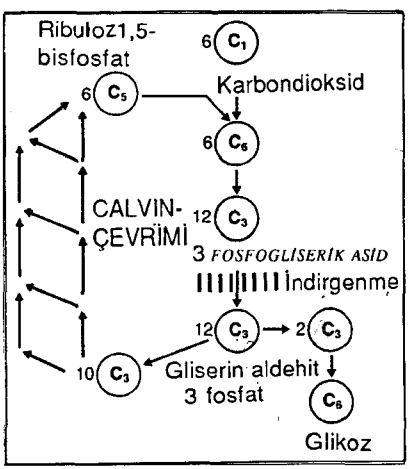
Işığa bağımlı olmayan reaksiyon ürünleri CO_2'in karbonhidrata redüksiyonu için kullanılır. Bu olaylar ışığa bağımsızdır. Bunlar CALVIN tarafından *AUTORADYOGRAFİ* kullanılarak araştırılmıştır.

Işığa bağımsız tepkimeler üç bölümden oluşur:

a) Bu basamakta CO_2 bir akseptöre bağlanır. Işıklandırılan yeşil algdeki madde yoğunluğu ölçülerek bu akseptör belirlenir. Eğer CO_2 iletimi aniden durdurulursa fotosentez kesilir. Akseptör tepkiyemediğinden birikir. Burada kimyasal olarak "Ribulose-1,5-bisfosfat" denen **"pentoz"** söz konusudur.

CO_2 birikimi ile 6C-atomlu değişken bir ara ürün oluşur ve derhal 3C-atomlu iki moleküle ayrılır. Bu her iki 3C maddesi, 3-fosfogliserik asit'tir.

b) İkinci basamakta ışığa bağımlı reaksiyon ürünleri işlenir. $NADPH^+ + H^+$ ve ATP 3-fosfogliserik asiti "gliseraldehit-3-fosfata" indirger. Bu basamak fotosentez için hayati önem taşır; çünkü gliseraldehitle 3C atomlu bir karbonhidrat, yani "Trioz" oluşur. Sonrasında iki molekül trioz bir molekül heksozla birleşir. Bunlar, önce "fruktoz-1,6-bisfosfat" oluşturur. Bu da daha sonra bir fosfat ayırarak glikoza dönüşür. Bununla birlikte 12 triozdan sadece ikisi bu yolu izler.



Şekil. 120.1: Calvin çevrimi şeması.

c) Üçüncü basamakta CO_2 akseptörü geriler. Bir dizi karışık kimyasal reaksiyonun sonucu olarak "gliser aldehid-3-fosfatın" büyük bir bölümü buraya gelir. 12 trioz molekülünden 10 molekül ayrılır ve akseptörün 6 molekülünün yapımında kullanılır. Bulucusunun ismine uygun olarak bu çevrim olayına *"CALVİN ÇEVRİMİ"* denir *(Şekil 120.1)*.

Tablo 121.1 : Fotosentezin formüllerle gösterilmesi

Fotoliz	$12\,H_2O \xrightarrow[\text{enerjisi}]{\text{Işık}} 6\,O_2\uparrow + 24\,H^+ + 24\,e^-$
Redüsiyon maddesi oluşumu	$12\,NADP^{\oplus} + 24\,H^+ + 24\,e^- \xrightarrow[\text{enerisi}]{\text{Işık}} 12\,NADPH + 12\,H^+$
Fotofosforilasyon	$18\,ADP + 18\,\textcircled{P} \xrightarrow[\text{enerjisi}]{\text{Işık}} 18\,ATP$
Işığa bağımlı reaksiyonlar	$12\,H_2O + 12\,NADP^{\oplus} + 18\,ADP + 18\,\textcircled{P} \xrightarrow[\text{enerisi}]{\text{Işık}} 6\,O_2\uparrow + 12\,NADPH + 12\,H^+ + 18\,ATP$
Işığa bağımsız reaksiyonlar	$6\,CO_2 + 12\,NADPH + 12\,H^+ + 18\,ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12\,NADP^{\oplus} + 18\,ADP + 18\,\textcircled{P} + 6\,H_2O$
Tepkimelerin tamamı	$12\,H_2O + 6\,CO_2 \xrightarrow[\text{enerisi}]{\text{Işık}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2\uparrow + 6\,H_2O$

Fotosentez olayının tamamının incelenmesinden de görülebileceği gibi, bir glikoz molekülünün oluşabilmesi için 12 ($NADP^+ + H^+$) ve 18 ATP'ye gereksinim duyulur *(Tablo 121.1)*. Işığa bağımlı reaksiyonlarda 12 su molekülü fotolizle parçalanır ve 24 elektron, fotosistemlerin yardımı ile akar. Bu ise toplam 48 ışık aktivasyon olayını gerektirir. Bu ışık miktarının enerjisinden, fotosentezin fotokimyasal etki derecesi hesaplanabilir. Bundan, karbonhidrata kimyasal olarak bağlanan ışık enerjisinin bir kısmı anlaşılır. Bunun etki derecesi yaklaşık % 30'dur.

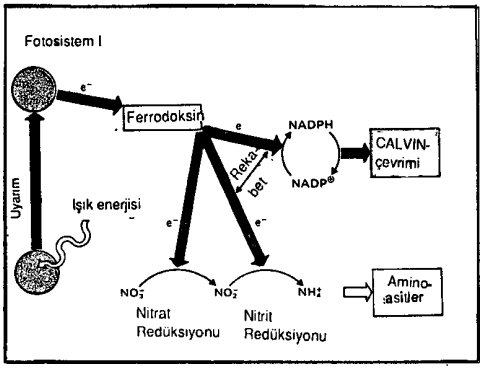
Yeşil yaprağa gelen her şey fotosistemin aktive edilmesinde kullanılan ışık olmadığından, bir yaprağın emdiği ışık enerjisinin % 1'den daha az bir kısmı kimyasal enerjiye dönüştürülür.

6.2.7. Otoradyografi

Amerikalı biyokimyacı MELVİN CALVIN radyoaktif ^{14}C izotopunu CO_2 içine yerleştirip, bunu yeşil alg kültürüne koydu. İşaretli C algler tarafından alınarak fotosentezde kullanılır. CALVIN, reaksiyonları çeşitli zamanlarda kesip algleri alkolde öldürdü. Bundan sonra hücre ekstrelerini elde etti. Kromotografi ile onları ayırıp, radyoaktif olarak işaretli maddeleri tanıdı. Böylece Calvin fotosentezde C'un gittiği yolu izleyerek ışığa bağımsız reaksiyonların nasıl olaylandığını açıkladı.

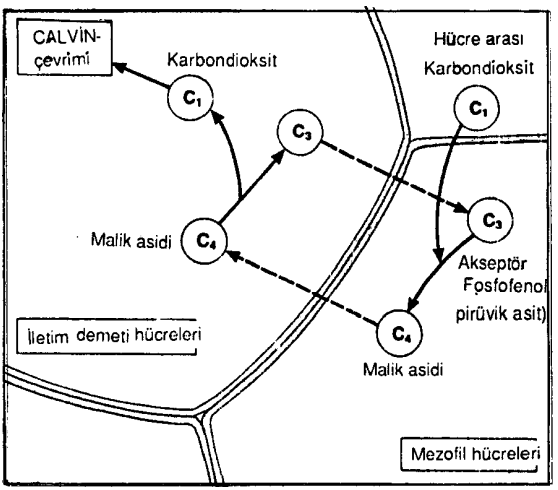
6.2.8. Azotun Redüksiyonu (=İndirgenmesi)

Aminoasit ve diğer bileşiklerin sentezi için bütün organizmalar azota gereksinim duyar. Yüksek organizasyonlu bitkiler N'u NO_3^- iyonu olarak, yani en yüksek oksidasyon formunda alır. Halbuki metabolik olaylardaki değişim, şadece amonyum (NH_4^+) iyonu üzerinden; yani en fazla indirgenmiş şekli ile olur. Bu nedenle bitkiler nitratı çok sayıda enzim kullanarak indirger. Bunun için gereken elektronlar Fotosistem I'den sağlanır. Elektron nakil zinciri elektron taşır. İlk redoks sistem yine "FERRODOKSİN"dir. Elektronların hangi nakil zincirine aktığı, yani C veya N'un redüksiyonuna hizmet edip etmeyeceği katılan madde yoğunluklarının akıcı dengesine bağlıdır.Havadaki zengin N rezervi, yüksek organizasyonlu bitkilerce



Şekil. 122.1: Azotun indirgenmesi.

kullanılamaz. Bitkisel ürün uzaklaştırılıp madde çevrimi engellenirse, arazi azot ve fosfor mineral tuzları bakımından fakirleşir. Aynı şekilde tuzlar yağmurla topraktan yıkanır. Yumru bakterileri gibi bazı bakteriler bitki köklerinde havanın azotunu bağlar ve organik maddeye dönüştürür *(Şekil 122.1).* N tuzları bakımından fakirleşen tarım arazisi, bu bakterilerin faaliyeti ile zamanla N'ca zenginleşir.



Şekil 122.2: C_4-bitkilerindeki CO_2 bağının tepkime şeması.

6.2.9. C_4 Bitkileri

Mısır, Orta Amerika kökenli bir bitkidir. Çavdar ve buğdaya göre yüksek sıcaklık, kuraklık ve kuvvetli ışıkta daha çabuk büyür ve daha çok madde üretir. Bu durum CO_2'in özel bir şekilde ve etkin olarak işlenmesine bağlıdır. CO_2, mısır veya trop ve subtrop kökenli birçok bitkide, önce *"fosfofenol pirüvik asit"* adlı 3C-atomlu bir akseptöre birikir. Daha sonra 4C-atomlu *MALİK ASİT* oluşur. Bu nedenle C_4 bitkilerinden sözedilir. Diğer yeşil bitkilerde CO_2, *Ribulose-1,5-bisfosfat*'a birikir ve C_3'ün ilk statik ürünü olan *FOSFOGLİSERİK ASİDİ* oluşturur. Bu nedenle bu bitkilere C_3-bitkisi denir.

C_3 ve C_4 bitkilerinin yaprak iç dokularının anatomik yapıları farklıdır. C_3-bitkilerinde iletim demetleri, demet kılıf hücrelerinin oluşturduğu bir yaka tarafından sarılır ve bunların kloroplastları sadece az miktarda *Granatilokoidi* taşır *(Şekil 122.2).* İletim demetlerini saran örtünün etrafında normal klorofilli *MEZOFİL HÜCRELERİ* yer alır. Mezofil hücrelerinin kloroplastlarında CO_2'in akseptöre bağlanması gerçekleşir. Üretilen malik asit buradan iletim demeti örtü hücrelerine iletilir ve orada akseptör ve CO_2'de parçalanır ve daha sonra da CALVIN çevriminde tekrar işlenir.

C_4-bitkilerinin fotosentezi, doğal yetişme alanlarının koşulları altında, C_3-bitkilerinkine göre, daha etkilidir. Bu yüzden de özellikle kurak ve sıcak bölgelerde C_4-bitkileri yaşar. Bütün bitkilerin stoma açıklığı kurak hava koşullarında tamamen

kapanır. Böylece buharlaşma azalır. Ama bu durumda da alınan CO_2 miktarı azalır. C_4-bitkileri aldıkları bu düşük miktarı çok iyi kullanmak zorundadır. Çünkü onların akseptörü C_3-bitkilerinkine göre CO_2'i daha kolayca bağlar. Bu yüzden de C_4-bitkileri, solunum veya diğer metabolik olaylarda serbestleşen CO_2'i kaybetmez.

6.2.10. Diurnal (=Gündüz) Asit Ritmi

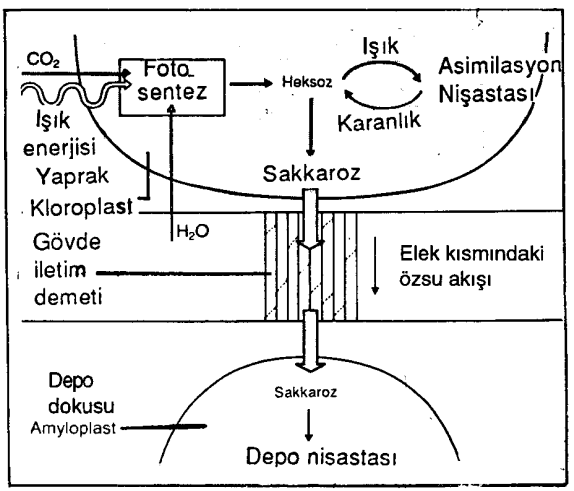
Stoma açıklığı kaktüslerde gündüzleri tamamen kapalıdır; ama geceleri açılır ve bunlar CO_2 alırlar. CO_2 akseptöre bağlanır ve oluşan malik asit büyük vakuollerde depolanır. Böylece geceleri asit içeriği artar. Gündüzün stomalar kapalı iken, malik asit tekrar yıkılır ve açığa çıkan CO_2, CALVIN çevriminde kullanılır. Böylece asit içeriği tekrar azalır. *Asit içeriğinin gündüz-gece ritmine bağlı olarak sürekli değişimi nedeniyle, "diurnal asit ritm"inden söz edilir.* Buna göre kaktüs ve diğer bazı bitkilerde, CO_2 alımı ve işlenmesi zamana bağlı olarak ayrılmıştır.

6.2.11. Fotosentez Ürününün İşlenmesi

Yeşil yaprak, uzun süre aydınlatılırsa içindeki nişasta kanıtlanabilir. Yaprak alkole batırılır ve renk maddeleri ekstre edilir. Bunun sonucunda sararan yaprak iyod ve potasyum iyodid çözeltisine konur. Oluşan siyah mavi renk nişastanın kanıtıdır. Elektron mikroskopik araştırmalar, nişastanın kloroplastların tilakoidleri içinde biriktiğini gösterir. Bu nişastaya *PRİMER* veya *ASİMİLASYON NİŞASTA*'sı denir. Fotosentezin enerjice zengin son ürününden, yani glikozdan, üretilen bu nişasta, karbonhidratın ozmotik etkisi olmayan bir depo şeklidir.

Kloroplastların asimilasyon nişastası için madde alım yeteneği sınırlıdır. Bunun dışında, yaprağın uzun süre karanlıkta kalması sonucunda onda nişasta tesbit edilemez. Bu nişasta geceleri yıkılarak nakledilir. Yıkımda bir disakkarid olan *SAKKAROZ* oluşur. *Sakkaroz transport şeklidir. Transport iletim demetlerinde, floem özsuyunda gerçekleşir.*

Sakkaroz bitkinin kök, yumru, tohum ve meyva gibi yeşil olmayan kısımlarına nakledilir ve orada nişastaya dönüştürülür. Patates yumrusu bunun için iyi bir örnektir. Yeşil bitkinin fotosentez yeteneğinin yüksekliğinin kanıtı çok iyi gelişmiş yumru yapmasıdır. Nişasta renksiz plastidlerde, yani *AMİLOPLAST*'larda depolanırsa *SEKONDER* veya *DEPO NİŞASTA*'sı adını alır.



Şekil 123.1: Nişastanın sentezi. Depo nişastası bitkinin renksiz kısımlarında yapılır (Biologie h'den).

Embriyonun gelişmesi ve sürgün yapma dönemi olan ilkbaharda bitkiler bu rezervi kullanır. Nişasta enzimatik olarak parçalanır ve bitki serbestleşen glikozdan yaşamı için gerekli olan her maddeyi üretir *(Şekil 123.1)*.

Bir bütün halinde düşünülürse bitkinin biyokimyasal yeteneklerinin hayvanlara göre oldukça yüksek olduğu görülür. Bu yüzden de hayvanlar birçok bakımdan bitkilere bağımlıdır. Bitkiler hayvanlar için enerjice zengin besin yanında oksijen de üretir. Ayrıca doymamış yağ asidi veya vitamin gibi, bizzat üretemedikleri özel molekül tiplerini de hayvanların kullanımına sunarlar. Hayvanların bizzat üretemeyip, dışarıdan aldıkları bu besin maddelerine "ESENSİYEL" (=yaşam için gerekli) besin maddesi denir.

6.3. OTOTROF (=Kendibeslek) BAKTERİLER

Bakterilerin çoğu heterotrof (=adrıbeslek)tur. Bazı bakteriler ise fotosentez yapabilir. Bunlar *FOTOOTOTROF*'tur.

Bunlar da bitkiler gibi klorofil taşır. Mavi-yeşil *"SİYANO BAKTERİLER"* klorofil-a'ya sahiptir. Diğer fotoototrof bakteriler ışık enerjisini bir *BAKTERİ KLOROFİLİ* ile emerler. Bu klorofilin kimyasal yapısı yeşil bitki klorofili ile bazı farklar gösterir.

Birçok fotoototrof bakteri yeşil değildir. Bakteri klorofilinin yeşil rengi burada aksesorik pigmentle birikir. Örneğin mor bakterilerin kırmızı veya kahverengi, karotinoidlere bağlıdır. Siyano bakterileri de mavi renkli *FİKOSİYANİN* gibi renk maddeleri içerir.

Bakterilerin kloroplastları olmadığından renk maddesi plazmadaki tilakoidlerde bulunur. Buna rağmen siyanobakterilerin fotosentez mekanizması yeşil bitkilerinki ile büyük benzerlik gösterir. Bununla birlikte diğer fotoototrof bakterilerinkine göre önemli bir fark vardır. Fotolizde su değil H_2S parçalanır. Ürün olarak mor kükürt bakterilerindeki gibi oksijen gazı değil de kükürt oluşur. Karbonhidrat sentezi CALVIN çevrimi üzerinden gerçekleşir.

6.3.1. Arke (=Archae) Bakterileri

Birkaç yıldan beri volkanik kaynak sularında çok ilginç bakteri grupları bulundu. *Pyrodictium occultum* gibi bu bakterilerin hem metabolizmalarında, hem de hücre yapısındaki gibi strukturlarında farklılıklar görülür. Bu bakterilerin çoğu CO_2 ve H_2O'dan metan gazı üretir. Bu bakterilerin, atmosferde O_2'in olmadığı; ama CO_2 ve H_2'in çok olduğu 3 milyar yıl önce oluştukları tahmin edilir. Bunlara *ARKE BAKTERİLERİ* denir.

6.3.2. Kemosentez

Bazı renksiz bakteriler ışık enerjisi olmadan ototrof yaşayabilir. Enerji kaynağı olarak N, S ve Fe bileşikleri gibi anorganik maddelerin oksidasyonunu kullanırlar. Enerjinin bu şekilde sağlanması nedeni ile bunlara *KEMOOTOTROF* denir.

Oksidasyonda anorganik bileşiklerin elektronu alınır. Bunlar sayesinde NAD koenzimi, NADH + H^+'a indirgenir. Elektronların bir diğer kısmı da ATP sentezinde kullanılır. NADH + H^+ ve ATP ile CO_2 indirgenir. Karbonhidrat sentezi ise CALVİN çevriminde gerçekleşir *(Tablo 125.1)*.

Tablo 125.1 : Kemosentetik yaşıyan bakteriler

Bakteri Çeşidi	Tepkime Eşitliği	Enerji Miktarı
Nitrit Bakterileri Nitrat Bakterileri	$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$ $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$	$\Delta G = -544$ kJ $\Delta G = -151$ kJ
Renksiz Kükürt Bakterileri (Kükürtlü kaynak suları, Arıtma tesisleri vs.)	$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S$ $2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2SO_4^{2-} + 4H^+$	$\Delta G = -420$ kJ $\Delta G = -988$ kJ
Demir Bakterileri	$4Fe^{2+} + O_2 + 6H_2O \rightarrow 4FeO(OH) + 8H^+$	$\Delta G = -268$ kJ
Metan Yıkan Bakteriler	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	$\Delta G = -892$ kJ
Metan Oluşturan Bakteriler	$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	$\Delta G = -131$ kJ

6.3.3. Nitrifikasyon Bakterileri

Bu bakteriler tarım için önemlidir. Bitkisel ve hayvansal maddelerin bakteriyel olarak parçalanmasında aminoasitler amonyum (NH_4^+) veya amonyak (NH_3) ın serbestleşmesi ile yıkılırlar. Yüksek organizasyonlu bitkiler yaşam için önemli olan N'u sadece okside olmuş şekli ile alırlar. Amonyak ve amonyum iyonları topraktaki *nitrit bakterileri"* tarafından nitrit (NO_2^-)e okside edilir. Bu nitrat bakterileri ile tekrar nitrata (NO_3^-) okside olur. Her iki reaksiyona birden *NİTRİFİKASYON* denir.

6.4. FOTOSENTEZİN EVRİMİ

Avusturalya'da bulunan 3,5 milyar yaşındaki kayaçlarda organizma kalıntıları elde edildi. Bu en yaşlı canlılar muhtemelen heterotrof bakterilerdir. Bunlar enerji ihtiyaçlarını *ilk deniz*'in organik maddelerinin mayalanması ile karşılıyorlardı. Hemen hemen aynı yaşlı ve Güney Afrika'da bulunan kayaçlarda ise, fotosentez yapan ilk organizmaların kanıtı olarak, klorofil kalıntısına rastlandı. O dönemde atmosfer tamamen oksijensizdi. Buna göre o zamanki bu canlılar, günümüzdeki mor renkli bakterilere benzeyen anaerob bakterilerdi.

H_2S yerine, H_2O'nun parçalanması ile fotosentez faaliyeti önemli ölçüde artırılabilirdi. Ama burada birçok anaerob canlı için zehir etkisi olan, oksijen gazı oluşmuştu. Siyanobakterilerinin ataları bu zehiri hoşgörüp önemli bir avantaj sağladı.

Oksijen üreten bu fotosentez, yaklaşık 2,3 milyar yıl önce ortaya çıktı. Bu fotosentez, atmosferdeki oksijen gazının artmasına neden oldu ve böylece diğer organizmaların gelişimini, önemli ölçüde etkiledi.

7. İNSAN VE HAYVANDA ENERJİ BÜTÇESİ VE BESLENME

7.1. ENERJİ BÜTÇESİ

Hergün yenen besinle birlikte, enerjice zengin maddeler alınır. Alınan bu besin sindirilir, kanla nakledilir, hücrelerde değiştirilir ve değerlendirilemeyen kısım dışarı atılır. Maddelerin alınımı, işlenmesi ve dışarı atılmasına *metabolizma (=madde de-*

ğişimi) denir. Bu esnada birçok canlıda olduğu gibi, organik maddeler oksijen yardımı ile CO_2 ve H_2O'ya yıkılır. Kazanılan enerji yaşam olaylarının devamını sağlar. Bunlara yeni madde üretiminde ihtiyaç duyulur ve hareket için kasda, elektriki olaylar için de sinir sisteminde kullanılır. Enerji gerektiren olayların tamamına *ENERJİ BÜTÇESİ* denir.

Enerji, bütün canlılarda kimyasal bileşikler halinde olup, depoedilebilir ve nakledilebilir. *Bu bileşiklerin en önemlisi* ***ADENOZİN TRİFOSFAT*** *(=ATP)'tır. Bu nedenle ATP'ye* ***GENEL ENERJİ BİRİMİ*** *denir.*

Organizma, her bakımdan dinlenme halinde iken bile, yaşam işlevlerinin devamı için enerjiye ihtiyaç duyar. Enerjinin bu çeşidine *TEMEL ENERJİ* denir. Vücudun yaptığı her faaliyet derhal gerekli enerji miktarını artırır. Bu işlev için gereksinim duyulan ve temel enerji ile birlikte hesap edilen ilave enerji, *İŞ ENERJİ*'sidir. En düşük enerjiye, yani yaşamın mümkün olması için gereken minimal enerjiye *MİNİMUM ENERJİ* denir.

Enerji metabolizmasının ana maddeleri, karbonhidrat, yağ ve protein gibi besin maddeleridir. Eğer bunlar metabolik olaylarda işlenirlerse, onların yıkımı (=oksidasyonu) ile enerji kazanılır. Bu esnada, özellikle sıcakkanlı hayvanların vücut sıcaklığını korumada kullanılan, sıcaklık da açığa çıkar.

7.1.1. Enerji Miktarının Ölçülmesi

Enerji üretimi iki yöntemle saptanır. Birincisi olan *direkt kalorimetri* yönteminde, organizmanın dışarıya verdiği sıcaklık miktarı ölçülür.

İkinci yöntem olan *indirekt kalorimetri*de şu noktadan hareket edilir. Eğer besin maddesi vücudda okside edilirse, katılan madde miktarı ile enerji kazancı arasında stökiyometrik bir ilişki vardır. Yani kullanılan O_2 ve oluşan CO_2 miktarı ile enerji kazancı hesaplanır.

Üç besin maddesi grubunun vücuddaki oksidasyonunda kalorimetredeki yanmaya karşı bir özellik dikkate alınmalıdır. Kalorimetrede karbonhidrat, yağ ve protein tamamıyla CO_2 ve H_2O'ya yıkıldığı halde, bu vücudda sadece karbonhidrat ve yağ yıkımında söz konusudur. Protein ise sadece üreye kadar değişir ve bu suda çözünerek urin halinde dışarıya atılır. *Yani proteinlerde "fizyolojik yanma değeri (=besin değeri)" fiziksel yanma değerine göre daha düşüktür. Karbonhidrat ve yağ için bu iki değer birbirine eşittir.*

7.1.2. Respirasyon (=Solunum) Katsayısı

Enerji eldesi ölçümlerinde kullanılan yöntemlerin hepsinde, alınan O_2 ve verilen CO_2 miktarı saptanır. Verilen CO_2 ve alınan O_2 miktarından elde edilen katsayı *SOLUNUM (=Respirasyon) KATSAYISI (=RK) adını alır ve* $RK=CO_2/O_2$ *formülü ile ifade edilir.* Bu büyüklük, enerji eldesi yorumlamalarında çok önemlidir.

Yeterli beslenme ve karışık besinde, insan ve hayvandaki RK değerleri 0,7–1 arasındadır. Karbonhidratların RK değeri 1'dir. Bu nedenle bitkiyle beslenen canlı-

larda, sadece karbonhidrat alındığı için RK değeri 1'dir. Yağ ve proteinin RK değeri 1'den küçüktür. Bu yüzden etcil canlılarda yağ ve proteinli besinin RK değeri 0,75' dir. İnsan için ölçülen ortalama RK değeri 0,85'dir. Bu değer sabit olduğu için, enerji eldesi hesaplamalarında sabit bir ölçüt olarak kullanılır.

7.2. BESLENME

7.2.1. Günümüz İnsanının Beslenmesi

Günümüz insan nüfusunun, özellikle sınai toplumu kesimi başta olmak üzere, ancak 1/3'ü yeterli miktarda beslenir. Üçte ikisini oluşturan geri kalmış toplumlarda beslenme en önemli sorunlardan birisidir. Çok yemek yiyen herkes hasta olma riskini de taşır. Beslenmeye bağlı ve "MEDENİYET HASTALIKLARI" denen şeker hastalığı, safra kesesi, bağırsak kanseri, kalp ve damar hastalıkları her yıl birçok insanın ölümüne neden olur. Buna karşın beslenme bozukluğuna bağlı olan hastalıklar da vardır. A vitamini eksikliğine bağlı olan görememe, demir eksikliği sonucu ortaya çıkan anemi ve protein eksikliğine bağlı hastalıklar görülür. Bu tip hastalıklardan zarar gören insan sayısı yarımla bir milyarı bulur.

Esasen tahıl üretimi tüm insanlık için yeterlidir. Örneğin 1986 yılında 1867 milyon ton tahıl üretilmiştir. Bu ise şu anda yeryüzündeki 4,9 milyar insan için günde ortalama 1 kg tahıl demektir ki, bu da günde 14 240 kJ enerjiye ve 110 gr proteine (bitkisel) eşdeğerdir *(Tablo 127.1)*. Ama politik ve ekonomik nedenlerden ötürü eşit bir dağılma olmamaktadır. Bir başka dengesiz dağılım, endüstrileşmiş ülkelerin tahıl ürününün önemli bir bölümünü hayvan yemi olarak kullanmasıdır. Bunun değişmesi de endüstrileşmiş ülkelerde et üretimini azaltacağından şu anda mümkün değildir.

Tablo 127.1 : Kişi Başına Günlük Ortalama Protein Gereksinimi (saf protein olarak)

Ülkeler	Bitkisel protein (gr.)	Hayvansal protein (gr.)
Tüm dünya	45	24
Endüstrileşmiş Ülkeler	44	54
Gelişmekte Olan Ülkeler	45	12
Fakir Ülkeler	44	7

Bazı işlerde çalışanların gereksinim duydukları protein miktarı bir sekreter için 75 gr. orta ağırlıkta bir işi yapan postacı için 85 gr. ağır işlerde çalışan bir kişi için ise günde 105 gr'dır.

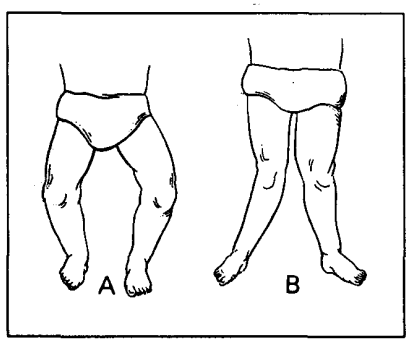
7.2.2. Besin Maddeleri

Karışık besin, yaşam için gereken ana maddeleri kapsar. Karbonhidratlar % 60, yağlar % 20-30 ve proteinler % 15 oranında enerji sevkeder. Vitamin ve iz element-

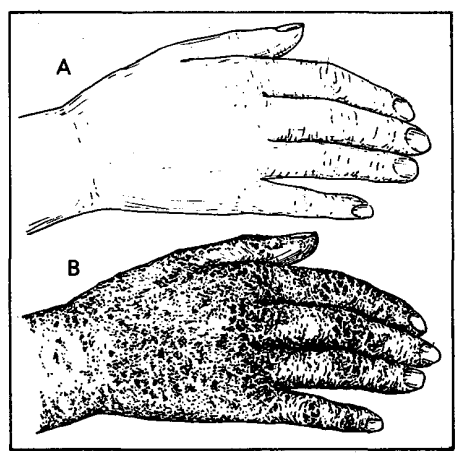
leri de besinde yeterince bulunur. Yurdumuz çeşitli besin kaynaklarının zenginliği nedeniyle, beslenmesini kendi öz kaynaklarından sağlayan çok az sayıdaki ülkeden biridir. Besin maddeleri belli bir dereceye kadar birbirinin yerini alabilir, çünkü vücutta birbiri içinde değiştirilirler. *Günde 10 gr doymamış yağ alınırsa, yağ yemeden vazgeçilebilir. Bu bileşikler vücut tarafından bizzat sentezlenmez. Bunlara esensiyel yağ asitleri denir.* Karbonhidratlar besin içinde, beyin ve sinir hücrelerinin sürekli gereksinimi nedeniyle, günde 120-140 gr olarak alınır. Beslenme için proteinlerin önemi büyüktür. Enerjice zengin, ama proteinsiz beslenme nedeni ile hergün 15 gr protein, vücut ana maddesinden yıkılarak alınma durumunda kalır. Bu tehlikeyi karşılamak ve gidermek için her gün, vücut ağırlığının 1 kg'ı için 1 gr, protein tüketilmelidir. İnsan vücudu, doğal olarak bulunan yaklaşık 20 aminoasitten bazılarını sentezleyemediğinden, bunları, yani *esensiyel aminoasitleri,* besinle almalıdır.

7.2.3. Vitaminler

Bu yüzyılın başında "beri beri" ve "skorbut" gibi hastalıkların beslenme ile ilişkili olduğu anlaşıldı. Denizcilerin skorbut hastalığının, uzun süren deniz seyahati esnasında taze meyva ve sebze yememesine bağlı olduğu anlaşıldı. Uzun süre taze meyva ve sebzenin yenilmemesi diş eti kanamalarına da neden olur. Bu şekilde ortaya çıkan hastalıkları önleyen bu maddelere *VİTAMİN* denilir. Bunlar enzimin olmayışı nedeniyle vücut tarafından bizzat yapılamadıklarından, besinle alınır ve

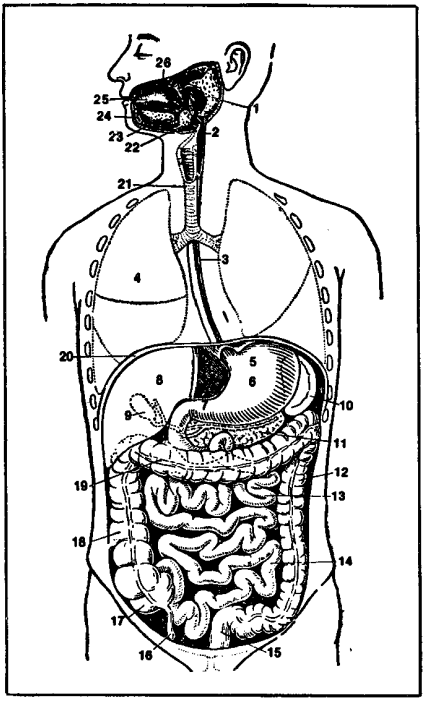


Şekil 128.1: D vitamini eksikliğinden dolayı meydana gelen raşitizm. X ve O şeklinde kıvrılmış bacaklar.



Şekil 128.2: Pellagra: A) Normal el, B) Niyasinden (B vitamini) yoksun bir diyetle beslenen kişinin eli; deri kalınlaşmış, pullu, çatlak ve aşırı pigmentlidir (Storer ve ark'dan.).

enzim proteinlerinin kofaktörü olarak önemli bir rol oynar *(Tablo 129.1).* Vitamin eksikliği sonucu ortaya çıkan hastalıklar *Şekil 128.1* ve *Şekil 128.2*'de görülmektedir.



Şekil 131.1: Sindirim sisteminin genel görünüşü. 1. Kulak altı bezi (parotit), 2. Yutak (farinks), 3. Yemek borusu (özofagus), 4. Akciğer, 5. Mide girişi, 6. Mide, 7. Mide çıkışı, 8. Karaciğer, 9. Safra "öd" kesesi, 10. Dalak, 11. Pankreas, 12. İnen kalın bağırsak (Colon descendes), 13. İncebağırsak (Jejunum), 14. İncebağırsak (Ileum), 15. Göden bağırsak (rectum), 16. Apandist, 17. Körbağırsak (Caecum), 18. Çıkan kalınbağırsak (Colon ascendens), 19. Enine kalın bağırsak, 20. Diyafram, 21. Soluk borusu (Trake), 22. Çene altı bezi, 23. Dilaltı bezi, 24. Alt çene, 25. Dil ve 26. Ağız boşluğu.

7.3.2. Midedeki Sindirim

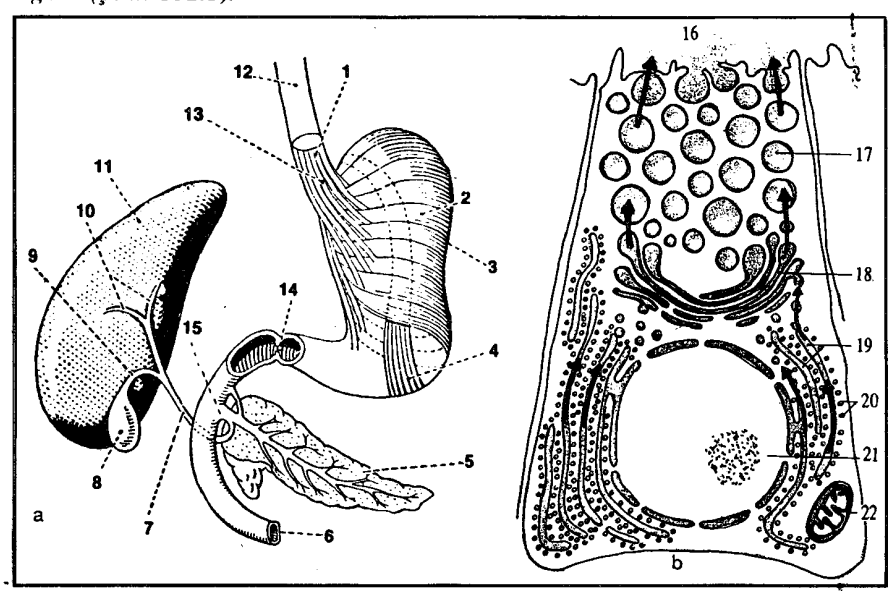
Besin püresi mideye ulaşır ulaşmaz pH değeri 2-3 olan, asidik bir ortamla karşılaşır. Bu ortam mide çeperinden salgılanan tuz asidince meydana getirilir. Bu sayede lokma ile yutulup mideye giren mikroorganizmalar öldürülür. pH değeri oldukça düşük olan mide çeperindeki *PEPSİN ve KATEPSİN* adlı protein sindiren iki enzimin aktivitesi çok yüksektir. Bunlar proteinleri kısa zincirli *POLİPEPTİD*'lere ayırır. Özellikle bağ doku hemen çözünür. Etli besinler bu nedenle midede çok çabuk püre haline gelir. Sıvı mide içeriği, midenin alt bölümünün çok güçlü peristaltik hareketleri ile porsiyon porsiyon onikiparmak bağırsağına doğru gönderilir. Midenin iç çeperinde mukus oluşumu ile midenin kendi kendisini sindirmesi engellenir. Eğer sinirsel etkilere bağlı olarak midenin mukus salgılaması bozulursa, mide mukozası iltihabı veya ülser gibi hastalıklar görülür. Günde 2 lt. salgılanan enzim içerikli ve buzasitli mide özsuyunun salgılanmasından birçok etmen sorumludur. Ağızdaki besinin lezzeti mide özsuyu salgılanmasını aktive eder. Hatta lezzetli besin maddelerini hayal etmek bile mide özsuyu salgılanmasını harekete geçirir. Bu, besini dezenfekte edici görev yapar.

Besin püresi midenin alt kısmına geçerse, mide çeperinin kimyasal olarak uyarılması sonucu bir sindirim hormonu salgılanır. *Gastrin* adlı bu hormon mide çeperinde meydana gelir ve tuzasidinin salgılanmasını ve mideye verilmesini artırır. Besin püresinin iyi karışması ve nakli için mide dakikada 3 kontraksiyon dalgası yapar. Çiğnenen besinin mideye geçmesinden hemen sonra, besin ince bağırsağa gönderilir. Mide aktivitesi, besinin cinsine göre pişmiş et veya sütteki büyük veya yağdaki gibi düşüktür.

7.3.3. İncebağırsaktaki Sindirim

Buraya kadarki sindirimde sadece karbonhidrat ve protein kısmen sindirilir. Sindirimin en önemli bölümü ince bağırsakta olur.

İncebağırsak yaklaşık 5 m. uzunluğunda iç kısmı katlantılı olup, bir mukoza tabakası ile örtülüdür *(Şekil 132.1)*. Bu kısım sürekli olarak bağırsağa akıtılır ve insanda 2-3 günde bir tamamen yenilenir. Yani kendi bağırsağımızın günde yaklaşık 250 gr'nı sindiririz. Onikiparmak ve incebağırsakta yan yana 1 mm uzunlukta parmak gibi çıkıntılar (1 mm^2'de 30, tamamı 4-6 milyon) bulunur. Her çıkıntıda lenf ve kan damarı vardır. Bu bağırsak çıkıntıları, incebağırsağın yüzeyini 40-50 m^2'ye çıkarır. Buradaki epitel hücrelerinin taşıdığı mikrovilluslar (mm^2'de 200 milyon adet), yüzeyi daha da artırır. Bunlarla birlikte incebağırsağın besin alan yüzeyi 2000 m^2'ye ulaşır. Bağırsak çeperinde oluşan sindirim enzimleri bağırsağa verilir. Bununla birlikte sindirim enzimlerinin önemli bölümünü *PANKREAS* salgılar. *Pankreas vücuddaki ikinci en büyük bezdir. Alkalik etkili ve sindirim için gerekli pankreas salgısını üretir. Pankreas bez dokusunda dağılan hücre kümeleri, yani "LANGERHANS ADACIKLARI" önemli hormonlardan "İNZULİN VE GLUCAGON" salgılar. Her gün yaklaşık 2 litre pankreas salgısı salgılanır. Bunda çeşitli enzimler vardır; örneğin "TRYPSİN ve CHYMOTRYPSİN" proteini, "ALFA AMİLAZ" karbonhidratı ve "LİPAZ" yağ sindiren enzimlerdir. Önemli bir husus da pankreas sıvısının, pH değeri 8-9 olan, bazik karakterli olmasıdır.* Böylece hidrojen karbonat iyonlarının yolaçtığı bu özellikle, mideden gelen asidik mide özsuyu nötralize olur. *Daha yemeğe başladıktan 1-2 dk. sonra, sinir impulsları pankreasın salgıya geçmesini sağlar. "ÖD KESESİ"nden ince bağırsağa safra gönderilir. Karaciğerde salgılanan safra, besinle alınan yağı küçük damlacıklar haline getirip ona lipazın kolayca etki yapmasını sağlar (Şekil 132.1).*



Şekil 132.1: Mide, pankreas, karaciğer (a) ve pankreasda bez hücresi (b). 1. Mide girişi, 2. Halka kaslar, 3. Mide tabanı, 4. Eğik kas, 5. Pankreas, 6. Onikiparmak bağırsağı, 7. Koledok kanalı, 8. Safra "öd" kesesi, 9. Safra "öd" kesesi kanalı, 10. Karaciğer kanalı, 11. Karaciğer, 12. Yemek borusu, 13. Uzun kas, 14. Mide kapısı ve 15. Vater kabarcığı, 16. Çıkış kanalı, 17. Salgı vesikülü, 18. Golgi apareyi, 19. ER, 20. Ribozom, 21. Çekirdek, 22. Mitokondriyum (a Yalvaç, b Linder'den).

İncebağırsaktaki besin maddelerinin hidrolitik olarak moleküllerine ayrılarak, bağırsak çeperi ile kana veya lenfe girmesi sağlanır. Bunlar karbonhidratlarda glikoz, proteinlerde aminoasit ve yağlarda gliserin ile yağ asitleridir.

İnsan kalın bağırsağının işlevi büyük bir olasılıkla önemsizdir. Zira ameliyatla vücuddan alınmasından sonra bile, herhangi bir olumsuzluk olmaz.

7.3.4. Besinin Emilmesi (=Rezorbsiyon)

Rezorbsiyon denince besin maddelerinin bağırsak çeperi ile kana veya lenfe geçmesi anlaşılır. Besin maddeleri daha incebağırsağın üst bölümünde, yani onikiparmak bağırsağında kana girer.

Karbonhidratlar basit şeker halinde emilir. Sakkarozun parçalanmasından ortaya çıkan fruktoz gibi diğer basit şekerler de, yavaş da olsa bağırsak çeperi ile emilir. Emilme, sıcaklık ve O_2'ne bağımlıdır. Metabolik zehirlerle inhibe edilir. Yoğunluk düşmelerine karşı olaylanır. Bu nedenle bu olayda taşıyıcı moleküller (=carrier)le aktif taşınmanın olduğu hiç şüphe götürmez. Taşıyıcı moleküller, bağırsak çeperindeki hücrelerle iletilerek maddeyi membranın dış kısmında bağlar. Sonra beraberce membrandan difüzyonla girip, maddeyi hücre içine bırakırlar. Böylece taşıyıcı moleküller, yeni transportlar için hazır bir duruma gelir. Bu taşıyıcılar büyük olasılıkla özel membran proteinidir. Şeker taşınmasının bağırsak çeperi hücrelerince naklinin Na-iyonlarının varlığına bağlı olduğu tesbit edilmiştir.

Proteinler bağırsakta önce aminoasitlere parçalanır ve daha sonra emilir. Aminoasit örneğinde taşıyıcı moleküllerin özelleşmiş olması çok iyi izlenir. Onlar D- ve L- aminoasitlerini bile ayırt eder.

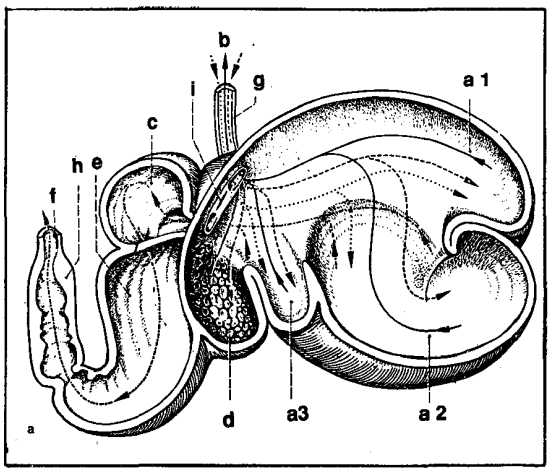
Yağlar çeşitli yıkım basamaklarını izleyerek bağırsak çeperine alınır. Bağırsakta bir yağ molekülünün yıkımında, gliserinden 1 veya 2 yağ asidi molekülü ayrılabilir. Ayrılma ürünleri doğrudan doğruya lenf damar sistemine ve kısmen kana girer. Yağ molekülünün gliserin ve yağ asitlerine tamamen parçalanması da olaylanır. Bu yağın yıkım ürünleri, vücut yağına yükseltgenip sonrada lenfe verilir. Daha sonra bağırsak çeperi hücrelerine difüzyonla girer. Su ve tuzların emilmesi de yaşam için büyük önem taşır. Bu bağırsakta olur. Bakteri zehiri ile bozulan suyun geri emilme dengesinin yol açtığı kuvvetli ishaller, vücudu zayıflatır, hatta kolera örneğindeki gibi ölüme neden olur. Aynı şekilde günde 8 litrelik sindirim özsuyuna giren tuzların da geri kazanımı çok önemlidir. Terleyerek kaybedilen tuz besinle alınmalıdır.

7.3.5. Memelilerin Beslenme Şekilleri

Omurgalı hayvanların sindirim aygıtı aynı temel yapı planını taşır. Bunların uğradığı çok çeşitli değişimler farklı beslenme tiplerinin doğmasına yol açmıştır.

a) Etle Beslenenler: Et, besince zengin ve kolay sindirilir bir maddedir. Etçillerin bağırsağı bu nedenle kısadır ve az bir alan kaplar.

b) Otcul Memeliler: Genelde bitkisel besinin besleyici değeri azdır. Ayrıca çok sıkı bir hücre çeperince sarılıdır. Değerlendirilebilir protein miktarı düşüktür. Bu nedenle otçullar büyük miktarda besin alır. 600 kg'lık bir inek günde 50-60 kg ot yer. Otculların bağırsağı genelde uzundur. Bağırsağın vücut uzunluğuna oranı yarasada 1: 1,9, kurtta 1:4 ve köpekte 1:5 olduğu halde, atta 1:10, öküzde 1:20 ve koyunda 1:25'dir.



Şekil 134.1: Geviş getirenlerden bir koyunun mide yapısı (şematik). a. İskembe (a_1. Ventral işkembe torbası; a_2. Dorsal işkembe torbası; a_3. İşkembe ön odası); b. Sindirim borusu; c. Börkönek; d. Kırkbayır; e. Şirden; f. İnce bağırsak; g. Özafagus; h. Kapama bölgesi; i. Kapama yarığı. a, c ve d bölümleri depolama ve burada silli bakterilerin besini yıkması için olayların olduğu kısımdır. Sadece (e) diğer memelilerin mideleriyle homologdur. Vücut enzimi ile tuz asidi üretir. Kapama yarığı büyük besin parçalarının (e)'ye geçişini engeller. Kısa kesik çizgiler, besinin işkembenin ve kırkbayırın mayalama deposuna alımını; düz çizgiler, geviş getirme için besinin ağza geri gelişi; noktalar, tekrar besinin depo bölgesine geri gelişi; bir çizgi bir nokta, işkembe ve kırkbayırdan geçen besinin börkenek üzerinden sirdene geçişini gösteriyor (Czihak'dan).

Geviş getirenler bitkisel besini en iyi şekilde kullanır. Bunların mideleri hem selülozu sindirmeye hem de en basit azot bileşikli proteinleri yapmaya uygundur. Geviş getirenlerin midesinin dört bölümü vardır *(Şekil 134.1)*. Bunlar 1. ve 2. mide, kırkbayır ve şirden diye adlandırılır. 1. ve 2. mide bölümünde tükrükle ıslanan besin depolanır. Çeşitli türden bakteriler önce selülozu glukoza parçalar, daha sonra enerjice zengin sirke ve yağ asidi ile propionik aside dönüştürürler. Bunların dışında CO_2 ve metan oluşur. Günde 5 kg saman yiyen bir inek, 191 lt metan üretir. Bazı kamçılı hayvan ve bakteri türleri 1. midede çok çabuk çoğalır ve basit azot bileşiklerinden protein biyosentezi yaparlar. Kamçılı hayvanlar yüksek değerde protein üretirken bakterileri de yer. Mayalanan besin 2. mideden tekrar ağıza gönderilir ve orada çiğnenir. Bu da daha sonra kırkbayıra iletilir. Burada besinin suyu çekilir. Bir inek günde 100-190 lt mide özsuyu üretir. Alkalik karakterdeki bu sıvı mikroorganizmalar için çok uygundur. Midedeki besin püre halinde en son olarak şirdene iletilir ve kamçılı hayvanlar burada öldürülür. Böylece protein kazancı sağlanmış olur. Daha sonra sindirim incebağırsakta devam eder. Diğer otcullarda mikroorganizmalarca selülozun yıkımı oldukça büyük veya çift olarak gelişen kör bağırsakta olur.

İnsan sindirim sistemini andıran veya daha farklı sindirim sistemlerine diğer canlılarda rastlayabiliriz. Örümcekler sindirim özsularını avlarına enjekte edip ekstraintestinal sindirime (=vücut dışı sindirimi) yol açıp, avının ön sindirime uğrayan sıvısını emerler. Kuşlar kursaklarına aldıkları besinlerini enzim salgılayarak sindirir. Kuş ve timsah midesi kaslı çiğneme midesi olup, içindeki küçük taş parçacıkları ile besini parçalar.

7.4. KARACİĞER ve SAFRA KESESİ

Diyaframın altında, sağ alt kaburga hizasındaki karaciğer yaklaşık 1500 gr ağırlığındadır. Sağ ve sol iki lobdan oluşur. Karaciğer, sindirim kanalından kapı toplar damarıyla gelen ve bol karbonhidrat, lipid ve aminoasit içeren kanla ve enzim tepkimeleri için gerekli O_2'li kanı taşıyan karaciğer atardamarıyla beslenir. Karaciğerin işlediği kan, karaciğer üst toplardamarıyla büyük kan dolaşımına geçer.

Karaciğer metabolik olaylarda merkezi bir rol oynar. İnsanda karbonhidrat metabolizmasında kan şekeri düzeyinin sabit tutulmasının önemi büyüktür. Glikojenin depolanma ve harekete geçirilmesi ile düzensiz karbonhidrat alınımında bile kan şekeri 70-100 mg-Glikoz/100 ml kanda sabit tutulur. Bu, beyin hücrelerinin enerji metabolizması için son derece önemlidir.

Aminoasit metabolizması için karaciğerin önemi büyüktür. Karaciğer kanda aminoasitleri birbirlerine dönüştürerek aminoasit düzeyini sabit tutar ve gerektiğinde yenisini yapar. Aynı şekilde üre de karaciğerde oluşur. Böylece aminoasit ve protein metabolizmasından çıkan ve kuvvetli bir hücre zehiri olan "Amonyak" uzaklaştırılır.

Yağasidi metabolizmasında yağasidinin zincir kısalımı ile yıkılması gerekiyorsa veya karbonhidrattan yağasidi sentezlenecek ise karaciğerin rolü büyüktür. Bağırsakta yağın daha iyi sindirimi için karaciğer safra yapar ve incebağırsağa salgılar.

7.4.1. Karaciğer Hastalıkları

Sarılık çok bilinen bir karaciğer hastalığıdır. Bu hastalık daha çok virüs enfeksiyonu veya safra kanalının taşla tıkanması sonucu olur. Böylece ölü eritrositlerden oluşan hemoglobinin yıkım maddesi olan "BİLURİBİN" kana geçer. Bu sarı kahverenkli safra maddesi, az miktarda, sağlıklı insanda da görülür; ama karaciğerde *"GLUKURAN ASİDİ"*ne bağlanır. Böylece zehirsiz hale gelip suda çözünür. Bilirubin-glukuronidin (=B–G) sağlıklı insanda 100 ml ürinde, 0,5 mg'ın altındadır. Eritrosit yıkımının artması veya karaciğer hastalığında ürinde (B–G) görülür. Karaciğerin, bilirubin ve glukuron asidi için, bağlama kapasitesi artınca, serbest bilirubin kanda ve hatta idrarda görülür. Deri ve gözde birikerek sarı bir renk yapar. Özellikle virus enfeksiyonuna bağlı olan sarılığın erken döneminde bilirubinin idrarda bulunması, zamanında tedaviye başlanmasını sağlar. Tedavi için virüslere karşı, bir antikor olan *BETA GLOBULİN* yüksek dozda kullanılır.

Hepatit denince karaciğerin iltihabi hastalıkları akla gelir. Bu hastalıklarda safra renk maddesinin kanda artması sonucu "SARILIK" oluşur. Hepatit-A'da olduğu gibi, çoğu kez hepatit hastalığına virüsler yol açar. Bu hastalığa bir RNA-virüsü yani (HAV) neden olur. Hastalık daha çok hastadan doğrudan doğruya, çeşitli yollarla veya iyi yıkanamamış enfeksiyonlu besin maddesi, örneğin midye ile geçer. Hastalık genellikle zararsız seyreder ve yaşamboyu bağışıklığa yol açar. Klinik olarak, özel virüsün antikoru saptanabilir.

Sindirim yoluyla geçen A virüsü çok zaman tehlikesizdir. Serumda antikorların belirlenmesiyle kendini belli eder. B, C ve D virüsü hepatidleri kan nakli yolu ile veya cinsel temasla geçer ve sirozla son bulur. Siroza fazla içki tüketimi yol açabilir. Alkol karaciğer hücrelerinin yağla dolmasına (steatoz) neden olur. Karaciğer hücrelerinin bozulması değişik boydaki nodüllerden oluşan bir fibroza yol açar.

Karaciğer hücrelerinin kanserleşmesi, siroz yüzünden olur. Bunların tedavisi sınırlıdır. Karaciğer kanseri, çok nadiren safra hücrelerinden ve karaciğer içi damarlardan kaynaklanır. Karaciğerin kronik rahatsızlığına "SİROZ" denir. Genellikle uzun süre alkol içme ve tekrarlanan karaciğer iltihaplanması sirozu yapar. Burada her seferinde daha çok olmak üzere karaciğer hücrelerinin yerini bağ doku hücreleri alır ve karaciğer işlevini yerine getirmez.

İdrardaki bilirubin, test şeritleri kullanılarak tesbit edilir. Bilirubin bir diazonyum tuzuna bağlanır, böylece kırmızı viyolet bir renk oluşur. Rengin açık veya koyu oluşu bilirubinin yoğunluğunu ifade eder.

7.4.2. Safra Kesesi ve Safra Yolları

Safra kesesi, safra denen öd suyunu depolar. Bu safra suyu, yemek sırasında onikiparmak bağırsağına boşaltılır ve yağların sindirimini kolaylaştırır. Safranın önemli kısmı, safra yoluyla, bileşik karaciğer kanalı ve koledoka depolanmak üzere safra kesesine dolar. Bu safra sindirim sırasında dödenuma açılan koledok kanalına akar.

Safra taşları, genelde kesede oluşan; ama safra yollarıyla karaciğer içine de göçebilen taşlardır. Yaşlılık, şişmanlık, aşırı kalorili beslenme ve bazı ilaçlar taşların oluşumunu hızlandırır. Taşlar yemeklere bağlı olarak karın ağrıları, karaciğer koliği ve kesenin iltihaplanmasına yol açabilir. Bazen taşlar kese kanserlerine de neden olabilir.

8. KAN VE LENF

8.1. KANIN BİLEŞİM VE YAPISI

Oksijen gibi maddeler dokulara getirildiği halde, bazı maddeler örneğin CO_2, dışarıya nakledilir. Nakil difüzyonla gerçekleşir. Böcek ve omurgalı hayvanlar gibi ileri organizasyonlu canlılar bir nakil ortamına yani "KAN"a ihtiyaç duyar. Bir insanda bulunan kan miktarı Ağırlık x 8 / 100 formülü ile bulunur. Yani kan miktarı vücut ağırlığının %8'i kadar olmalıdır.

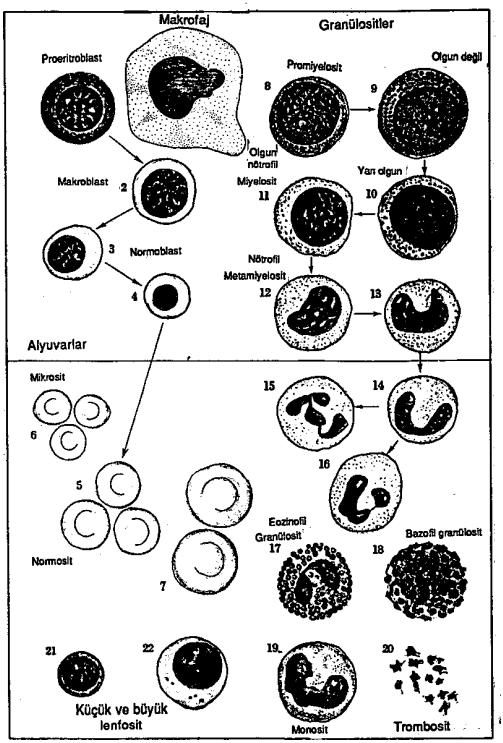
8.1.1. Kan Plazması ve Kan Hücreleri

Bir damla insan kanı mikroskop altında incelenirse, sarı renkli bir sıvıda yüzen kırmızı renkli yapılar görülür *(Tablo 137.1)*. Akıcı sıvı karbonhidrat, protein, yağ ve mineral tuzlarından oluşan sulu bir çözeltidir. Buna *KAN PLAZMASI* denir ve kanın % 56'sını oluşturur. Kanın diğer % 44'lük kısmı kan hücrelerinden oluşur. Kan hücrelerinin % 99'u, kırmızı renkli *alyuvar*, kırmızı küre *(=ERİTROSİT)*'lardır. Bunlar disk şeklinde, kenarları hafifçe şişkin hücrelerdir. Alyuvarlar "KEMİK İLİĞİNDE" meydana getirilir, örneğin göğüs kemiğinde, ilk oluştuklarında (=ERİTROPOEZİS) çekirdekleri vardır; ama daha sonra onları yitirir. Renklerinin

Tablo 137.1 : Kan Plazmasını Oluşturan Maddelerin Oransal Dağılımı (ortalamalar)

Su	% 90
Protein	% 8
Yağ ve Diğer Lipidler	% 0,5-0,8
Glikoz	% 0,1
Mutfak Tuzu	% 0,6

kırmızı oluşu, demir içeren bir protein olan *HEMOGLOBİN*'e bağlıdır. 100 ml erkek kanında, 14-18 gr, kadın kanında 12-16 gr hemoglobin bulunur. Vücuttaki hemoglobin miktarı 750 gr.'dır. 1 gr. hemoglobin 1,3 ml O_2'i bağlayabilir. Alyuvarlar en fazla dört ay yaşar. Daha sonra *KARACİĞER* ve *DALAK*'da yıkılırlar. Günde 200 milyar alyuvar yıkılır. Bunlar O_2 nakli, karbonik asit nakline katılma ve hidrojen iyonlarını düzenleyerek kanın yoğunluğunu ayarlama gibi görevler üstlenir. 1mm^3 erkek kanında 4,5-5,5 milyon, kadın kanında 4-5 milyon kadardır. Bir insanda kapladığı yüzey 3000 m^2'yi bulur. İnsan vücudundaki tüm sayısı 25 bilyondur. Hayvan organizasyonu ilerledikçe küçülür; ama sayıları artar. İnsan yoğun antrenman yaparsa (yüksek O_2 gereksinilir) ya da 5000 m. yüksekteki(havadaki O_2 miktarı az ise) 1 mm^3 kanda sayıları 8 milyona ulaşır *(Şekil 137.1)*.



Şekil 137.1: İnsanın kan hücreleri. Çizgiüstü kemik iliğinde oluşan kan hücreleri çizgialtı kandaki serbest hücreler (1-7). Alyuvarlar; (8-18): Granülositler, (bkz. Tablo 138.1) (Mörike ve ark.'dan).

*Akyuvar, beyaz küre (=LÖKOSİT)*lar, kan hücrelerinin % 0,3'ünü oluşturur. Bunlar amipsi hareketle yer değiştirir. Bakteri, ölü hücre ve diğer yabancı maddeleri içlerine alıp kimyasal olarak yıkarlar. Birkaç günden 4 aya kadar yaşarlar. Bunlar alyuvarların aksine kan damarı cidarlarına girer ve onları çevreleyen dokulara geçerler. Akyuvarların "LENFOSİT" adı verilen bir grubu, hastalık yapıcılarını fagositoz özelliği ile yok eder. Kemik iliği, lenf, lenfatik organlar, doku sıvısı, beyin sıvısı ve vücut boşluğu sıvılarında bulunur. 1 mm^3 insan kanında 6000-8000 akyuvara rastlanır. Bu sayı "LÖKOFONİ" hastalığında 5000'in altına düşer. "LÖKOSİTOZ" hastalığında ise 10 000' in üstüne çıkar. Lökositlerin kanda oransal olarak dağılımları *Tablo 138.1*'de gösterilmektedir. Alyuvarların akyuvarlara oranı 1:500-800 kadardır.

Tablo 138.1 : Kandaki Lökositlerin Oransal Olarak Dağılımları (lökosit miktarı % 100)

Lökosit Türü	Normal Oranlar Değerler
Nötrofil Granülositler	% 56-75
Eozinofil Granülositler	% 2-4
Bazofil Granülositler	% 0-1
Lenfositler	% 20-25
Monositler	% 4-8

Kan hücrelerinin üçüncü çeşidini, renksiz ve oldukça küçük olan *kan plakacıkları* veya *TROMBOSİT*'ler oluşturur. Bunlar, gerçek hücreler olmayıp, kemik iliği hücrelerinin parçalanması ile meydana getirilir. En fazla iki hafta yaşar. Kan pıhtılaşmasındaki rolü çok büyüktür. 1 mm^3 insan kanında 150-300 bin kadardır.

Omurgalı hayvan kanı benzer bir bileşim gösterirse de, eritrositlerin bazı farklara sahip olduğu bilinir. Örneğin bunlar bazı sürüngenlerde olduğu gibi, yuvarlak, çekirdekli ve insandakinden daha iridir.

8.1.2. Gaz Nakli

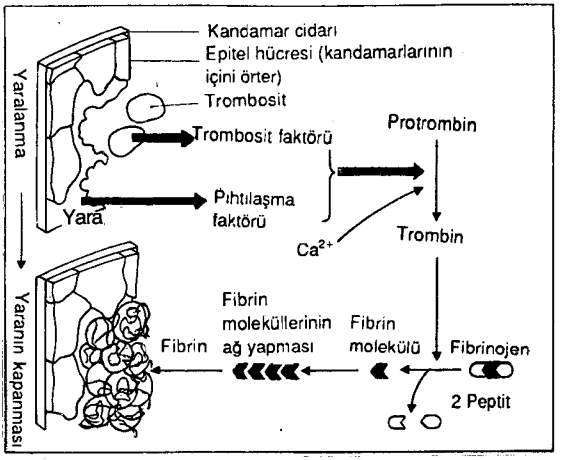
Enerjice zengin besin maddelerinin oksidasyonu ile vücut gerekli enerjiyi kazanır. Bu hücrede olursa *HÜCRE SOLUNUMU=İÇ SOLUNUM* adını alır. *DIŞ SOLUNUMDA* ise solunum organları, O_2'i hava ve sudan alır, kana iletir. O_2'nin kan plazmasında çözünmesi çok az olup doku için yetmez. Bu nedenle omurgalı hayvanlarda O_2 alyuvarlardaki renk maddesi hemoglobine bağlanır. Hemoglobin molekülü her birinin bir *hem-grubu* içerdiği dört polipeptid zincirinden oluşur. Böyle bir grubun merkezinde demir (II) iyonu oturur. Buna, iyon yüklenmesinde çok karışık bir şekilde hiçbir değişiklik olmadan bir O_2 molekülü bağlanır. Bir hemoglobin molekülü, 4-O_2 molekülünü nakledebilir. Hemoglobinin bağlama yeteneği, çevredeki O_2 yoğunluğuna bağlıdır. Solunum organlarında O_2 yoğunluğu oldukça yüksektir. Burada O_2 hemoglobine bağlanır ve kanın kırmızı renk maddesi O_2'ye doyar. O_2'ce fakir dokularda ise bağlama yeteneği azdır, yani buralarda hemoglobin O_2'i kolayca parçalar. Hemoglobinin bu özel bağlama yeteneği, yapısı ile ilgilidir. Eğer bir O_2 molekülü ile hem-grubuna bağlanırsa, molekülün tamamı bir başka biçimde birikerek, diğer O_2 moleküllerinin girişini kolaylaştırır. Bu ilişki, S- şeklindeki O_2 bağlama grafiği ile gösterilmektedir. Hemoglobinin O_2 verişinin nedeni, birçok dokudaki düşük O_2 yoğunluğuna bağlıdır. Kas hücrelerinde başka bir olay cereyan eder; kas hücreleri *MİYOGLOBİN*'le kırmızı bir renk alır. Bunun O_2'i bağlama yeteneği daha büyük olduğu için, O_2 deposu görevi yapar. Gerektiğinde miyoglobin O_2'ini solunum zincirindeki enzimlere verir.

Kan, O_2 nakli yanında, CO_2 de taşır. Bu gazın az bir kısmı, fiziksel olarak CO_2 molekülleri şeklinde çözülerek, kan plazmasında nakledilir.

Diğer bir bölümü O_2'in bağlandığı yerin dışındaki bir noktada, hemoglobine birikir. CO_2'in en büyük bölümü eritrositlere difüzyonla girer ve orada *KARBO-ANHİDRAZ* enzimi ile *HİDROKARBONAT (HCO_3) İYON*'larına dönüşür. Bu, tekrar kan plazmasına girer ve solunum organına iletilir. Orada tekrar CO_2'e dönüşerek solukla dışarıya atılır.

8.1.3. Kanın Diğer Görevleri

Gaz nakli yanında kanın başka taşıma görevleri de vardır. Örneğin besini dokulara ve atık maddeleri de boşaltım organlarına nakleder. Kan, organizmadaki olayları düzenleyen hormonları taşır. Homoiotermal canlılarda vücut sıcaklığını nakleder. Ayrıca kan, hastalık etkenleri ve zehirli maddelere karşı koyucu madde üretir.



Şekil 139.1: Kan pıhtılaşması (şematik).

8.1.4. Kan Pıhtılaşması

Eğer yaralanan bir yerden kan akışı olursa, kısa bir süre sonra yaranın jelimsi bir maddeyle kaplandığı ve kan akışının durduğu görülür. Bu olaya *KAN PIHTILAŞMASI (=AGLUTİNASYON)* denir. Bu tabaka kan hücrelerinin elastik fibrillerinin oluşturduğu bir karışımdır. Fibrilleri *FİBRİN* adlı protein yapar. Akıcı kanda fibrin bulunmaz; ama kan plazmasında çözünen ön basamağı olan *FİBRİNOJEN* vardır. Kan pıhtılaşması çok basamaklı bir olaydır. Burada enzim ve diğer faktörlerin etkisi ile fibrinojenden fibrin oluşturulur *(Şekil 139.1)*

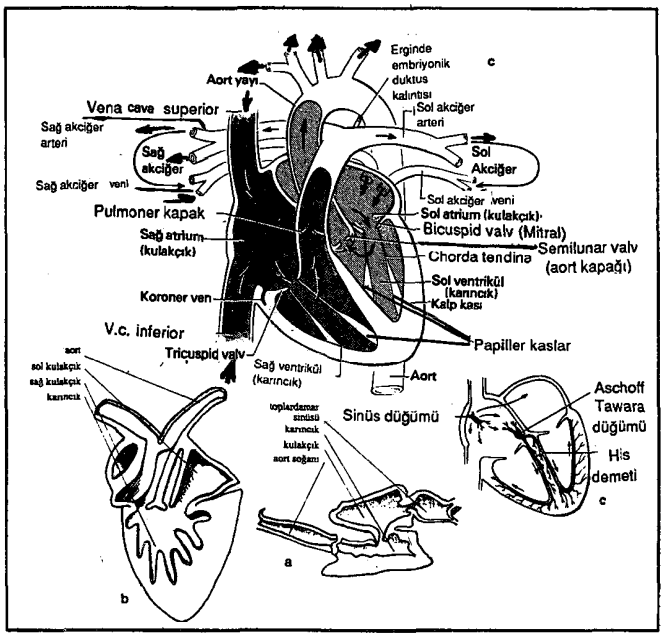
Epitel hücrelerin yer aldığı kan damarı cidarındaki hücrelerin, damarın yaralanıp kanla ilişkiye geçmesi, kan pıhtılaşmasını aktive eder. Bunlar *pıhtılaşma faktörü* adı da verilen özel bir protein salgılar. Ayrıca trombositler yaralanan noktaya birbirleri ile yapışarak birikip *PLAKACIK FAKTÖRÜ*'nü oluşturur. *Plakacık ve pıhtılaşma faktörleri plazmada çözünmüş olan* ***PROTROMBİN*** *adlı proteinden* ***TROMBİN*** *adlı enzimi yapar.* Bu olaya Ca^{+2} iyonları da katılır. Trombin, molekülünden iki peptidi ayırdığı fibrinojeni aktive eder. Aktive edilen fibrinojenden zincir oluşumu ile *FİBRİN* meydana gelir.

Hasta kan damarlarında, örneğin varislerde, aynı şekilde fibrin eksikliği olabilir. *Eğer kan pıhtısı toplardamarı tıkarsa* ***TROMBOZ****'dan söz edilir; bir tromboz kan tarafından taşınırsa* ***EMBOLUS*** *meydana gelir.* Böylece trombozun vücudun başka bir yerde görülmesine, yani kan damarının tıkanarak hayatı tehdit eden "EMBOLİ" nin oluşmasına yol açılır.

Sık rastlanan hemofili adlı hastalıkta, belli bir Globulin, yani "FAKTÖR VIII" in olmayışı kanın çok yavaş pıhtılaşmasına yol açar. Çok küçük yaralanmalar bile kan kaybına neden olur. Globulin günümüzde sağlıklı kişilerin kanından elde edildiği gibi, genteknolojik olarak değiştirilmiş bakterilerden de kazanılabilir.

8.2. KALP VE KAN DOLAŞIMI

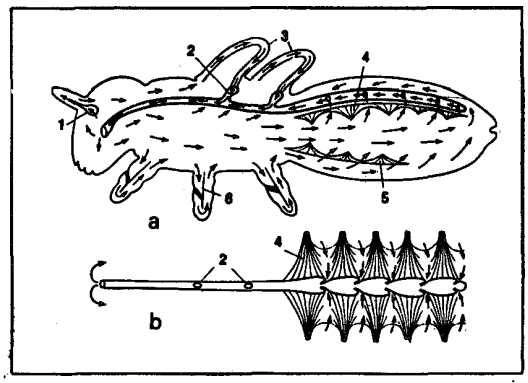
Birçok hayvanın kanı, kaslı bir yapı olan "KALP" tarafından "KAN DAMARLARI"na pompalanır. Kalbin büyüklüğü sahibinin sıkılmış yumruğunun



Şekil 140.1: a. Kemiklibalık kalbi; b. Kurbağa kalbi; c. Bir ergin memeli kalbi. Yukarıda kanın kalpte dolaşımı; altta kalbi idare eden özelleşmiş kalp kasının dağılımı görülmektedir (c. Barnes'den).

birbuçuk misli kadardır. Kansız ağırlığı, vücut ağırlığının % 0,5'i kadardır. Bu da erişkinlerde 300-350 gr ve hacim olarak ortalama 780 ml'dir. Ağır işlerde çalışanların ve sporcularınki ise daha iridir. Yuvarlak bir küreyi andıran kalp, diyaframın üstünde, üçte ikisi göğüs kafesinin solunda üçte biri sağında olacak şekilde yerleşmiştir. Ucu 5. kaburga ile 6. kaburga arasına kadar uzanır *(Şekil 140.1)*. Omurgasız hayvanların çoğunda, örneğin böcek ve yumuşakçalarda kan damarlarının ucu açık olduğu için kan, vücut dokusunun ara bölmelerine serbestçe akar. Burada kan dokuyu direkt olarak besler. Bu duruma *AÇIK DOLAŞIM* denir *(Şekil 140.2)*.

Omurgalı hayvanların kalbinden atardamar(=ARTER)lar çıkar. Arterlerin çeperleri çok yüksek basınca bile dayanacak güçtedir. Atardamarlar ince çeperli ve daracık kılcal (=KAPİLLER) damarlara dallanır. Burada madde değişimi kan ve doku arasındadır. Kılcal kan damarları, toplar (=VENA) damarlarda birleşir. Bunlar kanı kalbe geri götürür. *Eğer kan izlediği yolun bütününü damarlarda tamamlarsa burada "KAPALI KANDOLAŞIMI"ndan söz edilir.*



Kapalı kan dolaşım sistemi, besin maddelerini daha hızlı naklettiği için açığa göre daha iyi çalışır.

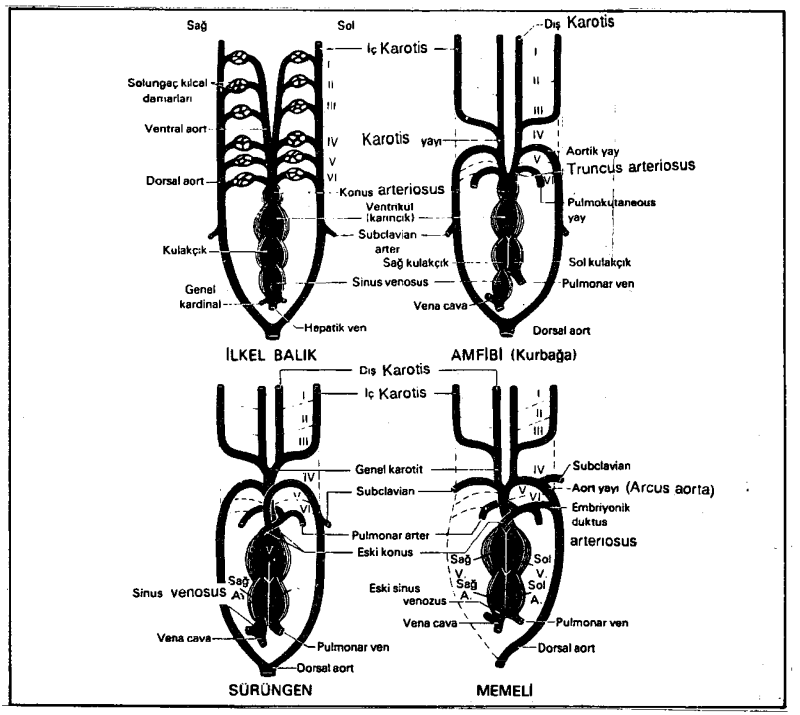
Şekil 140.2: Böceklerde açık kan dolaşım sistemi. a) Kan devrinin şeması, b) Üstten bakışta sırt diyaframı ve kalbin görünüşü. 1. Baş kapsülü, 2. Sırt ampülü, 3. Kanat Diyafram "kanat kasları", 5. Ventral diyafram ve 6. Bacak diyaframı (Weber'den).

8.2.1. Omurgalı Hayvanların Kan Dolaşım Sistemleri

Kuş ve memeli hayvanların vücut sıcaklığı ortama göre değişmediğinden (=HOMOİOTERMAL) bunlar her türlü koşulun hüküm sürdüğü bölgelerde bile rahatça yaşar. Bu durum homoiotermal canlıların kan dolaşım sisteminin daha verimli çalışmasıyla ilgilidir. Balık, kurbağa ve sürüngenlerdeki kan dolaşım sistemleri daha basit olduğu için, bunların vücut sıcaklıkları ortamın sıcaklığına göre değişir(=POİKİLOTERMAL).

Kemikli balıkların kalbi bir ön, bir de kalp karıncığından oluşan "S" şeklinde bir boruyu andırır. CO_2 içerikli, oksijence fakir balık kanı ön karıncık tarafından emilir ve kalp karıncığı vasıtası ile solungaç atar damarına pompalanır. Bu kan oradan 4 çift solungaç arterine (=arter yayı) ve oradan da solungaç kılcal damarlarına girer. Buradan oksijence zenginleşen kan çifter olan aort kökü̈ne ve daha sonra en büyük atardamara (=AORTA) geçer. Aort kanı tekrar vücuda taşır. Bu şekildeki dolaşıma "BASİT DOLAŞIM" denir. Kalpte sadece kirli kan (=oksijence fakir kan) bulunur *(Şekil 141.1).*

Kurbağalarda, karasal yaşama geçişe bağlı olarak, solungaç ve akciğer solunumu değişir. Erişkin kurbağalarda kalp, kanı evrimsel olarak solungaç arterinden kökenlenen akciğer arterine pompalar. Akciğer toplardamarı, gaz değişiminden sonra kanı kalbe götürür. Kalp bu sefer kanı büyük atardamara yani "AORTA"ya pompalar. *Görüldüğü gibi akciğer kan dolaşımı vücut kan*



Şekil 141.1: İlkel balıklardan memelilere kadar, kalpte ve aort yaylarında meydana gelen evrimsel değişiklikler.

dolaşımından ayrıdır. Bu durumda "ÇİFT KAN DOLAŞIMI"ndan söz edilir. Kalpde akciğerden gelen oksijence zengin kan, vücuttan dönen kirli, yani oksijence fakir kanla karışır.

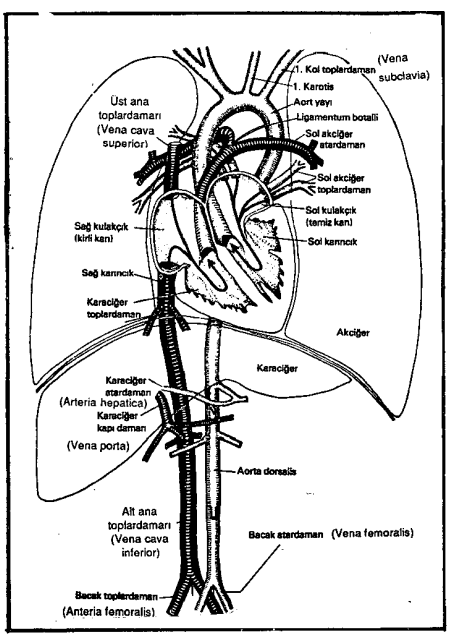
Sürüngenlerde de oksijence zengin ve fakir kan karışıktır. Bunlarda kalp bir zarla kısmen iki bölüme ayrılır. Hatta bu ayrılış timsahlarda tamamen gerçekleşmiştir*(Şekil 141.1).*

Kuş ve memeli hayvanlarda kalbi ikiye bölen duvar tamdır. Yani kalp iki bölüme ayrılır. Kulakcıklar üst bölümde karıncıklar alt bölümde yer alır. Kulakcıklar toplardamardaki kan akışını düzenler. Vücutta dolaşmakta olan kan karışık değildir ve oksijence zengin kan organlara gönderilir *(Şekil 141.1)*

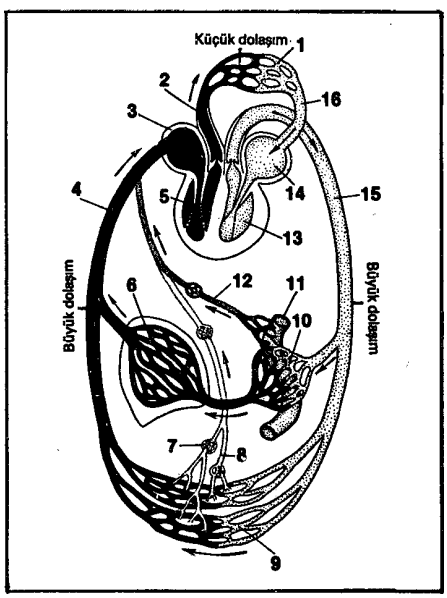
8.2.2. İnsanda Kan Dolaşımı

İnsan kalbi dört gözlüdür. Bunlardan alt bölümlere sağ ve sol karıncık, ya da **VENTRİKÜL**; üst bölümlere sağ ve sol kulakcık veya **ATRİUM** denir.

Kan oksijeni organlara taşır, organlarda birikmiş CO_2'i de alarak toplardamarlar, yani venler kanalıyla kalbin sağ kulakçığına getirir *(Şekil 142.1 ve 142.2).* Buradan üçlü kapağın açılması ile kan sağ karıncığa geçer; oradaki kan (kirli kan) akciğer kapakcığının açılması ile akciğer atardamarına doğru itilir, o da kanı temizlenmek üzere akciğere taşır, buna **AKCİĞER DOLAŞIMI** veya küçük



Şekil 142.1: Ergin bir memelide (insanda) dolaşım sistemi. Kirli kan siyah, temiz kan açık renkli damarlarla gösterilmiştir (Wurmbach'dan).

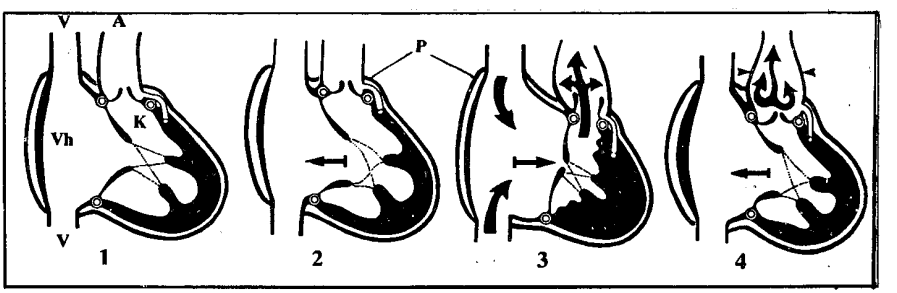


Şekil 142.2: Bir memeli hayvanda dolaşım şeması. 1. Akciğer kılcalları, 2. Akciğer atardamarları, 3. Sağ kulakcık, 4. Vücut toplardamarı, 5. Sağ karıncık, 6. Karaciğer kılcalları, 7. Lenf düğümü, 8. Lenf damarı, 9. Gövde kısmındaki kılcallar, 10. Bağırsak kılcalları, 11. Bağırsak, 12. Kilus damarı, 13. Sol karıncık, 14. Sol kulakçık, 15. Aort, 16. Akciğer toplardamarı, noktalı damarlar O2'ce zengin, siyah damarlar O2'ce fakir kanı taşır (Kühn'den).

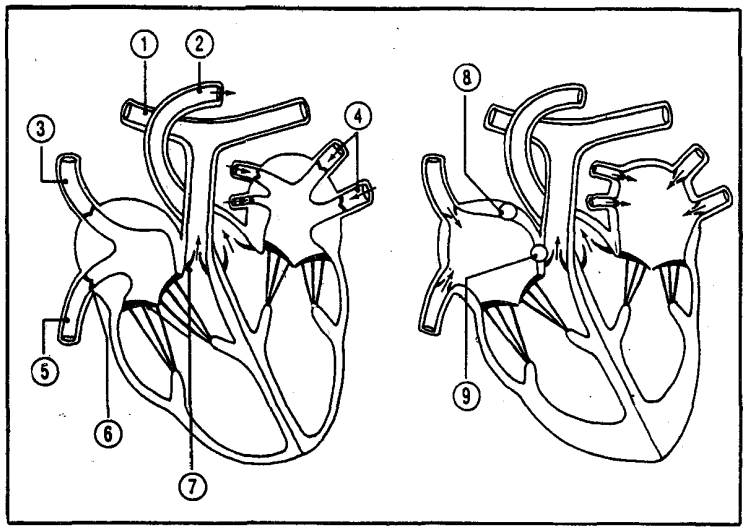
KÜÇÜK KAN DOLAŞIMI denir. Akciğere taşınan kan, CO_2'i bırakıp, O_2'ni alır. O_2'ce zenginleşen kanı bu sefer akciğer toplardamarı kalbin sol kulakcığına getirir, daha sonra kan mitral kapakcığını geçerek sol karıncığa dolar; oradan da büyük bir basınçla, büyük atar damar; yani aorta doğru itilir. Böylece O_2'ce zengin kan en uzak çevre atardamarlarına ulaşabilir. Bu nedenle aort kapakcığının görevi oldukça ağırdır ve bazı hastalık durumları veya patolojik hallerde değiştirilmesi bile gündeme gelebilir. Aort kapakcığının açılıp, atardamarlara kan iletilmesine **AORT KAN DOLAŞIMI veya BÜYÜK KAN DOLAŞIMI** denir. Akciğer dolaşımında toplardamarlar O_2'ce zengin kan (temiz kan), aort dolaşımında ise toplardamarlar O_2'i tükenmiş, CO_2'ce zengin kan (kirli kan) taşır. Bu dolaşımda temiz kan atardamarlarla dağılır. Bir kısmı koroner atardamarlara gidip kalbi besler, diğer bir kısmı beyin ve kol atardamarlarını doldurur; geri kalanı da karındaki organlara ve bacaklara iletilir. *Kalbin sol yarısı sadece oksijence zengin, sağ yarısı oksijence fakir kan içerir. Oksijence zengin kan arteriyel, oksijence fakir kan da venöz olarak adlandırılır.*

8.2.3. Kalp Kasının Çalışması

Kalp bir emme-basma pompasına benzetilebilir. Kalp toplardamarın taşıdığı kanı günde yüzbin kez içine çeker. Toplardamarlar ve kulakcıklarda; diğer bir ifade ile alıcı boşluklarda basınç sıfıra yakındır. Kanın atardamarlarla organlara nakli için itilmesi gerekir. Karıncıklar, yani itim boşlukları ve kalp kası iki tip hareketi yapabilir. Bunlardan *SİSTOL* başlangıcında karıncık gerginleşir ve kanla dolar, kulakcıklar ise kasılır. Bu durumda her iki karıncık aynı anda çekilerek kasılır ve kanı akciğer arteri ve aorta pompalar. Aynı anda iki kulakcık da genişler ve kanla dolar. Kapaklar, kanın karıncıklardan kulakcığa geriye akmasını önler. *DİYASTOL*'de karıncık kası gevşer karıncıklara kan pasif olarak dolmaya başlar. Sonunda kasılan kulakcıklardan açılan kapakcıklar kanalı ile kan karıncığa aktif olarak dolar. Bu esnada kapak ventilleri kanın toplardamara geri akmasını önler *(Şekil 143.1)*. Kalp kası faaliyeti *Şekil 143.1 ve 144.1'de* görülmektedir. Sistol basınç dalgası, atardamarlarda "NABIZ ATIŞI" şeklinde belirginleşir, bilek veya şakağa dokunulursa nabız atışı rahat bir şekilde hissedilir. Sistol esnasında Aortanın çeperi genişler. Aorta elastik oluşu nedeniyle diyastolde tekrar daralır. Bu esnada kan vücut arterlerine pompalanır. Böylece hem belli bir kan basıncı korunmuş olur ve hem de diyastolde arter kan akımı durmaz (ikinci pompa olayı).



Şekil 143.1: Kalbin çalışma şeması. 1) Dinlenme dönemi (V: Ven, Vh. Sol kulakcık, K. Karıncık A. Arter) 2) Kulakcık sistolü (P. Perikard), 3. Aynı andaki kulakcık diyastollü karıncık sistolü, 4) Karıncık diyastolü. (Kalın oklar kanın hareketini, ince oklar ventil düzlemindeki hareket yönünü gösteriyor) (Mörike ve ark.'dan).



Şekil 144.1: Kalp kası faaliyeti; 1- Akciğer atardamarı; 2- Vücut atardamarı; 3- Kafa toplardamarı; 4- Akciğer toplardamarı; 5- Vücut toplardamarı; 6- Kapakcık ventili; 7- Kapakcık; 8- Sinüs düğümleri; 9- Kulakcık düğümleri

Bir atım kalp atışı ile kalbe 80 mililitre kan girer. Bir insanın kalbinden günde 8 bin litre kan geçer. Kalp atışı, yoğun bir şekilde çalışırken ve heyecanlanınca, sakin duruma göre daha çabuk olur. Kalp atış frekansı, yani bir dakikadaki kalp atış sayısı yaş, vücut büyüklüğü ve antrenmanlı oluş gibi etmenlere bağlıdır. Sakin bir yetişkinin kalbi dakikada 70 defa çarpar ve bu sırada hemen hemen vücuddaki kanın miktarına eşdeğer olan 5 litre kanı pompalar. Büyük çaba sarfetmeyi gerektiren durumlarda bu miktar, birkaç misli artar (en fazla 7 misli) Aort kapak genişlemesi gibi (aort yetmezliği) hastalıklarda ise 20 litreye ulaşabilir.

Vücutdaki bazı organların dinlenme ve çalışması sırasındaki, kan dolaşım debileri farklılık gösterir. Buna göre dakikadaki milimetreküp kan debisi beyinde değişmez; yani 750/750; kalpte 250/750; kaslarda 1200/1250; deride 500/1900; böbrekte 1100/600 ve karında 1400/600 (ilk değer dinlenmeye, ikinci değer çalışma dönemine aittir). Buna göre çalıştığında kan gereksinimi artan organlar ile kas hareketine katılmadığı için kan akışı azalan organları ayırabiliriz. Her ne olursa olsun, beynin kanlanma debisi değişmez

8.2.4. Kalp Faaliyetinin Elektriki Uyarımı

Kurbağa kalbi vücuttan ayrılıp bir besi çözeltisine konursa, kalp o durumda daha saatlerce atmasına devam eder. Yani kalbin kendisine özgü bir *UYARI MERKEZİ* vardır. Venlerin kulakcığa açıldığı yerde *SİNÜS DÜĞÜMLERİ* de denen bir grup hücre bulunur. Eğer bu hücre grubu izole edilen kurbağa kalbinden ayrılırsa kalbin atışını hemen kestiği izlenir. Kalp bir süre sonra, çok yavaş bir tempoyla, tekrar kan pompalamaya başlar. Uyarı impulsları, Atrio ventriküler düğüm (=Aschoff tawara düğümü) denen başka bir merkez tarafından gönderilir *(Şekil 140.1 c)*. Kalp sağlıklı ise sinüs düğümleri bu görevi üstlenir. Bu vejetatif sinir sisteminin sinir iplikleri ile ilişkisini gösterir *(Şekil 144.1)*.

8.2.5. Kalp Atışının Bozulması ve Elektrokardiogram (=EKG)

Elektrik akımının neden olduğu kazalar, çoğunlukla ölümle sonuçlanır. Aynı şekilde önceden alıştırmadan aniden soğuk suya atlama da hayatı tehlikeye sokar. Her iki durum da kalp karıncığının ventriküler fibrilasyonuna neden olur ve bu hareket sonucu kalp kası kan pompalamaksızın çok süratli olarak kasılır. Buna bağlı olarak; sinüs düğümlerinde uyarı mekanizması bozulur veya kalp kasında uyarının yayılması gerçekleşmez. Kanı yönlendirmede görev alan kapakcıklar açıkken hiçbir direnç göstermemeli, kapalıyken sızdırmaz olmalıdır. Mitral kapakcığı kan sızdırıyorsa, sol karıncık kasıldığında kan kulakcığa geri döner. Bu gidiş geliş kalbi yorar. Bunu önlemek için, hasta kapakcık cerrahi müdahale ile ya değiştirilir, ya da tedavi edilir. Son yıllarda cerrahi müdahaleye gerek kalmadan balon uygulaması yapılır.

Kalp normal bir yaşam süresince üç milyar kez atar. Kalp atışında bazen bozulmalar olur. Bunun en basiti ekstrasistoldür. Kalb bu yolla günde 5-6 kere tekleyebilir. Burada başka bir otomatik merkez, kalp sinüsünden önce harekete geçer ve kalp öngörülenden önce ve daha güçsüz atar; ama bunu izleyen ilk kasılmada kalp sinüsü daha güçlü bir kasılmayla, eksilen kanı telafi eder. Birçok kimse bunu göğsünde bir boşluk ya da bir darbe olarak hisseder. Kalbin normal olması durumunda ekstrasistol kaygı vermez.

Uyarı oluşumunun bozulması bazı hastalıklara yol açar. Kalp atış frekansıyla yavaşlar veya süratlenir ya da düzensizdir. Uyarı iletimi sinüs düğümleri ve karıncıklar arasında bloke olursa kalp çok yavaş atar, zira o anda alt çalıştırma odakları kalbin atış ritmini belirler. Bu durumda elektrik impulsu yapan, pacemaker (=pil) ile kalp atışı normal hale getirilir. Kalp pilleri plastik bir kabukla sarılı olup, karın veya göğüs duvarına yerleştirilir. Doku reddi söz konusu olmaz.

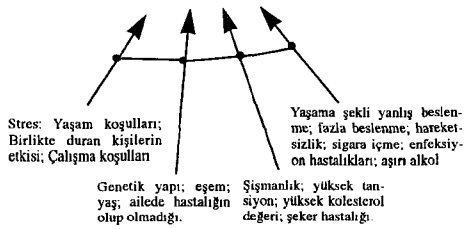
Enerji impulslarının kalp çeperindeki yayılışı, kalp hastalıklarının doğal olarak teşhisinde kullanılır. Vücudun yüzeyinde kaydedilebilen elektriki potansiyel sapmaları görülür. Bunun kaydı için göğüs, kol ve bacaklara belli bir düzende elektrodlar yerleştirilir. Kalp atışı sapmalarının grafiği ile *ELEKTROKARDİOGRAM (=EKG)* elde edilir.

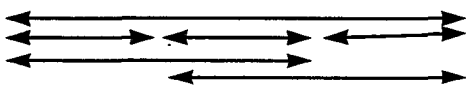
8.2.6. Kan Basıncı (=Tansiyon)

Sistol sırasında kalp kası kasılır. Karıncıklardaki basıncın artışı ile kapaklar kapanır ve kapak ventilleri açılır. Böylece kalp, kanı yüksek bir basınçla, yani **sistol basıncı** ile, artere pompalar. Aortun elastiki çeperi bu esnada genişler ve hacmi artar. Onu izleyen diyastolde kalp karıncıkları genişler. Kapaklar açılır ve kapak ventilleri kapanır. Bu işlemde kan kalpten pompalanmaz. Buna rağmen kan organlara akar ve genişleyen aortun gevşemesi kanı arterlere gönderdiğinden, oldukça büyük bir kan basıncının yansıması (nabız) ölçülebilir. Bu dönemde görülen kan basıncına **diyastol basıncı** denir *(Şekil 143.1)*. Kan basıncı aortun ve boyun atardamarının çeperine elle dokununca algılanır. Toplardamar ve kalbin içinde de böyle alıcılar vardır. Eğer çeper gerilimi değişirse, sinir impulsları, arka beyin dolaşım merkezine gönderilir. Buradan vejetatif sinir sistemi kanalı ile kalp ve damarlara etki yapılabilir. Ani bir tansiyon düşüşünde örneğin fırlayarak ayağa kalkmada, sempatik sistemin sinir iplikleri uyarılır. Bu ise kalp aktivitesini artırır ve damar çeperlerini daraltır. Bu da tansiyonun kısa zamanda normalleşmesine neden olur. Tansiyonun düşmesi

parasimpatik sistemin uyarılması kanalı ile gerçekleşir. Hormonlar da tansiyona etki yapar. *Böbreküstü bezi hormonu ADRENALİN kan damarını daraltır ve tansiyonu artırır. Tansiyon stress ve psikolojik baskı altında da artar. Tansiyonun yükselmesine* ***HİPERTANSİYON*** *denir.* Hipertansiyon kalp ve damarlarda hastalıklara yol açar. *Hipertansiyonun en çok rastlanan sonucu* ***ARTERİOSKLEROZ****dur. Burada damarlar, iç çeperlerine biriken kalkerle daralır ve kan akışı böylece engellenir. Kalbe kan götüren koroner bir damarın tıkanması sonucu bir bölgeye yeterince O2 iletilemez ve bu durum "MİYOKARD ENFARKTÜSÜ"ne yol açar. Düzensiz hayat, nikotin, alkol, kafein gibi uyarıcı ilaçlar kalbe ve dolaşım sistemine zarar verir.* Kalp ve kan dolaşımı bozuklukları sonucu ortaya çıkan hastalıklarda, bazı önemli nedenler vardır, bunları Tablo 146.1'de görebiliriz.

Tablo 146.1. Kalp-dolaşım sistemi hastalıklarında riziko etmenleri

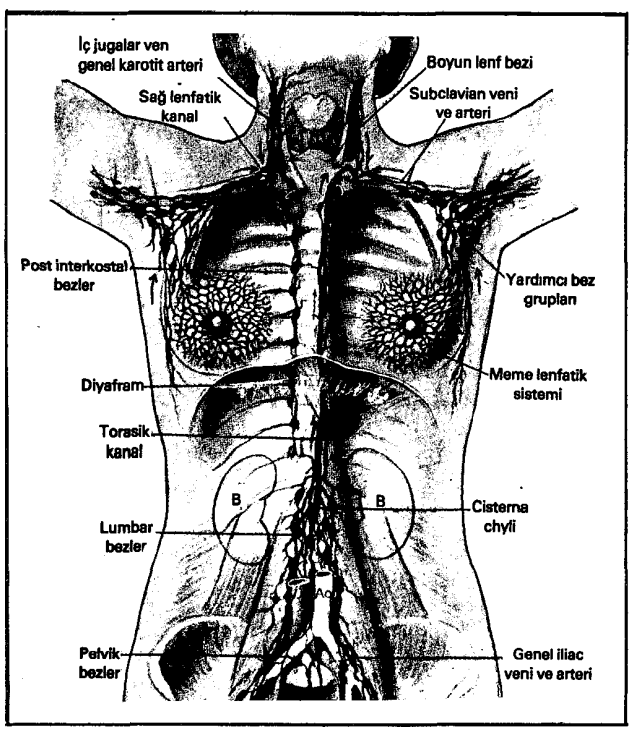




Günümüz insanın %70-80'ni *Tablo 146.1*'de verilen riziko faktörlerine maruzdur.

8.3. LENF

Arterlerin kılcal kan damarlarında kan basıncı nisbeten yüksektir. Bu yüzden burada kan plazması kapilar çeperlerin dar porlarından ara hücre boşluklarına pompalanır. Büyük kan hücreleri ve büyük protein molekülleri porlardan geçemediği halde, küçük molekül ve iyonlar rahatça geçer. Ara hücre bölümlerinde bulunan ve bu sayede o kısımların kanla ilişkisini sağlayan akıcı maddeye "doku sıvısı" veya "LENF" denir. Lenfin bir kısmı kan basıncının çok düştüğü venöz kapilerler kanalı ile kana geri döner. Lenfin diğer bir bölümü **LENF DAMARLARI**'nda toplanır ve iletilir. Lenf Damar sistemine bu nedenle bir nevi **DRENAJ SİSTEMİ** de denir. Bu sistem artan doku sıvısını nakleder. Ana lenf damarı büyük vücut toplar damarına girer ve lenfi tekrar kana iletir (*Şekil 146.1*).



Şekil 146.1: Büyük lenf damarlarının ve düğümlerinin vücutta dağılışı (Barnes'den).

Lenf damarlarında **LENF DÜĞÜMLERİ** bulunur. Burada çok sayıda *MAKROFAJ* denen akyuvar vardır. Bunlar lenfi fagositozla temizler. Lenfteki bakteri, hastalık yapıcı ve yaralanan dokudan vücuda giren canlıları yokeder. Bir başka grup akyuvar olan **LENFOSİT**'ler, burada **ANTİKOR** yapar (*Şekil 137.1*).

8.4. AKYUVARLARIN OLUŞUMU

Çeşitli kan hücreleri kemik iliğindeki "ANA HÜCRE"den oluşur. Bu ana hücre bölünerek iki oğul hücre yapar; bunlardan birisi yeni ana hücre olarak arada kalır, diğeri ise farklılaşarak "ÖNCÜ HÜCRE" olur.

Akyuvarlar da bu öncü hücrelerden meydana gelir. Öncü hücrelerin bir kısmı makrofajlara dönüşür. Bunlar bakteri ve ölü vücut hücrelerini fagositozla yok eder. Bunlara kan ve dokularda ve özellikle *DALAK* ve *LENF DÜĞÜMLERİ*'nde rastlanır. Diğer akyuvarlar ise küçük *LENFOSİT*'lerdir. İki gruba ayrılırlar. *Lenfosit öncü hücrelerinin bir kısmı kanla timus bezine girer ve onun hormonal etkisi ile* ***T-LENFOSİT****'lerini oluşturur. Diğer kısmı ise muhtemelen kemik iliğinde* ***B-LENFOSİT****'lerini (bone=kemik) yapar.* Bu her iki lenfosit türü de daha sonra özellikle *DALAK* ve *LENF DÜĞÜMLERİ*'ne göçerler. Vücut için yabancı olan maddelere, yani *ANTİJEN*'ler özel bir şekilde tepki gösterirler ve onlara karşı *ANTİKOR MOLEKÜLLERİ*'ni yaparlar. Böyle mukavemet reaksiyonlarına *İMMUN REAKSİYONU* adı verilir.

8.5. KAN GRUPLARI

Ağır yaralanmalarda kaybedilen kanın yerine dışardan kan verilir. Bununla birlikte bu tip kan nakillerinde olumsuzluklar da olabilir. Bazı durumlarda kan alıcı için ölümcül sonuçlar bile görülür. Eğer A grubu kan B ile karışırsa, eritrositlerin derhal topaklaştıkları görülür. Kanın insan vücudunda bu şekilde topaklaşması ve kılcal kan damarlarını tıkaması sonucunda *AGLUTİNASYON* (=kan pıhtılaşması) meydana gelir. Bu, bir *ANTİJEN-ANTİKOR reaksiyonu*dur. Eritrositin hücre membranında antijenler bulunur ve bunlar kalıtsal koşullu olup *ABO-SİSTEMİ*'ndeki 4 kan grubunun temelidir. Burada A ve B faktörleri antijen olarak etki yapar. *Eritrosit membranındaki faktör A ise, burada kan grubu A söz konusudur. Bu faktör B ise kan grubu A olamaz. Buna göre B kan grubunu da B faktörü belirler. Kan grubu 0'da hiçbir faktör bulunmadığı halde, AB de her iki faktör de vardır.* Eğer yanlış kan nakledilirse plazmada oluşturulan antikor aglütinasyon yapar. Kan grubu A olan bir insanın kan plazmasında "anti-B" kan grubu B olanınkinde ise "anti-A" bulunur. Kan grubu AB ne anti-A, ne de anti-B'ye sahip olduğu halde, kan grubu 0 olanda her iki antikora da rastlanır. AB0-sisteminden başka çok nadir kan grupları da vardır *(Şekil 147.1)*

Kan grubu	Alyuvardaki agglutinojen	Kan plazmasındaki agglutinin	Kan verdiği gruplar	Kan aldığı gruplar	Reaksiyonlar	
					Anti-A	Anti-B
0	Yok	a ve b	0-A-B-AB	0		
A	A	b	A-AB	0-A		
B	B	a	B-AB	0-B		
AB	A ve B	Yok	AB	0-A-B-AB		

Şekil 147.1: Kan grupları ve agglutinasyon.

8.6. RHESUS FAKTÖRÜ

Alyuvarların üst yüzünde bulunan başka bir antijen ise *"RHESUS FAKTÖRÜ"* dür. Orta Avrupalıların % 85'i bu faktöre sahip oldukları için bunlar "Rhesus pozitif (=Rh +)" diğerleri ise "Rhesus negatif (=Rh –)"dir.

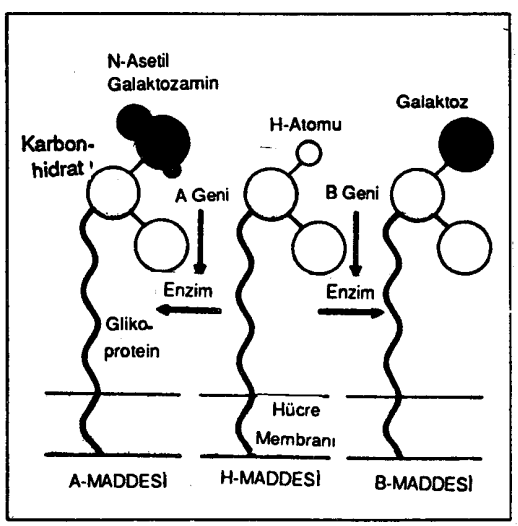
Rhesus pozitif verici kanı, Rhesus negatif kan grubundaki alıcıya verilirse, alıcının kanında antikor oluşur. İkinci bir Rhesus pozitif kan nakli (=transfüzyon) sonucunda aglutinasyona neden olunur.

Anne kanı rhesus negatif ve çocuk kanı rhesus pozitif ise rhesus faktörü hamilelikte önemli bir rol oynar. Doğumda çocuğun kanı annenin kan dolaşım sistemine geçer ve antikor oluşumunu etkiler. Yeni bir gebelikte çocuğun kanı tekrar rhesus pozitif olduğundan,anne kanında daha önce oluşan antikorlar çok ağır zarara neden olur.

8.7. KAN GRUPLARININ MOLEKÜLER TEMELLERİ

Alyuvar membranı, karbonhidratın bağlandığı protein molekülü içerir. Burada üç çeşit karbonhidrat bulunur *(Şekil 148.1)*. **A-maddesi** yan zincir olarak azotlu bir şeker olan *"N-asetil-Galaktozamin"*i taşır. **B-maddesi**nde aynı yerde bir *"Galaktoz molekülü"* oturur. **H-maddesi**nde bu nokta bir hidrojen atomunca işgal edilir. Molekül yapısının gösterdiği gibi, A ve B maddeleri iki enzimin faaliyeti ile H-maddesinden oluşur. Her iki enzim A ve B genleri ile ilişkilidir.

Her iki geni taşıyan insanlar eritrosit membranlarında hem A-maddesine hem de B-maddesine sahiptir. Eğer bu iki gen bulunmaz ise sadece H-maddesi oluşur.



Şekil 148.1: Kan gruplarının moleküler temeli.

Kan plazmasının membranda bulunmayan maddelere karşı antikor oluşturduğu bulgusu çok önemlidir. Bu durum AB0-kan grubu sistemini ortaya çıkarır.

Eğer bir insan eritrosit membranında sadece A-maddesini taşırsa, onun kan grubu "A"dır ve kan plazması da "anti B" antikoru taşır. Eğer ona, grubu B olan kan nakli yapılırsa "anti-B" nedeniyle eritrositlerinin topaklaşması kaçınılmaz olur *(Şekil 147.1)*.

9. SOLUNUM

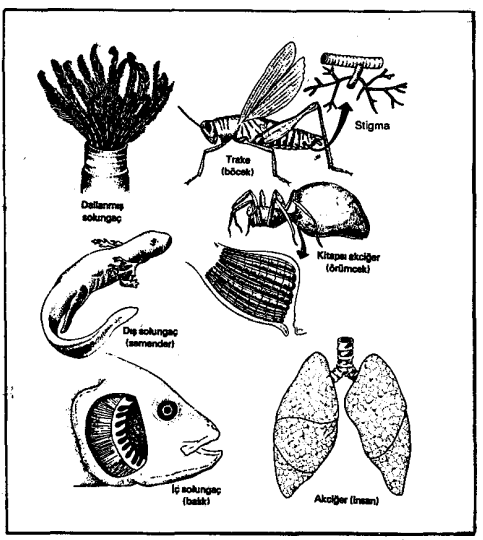
Canlılarda rastlanan en önemli solunum şekilleri aşağıda verilmektedir.

9.1. DERİ SOLUNUMU

Terliksi hayvan oksijeni hücre yüzeyinin tamamı ile alır. Aynı şekilde basit yapılı tatlısu polibi gibi çok hücrelilerde veya bazı solucanlarda, deri ile vücuda difüzyonla oksijen alınır. Oksijen, yoğunluk farkı nedeniyle vücuda girerken, aynı nedenle CO_2 vücuddan dışarıya verilir. Solunumun bu şeklinin etkinliği azdır, çünkü difüzyonla nakledilecek gazın iletileceği mesafe ancak 1 mm olabilir. Bu nedenle büyük organizmalarda deri solunumu çok azdır. Bunun dışında büyük hayvanların derisi oldukça sert ve gaz geçirgenliği düşüktür. Deri solunumu burada, ilave bir solunum şeklidir. Bununla birlikte bazı durumlarda omurgalı hayvanlarda önemli olabilir. Mesela bir kurbağa kışı hiç hareket etmeden geçirir. Suyun altında olduğundan kurbağa akciğer solunumu yapamaz. Metabolik olayların en düşük düzeyde tutulduğu bu dönemde, deri solunumu ile alınan O_2 miktarı, metabolik olayların tamamının durmaması için yeterlidir. Deri solunumunun insan solunumundaki payı ise sadece % 1'dir.

9.2. TRAKE SOLUNUMU

Sivrisinek larvaları ve bazı su böcekleri su yüzeyinin hemen altında bulunurlar ve solunum boruları kanalı ile aldıkları hava kabarcığını abdomenlerinin uç kısmında tutarlar. Böceklerin çoğunun vücut segmentinin sağ ve solunda solunum açıklığı (=stigma) bulunur *(Şekil 149.1)*. Hava buradan çok dallı bir boru sistemine geçer. Bu boru sistemine *"TRAKE"* denir. Bunlar da çok ince *TRAKEOLLER*'e dallanır. O_2 bunlar kanalı ile vücut hücrelerine taşınır. O_2'nin geçişi difüzyonla olur. Bazı böcekler solunumu hızlandırır. Mayıs böceği uçmadan önce vücuduna O_2 pompalar. Kas hareketi ile havayı boru sistemine iletir oradan da O_2 artmış bir şekilde organlara gönderilir. CO_2 de aynı yolla vücuttan atılır. Birçok böcek türü difüzyonu göğüs ve abdomenin aktif solunum hareketleri ile destekler. **Bu arada trakeler sıkıştırılır (aktif soluk verme) veya kendiliğinden gevşer (pasif soluk alma).** Solunumda kullanılan gazların iletimi çok kısa mesafelerde olur. Bu yüzden de bütün böcekler nisbeten küçüktür.



Şekil 149.1: Hayvanlardaki bazı solunum organları (Barnes'den).

9.3. SOLUNGAÇ SOLUNUMU

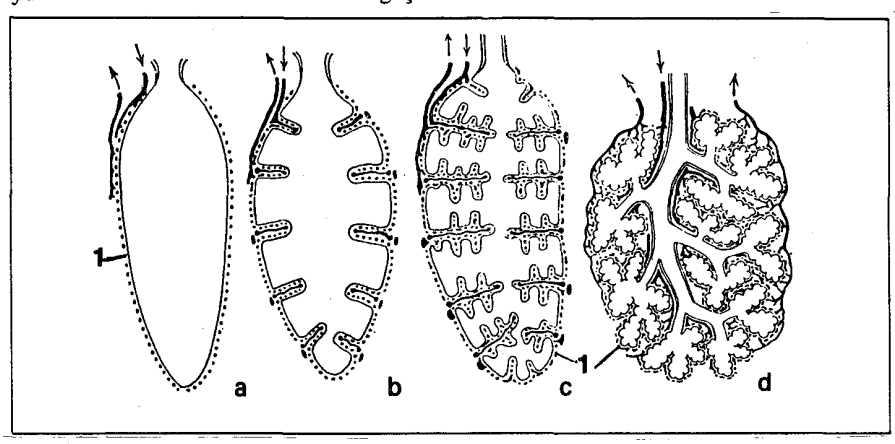
Balık ve diğer sucul hayvanlar, örneğin yengeç ve midyeler, serbest O_2'i sudan alır. Bir litre su 10 ml O_2 içerir. Bu hayvanlar bunun için kuvvetli bir şekilde kanlanmış deri plakaları, yani *SOLUNGAÇ* taşır. O_2 solungaç ve kılcal damar çeperi ile kana difüzyonla girer ve onunla vücut dokusuna taşınır. Her litre solungaç kanı için 15 lt su, solungaçlar tarafından pompalandığından balığın bir litre kanı 10 ml x 15 x % 80 = 120 ml O_2 alır. İnsan ise her litre akciğer kanı için sadece 1 lt havayı, yani yaklaşık 200 ml oksijeni alabilir. Balık solungacı etkinliğinin en yüksek derecesine **karşıt akım kuramı** çerçevesinde ulaşır. Burada su ve kan karşıt yönlerde birbirine doğru akarak gider *(Şekil 149.1).* Oksijence zengin su solungaca girerken, oksijence fakir kanla karşılaşır. Çok az bir parsiyal basınç farkında bile sudaki oksijen difüzyonla kana geçer.

Solunum suyu çok ince tabakalardan solungaçlarla pompalanır. Solungaç lamelleri arasında 20-50 µm'lik aralık vardır. Su, ağzın ve solungacın açılması ile ağza çekilir. Ağız ve solungacın daraltılması ile solungaç yarıklarından tekrar dışarıya verilir.

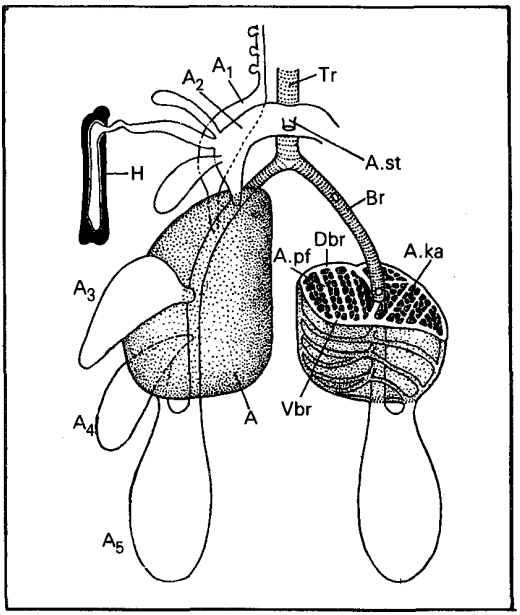
Solungaçlar çok ince ve duyarlı deri oluşumudur. Yaralanmalardan korunmak için kemikli balıklarda solungaç kapağı (=OPERKULUM) vardır. Kurbağa yavruları suda iken solungaçla, karaya geçtikten sonra da akciğer ve deri ile solunurlar. Suda yaşayan omurgasızlar da solungaçlarını vücutlarının çeşitli bölgelerinde taşır.

9.4. AKCİĞER SOLUNUMU

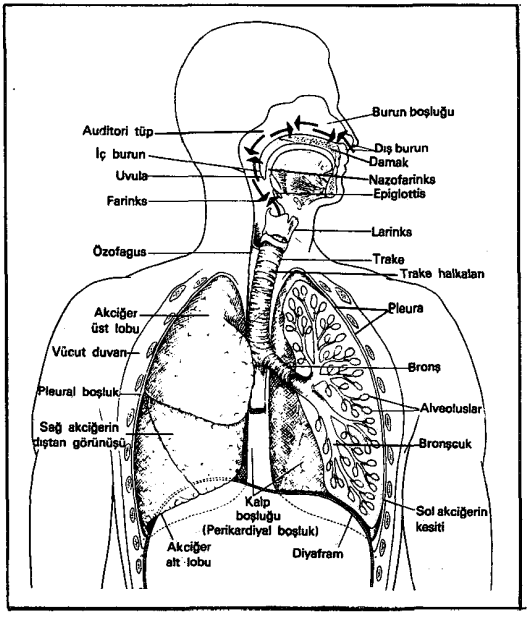
Afrika, Güney Amerika ve Avustralya'da, yaz mevsiminde kuraklık nedeniyle suyu çekilen göllerde çamura girerek yazı atlatan balık türleri vardır. Bunun için yukarıya doğru bir hava kanalı açarak, oradan solunurlar. *Akciğerli balıklar* adı da verilen bu türler, bir balık grubunun yaşayan örnekleri olup, 300 milyon yıl önce devonda gelişmiştir. Bunlar, çeperinde çok miktarda dallanan kan damarı taşıyan yüzme kesesi ile ve suda iken solungaçla solunurlar.



Şekil 150.1: Akciğer tipleri: a) Düz çeperli, 1. Solunum kılcaldamarları (bazı amfibilerde, örneğin semenderlerde), b) Katlanmış kenarlara sahip akciğer (bazı amfibilerde), c) Dallanmış çeperli akciğer (bazı amfibilerde ve sürüngenlerde), d) Bronşcuklar şeklinde dallanmış akciğer (memeli hayvanlarda) → Kanın akış yönünü gösterir. (Kühn'den)



Şekil 151.1: Kuşlarda akciğer ve hava keseleri. A) Akciğer, A_1-A_5) Hava keseleri, A.st) Sternumdaki hava kesesine bağlantı, A.ka) Hava kapilleri, A.pf) Akciğer odacıkları, Br) Bronş, Dbr) Dorsal bronşları, H) Humerus, Tr) Trake ve Vbr) Ventral bronşlar (Kühn'den).



Şekil 151.2: Bir insanda solunum sistemi (Barnes'den).

Kurbağa yavruları solungaçla, erişkin kurbağa ise akciğerle solunur. Kurbağa akciğerinin iç ceperi solunumu artırmak için katlantılarla, daha ileri omurgalı hayvanlarda ise akciğerin iç yüzeyi katlantı ve bölmelere ayrılıp büyütülür *(Şekil 150.1).* Kuşlarda solunum akciğerledir. Bol hava kesesi taşırlar *(Şekil 151.1).*

Hava, soluk borusunun dallanmaları (=BRONŞ) ile iki akciğer kanadına birden gönderilir. Bronşlar memelilerde daha da dallanır. Bunların ucunda da çok küçük, akciğer torbacıkları (=ALVEOL) bulunur. Alveol çeperi çok ince olup kılcallardan oluşan bir ağla sarılır. O_2, alveollerin hava bölgesinden difüzyonla kana geçer. Akciğerlerin gazların difüzyonu için üstlendiği görev çok önemlidir. Gaz alışverişini üstlenen epitellerin yüzeyi büyük ve dar çeperlidir. Örneğin insan akciğer epitelinin yüzeyi 50-80 m^2 olup, üç odalı bir apartman katının yüzeyi kadardır. İnsandaki solunum sistemi *Şekil 151.2*'de görülmektedir.

CO_2 ise karşı istikamette difüzyonla dışarıya çıkar. Difüzyon yolu ince çeperler nedeni ile çok kısadır, bu yüzden difüzyon çok hızlı olur.

9.5. SOLUNUMUN DÜZENLENMESİ

Erişkin bir insan dinlenirken yaklaşık 0,31 dakika^{-1} O_2 kullanır ve 0,25 dakika^{-1} CO_2 dışarı atar. Vücudun ağır işleri yapması halinde, bu değerler 10

misli artar. Solunum vücudun metabolizma gereksinmelerine uyar, yani gerekirse daha çok O_2 alıp CO_2 verir.

Soluk alışverişini "ARKA BEYİN" yönetir. Buradaki sinir hücreleri soluk alış verişi için diyaframdaki solunum kasına ve kaburga arasına impulslar gönderir. Soluk alış ve veriş ritmi, sinir hücresi gruplarından birinin diğerini inhibe etmesi ile olur. Bu yüzden arka beyinde *SOLUK ALMA MERKEZİ* ve *SOLUK VERME MERKEZİ* diye iki merkez ayırtedilir.

Kanda O_2 miktarı azalırsa, boyun ve vücut atardamarı çeperindeki kimyasal almaçlar (=Kemoreseptör) uyarılır. Bu, soluk alış merkezi ve solunum kaslarını aktive eder. Soluk alış merkezi kandaki CO_2 artsa bile aynı şekilde reaksiyon gösterir. Bu arada karbon asidi oluşur ve kanın pH değeri düşer. pH değerinin ölçülmesi beyindeki kemoreseptörlerle olur. Beynin içinde, beyin sıvısı ile dolu *VENTRİKEL* bulunur. Kan ve beyin sıvısı arasında madde değişimi olduğundan, bu iki sıvının pH değeri eşitlenir ve ventrikel çeperindeki kemoreseptörler asitlenmeyi kaydeder. Bunun sonucunda solunum faaliyeti artırılarak kandaki CO_2 uzaklaştırılır. Böylece karbon asidinin yoğunluğu düşer ve pH değeri tekrar yükselir.

Solunum faaliyetinin düzenlenmesi, akciğer çeperindeki *GENİŞLEME RESEPTÖRLERİ* yolu ile de olur. Soluk alınırken bunlar uyarılır. Bu soluk alma merkezini inhibe eder ve aynı anda soluk verme merkezi aktive edilir. Soluk verme, soluk alma merkezini uyarır.

Korku ve ani heyecanda solunum istemsiz olarak süratlenir. Solunum hareketlerinin derinden ve süratli oluşu bilinçli olarak değiştirilir. Ayrıca solunum faaliyeti vücut sıcaklığı, örneğin ateşlenme ve hapşırma, pıskırma gibi reflekslerle de etkilenir. Bu durum arka beyindeki solunum merkezinden başka, büyük beyin ve diğer beyin hücrelerinde de solunumu etkileyen başka merkezlerin olduğunu gösterir.

10. BOŞALTIM

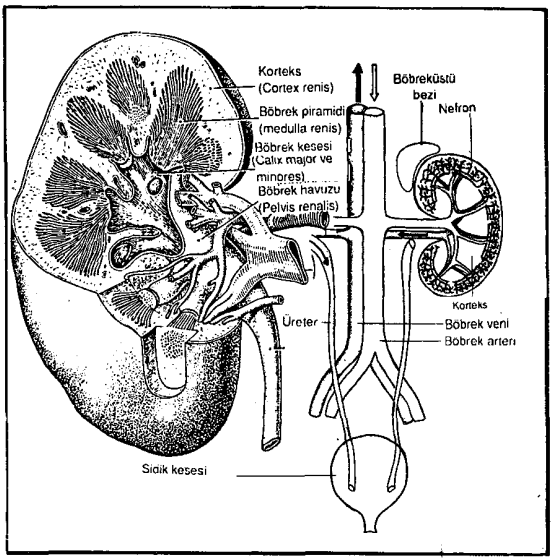
Organizma metabolizmasında üretilen son ürünler kısmen zehirli olabilir. Eğer böyle maddeler vücuttan dışarıya çabuk atılırsa, vücut daha az yorulur.

Boşaltım çokhücrelilerde bazen deri ile olursa da, daha çok özel organlarla yapılır. Omurgalıların boşaltım organı 2 adet *BÖBREK*'tir. Bunlar kaburganın iki yanında, bel bölgesinde yerleşmiştir. Buranın önünde karın, arkasında omurga ve bel kasları bulunur. Bu organlar böbrekleri travmalara (=*vurma*) karşı korur.

Erişkin bir insanda her biri yaklaşık 150 gr'dır. Böbrekler aorttan doğan bir atardamar ve alt ana toplardamara giden bir toplardamar ağıyla genel dolaşıma bağlıdır. Böbreklerden geçen kanın toplam miktarı, kalp debisinin yaklaşık % 20'sidir.

10.1. BÖBREĞİN YAPISI

Böbrek kesilerek ikiye ayrılırsa, içte *BÖBREK HAVUZU* izlenir. Sidik borusu burayı sidik kesesi ile ilişkide tutar. Böbrek, bir böbrek arteri ve veni ile dolaşım sistemine bağlanır. Böbrek maddesi iki tabakadan oluşur. Dış tabaka *böbrek*



Şekil 153.1: Bir insanda boşaltım sistemi ve sağ böbreğin iç yapısı. (Linder, Mörike ve ark.'den)

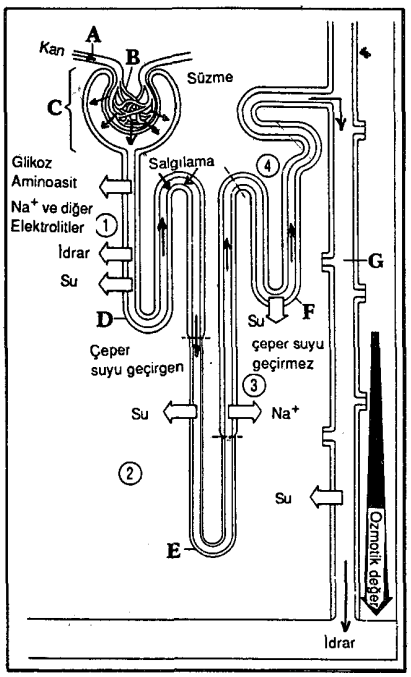
*korteksi*dir. Burası böbrek ağırlığının % 70'ini oluşturur ve insanda 1.2 milyon *NEFRON* taşır. İç kısım ise *böbrek özü*dür.

Bir nefron uzun bir böbrek kanalcığından meydana gelir. Bu kanalcığın başlangıç kısmında tas gibi bir genişlik bulunur. Bu tasa *BOWMAN kapsülü* denir. Bu, kapiler yumağını, yani *GLOMERULUS*'u sarar. Böbrek kanalı çok dolambaçlıdır. *HENLE BOĞUMU (KULPU)*"nun saç firketesi şekli dikkati çeker. Henle boğumundan geçen böbrek kanalı, toplama borusuna açılır. Toplama borusu böbrek özünü yapar. Bunlar *BÖBREK PİRAMİD*'lerinin ucunda böbrek havuzuna açılır *(Şekil 153.1)*.

10.2. İDRARIN OLUŞUMU

Böbreğin işleri suyu ve atık metabolitlerin suda eriyen kısımlarını dışarıya atmaktır. İlaç kalıntılarını da böbrek temizler. Bunların dışında, böbreğin kanla taşınan ve başka organlara hormon etkisi yapan maddeleri salgılayan içsalgı işlevi de vardır. Metabolik yıkım maddeleri ve kandaki diğer maddeler, nefronlara girer. Glomerulusun kan kapillerleri o kadar dardır ki kanı tutar. Tutma basıncı kan plazmasının yaklaşık % 20'sini kapilar çeperi ile Bowman kapsülüne pompalar. Kapilar çeperi filtre görevi yapar. Kan hücreleri ve protein molekülü gibi büyük tanecikler tutulur; ama küçük tanecikler porlardan su ile geçer. Bu filtrasyonla *PRİMER İDRAR* oluşur. Bunda glikoz, aminosit, idrar ve iyonlar gibi kanın önemli kısımları bulunur. Bazı maddeler, böbrek kanalına bu filtrasyonla değil de aktif transportla geçer. Ürikasit protonlar ve bazı vitamin ve ilaçlar, örneğin penisilin, dışarı atılır.

Yetişkin bir insanın böbreğinde günde 170 gr. primer idrar yapılır. Yaklaşık 1,5 litre urin dışarıya atılır. Böbrek kanalı ve toplanma boru sistemi yolu ile su geriye kazanılır. Glomerulusdaki filtrasyon basıncında, vücut için çok gerekli maddeler de primer idrara pompalanır. Vücut, suyun geri kazanılma işleminde, bu maddelerin



Şekil 154.1: İdrar oluşumu ve nefronun yapı. A. Kan damarı; B. Glomerulus; C. Bowman kapsülü, D. Nefronun kapsüle yakın bölümü; E. Henle kulpu; F. Nefronun kapsüle uzak bölümü; G. Toplama kanalı. (Rakamlar için metne bkz.).

önemli bir bölümünü de geriye çeker. Bu olaya *GERİ EMİLME* denir.

Böbrek dokusunda geri emilme özel bir ozmotik durumda mümkündür. Böbrek kanalının çevresindeki ozmotik değer böbrek korteksinden piramidine doğru artar. Ayrıca kanalcık çeperi suyu kısmen iyi geçirir, diğer kısımlar geçirmez.

Şekil 154.1'den de izleneceği gibi, kapsüle yakın böbrek kanalı kısımlarında Na iyonları, glikoz, aminoasit ve diğer maddeler aktif madde nakli ile yakındaki dokuya iletilir. Boşaltmanın dengelenmesi için negatif yüklü klorid iyonları, Na iyonlarını pasif olarak izlerler. İdrarın bir bölümü aynı şekilde burada doku veya kana difüzyonla geri geçer. Farklı yoğunluktaki maddelerle, böbrek kanalının içine ve dışına, suyun ozmotik olarak gelmesi için etki yapılır.

Geri kalan su henle kulpunda, onu izleyen kapsüle uzak kanalda ve toplama borusunda primer idrara verilir. Bunun için böbrek dokusundaki yoğunluk farkından yararlanılır. Bu ise henle kulpu tarafından yapılır. Akıcı madde yukarı çıkan dalda aşağı inene göre karşı yönde aktığından, **karşı akım prensibi**nden söz edilir.

(1) Henle Kulpunun ilk bölümünün çeperi suyu geçirir. (2) Kulpun aşağıya inen kısmı, artan ozmotik, değere sahip bir çevreye gider. Kanal ve çevresi arasındaki ozmotik basınç farkı yüzünden suyun % 70'e yakın kısmı böbrek kanalını terkeder. Kulpun yukarı çıkan kısmında (3) çeper suyu geçirmez. Böylece suyun böbrek kanalına ozmotik basınca bağlı olarak dönmesi önlenir. Burada aktif madde nakli Na iyonları ve muhtemelen klorür iyonları çevredeki dokuya nakledilir. Böbrek kanalının ileri bölümünde (4) çeper tekrar suyu geçirir. Burada suyun diğer kısmı yoğunluk farkına yolaçan iyonları izler ve idrar tekrar yoğunluk kazanır. Suyun geri emilmesi için ortaya çıkan aktivasyon gücü tuzu aktif olarak nakleder.

Organizmadaki asit ve baz dengesini kısmen böbrek ayarlar. Böbrek akciğerle beraber, iç ortam değişmezliği (=*homeostazi*)'nin dengesini sağlayan tampon sistemlerini oluşturur. Bu amaçla H^+ iyonları, bikarbonat (HCO_3^-) iyonları ve (NH_4^+) iyonları arasındaki alışverişi temin gibi önemli bir görevi de yerine getirir.

Bunun dışında böbrek iç salgı bezi olarak üç büyük sistemi kapsar, bunlar: sistemik atardamar basıncını ayarlama; fosfor ve kalsiyum metabolizmasını etkileme

ve hematolojik işlevidir. Fosfor-kalsiyum (=F-Ca) metabolizması böbreğin boşaltım işlevi ile düzenlenir. Böbrek F-Ca iyonlarının kandaki düzeylerine bağlı olarak idrardaki Ca ve F iyonlarını emer ve süzer. Böbrek aynı zamanda D vitamini metabolizmasına da etki yapar. Bu vitamin aktif olmayan biçimiyle ve kan yoluyla böbreğe gelir. Kemik yapısında etkili olabilmek için böbreklerde molekülsel bir değişim geçirir. Böbrek alyuvar olgunlaşmasını sağlayan eritropoiyetin hormonunu salgılar. Kronik böbrek yetmezliğinde bu işler bozulur. Bu da kansızlığa ve iskelette kireç eksikliğine yol açar.

Böbrek rahatsızlıkları durumunda, boşaltım sistemini incelemede ürografi, endoskopi, sitoskopi (endoskopi ile mesaneye bakmak) ve arteryografi yöntemleri kullanılır.

10.3. KONTRAKTİL VAKUOLLER

Tatlısu tekhücrelilerinden terliksi hayvan hücresine ozmotik yolla sürekli su girer. Fazla su yıldız şeklindeki kanallarda birikir. Bunlar vakuollere boşaltılır. Vakuoller böylece şişer ve kasılır. Bu yolla suya basınç uygulanır ve onu boşaltım kanalı ile dışarı atmak mümkün olur. Bu olaylandığı sırada plazmadaki su kanalları vasıtası ile tekrar vakuollere boşaltılır ve bu olay sürüp gider. Vakuoller düzenli olarak kontraktil (=kasılıp gevşeme) hareket yapar. Bu şekildeki tekhücrelilerin boşaltım vakuollerine *KONTRAKTİL VAKUOL* denir.

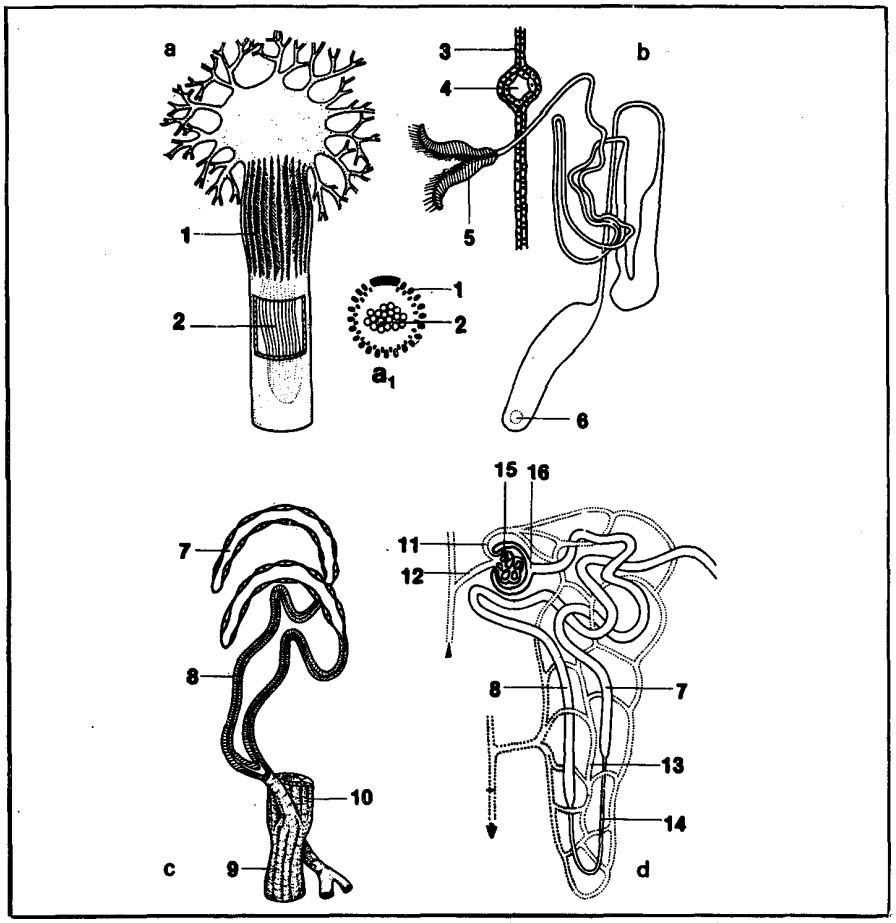
Eğer deneysel olarak çevredeki tuz yoğunluğu artırılırsa, kontraktil vakuollerin faaliyeti azalır. Hatta izotonik tuz çözeltisinde tekhücrelilerin kontraktil vakuolü çalışmaz. Denizdeki tekhücrelilerde kontraktil vakuol bulunmaz. Çünkü deniz suyundaki tuz yoğunluğunun fazlalığı nedeniyle, su ozmotik yolla hücreye giremez.

10.4. SOLUCANLARDA BOŞALTIM ORGANI

Evrim sürecinde hayvanlarda farklı boşaltım organı tipleri gelişmiştir. Yassı solucanlarda *PROTONEFRİDİYUM* tipi bulunur. Protonefiridiyum, başlangıcındaki büyük hücrede kamçılı bir başlık taşıyan kanaldan oluşur. Başlık kanala uzanır. Kanal çeperi, bu bölgede kesintiye uğrar. Su vücut dokusundan kanaldaki kesinti çubukları arasına girip, kamçı ile hareket ettirilir.

Denizde yaşayan yassı solucanlarda protonefridiyumlar zayıf yapılıdır. Bunlar vücuda ozmotik yolla giren (ozmoregülasyon) suyu uzaklaştırmaya yarar.

Toprak solucanı her vücut segmentinde bir çift *METANEFRİDİYUM* taşır. *(Şekil 156.1)*. Bunlar açık olan ve üzerinde çok sayıda kamçı taşıyan huni ile sıvıyla dolu vücut boşluğuna girer. Huniye uzun ve dolambaçlı bir kanal bağlı olup dışarıya açılır. Kanalın çeperini genellikle kılcal damarlar sararak, kandaki metabolitlerin kanala verilmesini sağlar.



Şekil 156.1: Boşaltım organı tipleri: a) Protonefridiyum (Fasciola larvasında, Plathelmintes), a1) Sil çubukcuklarının bulunduğu bölgede enine kesit, b) Metanefridiyum (Lumbricus, Annelida), c) Malpiki borucukları (Drosophila, İnsecta), d) Nefron (Homo, Vertebrata); 1. Sil çubukcukları, 2. Siller, 3. Sölom epiteli, 4. Kan damarları, 5. Nefrostom, 6. Boşaltım açıklığı, 7. Distal tüp, 8. Proksimal tüp, 9. Son bağırsak, 10. Orta bağırsak, 1. Vas deferens, 12. Vas afferens, 13. Kılcaldamarlar, 14. Henle kıvrımları (kulpları), 15. Glomerulus ve 16. Bowman kapsülü (Kühn'den).

BÖLÜM IV
GENETİK

1. GENETİK BİLİMİNİN İLK ZAMANLARI

Yeryüzünde yaşayan birçok canlı türü vardır. Bunlar kendi benzerlerini meydana getirir. Ortaya çıkan yeni döl bireysel ve atasal özelliklere sahiptir. Bu benzerliklerin aile içinde izlendiği ve çok eski çağlarda belli bir takım yorumlar yapıldığı bilinir. İşte bu benzerliklere konu olan ana baba özelliklerinin çocuklara aktarılması olgusuna "KALITIM" denir.

Çocuklar, yani döl, bazı hususlar bakımından ana babalarına göre farklara sahip olabilir. Bunların incelenip irdelenmesi, *kalıtım bilimi,* ya da *"GENETİK BİLİMİ"*nin ana görev ve temelini oluşturur. Genetik biliminin tarihi gelişimine ait bazı önemli bilgiler *Tablo 158.1*'de verilmektedir.

Daha onsekiz ve ondokuzuncu yüzyıllarda yürütülen düzenli kalıtım ve ıslah deneyleri sayesinde, BİYOLOJİ'ye kalıtımla ilgili birçok bilgi kazandırılmıştır. MENDEL'in çağdaşları bazı kalıtım kuram ve prensipleri hakkında çalışmış ve araştırmalar yürütmüşlerdi. Kendisinden öncekilere göre, genetik biliminin temeli sayılan kuramları bulmak GREGOR MENDEL'e kısmet olmuş ve yürüttüğü çaprazlama deneylerinden elde ettiği sayısal ilişkiler ona *KALITIM YASALARI*'nı açıklama olanağı vermiştir.

Günümüzde önemi gittikçe artan Genetik Bilimi'nin ana görevleri, aşağıda verilen soruları yanıtlamaktan geçer:

a) Aynı ve benzer bazı özelliklerin dölde de ortaya çıkması veya birtakım özelliklerin de değişmiş olmasının nedeni nedir?

b) Kalıtım faktörlerinde kimyasal maddeler mi söz konusudur? Bu doğruysa bunlar nelerdir?

c) Kalıtım faktörleri gelişim için, bilgi ve organizmanın yaşama belirtilerini hangi şekilde olası kılmaktadır?

d) Kalıtım faktörleri, özelliklerin oluşumuna nasıl etkili olur?

Tablo 158.1 : Genetik biliminin tarihsel gelişimine ait bazı önemli veriler

Tarih	Araştırıcının Adı	Araştırıcının Yaptıkları
MÖ 427-347	Platon	Anne ve baba karakterlerin nakline katılır.
MÖ 384-322	Aristo	Çocuklar ebeveynleri ve atalarına benzer.
1866	G.Mendel	Bitki çaprazlama deneyleri yaparak kalıtımın kanunlarını buldu.
1875	O.Hertwig	Deniz kirpisi yumurtalarının araştırılması sırasında hücre çekirdeklerinin kaynaşmasını gözlemledi.
1882	W.Flemming	Semenderde çekirdek ipliklerinin ayrılmasını izledi.
1884	E. van Beneden	Bağırsak solucanlarının vücut hücrelerinin (=diploid) aksine, gametlerinin basit (haploid) kromozoma sahip olduğunu saptadı; onların mitozdan başka; yani mayoz bir bölünme ile yarıya indirgendiğini buldu.
1886	Th. Boveri	Gamet hücresi oluşumunda mayoz bölünmeyi açıkladı.
1890	O. Hertwig	Mayozun basamaklarını açıkladı.
1900	Correns, Tschermak, De Vries	Mendel kanunlarını tekrar buldular.
1903/4	Correns, Th. Boveri, R.Sutton	Kalıtımın kromozom kuramını buldular.
1927	Müller	Röntgen ışınlarının mütasyona neden olduğunu keşfetti.
1933	Th. Morgan	Tıp Nobel Ödülü aldı; Genetikte Drosophila'yı deney objesi yaptı; Drosophila kromozomlarındaki genlerin göreceli konumlarını buldu. (Gen haritasını yaptı) ve kromozomların genetik bilgiyi taşıdıklarını belirledi.
1940	Beadle, Tatum	Bir gen-bir enzim hipotezi (Nobel ödülü 1958).
1944	O.T. Avery	Bakterilerde yürüttüğü değişim deneyleri ile genetik bilginin DNA'da konumlanmış olduğunu kanıtladı.
1953	J.D. Watson, F. Crick	DNA-Moleküllerinin heliks modele sahip olduklarını buldular., Nobel ödülü.
1965	Jacob, Monod	Gen aktivitesinin denetimini açıkladılar.
1968	H.G. Khorana, R.Holley M. Nirenberg	Genetik kodun şifrelenmesini buldular, Nobel ödülü.
1976	H.G. Khorana	207 nukleotidden bir bakteri geni yaptı.
1983	D.Hogness ve T.Kaufmann, W. Gehring	Sirke sineğinde homeotik mütasyonlardan sorumlu, başka genlerin varlığını buldular.

3. MENDEL'İN KALITIM YASALARI

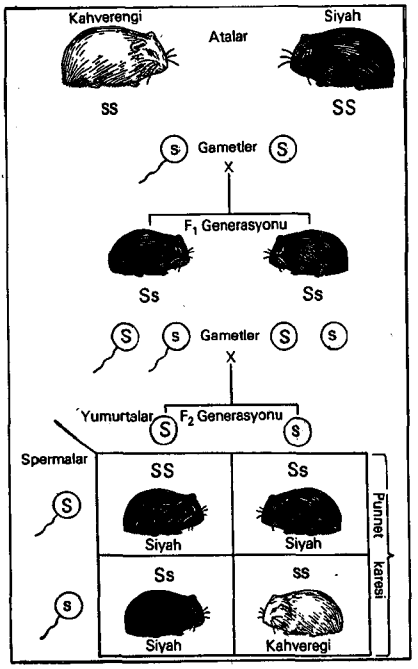
3.1. DOMİNANT RESESİF KALITIM

Siyah renkli bir kobay (=SS), kahverenkli (=ss) ile çaprazlanırsa, sadece siyah döller (=Ss) oluşur. Burada siyah renklilik dominant, kahverengi ise resesiftir. Çaprazlama için kullanılan ilk hayvanlara atasal veya *PARENTAL* kuşak (P) denir. Atasal kuşaktan oluşan ilk döle ise *1. FİLİAL DÖL* denir ve F_1 ile gösterilir. *F_1 dölü bireylerinin uniform veya eşdeğer olduğunu, MENDEL bezelyelerle yaptığı ilk çaprazlama deneylerinde farketmiştir. Aynı şekilde diğer bitki ve hayvanlarda yapılan çaprazlama deneyleri de aynı sonucu vermiştir. Bu nedenle MENDEL'in birinci kalıtım yasasına, UNİFORMİTE veya TEKDÜZELİK yasası adı verilir.* Başka bir örnek de; Kırmızı ve beyaz çiçekli bezelyelerin çaprazlanmasından verilebilir. Şöyle ki, burada da sadece kırmızı çiçekli F_1 dölü elde edilir. Kalıtımın kromozom kuramının temelidir bu durum. Ebeveynlerden biri homozigot iki homolog kromozom kırmızı renk için K genini taşır. Diğeri uygun gen lokuslarında b alelini taşır, bu ise herhangi bir renge yol açmaz. Bunların çaprazlanmasında F1-hibridinde Kb alel kombinasyonu elde edilir. K, F1'de ortaya çıkar. Bu nedenle K dominant (baskın), b resesiv (çekinik)tir. Kalıtım da buna uygun olarak **monohibrid dominant resesif** adını alır.

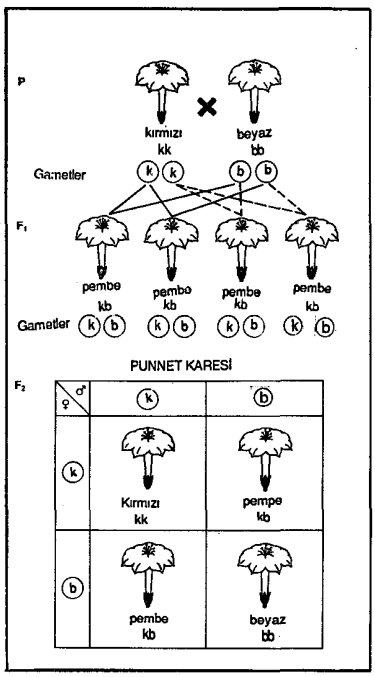
Saf bir karakter bakımından farklı olan bir türün, iki bireyi çaprazlanırsa, F_1 dölünün bütün bireyleri kendi aralarında eşit, yani uniformdur. Burada her iki ırkın hangisinin anne ya da babayı temsil ettiğinin önemi yoktur.

F_1 dölünün uniform olan bireyleri kendi aralarında çaprazlanırsa, ikinci oğul dölde(F_2) siyah bireylerin yanında, kahverenkliler de ortaya çıkar. *MENDEL, çeşitli çaprazlamaların F_2 döllerinin çok sayıdaki bireylerini saydığında bir ayrılmanın olduğunu görmüştür. Buna göre bireylerin 1/4'ü resesif (=ss), 3/4'ü (=SS ve Ss) ise dominanttır. Bunun sonucu olarak da MENDEL, ikinci kalıtım yasasını "AYRILMA YASASI" olarak adlandırmıştır (ss ve SS; Ss; Ss).*

F_1 dölünün bireyleri kendi aralarında çaprazlanırsa, F_2 dölü uniform olmayıp, belirli oranlarda ayrılmalar gösterir. Bu ise dominant resesif bir kalıtımda 3/1 oranında gerçekleşir *(Şekil 167.1).* F_1-melezleri çaprazlanırsa, bunlar F_2'de belli oranlarda fenotipik olarak ayrılır. Monohibrid dominant resesif bir kalıtımda bu ayrılma oranı 3:1 (dominant özellik: resesif özellik). Yarı dominant; yani intermediyer bir kalıtımda bu ayrılma 1:2:1 şeklindedir (Ebeveynlerden birinin özelliği: F_1-melezinin özelliği: diğer ebeveynin özelliği).



Şekil 167.1: Dominant-resesif (monohibrit) kalıtım



Şekil 168.1: Mucize çiçeğinde intermediyer (yarı dominant) kalıtım.

Bezelye çaprazlamasından oluşan kırmızı çiçekli F_1 bitkileri birbiri ile çaprazlanırsa, bu oran 3:1 (kırmızı: beyaz), eğer pembe renkli F_1-bitkileri çaprazlanırsa, F_2'deki oran 1:2:1 (kırmızı:pembe:beyaz) olur. Açıklamayı kromozom teorisi ile yapabiliriz: Her iki çaprazlamanın F1'inde, ya K allelli veya onun homoloğu olan b allelli kromozomu taşıyan gametler oluşturulur. Gametler ve onlarla söz konusu kromozom ve genler çaprazlamada rastlantı sonucu aktarılan kombinasyonlarda birleşirler. Dominant bir kalıtımda bitkiler Kb (=kırmızı) genotipli, yarıdominant kalıtımda pembedir. Böylece ayrılım oranları daha anlaşılır olur.

3.2. YARIDOMİNANTLIK (=İntermediyer Kalıtım)

Mucize çiçeğinin kırmızı ve beyaz ırkları çaprazlanırsa, F_1 dölü yine uniformdur; ama çiçeklerin rengi bu sefer pembedir. Yani ana-babanın renkleri arası bir renge sahiptir. F_2 dölünün yarıdominant olan bu kalıtımdaki ayrılma oranı 1:2:1 şeklindedir. Elde edilen bireylerin 1/4'ü atasal dölün birisinin, 1/4'ü de atasal dölün diğerinin aynıdır. 2/4'ü ise F_1 dölünün bireyleri gibi pembe renklidir. F_1 dölünde kaybolan karakterlerin, F_2 dölünde tekrar ortaya çıkması, MENDEL'e göre özelliklerin polen ve yumurta hücrelerindeki kalıtım faktörlerine uyması gerektiği sonucunu vermiştir *(Şekil 168.1).*

MENDEL yaşadığı dönemde bu kalıtım faktörlerinin nerede bulunduğunu tam olarak bilmemekteydi. Günümüzde onların kromozomlar üzerinde lokalize oldukları artık bilinmektedir. Bunlara GEN adı verilir.

3.3. KALITIM ŞEMASI

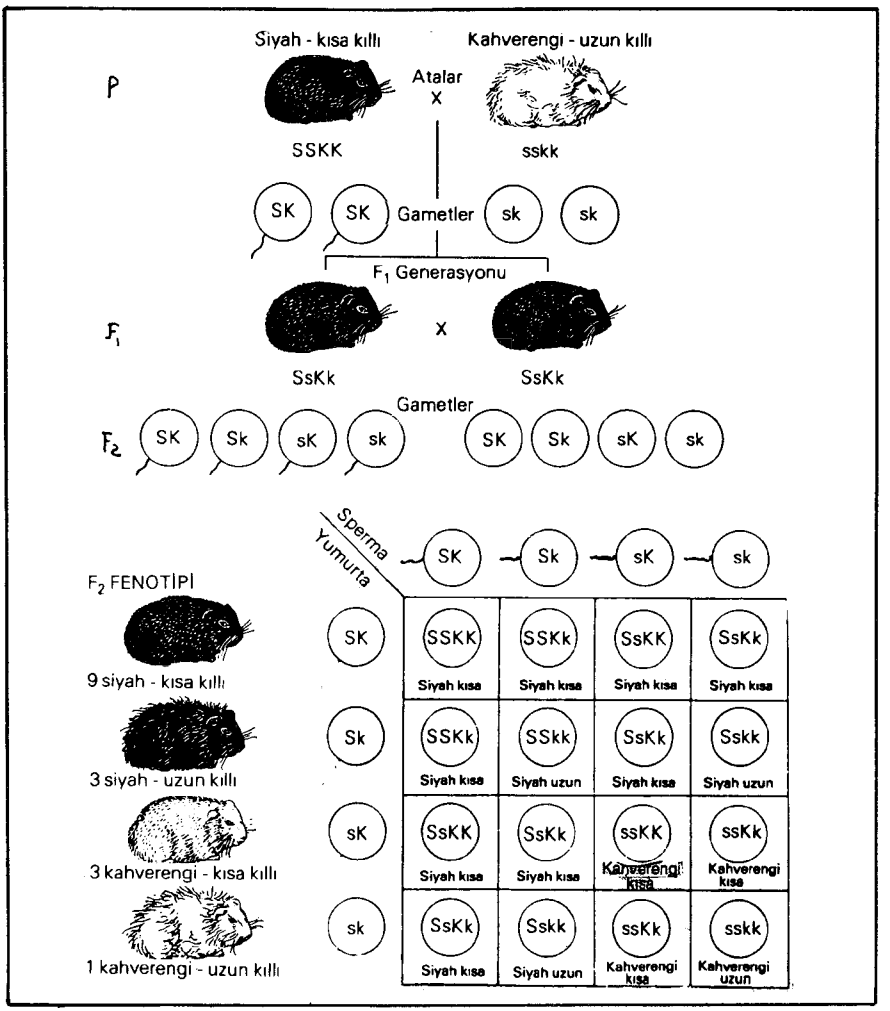
Kalıtım konusunu iyice anlayabilmek için, kalıtım şemaları kullanılır. Bu şemalarda genler harflerle ifade edilir. Dominant karakterler için büyük, resesifler için ise küçük harfler kullanılır. Yukarıda adı geçen bitkiler, *bir karakter bakımından birbirlerinden ayrıldıkları için, bunlar sadece bu karakter bakımından saf kalıtsaldır. Bu nedenle burada MONOHİBRİT bir kalıtım söz konusudur (Şekil 167.1).*

Atasal (Parental) dölün bireyleri iki karakter çifti bakımından farklı iseler, buradaki kalıtım DİHİBRİT kalıtımdır.

3.4. DİHİBRİT KALITIM

Kıllarının rengi ve yapısı bakımından farklı iki karakter taşıyan, iki kobayın birbiriyle çaprazlanmasında, MENDEL'in uniformite ve ayrılım kuralları da geçerlidir. Buna göre F_2 dölünün kombinasyon karesi (Punnet Karesi) dört farklı fenotip gösterir, bunlar; siyah/kısa kıllı; siyah/uzun kıllı; kahverengi/kısa kıllı; kahverengi/uzun kıllı olup, ortaya çıkış oranları 9:3:3:1 şeklindedir. F_1 dölünün her iki eşeyinin dört gamet hücre tipi serbestçe kombine edilir ve F_2 dölünde 9 farklı genotipi meydana gelir *(Şekil 169.1).*

Kombinasyon karesinin sol üst köşesinden, sağ alt köşesine uzanan çaprazında, dört saf ırk yer alır. Bunların ikisi yeni oluşmuştur. ssKK= Kahverengi/kısa ve SSkk= Siyah/uzun kıllıdır. Buna uygun olarak, MENDEL'in 3. Kalıtım Yasası, yani YENİ KOMBİNASYON yasası söz konusudur.



Şekil 169.1: Dihibrit çaprazlama

Çok sayıdaki karakter çifti bakımından ayrılan bir türün bireyleri, birbirleri ile çaprazlanırsa, her karakter çifti için uniformite ve ayrılım yasaları geçerlidir. Atasal dölün karakter kombinasyonlarının yanında, F_2 dölünde de yeni karakter kombinasyonları ortaya çıkar.

Buradan genlerin bağımsız bir şekilde nakledildikleri sonucuna varılır. Trihibrit bir kalıtım için şu sayılar geçerlidir: F_1 dölünde 3 gen çiftçi için $2^3 = 8$ gamet çeşidi; $4^3 = 64$ gamet kombinasyonu; F_2 dölünün $3^3 = 27$ farklı genotipi ve $2^3 = 8$ fenotipi, yani $(3+1)^3$ sıklığında bir ilişki olan 27:9:9:9:3:3:3:1 oranı ortaya çıkar.

(n) sayıdaki gen çiftinde şunlar geçerlidir:

F_1 dölünde 2^n gamet çeşidi, F_2 dölünde 4^n gamet kombinasyonu, F_2 dölünde 3^n farklı genotip ve 2^n fenotip, $(3+1)^n$ sıklığında ortaya çıkar *(Tablo 170.1)*

MENDEL YASALARI istatistiki kurallardır. Bunların sonuçları tek tek bireyler için değil, çok sayıda birey için geçerlidir.

Tablo 170.1 : Dominant-resesif kalıtımda F_2'deki fenotip sayısı

Gen Çifti	F_n'deki Gamet Çeşitleri	F_2'deki Gamet Bileşenleri	F_2'deki Çeşitli Genotipler	F_2'deki Fenotip Sayısı	F_2'deki Fenotipin Sıklığı
1	$2^1=2$	$4^1=4$	$3^1=3$	$2^1=2$	$(3+1)^1=3+1$
2	$2^2=4$	$4^2=16$	$3^2=9$	$2^2=4$	$(3+1)^2=$ 9+3+3+1
3	$2^3=8$	$4^3=64$	$3^3=27$	$2^3=8$	$(3+1)^3=$ 27+9+9+9+ 3+3+3+1
4	$2^4=16$	$4^4=256$	$3^4=81$	$2^4=16$	$(3+1)^4$
10	2^{10}	4^{10}	3^{10}	2^{10}	$(3+1)^{10}$
n	2^n	4^n	3^n	2^n	$(3+1)^n$

Dominant-resesif bir kalıtımda bağımsız karakter çiftlerinin sayısı ile karekter bileşenlerinin artışı çeşitli sayıdaki gen çiftleri için *Tablo 170.1*'de görülmektedir.

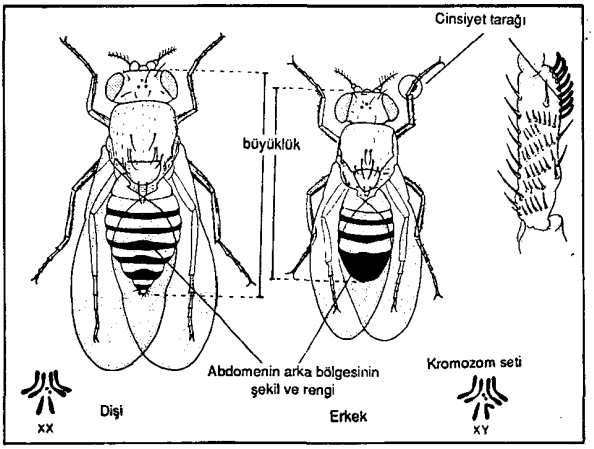
4. KLASİK GENETİĞİN SONUÇLARI

MENDEL'in 1866'da yayınlanan "Kalıtım Yasaları", 1900 yılında DE VRIES, CORRENS ve TSCHERMAK adlı araştırıcılar tarafından tekrar keşfedildi. Çaprazlama ve hücre araştırmalarından, 1903 yılında kalıtım faktörlerinin taşıyıcısı olarak kromozomların söz konusu edilmesi sonucunda, KROMOZOM TEORİSİ ortaya atılmış oluyordu. Bu teori T.H. MORGAN tarafından 1910 yılında deneysel bir yolla da onaylandı. MORGAN, *Mendel Yasaları*'nı kontrol ve denetim amacına yönelik çalışmalarında, deney objesi olarak bu sefer bezelyeleri değil, sirke sineğini *(Drosophila melanogaster)* kullanmıştı.

4.1. ÇALIŞMA TEKNİKLERİ VE DENEY OBJELERİ

Kalıtım deneylerinde bezelyenin yanında birçok hayvan türü ve mikroorganizmaların da kullanıldığı bilinir. Amerikalı biyolog MORGAN 1910'dan

itibaren sirke sineği ile yürüttüğü genetik çalışmaları ve onun haritasını bulması nedeniyle 1923 yılında Nobel Bilim Ödülü'nü aldı. Sirke sineği döl süresinin 14 gün gibi kısa oluşu; bir çiftin meydana getirdiği yavru sayısının yüksek oluşu (300 yavru); kültürünün kolay oluşu; deney için kapladığı yerin büyük olmayışı ve verilen besinin çok ucuz oluşu gibi nedenlerden ötürü, en çok kullanılan bir deney objesi olma özelliğini, MORGAN'dan beri devam ettirmektedir. Kontrol edilebilir özelliklerinin sayısı da fazladır *(Şekil 171.1)*.



Şekil 171.1: Drosophila'nın erkek ve dişi bireyleri ve onların kromozom seti XX: dişi, XY: erkek (doğal büyüklüğü 2-3 mm) (Kuhn ve Probst'dan).

4.2. SİRKE SİNEĞİNİN GELİŞİM DÖNGÜSÜ VE MUTANTLARI

Sirke sineği, olgun meyvalar üzerinde ve laboratuvarda, dişinin üzerine yumurtalarını bıraktığı besi agarında yaşar. Yumurtalar 0,5 mm büyüklüğünde olup bırakıldıktan yaklaşık 24 saat sonra larvalar çıkar. Bunlar birkaç kez deri değiştirir ve yaklaşık 5 mm büyüklüğünde larva olarak; kültürlerin yapıldığı cam kavanozların yan taraflarında krizalitleşir. Krizalitlerden 4 gün sonra erginler çıkar. Bunlar çıkışlarından yaklaşık 6 saat sonra çiftleşme ve dölleme yeteneğine ulaşacakları için, kalıtım deneylerinde kullanılacaklarsa, bu zaman dolmadan önce, eşeylerin birbirinden ayrılarak ayrı kavanozlara konulmaları gerekir. Eşey ayırdımı çok kolaydır; biraz büyükçe olan dişilerin abdomenlerinin uç kısmı sivri, erkeklerinki ise yuvarlak ve siyah renklidir.

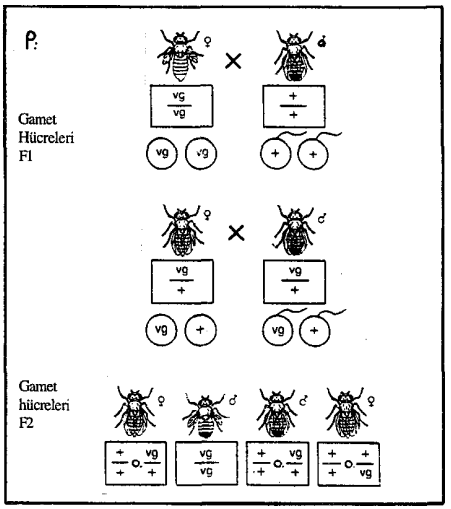
Sirke sineğinin en uygun mutantları şunlardır; beyaz gözlü, beyaz (w) mutantlar, kanatları gelişmemiş vestigial (vg) ve vücut rengi siyah olan ebony (e) mutantlarıdır.

Mutantlar kendi aralarında veya yabanıl (wild) formlarla çaprazlanabilir. Bu formlar kırmızı gözlü olup normal kanatları vardır ve renkleri de gridir.

+/+ x vg/vg sembolleri saf kalıtsal normal kanatlı bir dişinin, saf kalıtsal vestigial kanatlı bir erkekle çaprazlandığını ifade eder. Dişi, çarpı işaretinin solunda, erkek ise sağında yer alır. Bölüm çizgisinin üstündeki alel ana, altındaki ise baba kökenlidir.

4.3. MONOHİBRİT KALITIM VE GERİYE ÇAPRAZLAMA

Mucize çiçeği yarıdominant kalıtımda, F_2 dölünde kırmızı, pembe ve beyaz renkli 3 fenotip gösterdiği halde, aslanağzı ırklarının dominant-resesif kalıtımında, F_2 dölünde sadece iki fenotip görülür. İlk durumda fenotipin oranı 1:2:1, diğerinde ise 3:1'dir.



Şekil 172.1: Sirke sineği (*D.melanogaster*)'nde monohibrit kalıtım.

Sirke sineğinde normal kanatlılar, vestigiallerle çaprazlanırsa, bu monohibrit dominant-resesif kalıtımda F_1 dölünde yalnız normal kanatlı hayvanlar elde edilir. Yabanıl formun karakteri vestigial kanatlılara karşı dominanttır. İkinci oğul döl fenotipik olarak 3:1 oranında ayrılır *(Şekil 172.1)*. Hayvanların 3/4'ü uzunkanatlı, 1/4'ü vestigial kanatlıdır.

F_2 dölünün genotiplerinin sembolleri (+/+, +/vg, vg/+, vg/vg) göstermektedir ki, dominant-resesif kalıtımda da genotipik olarak 1:2:1 oranı vardır. Normal *kanatlı hayvanlar homozigot* (+/+) veya heterozigot (vg/+ veya +/vg) olabilir. *Fenotipten genotip açıklanamaz. Genotip "GERİ ÇAPRAZLAMA METODU" ile açıklanır.*

Bunun için incelenen hayvan, resesif ata ile yani homozigot vestigial bir sinekle çaprazlanır *(Şekil 173.1)*.

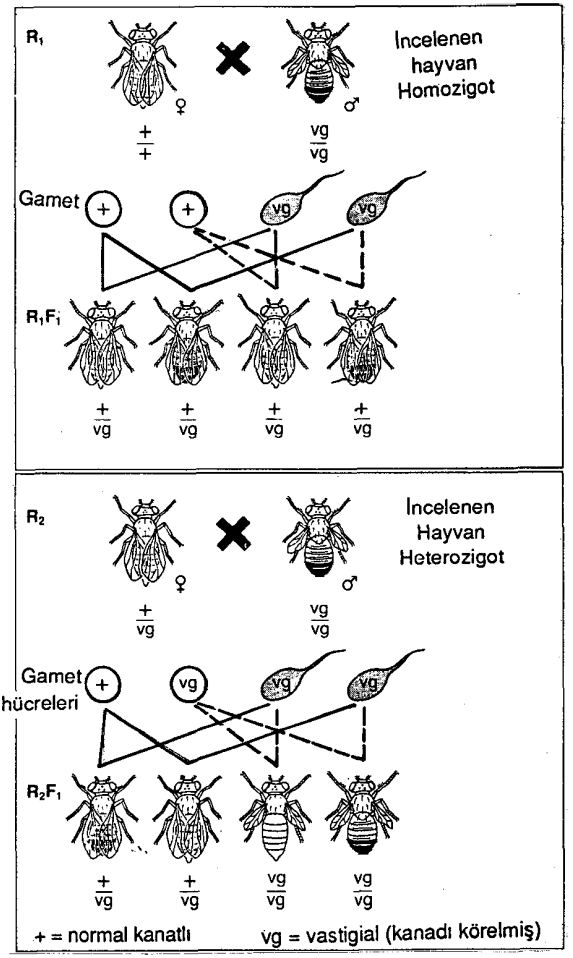
Bu durumda döllerin hepsi normal kanatlı olabilir. Böyle bir geri çapraz dölü (R_1F_1 dölü) sadece heterozigot hayvanlardan oluşur. Her birey normal bir alel (+) ve vestigial aleli (vg) taşır. R_1F_1 dölünün uniformluğu, incelenen hayvanın homozigot normal kanatlı (+/+) olduğunu gösterir.

Buna karşın geri çaprazın 1. oğul dölünde (R_2F_1) vestigial hayvanlar, normal kanatlılara göre 1:1 oranında elde edilirse, vestigiallerin, vg kanatlılık faktörünü homozigot olarak taşımak zorunda oldukları sonucu çıkarılabilir. Yani vestigial, yabanıl alele karşı resesiftir. Sonuçta araştırılan hayvanın heterozigot olduğu belirlenmiş olur. Birçok karakter çifti için uygulanabilen *GENOTİPİN AÇIKLANMASI* yanında, geri çaprazlama yetiştiriciye başka bir amaç için hizmet eder. *Belirli kültür ırkları kısa zamanda elde edilmek isteniyorsa, F_1 dölünün melezi, ebeveynlerden herhangi biri ile çaprazlanır. Böylece genotip sayısı önemli ölçüde azaltılmış olur.*

Bu, arzu edilen kombinasyonların bulunmasını sağlar. On gen çiftinde F_2 dölünde 59049 (3^{10}) genotip elde edilir. Oysa geri çaprazlama sayesinde bu sayı 1024 (2^{10}) genotipe inecektir.

4. KALITIMIN KROMOZOM TEORİSİ

MENDEL, kalıtım faktörlerinin doğası hakkında birşey bilmiyordu. Hücre ile ilgili yürütülen çalışmalar da gelişmiş sayılmazdı. Ancak HERTWIG adındaki bir biyolog 1875 yılında deniz yıldızı yumurtalarında döllenme olaylarını gözlemişti. HERTWIG sperm ve yumurta hücrelerinin çekirdeklerinin kaynaşmasından kalıtım faktörlerinin hücre çekirdeğinde olabileceği sonucunu çıkarmıştı. FLEMMING 1882 yılında SEMENDER larvalarında, çekirdek ipliklerinin ayrılmasını gözlemiş ve

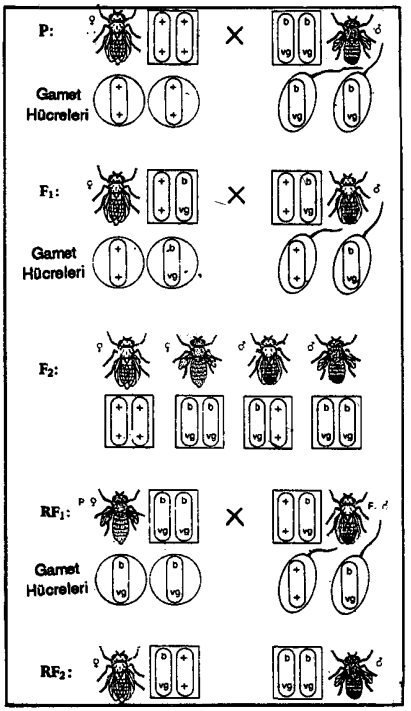


Şekil 173.1: Sirke sineği (D. melanogaster)nde geri çaprazlama.

böylece her iki kromatidi ve onların arasındaki uzunlamasına yarığı görmüştü. ROUX ve WEISMANN 1883 yılında ilk defa, kromozomların kalıtım faktörlerinin taşıyıcısı olabileceğini tahmin etmişti. VAN BENEDEN 1884 yılında **Ascaris**'in sperm hücrelerinin basit kromozom seti içerdiğini gözlemişti. Bu gerçek, iki yıl sonra BOVERI tarafından, eşey hücrelerinin mayoz bölünme ile oluşturulduğu bulunarak doğrulandı. Nihayet HERTWIG 1890 yılında mayoz bölünmenin bütün safhalarını açıkladı. Hücrenin mikroskopla incelenmesinden elde edilen bu bilgiler, çaprazlama deneylerinde elde edilen sonuçların itirazsız olarak kabulüne yol açmıştı. Böylece CORRENS, BOWERI ve SUTTON 1904 yılında *KALITIMIN KROMOZOM TEORİSİNİ* açıkladılar. Bu teori *kromozomların, genleri taşıyan yerler olduğunu ifade ediyordu.* Kalıtım deneyleri ve hücre araştırma sonuçları arasında bir uyum vardır.

Aşağıdaki örnek bu uygunluğu açıkça ortaya koymaktadır. MENDEL kalıtım denemelerinde, dihibrit kalıtımda yeşil/buruşuk bir tohumu, sarı/düz bir bezelye ırkı tohumu ile çaprazladı. İkinci oğul dölde, yeşil/buruşuk ve sarı/düz tohumların yanında, diğerleri de ortaya çıkmıştı. *Atasal kuşağın özellikleri birbirinden bağımsız olarak tekrar kalıtlanmıştı; yani genler serbestçe kombine edilmişlerdi. Bu durum MENDEL'in 3. Kalıtım Yasası,* ***BAĞIMSIZLIK YASASI*** olarak da tanınmaktadır.

Buna uygun olarak WEISMANN, kromozomların mayoz bölünmede, çeşitli şekillerde dağılabileceklerini ve eşey hücrelerinde değişik kombinasyonlarda ortaya çıkacaklarını anlamıştı. Bu araştırıcı, bir ailenin çocuklarının farklı oluşunu, bu şekilde farklı kromozom kombinasyonlarına bağlıyordu.



Şekil 174.1: Sirke sineğinde *(D. melanogaster)* gen bağlantısı (Biologie h.'den).

4.5. GEN BAĞLANTISI

MORGAN çaprazlama deneylerinde sirke sineğinin birçok farklı mutantını kullandı. Bir türün yabanıl formu, onun doğal koşullarda belirginleşen fenotipidir. Yabanıl tipin sembolü olarak artı (+) işareti kullanılır. Mutasyona uğrayan alel için mutantın ingilizce adının baş harfleri kullanılır. Çeşitli özelliklerin kalıtılmasını inceleyen MORGAN yabanıl formu black/vestigial (b/vg) mutantı ile çaprazladı; bu mutant siyah renkli ve kanatları körelmişti. Yabanıl tip gri olup uzun kanatlıdır. Böyle bir dihibrit çaprazlamanın F_1 dölünün tüm bireyleri MENDEL'in uniformite kuralı gereği benzerdir. Yani yabanıl forma benzerler. Yabanıl tipin kanat şekli ve vücut rengini belirleyen alelleri dominanttır. Genlerin serbestçe kombine edilebilirlikleri yasasına bağlı olarak, F_1 melez erkeğinin, vestigial ve siyah bir dişi mutantla geriye çaprazlanması sonucunda dört fenotip ortaya çıkabilirdi; bunlar uzunkanatlı/gri renkli; vestigial/gri renkli; uzunkanatlı/siyah renkli ve vestigial/gri renkli hayvanlar olmalıydı *(Şekil 174.1).*

MORGAN bu beklentinin aksine, sadece atasal dölün, her iki ırkına uyan iki fenotip, yani uzunkanatlı/gri renkli ve vestigial/siyah renkli sinekleri elde etmişti. F_1 melezi dihibrit kalıtımda beklendiği gibi dört değil sadece iki gamet hücre tipi oluşturmuştu. Yani sirke sineğinin bazı genlerinde, kalıtım faktörlerinin serbestçe kombine edilebildikleri gözlendiği halde, burada MENDEL'in 3. Yasası geçerli olamıyordu.

MORGAN bu sapmayı, yabanıl tipin uygun her iki aleli ve mutanttaki black ve vestigiallik genlerinin, aynı kromozomda bulundukları varsayımı ile açıklayabilmişti. Bir kromozomun üzerindeki bütün genler topluca bir *bağlantı grubunu* oluşturur. Çaprazlama deneylerinde çok sayıdaki genin denetimi nedeniyle *D. melanogaster*'de haploit kromozom setindeki kadar, yani dört bağlantı grubu oluşturulur.

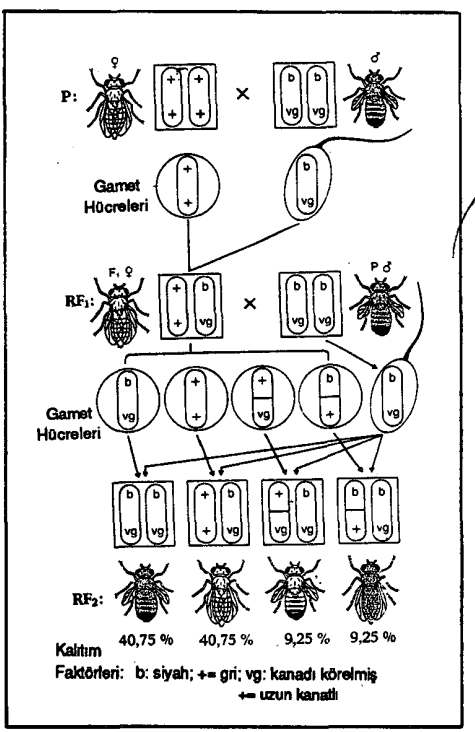
Yine birçok organizmada haploit setteki kromozom kadar, bağlantı grubu oluşturulduğu kanıtlanmıştır. Mesela *Drosophila virilis* altı bağlantı grubuna sahiptir.

Sözü edilen durumlarda MENDEL'in, genlerin serbestçe kombine edildiklerini gösteren 3. Yasası geçerli değildir. Buna bağlı olarak kuralı şu şeklide ifade etmek mümkündür: *Serbestçe kombine edilebilen genler, ancak farklı kromozomlarda ise MENDEL'in 3. yasasına uyarlar; aynı bağlantı grubunda bulunan genler için, bu söz konusu değildir.*

*MORGAN ve arkadaşlarının **Drosophila melanogaster**'le yürütmüş oldukları çaprazlama deneyleri, kalıtımın KROMOZOM TEORİSİNİN deneysel onayı şeklinde de değerlendirilir.*

Morgan genlerin kromozomlar üzerinde yer aldığını kanıtlamada iki ayrı gözlem kullandı. Bunlar genler arasındaki bağlantı ve aleller arasındaki yeniden düzenlemelerdir.

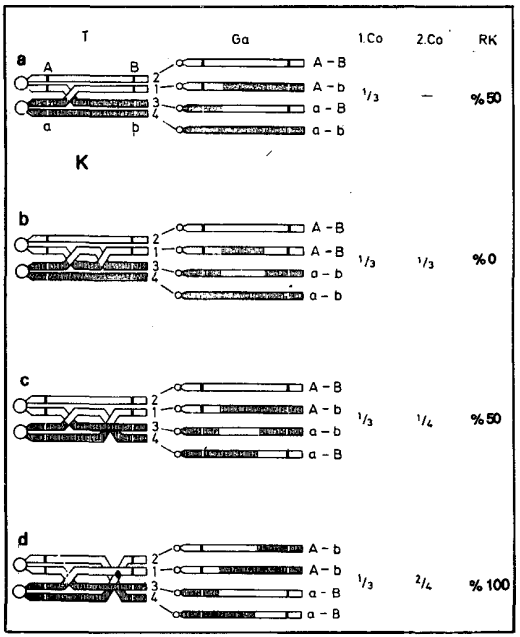
Değişik iki özelliği kontrol eden genlerin dölden döle aktarılmasında, genler arası bağlantıdan (=linkaj) söz edilir. Vücut rengi gri (başat=G) ya da siyah (çekinik=s), uzun (başat=U) veya körelmiş (vestigial) kanatlılar bakımından birbirinden farklı sirke sinekleri çaprazlandığında F_1 dölünün fenotipi gri vücut ve uzun kanatlılıktır (GsUu), F_1 dölleri kendi aralarında çaprazlanırlarsa (gri çaprazlama) genotipin % 50'si ssUu çekinik fenotipte ve % 50'si de Gs Uu'dan başat fenotipte sinekler elde edilir. Bu durum dölünden birisi ve alellerini, diğeri (G) ve (U) alellerini içeren 2 farklı eşey hücresi düştüğünü gösterir. Yani vücut rengi ve kendi şeklini belirleyen genler birbirinden ayrılamaz, aynı kromozomda bulunduklarından bunlar birbirine bağlıdır. Yukarıda verilen örnekte, oranlar % 50'şer olarak ortaya çıkmayabilir. Bu durum bağlantı kuramına uymaz, yani her iki kromozomda genler arasındaki bir bölgede oluşmuştur. Buna kısaca crosing over denir. İki gen birbirinden ne kadar uzaksa, aralarında parça değişimi olma olasılığı o kadar yüksektir. Bu verilerden yararlanılarak birçok canlı türünün kromozom haritası çıkarılmıştır.



Şekil. 175.1: Sirke sineği (*D.melanogaster*)nde gen bağlantısının kesintiye uğraması

4.6. GEN BAĞLANTISININ KESİNTİYE UĞRAMASI VE FAKTÖRLERİN DEĞİŞ TOKUŞU

MORGAN black (b) ve vestigial (vg) genlerinin , bağlantılı olarak tekrar iletileceğini saptadı. Yapılan bu deneylerde gri/uzunkanatlı ve siyah/vestigial sinekler arasındaki çaprazlamadan elde edilen F_1 dölünün melez erkeği yerine, melez dişisi kullanıldı. Böylece bağlantı grubunda beklenebilecek iki fenotip yerine dört fenotip elde edildi. Hayvanların çoğu bağlantı gösterdi ve gri/uzunkanatlı veya siyah/vestigial bireyler olarak belirlendi *(Şekil 175.1).*



Şekil. 176.1: Krossing over (=Co) olasılıkları. a) Basit Co; b-d) A/a ve B/b lokusları arasındaki çift Co. 1. Co: Birinci; 2. Co: İkinci Co; 1,2,3 ve 4 kardeş dizinler; Ga: Mayozdan sonraki genli gametler, Rk: Maksimum rekombinasyon değeri; K: Kiazma, T= Tetrad (=dörtlü)lar (Kühn'den).

Beklenenden farklı olan hayvanların oranı % 18,5'e ulaşıyordu. Bu bireyler gerçekte aynı kromozomda bulunan kalıtım faktörlerinin bağlantı gruplarının ayrıldığı yumurta hücrelerinden oluşmuştu.

Genlerin serbest kombinasyonlarının sınırlı oluşu bağlantıya dayanır. Bağlantı grubunun kesintiye uğraması olayı da aynı şekilde açıklanmalıdır.

MORGAN, kalıtım faktörü değişimini KROSSING OVER varsayımı ile açıkladı. Buna göre, bağlantı grubu genlerinin ayrılması, homolog kromozomlar arasındaki parça değişimi ve değişen bu parçaların belli yerlerde birbirleri ile birleşmesiyle mümkündür. Muhtemelen böyle bir ayrılma mayoz bölünmenin PROFAZ safhasında gerçekleşir.

Kardeş olmayan iki kromatid aynı noktada ayrılır. Ayrılan parçalar bir çapraz yaparak kaynaşır. Bu arada birbirleri ile daha önce bağlantı yapan genlerin bağlantıları bozulur *(Şekil 176.1)*.

Bağlantı, genlerin serbestçe kombinasyonunu sınırladığı halde, aynı kromozom genlerinin birbirine bağlı olarak krossing overle iletilmesi, kesintiye uğrayabilir.

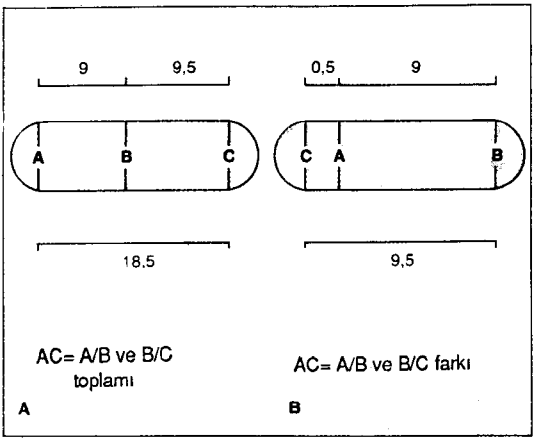
Kesinti Füzyon Varsayımı'na göre, homolog kromozomun kardeş olmayan iki kromatidi, kromozom eşleşmesi sırasında aynı yerlere gelir. Kesinti noktasında çapraz yaparak kaynaşma olur. Daha sonra görülen bu noktaya *Kiazma* denir. *Kiazmanın çokluğu, krossing over'in sıklığına bağlıdır.*

Krossing over sirke sineğinin sadece dişi bireylerinde izlenir. Değiştirilen hayvanların birçok deneydeki sabit oranı, aynı şekilde değişen gamet hücrelerinin sabit oranını içerir.

4.7. GEN KARTI *(Drosophila melanogaster'de)*

MORGAN'a göre kromozomlardaki genler linear, yani bir dizin halinde arka arkaya dizilir. Farklı hayvanların ortaya çıkması sıklığı; yani bağlantılı iki genin ayrılma sıklığı, onların birbirine olan nisbi uzaklıkları bakımından bir ölçüttür.

Krossing over olursa, aynı kromatiddeki iki gen noktası, birbirinden ne kadar uzakta olursa olsun birbirinden o kadar sık ayrılırlar. Genler ne kadar yakın iseler, o kadar seyrek ayrılabilirler. Eğer komşu olan iki gende, sadece ikisi arasında bir kromatid kesintisi söz konusu ise ayrılma olur. *Drosophila*'da birçok genin nisbi konumu belirlenmiştir.*Genlerin kromozomdaki diziliş sıraları, MORGAN'ın da kullandığı ÜÇ NOKTA ANALİZİ ile belirlenir (Şekil 177.1).*



Şekil 177.1: Üç nokta analizi.

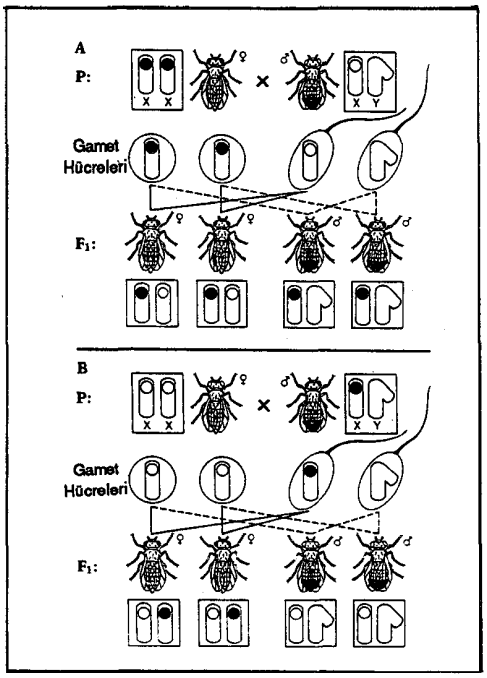
A, B ve C genleri arasındaki parça değişim sıklıkları A/B ve B/C arasında biliniyorsa, A ve C genleri arasındaki üçüncü bir değer sadece her iki değerin toplamı veya farkı olabilir. A/B için %9 ve B/C için ise % 9,5 değerleri A ve B'nin, B ve C'ye göre birbirlerine daha yakın olduğunu belirtir, ama bu üç genin dizin sırası henüz açıklanamamıştır. Önce A/C için parça değişim değerinin verilmesi gerekir. Yani, A/B ve B/C'nin %18,5'luk parça değişim değeri toplamına eşitse, dizin sırasının ABC olması gerekir. Eğer bu % 0,5 ise, A/B ve B/C değerinin farkına eşit olur. Böylece seçilen örnekte, dizin sırası bu sefer CAB olur.

Bu şekildeki üçlü bağlantı gruplarının dizin sırası ve birbirine nisbi uzaklığı saptanırsa, genlerin çizgisel (=linear) düzenini gösteren *GEN KARTLARI* elde edilir. *Bir bağlantı grubunun sahip olduğu genlerin sayısı, kromozom büyüklüğü hakkında fikir verir. Drosophila melanogaster* için dört bağlantı grubu belirlenmiştir. Günümüzde yapılan sitolojik gözlemlerde genlerin linear bir düzende dizildikleri, dev kromozomlar üzerinde kanıtlanmıştır. Dev kromozomlar normallere göre, yaklaşık yüz defa daha büyük olup, sirke sineği larvalarının tükrük bezi hücrelerinin büyütülmüş çekirdeklerinde rahatça izlenir.

4.8. X-KROMOZOMUNA BAĞLI KALITIM

4.8.1. Genotipik Eşey Tayini

Cinsiyet (=eşey) insan ve canlıların çoğunda eşey kromozomları, yani *GONOZOMLAR* tarafından saptanır. Dişinin kromozom setinde 22 çift otozomal (AA) ve bir çift de birbirine benzeyen gonozomal X-kromozomu bulunur. Erkekte ise 22 çift otozomal kromozomun yanında bir çift farklı kromozom, yani X ve Y'nin oluşturduğu bir gonozomal kromozom yer alır. Döllenme olayı gerçekleşirken, X-kromozomu içeren yumurta hücresi, X ya da Y-kromozomu taşıyan bir sperma hücresinin çekirdeği ile kaynaşır. XX veya XY-zigotlarından dişi veya erkek bireyler gelişir. İşte bu nedenle burada genotipik eşey tayininden söz edilir.



Şekil 178.1: X-kromozomuna bağlı kalıtım.

4.8.2. X-Kromozomundaki Genler

Monohibid dominant resesif kalıtımda *(Şekil 178.1'deki A ve B)* kalıtımları için aynı sonuç elde edilmektedir. Mendel'e göre ayrılım ve tek düzelik kuramlar geçerli olmaktaydı. Yani tüm hayvanların kırmızı gözlü olması gerekirdi *(Şekil 178.1 A)*, çünkü kırmızı göz rengi için dominanttır. Bu durum (A) kalıtımı için gerçekleşmişti; ama (B) kalıtımında hayvanların yarısının gözü kırmızı yarısı da beyazdı *(Şekil 178.1 B)*. Eğer Parental (=ebeveyin) dişi kırmızı, erkekse beyaz gözlü ise F1'in tüm bireyleri kırmızı gözlüdür. P-anne beyaz gözlü, P-baba kırmızı gözlü ise F1 dişileri kırmızı, erkekleri beyaz gözlüdür. B dişileri kırmızı, erkekleri beyaz gözlüdür. B kalıtımında anne göz rengini oğullarına, baba kızlarına aktarır. Göz rengi ve eşem dikkati çekecek bir şekilde birbiri ile ilişkilidir. Göz rengi için aleller X-kromozomunda bulunurlar. Böyle bir durumda X-kromozomuna bağlı kalıtım söz konusudur ve *bağlantılı kalıtımın bu şekline X-KROMOZOMUNA BAĞLI KALITIM adı verilir. X-kromozomundaki göz rengini veren gene, Y-kromozomunda hiç bir alel uymamaktadır. Bu nedenle beyaz gözlü erkekte, resesif gen tamamen ortaya çıkar, çünkü ona hiçbir alel karşı etki yapamaz. Bu durum HEMİZİGOTİ diye adlandırılır.*

4.8.3. X-Kromozomlarının Yapışması

Beyaz gözlü dişilerle, kırmızı gözlü erkekler arasındaki çaprazlamalar, F_1 dölünün binlerce sineği arasında bazen beyaz gözlü dişi veya kırmızı gözlü erkek, yani ayrıcalı hayvanlar oluşturur. Bunların dölleri de aynı sapmaları gösterir. Elde edilen bu bireylerin sitolojik olarak incelenmeleri sonucunda, beyaz gözlü dişi için iki adet birbirine yapışmış X-kromozomu ve bir Y-kromozomu (AA, XXY); kırmızı gözlü erkek için ise sadece bir X-kromozomu; ama hiçbir Y-kromozomu (AA, XO) olmadığı görülür. Böyle hayvanlar iki X-kromozomlu yumurta hücrelerinden ya da X-kromozomu olmayanlardan meydana gelir. Mayoz bölünmede her iki X-kromozomunun ayrılması gerçekleşmez. XO- erkekleri, *Drosophila*'da eşey tayininin XY tipine göre yapılmadığını gösterir. Seyrek olan triploid *Drosophila* bireylerinin dölleri, farklı sayıda otozomal kromozom seti ve değişken sayılı eşey kromozomları gösterir. Eşey, X-kromozomları ile otozomal setin, miktar olarak oranlanması ile belirlenir. (X:A) Y-kromozomu eşey belirleyici gen taşımaz. X:A oranı, normal dişi-

lerde (2A, XX) 2/2 = 1, normal erkeklerde, (2A:XY 1/2 = 0,5'dir. 0,5 ve 1 (örneğin 4A, XXX) değerlerine sahip olanlar İNTERSEKS'tir. Bir değerinin üzerindekiler *dişi-üstülük* 0,5'ten daha aşağı olanlar ise *erkeküstülük* gösterir. Dişilik için sorumlu genler X-kromozomu üzerinde, erkeklik için olanlar ise otozomlar üzerinde bulunur.

4.8.4. Homozigot Ölümcül Etkili Dominant Gen

İrlanda'da yaşayan Kerry ırkı sığırlardan, bacakları kısa olan Dexter ırkı çok meşhurdur. Kısa bacaklılıktan sorumlu olan (D) geni dominanttır. Eğer homozigotluluk söz konusu ise bu hayvanlar daha doğmadan önce ölür.

Araştırma amacıyla uzun yıllar sürdürülen ıslah için, sadece kısa bacaklı hayvanların kullanıldığını varsayalım. Bu şekilde 300 döl üretilmiş olsun.

Soru: Bir kalıtım şeması yaparak bu 300 dölden kaçının uzun bacaklı olduğunu hesap ediniz.

Çözüm:

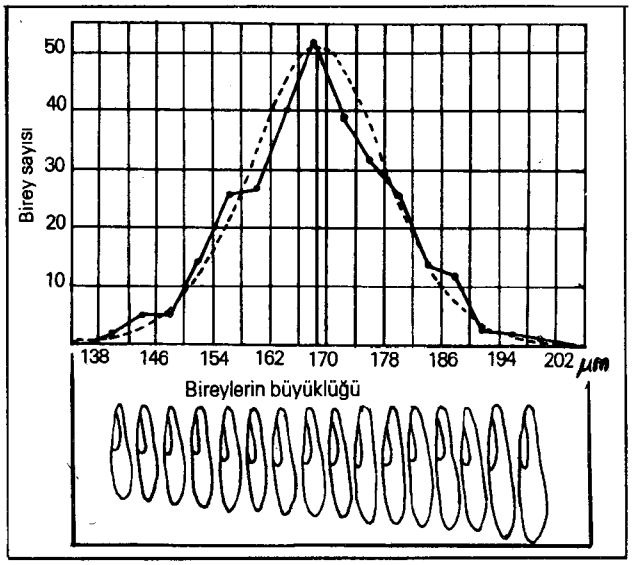
	Dd		Dd	
Genli Hücreler	(D)	(d)	(D)	(d)
F1	DD 1/4 100 hayvan ölü doğuyor	Dd	dD 2/4 Kısa bacaklı 200 hayvan	dd 1/4 uzun bacaklı 100 hayvan

toplam 300 hayvan

4.9. MODİFİKASYONLAR

Kırmızı renkli kayın yaprak kesitlerini mikroskop altında incelersek, bunların gölge ve güneş yaprağı olmasına göre, palizad hücrelerinin oluşturduğu, ince ve kalın tabakaları gözleyebiliriz. *Euglena,* ışığa bağlı olarak içerdiği kloroplastları az veya çok oranda geliştirebilir. Farklı ortamlarda büyüyen tek yumurta ikizleri, bazı özellikleri bakımından değişiktir. Genç aslanağzı bitkisi iki kısma ayrılır, bir yarısı ovada, diğeri ise dağlık bir bölgede yetiştirilirse, her ikisinin de farklı gelişme gösterdiği görülür. Dağlık bölgedeki bitkiler uzun köklü olup, az büyüdükleri halde, ovalık bölgede yetişenler kısa köklü ve kuvvetli bir büyüme gösterir.

Bu örnekler aynı kalıtım faktörünü taşıyan organizmaların, dış karakterlerinin de benzer olmasının zorunlu olmadığını gösterir. Belli bir karakterin oluşmasında, sadece kalıtım faktörleri sorumlu değildir. Organizmalar gelişimlerinin belli dönemlerinde beslenme, nem, ışık, sıcaklık ve diğer önemli çevre etmenleri ile modifiye edilebilir. *Bu organizmaların çevre etkilerine bağlı olarak farklı gelişme göstermeleri gibi tepkimelerini MODİFİKASYONLUK olarak adlandırmak mümkündür. Çeşitli fenotiplere de MODİFİKANT adı verilir. Modifiye faktörler genetik materyalde bir değişme meydana getirmez.* Yüksek ve düz bölgede yetişen her iki aslanağzı modifikantı, aynı çevre koşulları altında aynı büyümeyi gösterir.



Şekil 180.1: Terliksi hayvanda (*Paramecium*) varyasyon eğrisi. Bir kültürde üretilen *Paramecium*'un modifikasyonu. Tüm bireyler tek bir atadan meydana gelmiştir.

Çevre etkisinin araştırılması için, aynı kalıtım faktörüne sahip populasyonlara gereksinim duyulur.

Rekombinasyon ve mutasyon olmadan, atasal bireyden ikiye bölünme ile oluşan terliksi hayvan populasyonu, kalıtsal olarak aynı birey grubunu oluşturur. Buna *KLON* adı verilir. Terliksi hayvan populasyonu bireyleri ortalama değere yakın bir vücut uzunluğuna sahiptir. *Bu değer üst ve alt basamaklara doğru yavaş yavaş azalır. Çok sayıda terliksi hayvan ölçümü yapılırsa, ideal eğri değerine yaklaşılarak, bir "VARYASYON EĞRİSİ çizilir (Şekil 180.1).*

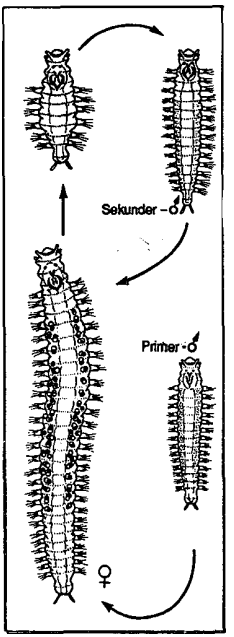
Fasulye tohumu uzunluklarının ölçülmesi, kiraz ağacı çiçeklerinin tozlaşma keselerinin sayılması ile varyasyon eğrileri elde edilir. Eğer vücut uzunlukları en kısa ve en uzun olarak ölçülen terliksi hayvan bireylerinden yeni bir klon üretilebilirse, bunların da atasal kuşağa benzer bir şekilde farklı bireyler meydana getirerek bir varyasyon eğrisi oluşturdukları görülür. Bu şekildeki deneyler, *kazanılan özelliklerin kalıtılmadığını bize açıkca gösterir.*

Terliksi hayvan örneğinde olduğu gibi, belirli bir vücut uzunluğu kalıtlanmayıp, sadece 136-200 mikrometrelik vücut uzunluğu ölçüm aralığındaki bu varyasyon genişliği kalıtlanır. Burada "AKICI MODİFİKASYON"dan söz edilir. *Çin çulha çiçeği 30°C'nin altında kırmızı, daha yüksek sıcaklıklarda ise beyaz çiçek açar. Bu GÖRÜNEN MODİFİKASYON'luk için çok iyi bir örnektir.*

4.9.1. Modifikasyon Yardımı İle Eşey Tayini

Deniz anemonunun uzun yakalayıcı kolları arasında koruma altında yaşayan anemon balığının bir türünde, modifikasyon yardımı ile eşeyin nasıl tayin edildiğine özgü iyi bir örnek görmek mümkündür. Gruplar içinde yaşamakta olan hayvanlardan en etkili olan erkek, diğer erkekleri saldırgan davranışı ile seksüel faaliyetlerinden alıkoyar, ama en etkili olan erkek, bu sefer dişi tarafından baskı altında tutulur. Mikroskobik incelemeler, en etkili erkeğin sperm keseleri içinde dişilik embriyo dokusu ve birkaç yumurtaya sahip olduğunu gösterir. İkiz olarak dünyaya gelen hayvanlar önce erkek olarak yaşar; ama hiyerarşik düzende en üst basamağa ulaşırlarsa, dişi olurlar.*Burada saldırganlık davranışının, eşeyin oluşumunu belirlediği*

görülür. Kılkurdu (*Ophryotrocha puerilis*)nda hayvanlar 20. Segmente kadar erkektir. Beslenme ve diğer koşulların iyileşmesi sonucu büyüyen bu bireylerin, daha sonra dişi oldukları gözlenir. Eğer beslenme koşulları bozulur veya segment sayısında bir azalma söz konusu olursa, dişi olan bu bireyler tekrar erkekleşir. Bu örnekte de görüldüğü gibi, eşey kalıtımla değil, dış etkilerle saptanmıştır. Bu nedenle burada MODİFİKASYONLA EŞEY SAPTANMASI'ndan söz edilir *(Şekil 181.1).*



Şekil 181.1: Bir poliket olan *Ophryotrocha puerilis* gençken sadece sperm üretiyor. Yani önce erkek (primer ♂), belli büyüklüğe ulaşınca ♀ oluşuyor, ve yumurta üretiyor. Yalnız dişinin bu durumu sabit olmayıp vücudunun arkasını kaybederse, yine belli bir zaman için segunder-♂ oluyor ve sperm üretiyor; bir zaman sonra tekrar ♀ olarak yumurta yapıyor (Vogel ve Angermann'dan)

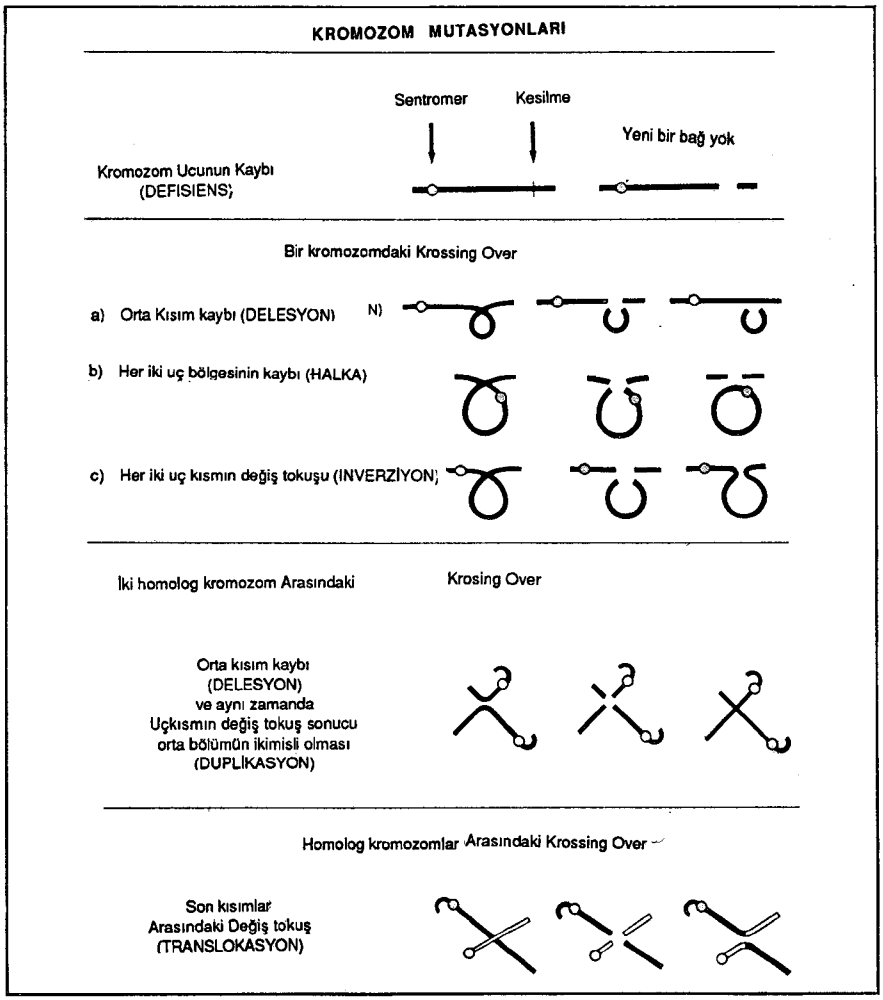
4.10. MUTASYONLAR

Karatavuk bireyleri arasında bazen beyaz renklilere rastlanır. Bu albino bireylerde tüylerin siyah rengini veren pigment sentezlenmez.

Karatavuk rengindeki bu değişim, döle aktarılan mutasyon veya kalıtsal değişmelere dayanır. Bunların taşıyıcısına da *mutant* denir. Mutasyonlar kalıtım maddesinin artması veya azalması ile ortaya çıktıkları gibi, bu maddenin kimyasal olarak değişikliğe uğraması ile de görülebilir. Mutasyonlara diğer örnekleri sirke sineğinin mutantlarından vermek mümkündür. Amerika'da 1791 yılında kısa bacaklı bir koyun mutantı yetiştirildi. Bu koyunlar için meralarda yüksek çitlere gerek kalmıyordu. ANKON adı verilen bu ırk sonraları daha da ıslah edildi.

Bitkiler arasında örneğin söğüt, huş, kayın gibi türlerin, bu şekilde oluşturdukları mutant formları vardır. Bazı söğüt mutantlarının dalları kıvrık; kayın, fındık ve akçaağacın bazı mutantlarının yaprakları kırmızıdır. Aynı şekilde söğüt ve fındıkta türbuşon benzeri dallara sahip mutantlar da görülür.

Genetik değişikliğin setteki kromozom sayısında; tek bir kromozomun yapısında veya bir gende olup olmadığına göre, çeşitli mutasyon tipleri ayırtedilir. Eğer hücre çekirdeğindeki kromozomların sayısı değişmişse PLOİDİMUTASYON'dan söz edilir. Mesela ürünü bol olan meyva ırklarında, genellikle kromozom setinin tamamı artar. Örneğin 3^n kromozom setine sahip karpuz ve limonlar vardır. Armut ve ahududu formları 4^n kromozom setine sahiptir. Poliploidlik doğal mutasyon olarak ortaya çıkabilir. Bu şekilde bazı buğday çeşitlerinin tetraploid ve hekzaploid olarak ortaya çıktıkları da bilinir. Poliploid mutasyonlar yapay olarak da üretilebilir. Bunun için kimyasallar ve ışınlama kullanılır. Aynı şekilde tek tek kromozomların sayıları da değişmiş olabilir. Tek bir kromozomda meydana gelen bu yapısal değişmeye KROMOZOM MUTASYONU adı verilir *(Şekil 182.1).*



Şekil 182.1: Kromozom mutasyonları (Bresch ve Hausmann'dan).

Kromozom mutasyonları bazı durumlarda mikroskobik olarak dahi gözlenebilir. Kromozom mutasyonlarında çeşitli tipler ayırtedilir. Örneğin, kromozomun parçaları söz konusu genle beraber kaybolabilir. Bu ise mutantın ölümüne neden olur. Böyle bir kayıp kromozomun uç kısmına veya orta bölgelerine isabet edebilir. Diğer bir durumda da, kromozomun bazı bölümlerinin duplike oldukları, yani sayısının iki katına çıktığı görülür. Bant gözlü bir sirke sineği mutantı, kromozomun belli bir bölgesindeki böyle bir artma sonucunda oluşur. Kromozomların bazı bölümlerinin 180^{o} dönmesi sonucunda gen sayısı değişmez; ama onların dizilme sıraları değişikliğe uğrar. Bu arada mevcut genlere sonradan gelen komşu genlerce etki yapılabilir, bu ise fenotipin değişmesine neden olabilir. İşte burada DURUM (pozisyon) EFEKTİ'nden (etkisi) söz edilir. Bazı kromozom bölümleri homolog olmayan kromozomlara birikebilir.

Değişme sadece bir gende ortaya çıkarsa GEN MUTASYONU'ndan söz edilir. Burada kalıtım maddesinin kimyasal yolla uğramış olduğu değişim vardır ve kromozomda görülebilen yapısal bir değişiklik söz konusu değildir. Tatlı bakla bunun için çok iyi bir örnek oluşturur. Akdeniz bölgesinde tatlı baklanın sarı ve mavi çiçekli yabani formları yetişir. Önceleri sadece yeşil gübre olarak kullanılmak üzere ekilen bakla, içerdiği acı bir madde nedeniyle hayvanlar için yem olarak da uygun değildi. Bir gün tesadüfen bu şekilde yetiştirilmekte olan milyonlarca bitki arasında, acı maddesi çok az olan bireylere rastlandı. İşte bu bireylerden tadı tatlı, proteince zengin, yediğimiz bakla elde edildi. Bu durumdan, tadı acı olan madde oluşumunun çekinik kalmasının ve yabanıl forma karşı mutasyona uğrayan üç genin sorumlu olduğu belirlendi.

Mutasyonlar gamet veya vücut hücrelerinde görülebilir. Eşeyle çoğalan organizmalarda mutasyonlar, sadece gamet hücrelerinde veya onların döle nakledilen ön basamaklarında ortaya çıkabilir. Eğer eşeysiz çoğalma söz konusu ise mutasyonlar ancak döl için vücut hücrelerinde bir rol oynar. Bir ıslahçı, örneğin ana bitkinin sürgün kısımlarından yeni bir bitki yetiştirirse vücut hücrelerindeki mutasyonlar da döle iletilir.

Mutasyonlar, aniden ortaya çıkar ve herhangi bir şekilde yönlendirilemez. Yani mutasyonlar, bireyin olası bir avantajına yönelik değildir. Mutasyonların ne kadar bir sıklıkta ortaya çıkabildikleri, MUTASYON ORANI ile belirlenir. Mutasyon oranı tek bir gen için çok düşük olup 10^{-4} ile 10^{-6} arasında değişir. Bu şu anlama gelir: 10 000-1 000 000'a kadar olan gamet hücrelerinden sadece bir tanesi, söz konusu gen bölgesinde bir mutasyon gösterir. Çokhücrelilerde, genlerin sayısı yüksek olduğundan, örneğin 10^5-10^6 gibi, toplam olarak nisbeten çok mutasyona rastlanır. Sirke sineğinin tüm bireylerinin % 2-3'ünün herhangi bir mutasyon taşıdığı tahmin edilir.

İnsandaki tüm gamet hücrelerinden % 10-40'nın bir mutasyon gösterdiği kabul edilir. Birçok mutasyon resessif olduğundan, genotipik olarak tanınamaz. Onların olumsuz olan etkileri genellikle homozigot durumlarda görülür. Doğal mutasyon oranı deneysel olarak artırılabilir. Mutasyonu aktive eden ve böylece mutasyon oranını yükselten önemli faktörler, *röntgen* ve *radyoaktif ışınlardır. Yüksek sıcaklık* ve bazı kimyasal maddeler de örneğin *iperit* diye adlandırılan *hardal gazı* veya *colchisin* gibi zehir etkisi yapan maddeler *mutajen*'dir. Colchisin güz çiğdemi bitkisinden kazanılan bir madde olup, *mitoz zehiri* olarak etki yapar.

Bu faktörlerin yardımı ile deneyle aktive edilen mutasyonlar, doğal olarak ortaya çıkanlara uyar. *Mutasyonun sadece sayı ve tipine etki edilebildiği halde, türüne edilemez.*

Çekirdek bölünmesi interfazında, kalıtım maddesi benzer şekilde iki katına çıkarılır. Böylece kalıtım bilgisinin, iletilme ve korunması garanti altına alınır. Buna karşın mutasyonlar değişmelerle yenilerini oluşturur. Bu nedenle bunlar organizmaların evrimini mümkün kılan faktörlerdendir.

4.11. ELVERİŞLİ VE ELVERİŞSİZ MUTASYONLAR

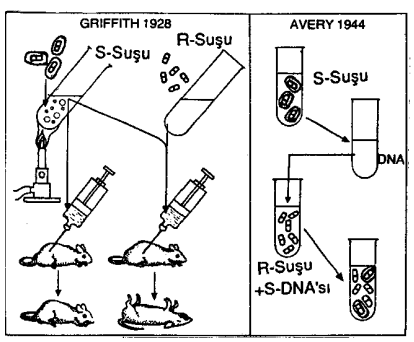
Birçok mutant, atasal forma göre daha kötü çoğalır; zira bunlar hastalıklara karşı daha duyarlı olup, geç gelişir ve düşmanlarından daha az korunur. Bu anlamda düşünülürse, birçok mutasyonun elverişsiz olması anlaşılır. 4 milyar yıldan beri süren evrim içinde, çok büyük sayıda *Mutant form* denendi ve en uygun aleller hayatta kaldı. Yaşama alanı, seleksiyon avantajı veya dezavantajında etkin olduğundan, her zaman yeni mutasyon için eski ortamın mı, yoksa yenisinin mi daha uygun olduğu sorusu sorulur. Örneğin böceklerin vestigial mutantları normal ortamda düzgün kanatlılara göre dezavantajlıdır. Kerguel adasındaki uçamayan, körelmiş kanatlı böceklerin bir özellikleri seleksiyonda elverişli rol oynar (Şekil 425.1). Zira kanatlı böcekler, rüzgar vasıtası ile sürekli denize doğru itilirler. Bu yüzden kanatlı böcekler adada dezavantajlıdır. Bu durum elverişli ve elverişsiz mutantların insan tarafından kullanılması halinde biraz farklıdır. Örneğin baklagillerden, tohum kesesi rahatça patlayan bir mutasyon, zor patlayana göre insan için elverişli değildir. Ama bu mutasyon formu, bitkinin yayılmasını kolaylaştırdığından, bitki için elverişlimdir.

5. KALITIMIN MOLEKÜLER TEMELLERİ

Kromozomların kalıtım faktörünün taşıyıcılar olduğu ancak bu asrın başında ancak kalıtımın kimyasal temelleri, uzun bir süre açıklanmadan öylece kaldı. Gerçi 1869'da hücre çekirdeğinde nükleikasitler keşfedilmişti; ama onların biyolojik işlevleri daha bilinmiyordu. Ancak 1950 yılında yürütülen deneyler sonucunda, bir canlının özelliklerinin şekillenmesi için gerekli bilginin, nukleikasit moleküllerinde depolandığı anlaşıldı. Nükleikasitlerin temel işlev ve yapılarının açıklanması, Modern Biyolojinin en önemli sonucunu oluşturur.

5.1. KALITIM MADDESİ OLARAK DNA

Amerikalı araştırıcı GRGFFITH, 1928 yılında aralarında zatürre hastalığına neden *Pneumococcus* cinsi bakterilerle deneyler yürüttü. Bunlarda birbirine bağlı ve etrafı mukus bir kapsülle sarılı, iki ünitenin yer aldığı bakteri suşları yer alır (Şekil 184.1). Eğer kapsülün üstü düz ise S (S=smoth), prüzlü ise R suşundan (R=rough) söz edilir. R şusu bakterilerinin mutant formudur ve konukçunun emzimleri tarafından tahrip edilebsildiğinden hastalık yapamaz. GRIFFITH, ısıtılarak öldürülen hastalık yapıcı S suşları ve hastalık yapamayan; ama canlı olan R suşlarını, farelere enjekte etti ve beklenenin aksine farelerin hastalandıklarını gördü. Daha sonra hasta farelerden S suşları izole edildi. Bu durumda kapsül oluşumu için gerekli olan bilg, ölü olan S suçlarından, canlı R suşlarından, canlı R suşlarına geçmişti. GRIFFITH deneylerinin yorumunu o zamanki biyolojik bilgilerle fazlasıyla değerlendiremedi.



Şekil 184.1: GRIFFITH ve AVERY'nin transformasyon deneyleri (Kaudewitz'den).

Biyolojik makromoleküllerin izolesi için yeni yöntemlerin geliştirilmesinden sonra, AVERY ve arkadaşları Pneumococcus deneylerinde yeniden başladılar. Onlar kapsül yapan S bakterilerinden DNA'ni izole ederek, kapsülsüz *Pneumococcus* kültürlerine ekledi̇ler. Bu bakteri kültürlerinde aniden çok sayıda kapsüllü S suşlarının ortaya çıktığı izlendi. bunların ortaya çıkma yoğunluğu, seyrek görülen geri mutasyonlarla açıklanamadı. Bazı R suşları, S suşlarının DNA moleküllerini alarak, anlarda depolanan kapsül yapma bilgileri ile kapsül oluşturdu. AVERY'nin 1944 yılında yürüttüğü deneylerle, genetik bilginin DNA tarafından taşınması olayına TRANSFORMASYON adı verilir. Radyoaktif olarak işaretlenmiş yabancı DNA ile yapılan deneyler göstermiştir ki, bunlar transformasyonda konukçunun DNA'sı içine yerleşir.

Nukleik asitlerin genetik bilgiyi taşıyıcı olarak oynadığı rollerin kanıtları *Tablo 185.1*'de görülmektedir.

AVERY'nin deneylerini yürüttüğü yıl,Moleküler Genetiğin Doğum Yılı olarak da kabul edilir. Daha sonraki yıllarda DNA'nın iki katına çıkması (=duplikasyonu) ve çift heliks yapısının belirlenmesi ve genetik bilginin iletilmesi gibi önemli hususlar, DNA'yı moleküler biyolojik araştırmalarda ön plana çıkardı.

5.2. DNA'NIN REPLİKASYONU

Her hücre bölünmesinden önce DNA iki misline çıkar. Bu DNA replikasyonu aşağıdaki gibi olur: Atasal DNA dizini matris olarak hizmet görür. Bunda komplementer bir DNA dizini yeni sentez edilir.

DNA replikasyonu *Escherichia coli*'de incelenir. Büyümekte olan bir bakteri kültürüne radyoaktif tritiumla işaretli DNA yapıtaşı ^{3}H-timidin eklenir. Timidin, timin bazı ile nukleotiddir. Bu bileşik, yeni sentezlenen DNA'da yapılır. Bundan sonra DNA bakteri hücresinden izole edilir, bir yüzeye sürülür ve böylece bir fotografik tabaka elde edilir. İşaretli DNA karanlıkta foto tabakaya etki ettirilirse, radyoaktif ışınla foto materyali nisbeten ışıklandırılır. Filmin tabından sonra radyoaktif işaretli timidinin etkili olduğu noktalarda bir siyahlık izlenir. Böylece bir "OTORADİOGRAM" elde edilir.

Bu elektron mikroskobunda incelenirse, yeni sentezlenen DNA izlenebilir. *E. coli*'nin kalıtım maddesi halka şeklinde, çift dizinli DNA molekülü olup 1,2 mm uzunluğundadır.

DNA replikasyonunun çeşitli dönemlerinin, otoradyografik görüntüleri karşılaştırılırsa, çift heliksin bir noktada kabarcık şeklinde açılmış olduğu izlenir. Replikasyon zamanı ne kadar gecikirse, replikasyon kabarcığı da o kadar büyük olur. Yeni DNA sentezi, replikasyon çatalında olaylanır. Replikasyon kabarcığının çift dizininin her biri, atasal ve yeni sentezlenen DNA dizininden oluşur. DNA replikasyonu *E. coli*'de bir başlama noktasından hareket eder ve kabarcık oluşumu ile her iki yöne doğru, halka şeklindeki DNA molekülünü sarar.

Ökaryontların DNA'sı kromozomlarda bulunur. Orada linear ipliksi bir molekül şeklinde olup uzunluğu birkaç santimdir.

Drosophila'nın en büyük kromozomunun DNA ipliği 62 milyon baz çiftine sahiptir. Buna rağmen DNA replikasyonu, burada üç dakikada gerçekleşir.

iki katına çıkan ökaryont DNA'sının elektron mikroskobik resimleri, çok sayıda replikasyon kabarcığını gösterir. Bundan, DNA yeni sentezinin çift dizinin birçok noktasında, aynı anda gerçekleştiği sonucu çıkar. Büyük Drosophila kromozomunda, süratli olarak DNA replikasyonuna ulaşmak için, yaklaşık 6 000 replikasyon çatalının aktif olmak zorunda olduğu hesaplanır.

Eğer bütün replikasyon kabarcıklarının yeni sentezlenen DNA'sı diğer DNA ile kaynaşırsa kromozom DNA'sının replikasyon kabarcıklarının yeni sentezlenen DNA'sı diğer DNA ile kaynaşırsa kromozom DNA'sının replikasyonu sona erer.

DNA, replikasyonunun çeşitli basamakları enerjiye bağımlı olup, ATP'ye gereksinim duyar. DNA'ya bağımlı ATP'az örneği olarak Helikaz ve Topoizomerazı verebiliriz.

Bir organizmadaki yeni sentezlenmiş DNA miktarı oldukça yüksektir. İnsanda bir günde köken hücreden oluşan eritrosit sayısının $200x10^9$ olduğu tahmin edilir. Bir eritrositin her bir köken hücresinin bölünmesinde her diploid vücut hücresi DNA'sının 2 metre olduğu varsayılırsa, $200x10^9$ yine hücrede uzunluğu $400x10^6$ km olan DNA'nın yeni oluştuğu sonucuna varılır. Bu mesafe yerkürenin aya uzaklığının bin katına eşdeğerdir.

5.3. GENETİK BİLGİ NAKLİNİN GERÇEKLEŞMESİ (=Protein Sentezi)

Birçok hayvan türünde, bazen albino bireylere rastlanır. Bu durum genetik bilginin değişmesine dayanır. Böyle mutantlarda, pigment sentezini yapan bir enzim eksiktir.

Esasen kalıtlanabilen tüm karakterler, enzimatik reaksiyonların yardımı ile oluşturulur. Enzimlerin hepsi proteindir. Bu durum DNA'daki genetik bilginin, protein sentezini nasıl etkilediği sorusunu ortaya çıkarır. Doğal proteinlerde 20 adet, birbirinden farklı aminoasit temel yapı maddesi vardır. Bir proteinin işlev ve yapısı aminoasit dizin (sekuens) sırasına, yani "aminoasit sekuensine" bağlıdır. DNA hücre çekirdeğinin kromozomlarında yer alır. Proteinler ise sitoplazmada sentez edilir. Radyoaktif maddelerle işaretlenmiş aminoasitlerle yapılan deneylerde, aminoasitlerin proteinlere bağlandıkları organellerin, RİBOZOMLAR olduğu belirlenmiştir.

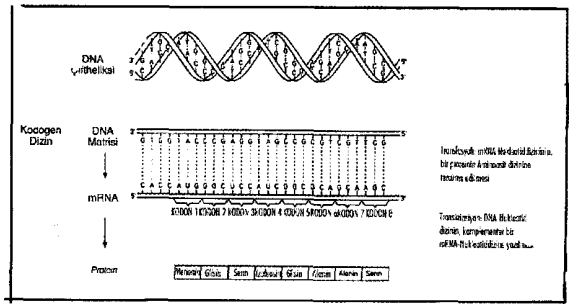
Bir enzimin aminoasitlerinin sıra ve sayısı için gerekli bilgi, hücre çekirdeğini terketmeyen DNA'da kodlanır. Bir proteinin aminoasit sekuensi için gereken bilgi çoğu kez DNA'nın kimyasal ara ürünü tarafından okunur. Bir nükleikasit olan messenger (elçi) RNA (=m-RNA), hücre çekirdeğinden ribozomlara doğru, genetik bilgi taşıyıcısı olarak görev yapar. RNA, DNA'da iki özelliği bakımından ayrılır; ilkinde şeker bileşikleri Ribozdur, **ayrıca RNA'da timin yerine dördüncü baz olarak sitozin, guanin ve adeninin yanında "urasil" yer alır.** Bu dört baz S, G, A ve U harfleri ile ifade edilir.

5.3.1. Transkripsiyon

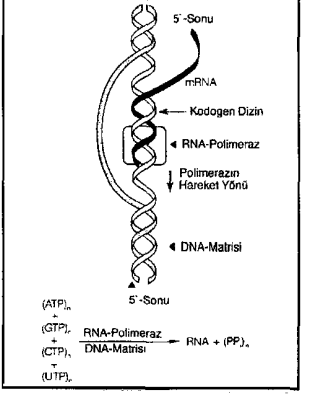
Nukleotid dizininin tercümesi için, aminoasit dizinine gönderen olaylar; yani protein biyosentezindeki moleküler olaylar çok özeldir. Bu olaylara DNA ve uygun enzim sistemleri yanında, mRNA, tRNA-molekülleri ve ribozomlar katılır (*Şekil 187.1*).

DNA'nın nukleotid dizini olarak var olan genetik bilgi, önce elçi RNA(=mRNA)nın nukleotid dizinine yazılır (=Transkripsiyon). Bu DNA'ya bağımlı olan RNA-poliemaraz enzimi ile katalizlenir. DNA'da belli bağlama noktaları veya PROMOTOR noktaları varc'up, bu enzim tarafından özel olarak tanınır. Bu noktalarda polimeraz hafifçe dönüşebilir bir durumda DNA'ya birikir. Polimerez enzimi daha sonra "**Kodogen Dizin**" adı verilen DNA-dizini boyunca kayar. DNA-dizinin nukleotid dizinin 3′ den 5′ sü yönüne doğru okuyarak nukleotidtirifosfatı mRNA molekülüne pirofosfatı ayırarak bağlar (*Şekil 187.2*). Transkripsiyonda mRNA bağlanması her iki DNA dizininde gerçekleşir. Ancak her iki DNA - dizini, DNA bölümlerinin çeşitli noktalarında değişerek **kodogen dizin** olarak görev yapar. Örneğin T4 bakteriyofajından enfeksiyondan hemen sonra DNA dizininin önce bir bölümü transkripsiyona uğrar, DNA'nın başka bir kısmında başka bir DNA kodogen dizin olarak kullanılır.

DNA'nın kodogen dizinin mRNA molekülünün sentezi için kalıp (=matris) görevi yapar. Onun nukleotid sırası kodogen DNA dizinin eşdeğeridir. Çift dizinli DNA'da mRNA sentezi in vitroda sıcaklığa bağlı bir gecikme dönemi ile başlar. DNA - heliksi yerel olarak ayrılır. Bu DNA'nın birçok noktasında aynı anda olur. mRNA sentezinde polimeraz sabit olarak DNA'ya bağlıdır. **Transkripsiyonda DNA'nın belli bir bölümündeki bilgi, eşdeğer bir mRNA molekülüne yazılır.** Polimeraz, burada DNA'nın doğru dizinin seçerek başlangıç noktasını tam olarak tanımlamalıdır. Polimerazın DNA'nın üzerinde kayması saniyede 25-35 nükleotid geçecek şekildedir (=yaklaşık 10 kodon). Çok sayıda polimeraz molekülü arka arkaya DNA'nın aynı bölümlerinde kayabilir ve çok sayıda mRNA molekülü sentezleyebilir. Bu güne kadar 3 **RNA polimeraz** tipi bulunmuştur. Bunlardan ikisi kromatinde diğeride çekirdekcikdedir.



Şekil 187.1: Protein biyosentezinde bilgi taşınımı (Chambon'dan).



Şekil 187.2: RNA - polimeraz yardımı ile mRNA'nın oluşumu (P_i=Anorganik fosfat) (Rheinhard'dan).

heliksine göre oldukça kısadır. Sentezlenen RNA, kodogen DNA dizininden ayrılır ve çift heliksin spiral yapısı kaybolur *(Şekil 187.1)*.

5.3.2. Genetik Kod (=Şifre)

m-RNA (elçi-RNA) hücre çekirdeği ve ribozomlar arasında taşıyıcı molekül görevini üstlenir. Ayrıca, m-RNA genetik bilginin gerçekleştiği ve depolandığı yerlerde aracılık yapar. Transkripsiyonda DNA bilgisinin okunması, baz dizini okunmasından oluştuğundan, m-RNA baz dizininde bir proteinin nasıl yapıldığının belirtilmesi gerekir. Yani *GENETİK KOD dört bazın belirtildiği işaretlerle çalışır.*

Aminoasit için şifre kelimesi sadece bir bazdan oluşsaydı, RNA'da sadece dört aminoasit şifrelenmiş olurdu. Aynı şekilde iki bazdan oluşan şifre kelimeleri de, 16 (4^2) adet olası komsbinasyonu ile yeterli değildir. Bu nedenle gerçek aminoasit, m-RNA'nın bir baz üçlüsünün oluşturduğu grupla şifrelenir. Böyle bir DNA şifre kelimesine "KODON" adı verilir.

Genetik kodun çözülmesi, yapay olarak sentezlenen ve hücre ekstresine eklenen m-RNA ile mümkündür. Örneğin RNA, kendisi ile birlikte sürekli tekrarlanan UCG baz dizini vasıtası ile yapılır. Protein biyosentezinde bu m-RNA yalnız SERİN adlı aminoasitten yapılan bir protein sevkeder. Sonraki deneylerde 64 muhtemel üçlü kombinasyonun 61'i bir aminoasidine bağlanabilir. 20 aminoasidin çoğu, birçok baz üçlüsü ile kodlanır. Yani bu aminoasitlerin birinin belli bir üçlüye bağlı olduğu söylenemez. Mesela PROLİN CCU, CCC, CCA veya CCG kodonları ile şifrelenmiş olabilir. Baz üçlüsü ve aminoasit ilişkisinin bu şekildeki belirgin olmayan durumu, genetik kodun dejenerasyonu olarak da ifade edilir. Biyolojik evrimin başlarında yalnız ikili kodların bulunduğu tahmin edilmektedir. Gerçekten de bir aminoasidin kodonlarının genellikle ilk iki pozisyonu uyumludur.

Yapay m-RNA ile yapılan deneylerde, hiçbir aminoaside dahil edilemeyen üç baz üçlüsü bulunmuştur. Bunların önce "NONSENS-ÜÇLÜSÜ" diye adlandırılan dizinlerin "DUR SİNYALLERİ" olduğu saptanmıştır. Bunlar bir proteinin sentezinin sona erdiğine ait bilgiyi kodlarlar. AUG üçlüsü ise protein sentezinin "BAŞLA"masını ifade eder. Bu aynı zamanda "METHİONİN" adlı aminoasidini kodlar.

5.3.3. Transfer RNA (t-RNA)

Her m-RNA molekülü bir proteinin aminoasit dizini için gereken genetik bilgiyi içerir. Bu bilginin protein sentezine nasıl aktarıldığına ait soruyu yanıtlayabilmek için, hücre içermeyen sistemlerin araştırılması gerekir. Böyle sistemler, hücrelerin santrifüj edilerek büyük parçalara ayrılması şeklinde olur. Eğer sadece ribozom ve çözünen bileşikler elde edilirse, RNA'yı yıkan enzimlerin ilavesi ile RNA elimine edilebilir. Bu şekilde elde edilen sisteme aminoasit eklenirse, herhangi bir protein sentezi gerçekleşmez. Aynı şekilde izole edilmiş m-RNA'nın ilavesi de bir

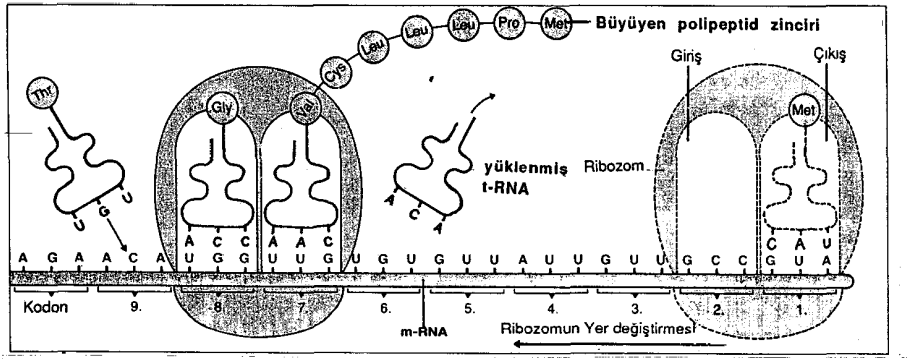
$$\text{DNA} \xrightarrow{\text{Transkripsiyon}} \text{m-RNA} \xrightarrow{\text{Translasyon}} \text{Protein}$$

sonuç vermez. Ama buna ilaveten, başka bir RNA türü olan *t-RNA (transfer RNA)* eklenirse, deneysel koşullarda, hücre çekirdeğine bağlı olmayan protein sentezinin olaylanması mümkün olabilir. t-RNA molekülü oldukça küçük olup sadece 80 nukleotidden oluşur. t-RNA aminoasitleri ribozomlara taşır. Bu arada t-RNA molekülü daima belli bir aminoasidi oluşturur. Bu nedenle hücrede en azından 20 farklı t-RNA tipi, yani her aminoasit için bir tip bulunmaktadır.

5.3.4. Translasyon

m-RNA molekülünün bütün kodonlarının okunması, bir proteinin aminoasit dizinini verir. Aynı anda aminoasitlerin birbirleri arasında bağlanması ribozomda da gerçekleşir. Protein biosentezi Methionin adı verilen aminoasidi de kodlayan başlangıç kodonu AUG ile başlar. Methionin t-RNA'sı UAC antikodonu ile ribozom girişinde, baz çiftleşmesiyle bağlanır. Daha sonra, ribozom bir baz üçlüsü kadar m-RNA'da ilerler. Methionin t-RNA'sı ribozomun "ÇIKIŞ" olarak adlandırılan ikinci bağlantı noktasında oturmaktadır. Bundan sonra m-RNA'nın bir sonraki kodonu ribozomun girişine ilerler. Orada ikinci aminoasit t-RNA'sı birikir. Daha sonra ribozomun çıkışındaki aminoasit giriş pozisyonundaki aminoaside doğru kayar ve orada bağlanır. Ribozom girişinde dipeptid taşıyan bir t-RNA molekülü oturur. Çıkışta boşaltılan t-RNA molekülü, ribozomu terkeder ve sitoplazma da ona ait olan aminoasidini yeniden bağlar. Ribozom tekrar bir baz üçlüsü kadar ileri kayar. Peptid taşıyan t-RNA daha sonra ribozomun çıkışına oturur. Giriş orada bulunan ve kodonu taşıyan yeni bir t-RNA aminoasidi ile işgal edilir.

Ribozom, m-RNA'nın baz dizininin tamamını kateder ve yukarıda anlatılan olaylar tekrarlanır ve bu arada protein zinciri de sürekli olarak büyür. Bu zincir büyümesinde çeşitli enzimler rol oynar. Bunlar ribozomun parçalarıdır. *Eğer ribozom bir "DUR KODONUNA" ulaşırsa, ki bunlar UAA, UAG veya UGA olabilir, ribozom kendisini oluşturan her iki ünitesine parçalanır ve böylece "PROTEİN SENTEZİ" tamamlanır. Bu sentezde genetik dilin tercümesi nükleikasitlerin baz dizininin, proteinin aminoasit dizinine girişi ile olur. Bu olay aynı zamanda "TRANSLASYON" diye de adlandırılır (Şekil 189.1).*



Şekil 189.1: Translasyon (Biologie h.'den).

Kural olarak bir m-RNA molekülü çok sayıda ribozom tarafından ve aynı anda okunur. Ribozomlar arka arkaya m-RNA dizini boyunca yer değiştirir. Her ribozom bir protein molekülünün sentezini etkiler.

Üç önemli RNA çeşidinin işlevleri *Tablo 189.1*'da görülmektedir.

Tablo 189.1 : Üç önemli RNA türü ve işlevleri

	Büyüklük (takribi değer)	İşlev
Transfer-RNA (tRNA)	80-90 Nukleotid	Hücrenin protein sentezi için Amino asitlerin taşınımı, aparayi
Pibozomal-RNA (rRNA)	Ökaryotlarda dört türü için 120, 150, 1700 ve 3500 Nukleotid	Ribozomların işlevsel ve yapısal elemanı
Messenger-RNA (mRNA)	çok çeşitlidir (100-1000 Nukleotid)	Elçi (mesenger) RNA protein sentezi apareyine bir genin şifresini getirir.

5.3.5. Moleküler Biyolojinin Dogması (=Esası)

Protein sentezindeki olaylar, genetik bilginin aşağıdaki gibi akışı şeklinde özetlenebilir:

Bilgi akışının bu şekilde saptanan yönü MOLEKÜLER BİYOLOJİNİN DOGMASI olarak ifade edilir. Buradaki ilişki en küçük genetik bilgi ünitesi için geçerlidir. m-RNA'daki KODON'a, DNA'da komplementer bir baz üçlüsü denk gelir. Buna KODOGEN denir. Onunla aminoasit için genetik bilgi verilir. Bu bilgi bir kodon değişir ve daha sonra ANTİKODON'da tanınır.

5.3.6. Genetik Kodun Açıklanması (=Şifrelenmesi)

Genetik kodun açıklanması hücresiz sistemlere ilave edilen ve yapay olarak sentezlenen m-RNA sayesinde olur. Örneğin, RNA sürekli olarak tekrarlanan UCG

baz dizini ile elde edilir. Bu, m-RNA ile deneyde yürütülen protein sentezi "Polyserin" adlı proteini vermekte olup, bu protein de sadece "Serin" adlı aminoasitten yapılır. Yani UCG kodonu, Serin aminoasidi için bir anahtar sözcüktür. Daha sonra yürütülen çalışmalar, hücrede tüm 64 (4^3) adet baz üçlüsünün ortaya çıkacağı sonucunu vermiştir.

20 aminoasidin önemli bir bölümü, çok sayıda baz üçlüsü tarafından kodlanır. *TRİPTOFAN* ve *METİONİN* dışında, bir aminoasitten belli bir baz üçlüsü sonucunu elde etmek mümkün olamayabilir. Kodonlar genelde bir aminoasit için üçüncü bazda ayırtetme özelliği gösterir. Gerçi son zamanlarda bakterilerde üçüncü bazda kodonların bazı sapmalar gösterebileceği saptanmıştır; ama genetik kod bütün organizmalar için büyük ölçüde aynı geçerliliğe sahiptir.

5.4. MOLEKÜLER BİYOLOJİDE GEN KAVRAMI

5.4.1. Bir Gen-Bir Enzim Varsayımı

Neurospora adı verilen bir mantarın, Arginin aminoasidini sentezleyemeyen mutantları vardır. Arginini eksik mutantların mantar miselleri, ancak kullanılan besi agarına arginin eklenirse büyür.

AVERY'nin 1944 yılında yürüttüğü deneylerinden birkaç yıl önce BEADLE ve TATUM adlı Amerikalı araştırıcılar, arginin mutantları ile deneyler yapmışlardı. Onlar besi agarına "Sitrulin" veya "Ornitin" adlı bileşikleri ekmişler ve büyümenin olup olmadığını kontrol etmişlerdi. O zamanlar Sitrulin ve Ornitin, Arginin biosentezinin ön basamakları olarak tanınıyorlar ve başka bir ön basamağın ürünü olarak kabul ediliyorlardı.

Yapılan deneyler *Neurospora* arginin mutantları arasında, üç tipin ayırt edildiğini göstermiştir. Tip I, besi agarına Arginin, Sitrulin veya Ornitinin eklenmesi durumunda büyür. Bu mutantlar hem sitrulinden hem de ornitinden, arginin aminoasidini sentezleyebilir. Gerçi Tip II mutantları sitrulinden arginini tamamlayabilir; ama ornitinden eksik olan arginini tamamlayamazlar. Yani bu mutantlar arginin ve sitrulinde gelişebilir. Tip III eksik mutantları, ne sitrulin ne de ornitini, arginin sentezinde kullanabilir. Ancak besi agarına arginin ekilirse büyüme gösterir.

Hiçbir mutantın arginin eksikliğini ornitin ile gideremediği, araştırmaları yürüten BEADLE ve TATUM'un dikkatini çekti. Eğer arginin eksikliği ornitin ile dengelenebilseydi, bu eksiklik sitrulin ile de gideriliyordu.

Arginin biyosentezi aşağıdaki basamaklar şeklinde olaylanır:

$$\text{Ön basamak} \xrightarrow{E_1} \text{Ornitin} \xrightarrow{E_2} \text{Sitrulin} \xrightarrow{E_3} \text{Arginin}$$

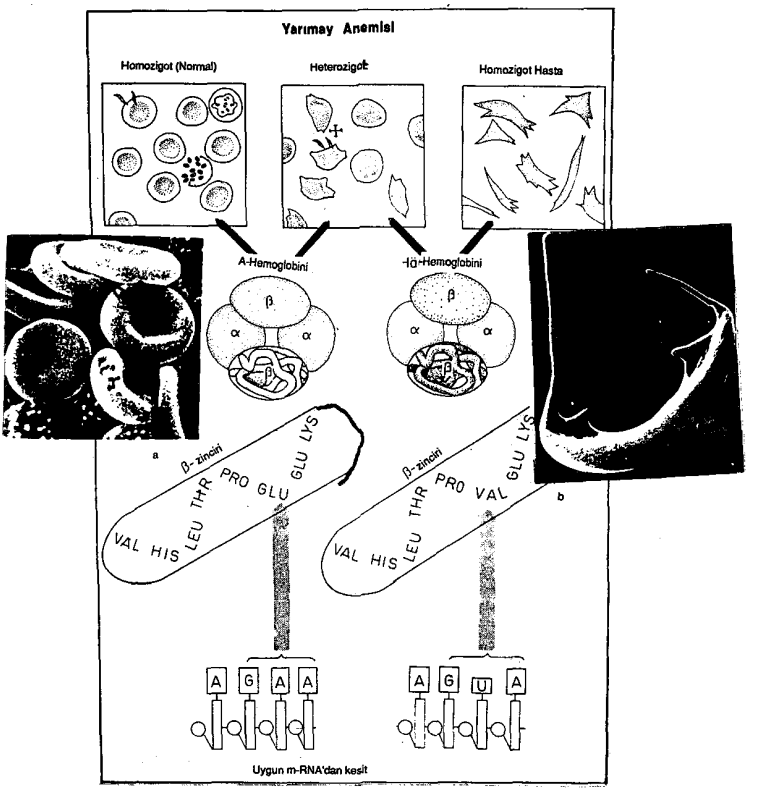
Sentez zincirinin her bir metabolizma basamağı, E_1, E_2 ve E_3 ile ifade edilen özel bir enzim tarafından katalizlenir. Arginin eksik mutantlarının üç tipi içerisinde zincirin ayrı ayrı enzimlerinden birisi bulunmaz. *Neurospora* mutantları ile yürütülen çalışmaların deney sonuçları, 1941 yılında ilk defa *"BİR GEN, BİR ENZİM VARSAYIMI"*nın ifadesine yol açmıştı. Buna göre, her gen ayrı ayrı bir enzimi tayin eder ve bir gen mutasyona uğramışsa, bunun sonucunda bir enzim etkilenir.

5.4.2. Bir Gen Bir Polipeptid Varsayımı

Afrika'da yaşayan toplumlarda *Yarımay Anemisi* diye bilinen kalıtsal bir hastalık çok sık görülür *(Şekil 191.1)*. Homozigot hastaların kanında alvuyarlarda tipik yarımay şekillerine rastlanır. Böyle bir hastanın hemoglobini oksijeni az miktarda bağladığı için, bu hastanın yaşamını sürdürme şansı önemli ölçüde azalır.

Normal olarak yetişkin bir insanda Hemoglobin A'ya rastlanır. Hemoglobin molekülünün dört polipeptid zinciri olup, bunlar ikişer ikişer birbirine benzer. Her iki polipeptid tipi *alfa* ya da *beta* zinciri diye adlandırılır. Bu zincirlerden her birisi 140'dan daha fazla sayıda aminoasitten oluşur. Yarımay anemisi söz konusu olduğunda HEMOGLOBİN S diye adlandırılan mutasyona uğramış bir renk maddesi bulunur. Bunda 6. noktada beta zincirinde "Glutamin" adlı aminoasidin yerine *Valin* adlı aminoasidi yer alır.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	.....	146
Hemoglobin A	Val	His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	.....	His
Hemoglobin S	Val	His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	.....	His



Şekil 191.1: Yarımay anemisi (Kuhn ve Probst'dan. a. Normal eritrositleri, b) Yarımay eritrosidi (a ve b Sengbusch'dan)

Hemoglobin sentezi için iki genin içerdiği bilgiye ihtiyaç duyulur. Ayrıca alfa ve beta zincirinin aminoasit dizinlerinin kodlanmış olması gerekir. Ancak iki alfa ve iki de beta zincirinin birikmesi ile hemoglobinin biyolojikman aktif bileşenleri elde edilir. Birçok enzim çok sayıda polipeptid türünden meydana gelir. Bu nedenle böyle bir enzim molekülünün sentezi, çok sayıda genin beraberce etkisi ile mümkün olur. Bu yüzden günümüzde *BİR GEN BİR POLİPEPTİD* varsayımından söz edilir.

Zamanla gen tanımında değişme oldu. Gen, ilk zamanlar bir karakterin oluşumunu sağlayan birim olarak ifade edilirdi. Mesela MENDEL, 1865 yılında *BİR KALITIM FAKTÖRÜ BİR KARAKTER* ilişkisinden hareket etmiştir. BEADLE ve TATUM 1941 yılında *BİR GEN BİR ENZİM* varsayımını formüle etmiştir. Günümüzde ise *BİR GEN-BİR POLİPEPTİD* ilişkisinden hareket edilir. Bu nedenle moleküler bazda bir geni DNA bölümü diye ayırtetmek mümkün olup, bu bölüm bir polipeptid sentezi için gerekli bilgiyi taşır.

5.4.3. Parçalanmış Genler

Bakterilerdeki genler sınırlı ve kesintisiz DNA bölümünden oluşur. Yapısal genlerde bu DNA bölümü bir protein için bilgi içerir. Bu bilgi birbirine bağlı nukleotid dizini; triplet (=baz üçlüsü) şeklinde olup kesintisiz olarak yazılır ve bir şekilde düzenlenmiştir. Bunlar genetik bilgiyi genelde birbirine bağlı değil, parçalanmış şekilde içerir. Bu, bir proteini kodlayan nukleotid dizin Ekzonun, proteini kodlamayan nukleotid sekuensi "İntrons" tarafından kesintiye uğraması demektir. Ökaryot genlerinin mozaik yapısının ilk defa bulunduğu, tavuğun ovalbumin geninde, 8 Exonda bir İntron bulunur. Ovalbumin geninin uzunluğu (Ekzon-Intron) 7700 baz çiftinden oluşur. Bu gen 1872 baz çiftine sahip mRNA'dan dört misli daha uzundur. Sadece proteinin tercüme edildiği mRNA (=1158 baz çifti) bölümünden ise yedi misli daha uzundur.

Mozaik genler, ökoryotlar ve onlarda çoğalma virüslerde çok yaygındır. Birçok ayrıcalar da vardır. Histo ve İnterferon için genler mozaik yapı göstemez.

5.5. GEN MUTASYONU

DNA dizinindeki bir bazın değişmesi yarımay anemisine neden olur. Bunun sonucu olarak, m-RNA kodonundaki GAA Glutamin asidi, GUA şifre kelimesi ise Valin için okunmuştur. Bu baz değişimi DNA bölümünün bilgi içeriğini öyle değiştirir ki, yarımay hücre geni oluşur.

Esasen gen mutasyonları DNA baz dizininin değişimine bağlıdır. Gen mutasyonları, adı geçen değişme dışında bazın kaybı veya başka bir yere itilmesi ile de oluşabilir. Baz değişiminde bazın kayma ve kaybolması, genetik kodun üçlü okunma düzeninde bir bozulmaya yol açar. Bu yüzden baz değişiminin olduğu noktadan itibaren, tamamen yeni kombine edilmiş üçlüler okunur. Burada *dinlenen mutasyon*-'lardan söz edilir. Böyle bir mutasyon sonunda aminoasit dizini tamamen değişmiş bir polipeptide kodlanır. Kural olarak bu şekildeki moleküllerin biyolojik hiçbir işlevi yoktur. Genetik bilgideki çoğu değişmelerin, söz konusu organizma için, olumsuz sonuçları vardır. Ama, bazen yaşam koşullarına daha iyi uyum sağlanması için, işlev yapan olumlu mutasyonlar da görülebilir. Örneğin ılıman ve soğuk bölgelerde oldukça seyrek olan yarımay genine, Afrika'da nüfusun % 40'ına

yakın bir bölümünde rastlanır. Bu genin heterozigot taşıyıcıları Hemoglobin A ve S'ye sahip olup, genel olarak sağlıklıdır. Diğer taraftan bunlar sıtmaya karşı daha fazla dayanıklıdır. Sıtma taşıyıcısı tarafından enfekte edilen alyuvarlar, yarımay şeklini alıp daha sonra yıkılır. Bu nedenle sıtma salgını olan bölgelerdeki yarımay anemili kimseler, diğerlerine göre sıtmaya karşı daha dayanıklıdır.

5.5.1. Mutajenler

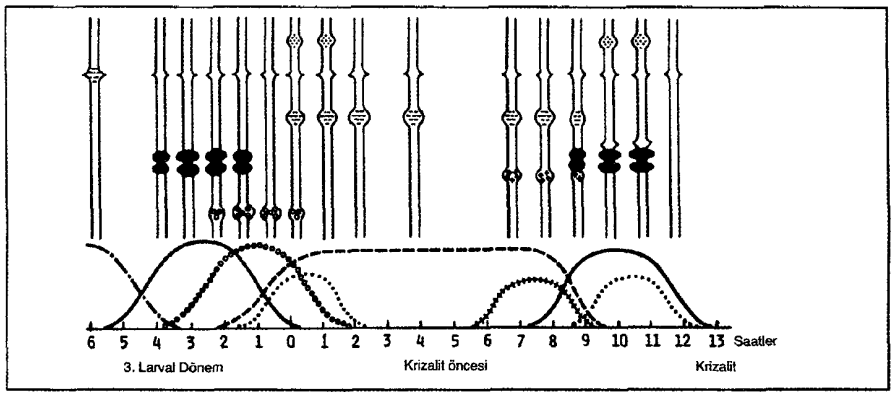
Bira mayası hücre kültüründen UV-ışını ile çok sayıda eksik mutant elde edilebilir. UV-ışını mutasyon oranını artırır. Bu nedenle "MUTAJEN" olarak kabul edilir. UV-ışını DNA tarafından emilir. Bu arada alınan enerji DNA dizininin iki komşu timin bazının birbirine tepkime göstermesine yol açar. Böylece DNA baz dizininin bölüm bölüm okunmasını engelleyen zarar görmüş bir kısım meydana gelir. Bu şekilde zarara uğramış çok sayıda yer varsa hücre, UV-ışınının etkisi ile ölür.

Hücre, tamir enzim sistemine sahip değilse, UV-zararları ve DNA'yı değiştiren diğer etmenler birçok organizmada önemli sonuçlar doğurur. Bu sistemler zarara uğramış bölgeleri DNA'dan uzaklaştırma ve onları tamamlama yeteneğindedir. *Parça Tamiri* diye de adlandırılan sistem aşağıdaki prensibe göre çalışır: Önce bir enzim, zarar gören kısmı tanır ve zarara uğrayan DNA bölümü kesilerek ayrılır. Bunun akabinde başka bir enzim yardımı ile eksilen parça, komplementer nukleotid tarafından tamamlanır. Daha sonra da yeni sentezlenen ve eski DNA dizini birbirine bağlanır. Parça tamirinde komplementer olmayan, yani yanlış nukleotidler yerleşir. Bu tip hatalar UV-ışınının mutajen etkisi sonucunda ortaya çıkar.

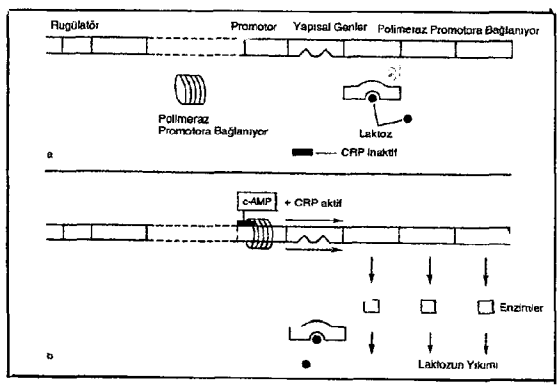
5.6. GEN AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ

Güney Afrika tırnaklı kurbağalarında yumurta hücrelerinin çekirdeği çıkarılarak, onların yerine verici bir hayvanın diploid vücut hücresi çekirdeği aşılandı. Bunlardan gelişen hayvanların, kalıtsal yapılarının verici bireyin aynısı olduğu görüldü. Burada, genetik olarak aynı olan hayvan grubu, yani bir *KLON* söz konusudur. Tırnaklı kurbağalarda elde edilen bu klonlar bize vücut hücre çekirdeklerinin organizmanın tüm genetik bilgisini içerdiğini gösterir.

Çokhücreli bir organizmanın karaciğer, kalp ve böbrekler gibi değişik dokularının enzim içeriği farklıdır. Enzim örneğindeki bu farklar sadece değişik hücre tiplerinde değil, aynı hücre tipinin başka gelişme fazlarında da vardır. *Örneğin insanda eşey hücrelerini salgılayan bezin faaliyeti ERGENLİK(=PUPERTET) adı verilen dönemde artar. Enzim sentezi, genetik kontrol altında olduğundan hücrede bazı genlerin aktif olmasına karşın bazılarının inhibe edilmesi gerekir.* Böylece sadece gereksinim duyulan genetik ürünlerin sentezi yapılır. Genetik bilginin tamamı okunsa idi, zarara uğrayan enzimin üretimi aktive edilir ve bu da biyosentez kapasitesinin verimsizce kullanılmasına neden olabilirdi. Oysa burada hücre, farklı bir gen aktivitesi gösterir.



Şekil 194.1: Sirke sineğinin gelişimi sırasında kromozomda meydana gelen larvaya özel puf yapısı (Heß'den).



Şekil 194.2: cAMP'nin katılımı ile laktoz operonunn pozitif kontrolü, glikoz etkisi ; a) Ortamda laktoz ve glikoz var. cAMP yoğunlugu hücrede düşük. Operatör açık olmasına rağmen laktoz yıkımı yok. b) Ortamda laktoz var glikoz kullanılmış; cAMP yoğunluğu hücrede yüksek (Rheinhard'dan).

Böcek larvalarının tükrük bezlerinden elde edilen dev kromozomlarda ışık mikroskobu kullanılarak PUF oluşumu gözlenebilir (*Şekil 194.1*). Puflar DNA dizinlerinin gevşediği koromozom bölgeleri olarak görülür. Gerçekten de radyoaktif olarak işaretlenmiş RNA nükleotidleri yardımı ile mRNA'nın yeni sentezi puflarda kanıtlanabilir. Puf örneği ve buna bağlı olarak gen aktivitesi belli zamanlarda aynı şekildedir. Örneğin böceklerin deri değiştirme dönemlerinde pufa sık rastlanır. Deri değiştirme deneysel olarak EKDİZON hormonu ile aktive edilir. Bundan sonra da tipik puf örnekleri oluşur. Yani bazı hormonlar genlerin aktivitesine doğrudan doğruya etki yapar.

5.6.1. Operon Modeli

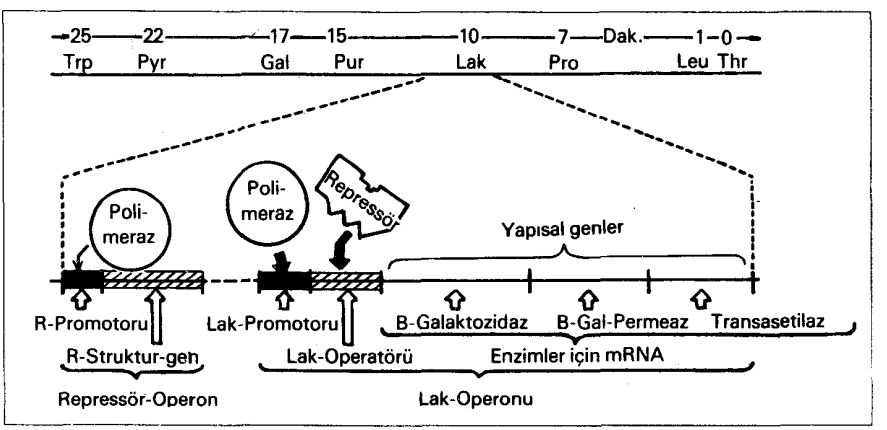
Bağırsak bakterisi *Escherichia coli*, Glikoz ve loktoz gibi bir dizi karbonhidratı değerlendirebilir. Eğer glikoz ve laktozlu bir besi ortamında *E. coli* yetiştirilirse önce glikoz kullanılır. Daha sonra ise laktoz devreye girer. Bu geçiş döneminde büyümede bir aksama ortaya çıkar (*Şekil 194.2*). Ancak bir müddet sonra laktoz kullanımı sonucu tekrar büyüme olur. Glikozla kültive edilmiş hücrenin enzim içeriği, laktozlu hücreninki ile karşılaştırılırsa, laktozlu hücrelerin ancak laktozu yıkan enzimlere sahip olduğu görülür.

Gerçi bu sonuca göre E. coli laktoz yıkıcı enzimler için genetik bilgiyi içermelidir; ama bu bilginin gerçekleşmesi için ancak laktoz ilavesi gerekmiştir. *Madde yıkımı için gerekli olan enzim sentezinin ortaya çıkardığı maddenin oluştuğu olaya ENZİM İNDÜKLEMESİ denir.*

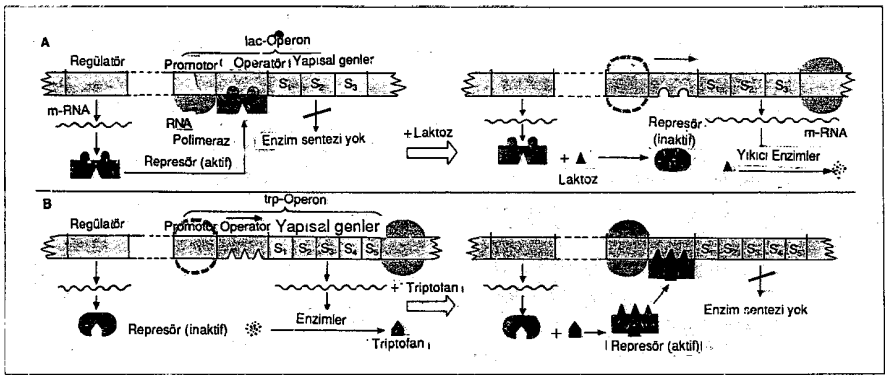
E. coli mutantları ile yapılan birçok genetik deneyi değerlendiren iki Fransız araştırıcı JACOB ve MONOD, gen düzenlemesi (=regülasyonu) için bir model geliştirdi. Buna OPERON MODELİ dendi. OPERON komşu DNA bölümlerinin bir işlev birimi olup, operatör ve yapısal genlerin oluşturduğu bir komplekse verilen addır. Model DNA bölümü sentezinin mRNA tarafından katalizlendiği enzimi tanıma noktası olan PROMOTOR BÖLGESİ ile başlar. Burada promotora bağlı olan RNA polimeraz enzimi vardır. RNA polimeraz enziminin çalışıp çalışmayacağı promotora bağlı olan bu DNA bölgesinin durumu ile ilişkilidir. Bu bölgeye OPERATÖR adı verilir. Burası özel bir proteinin bağlantı yeridir. Bu proteinin tanınma ve bağlanması, anahtar kilit kuramına göre olur. Eğer protein birikimi olursa, bu durum RNA polimeraz enziminin yer değiştirmesini, buna bağlı olarak da bir sonraki DNA bölümünün transkripsiyonunu engeller. Bu yüzden bu proteine REPRESSOR denir.

Yapısal genler adı da verilen DNA baz dizinleri operatöre bağlanır. Yapısal genler ancak operon bölgesinin serbest hale geçmesi ile okunabilir. Sadece, bu durumda RNA polimeraz enzimi yapısal genlerin baz dizinleri ile temasa geçer ve buna uygun olan bir m-RNA'yı sentezler. İşte *PROMOTOR, OPERATÖR* ve *YAPISAL GENLER* bir araya gelince *OPERONU* oluştururlar.

Operonun işlevi, Represörün yardımı ile düzenlenir. Represörün proteini, operonun dış kısmında bulunan bir DNA bölgesinde kodlanır. Buna *regülatör geni* adı verilir. Represörün aktif veya inaktif durumda bulunmasının önemi büyüktür. Represör sadece aktif durumda iken operatöre bağlanır. *E. coli*'deki laktoz yıkımı *Lac-Operonu* diye adlandırılan bir mekanizma tarafından düzenlenir *(Şekil 195.1).* Bu örnekte laktoz, operonun represörü ile reaksiyona girer. Böylece represörün mekansal yapısı değişir ve inaktif duruma geçer. RNA polimeraz enzimi göçüne devam eder ve Lac-Operonun yapısal genlerini okuyabilir. Bunun sonucu olarak laktoz yıkan enzimler ribozomlarda sentez edilir. Laktozun yokluğu halinde represör aktiftir ve yapısal genlerdeki m-RNA sentezini inhibe eder.



Şekil 195.1: Lak-operonunun ve regülatör genin şeması. Üstte Trp (=Triyptofan); Pyr (=Pirimidin); Gal (=Galaktoz); Pur (=Purin); Lak (=Laktoz); Pro (=Prolin); Leu (=Leusin); Thr (=Threonin) için operonun konumunu gösteren koli gen haritasının büyük bir kısmı (Bresch ve Hausmann'dan).



Şekil 196.1: *Escherichia coli*'de laktoz yıkımının düzenlenme kuramı (A) ve Triptofan sentezi (B).

Yapıcı metabolik olaylar içinde gen düzenleyici operon modeli kullanılabilir. *E. coli*'de Triptofan adlı aminoasidin sentezini yöneten *tryp operon* bunun için iyi bir örnektir *(Şekil 196.1)*. Lac-Operonunun aksine represör burada önce inaktiftir. Ancak Triptofan ile reaksiyona girdiğinde aktive olur ve Triptofan sentezinin yapısal genlerini bloke eder. Bu yüzden burada *ENZİM REPRESYONU*'ndan söz edilir.

5.7. HÜCRE ÇEKİRDEĞİ DIŞINDAKİ GENLER

5.7.1. Plastid Genleri ve Mitokondri Genleri

Aslanağzı bitkisinde beyaz-yeşil lekeli formlara da rastlanır. Böyle bir bitkinin çiçeği, yeşil renkli normal aslanağzı polenleri ile tozlaştırılırsa, döllerin hepsinin rengi yeşil olur. Ama yeşil bir bitkinin polenlerini, lekeli bir bitkinin çiçekleri ile tozlaştırırsak, beyaz-yeşil ve beyaz döller elde edebiliriz. Yani F_2 dölü uniform değildir. Yumurta hücresi plastidin ön basamağını taşır. Polen tanesinin plazmaca fakir olan sperm hücresi ile plastid taşımaz. Yumurta hücresinin sadece bozuk, yeşil rengi verebilen ve bozuk veya sadece yeşil rengi verebilen plastid içerip içermediğine göre, beyaz, beyaz-yeşil veya yeşil döller meydana getirir.

Aslanağzı ile yapılan çaprazlama deneylerinin sonuçlarına göre, plastidin özellikleri için gerekli olan genetik bilgilerin, hücre çekirdeğindeki kromozomlarda olmadığı sonucuna varılır. Bunlar bizzat plastidlerde bulunur. Bu nedenle *EKSTRA KROMOZOMAL KALITIM*'dan söz edilir. Burada *genler çekirdeğin dışında yer alır ve çekirdek bölünmesi olaylarına bağlı olmaksızın dağılır.*

Plastidler, özelliklerinin kodlandığı, kendi DNA'larını içerir. DNA hücre çekirdeğine bağlı olmaksızın duplike olur ve plastidlerin çoğalması sırasında dağılır.

Plastidler kendilerine özgü DNA ve protein sentez sistemlerine rağmen, genetik olarak otonom (başına buyruk) değillerdir.

Mitokondriler de plastidler gibi, ekstrakromozomal genlerin taşıyıcısı olan, kendi DNA'larını içerir. Hamur mayası mutantları sadece bozuk mitokondrileri, normal suşlar ise tam mitokondrileri içerir. Döllenme sonucunda elde edilen diploid zigot, defekt (=bozuk) ve intakt (=sağlam) mitokondriler içerir. Zigot sitoplazmasının dağılımında her spor tam mitokondri içerir. Mitokondriler de genetik olarak başına buyruk değildir. Çok sayıdaki mitokondri proteini, örneğin organelin dış membranındaki proteinler, hücre çekirdeğinde kodlanır.

6. BAKTERİ VE VİRÜSLERDE KALITIM

Moleküler genetikte bakteri ve virüslerin kullanılması ile önemli sonuçlar elde edildi. Molekülerbiyolojik bilgilerin çoğu bağırsak bakterisi *Escherichia coli* ve onun virüslerinden kazanıldı.

E. coli küçük bir ortamda rahatça kultive edilebilir. Döl üretme potansiyeli yüksek olup, anlaşılır ve derli toplu bir genoma sahip olduğu için genetik obje olarak çok uygundur.

Tek bir *E. coli* hücresi 10 saatte 1 milyardan daha fazla döl üretebilir. Besi agarında gelişen yaklaşık 4 mm büyüklükteki bir koloni yaklaşık 10 milyar bakteri içerir. Bir *E. coli* hücresinin tek bir kromozomu olup, onun da yaklaşık 2000 yapısal geni bulunur.

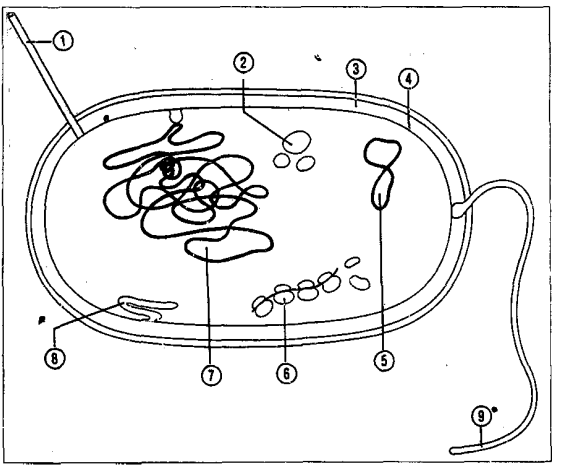
6.1. BAKTERİ HÜCRESİNİN YAPISI

Bakteriler ışık mikroskobunda büyük büyütmede küre, çubuk veya helezon şeklindeki yapılar olarak tanınır. *E. coli* her iki ucu yuvarlak, 2 μm uzunluğunda ve 0,5 μm çapında bir çubukcuktur. *E. coli* preparatlarının elektron mikroskobu altında incelenmesi ile bunların yüksek hücrelerin sahip olduğu tipik organelleri taşımadığı anlaşılır. Örneğin bunlarda ne gerçek bir hücre çekirdeği ne "mitokondri" ve "endoplazmik retikulum" veya "diktiyozom" bulunur.

Bakterilerin hücre tipi *PROSİT* olarak da adlandırılır. Yüksek organizmalardaki hücre tipine *EUSİT* denir. Prositlerin tek bir kromozomu vardır. Bu kromozom yüksek organizasyonlu canlıların kromozomlarındaki HİSTON proteini taşımaz. Prositler buna ilaveten ekstrakromozal DNA halkası da taşır ve buna *PLAZMİD* adı verilir. Bakteri kromozomu daha çok halka şeklinde tek bir DNA molekülüne sahiptir. Bakterilerde gerçek bir hücre çekirdeği yoktur. Bunlara PROKARYONT da denir. Hayvan, bitki ve mantarlar ÖKARYONT olup çekirdeklerinin bir membranı vardır *(Şekil 197.1).*

Bakteri hücresi çeperinde *MUREIN* denen ve sadece bakterilerde rastlanan şeker ve aminoasitten oluşan bileşik, dev bir ağsı molekülün meydana getirdiği madde bulunur.

Bakterilerin de dahil olduğu prokaryont hücrelerle yüksek organizasyonlu hücrelerin karşılaştırılması *Tablo 198.1'de* görülmektedir.



Şekil 197.1: Bakteri (Elektron mikroskobik ve şematik). 1- Pilum; 2- Depo taneciği; 3- Hücre çeperi; 4- Hücre membranı; 5- Plazmid; 6- Ribozomlar; 7- Kromozom; 8- Membran girintisi; 9- Kamçı.

Tablo 198.1 : Bakteri ve ökoryotik hücre karşıaştırılması

Bakteri hücresi	Ökoryatik Hücre
Çekirdeksiz	Çekirdekli
Diktiyozomsuz	Diktiyozomlu
Er yok	Er var
Tek bir kromozom var	Çok sayıda kromozom var
Plazmid var	Plazmid yok
70 S-Ribozomlu	80 S-Ribozomlu

6.2. BAKTERİLERDE MUTASYON

Belsoğukluğu ve ortakulak iltihabı gibi bakteriyel hastalıklara karşı antibiyotikler kullanılır. Antibiyotikler bakterilerin büyümesini engeller ve onları öldürür. Bazen bu maddeler hastalık yapıcıya hiç etki yapmayabilir. Yani hastalık yapıcılar antibiyotiklere karşı direnç (=rezistens) kazanır. Bakteriler bu rezistens özelliklerini döllerine de nakleder. Buradaki dirençlilik mutasyonla kalıtlanabilir bir özelliktir.

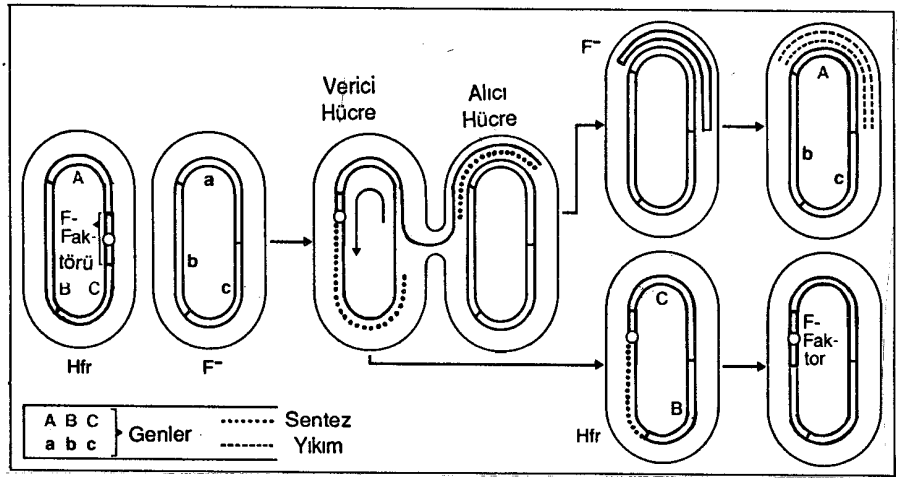
Böyle bir mutasyonun miktarını belirlemek için bakteri kültüründe *koloni sayım testi* kullanılır. Bunun için alınan örnek çeşitli basamaklarda seyreltilir. En son seyreltme basamağından 1 ml kadar sıvı alınır ve besi plakasına ekilir. Daha 24 saat sonra, çoğalma kabiliyetindeki her bakteri hücresinden bölünmelerle, çıplak gözle dahi görülebilecek büyüklükte koloniler meydana getirilir. Test plakasının üzerindeki kolonilerin sayısı, ekilen 1 ml seyreltilmiş kültürdeki canlı bakteri sayısına eşdeğerdir. Örneğin, 30 koloni varsa 1 ml'lik seyreltilmiş basamakta 300 bakteri bulunur. Toplam olarak $1:10^7$ kadar seyreltilme olmuşsa, ilk baştaki bir mililitre bakteri kültüründeki bakteri sayısı $300 \times 10^7 = 3 \times 10^9$ adet olarak hesap edilir. Bu sayıya bakteri kültürünün *TİTER*'i denir.

Yukarıda yapılan deneye paralel olarak yürütülen bir başka deneyde, 0,1 ml seyreltilmemiş bakteri kültürü, antibiyotikli bir besi agarına ekilirse, 3×10^8 bakteriden sadece dirençli olanlar çoğalma gösterir. Örneğin, burada 60 koloni sayılmışsa, 5 milyon bakteriden yalnız bir rezistens mutant meydana gelmiş demektir. Bir mutasyon olayının gerçekleşmesi olasılığına *MUTASYON ORANI* adı verilir. Bu oran bizim örneğimizde 2×10^{-7}, yani 5 000 000'da birdir.

6.3. BAKTERİLERDE GENETİK REKOMBİNASYON

Yeni gen kombinasyonları gelişmiş organizmalarda seksüel olaylarla gerçekleşir. Bunun için mayoz bölünme ile haploit kromozoma sahip gamet hücrelerinin oluşturulması gerekir. Mayoz sonucunda oluşan yumurta ve sperma hücresinin kaynaşması ile kromozomların yeni bir kombinasyonu meydana gelir.

Bakteri hücresinin gerçek bir çekirdeği yoktur. Burada ne mayoz ne de döllenme olayları vardır. Bunun sonucu olarak da önceleri bakterilerden herhangi bir rekombinasyon olayı beklenmemişti. 1946 yılında, *E. coli*'nin iki çift mutantı ile önemli bir deney gerçekleştirildi. Mutantlardan biri A ve B aminoasitlerini, diğeri ise C ve D aminoasitlerini sentezleyemiyordu. Bu nedenle her iki mutant, minimum bir besi agarında, yani A, B, C ve D aminoasitlerini içermeyenler büyüyemiyordu. Bu her iki agardan elde edilen karışım, minimum bir besi agarına ekilirse, orada bazı kolonilerin büyüdükleri izlendi. Bu kolonilerden elde edilen bakteriler, A, B, C ve D aminoasitlerini sentezleyebilen kalıtsal özellikler göstermişlerdi. Bu özellik $1:10^6$



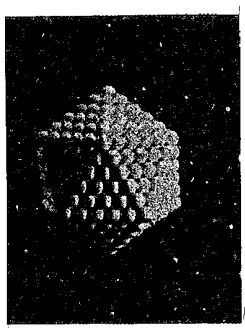
Şekil 199.1: *E. coli*'de konjugasyon (Biologie h.'den).

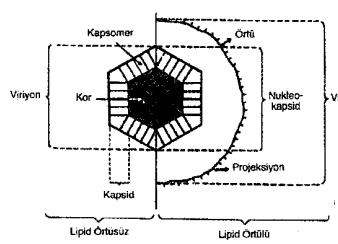
oranındaki bir sıklıkta idi. Böyle bir değer, çift geri mutasyon olasılığını doğurur, zira burada açıklandığı gibi bir olayın ortaya çıkma olasılığı 10^{-14} kadardır. Her iki mutant arasında daha çok genetik bakımdan yeni bir kombinasyon vardır. Bu ise hücrelerin ancak doğrudan doğruya teması ile genetik materyalin taşınmış olabileceği şeklinde açıklanır. Gerçekten de plazma köprüsünün oluşumu ile meydana gelen böyle bir temas, elektron mikroskobik resimlerle kanıtlanır. Genetik materyalin bakterilerde bu şekilde gerçekleşen taşınımına *KONJUGASYON* adı verilir *(Şekil 199.1)*. Burada ne mayoz, ne de döllenme rol oynamadığından, bakterilerin yalancı seksualiteliğinden(paraseksualite) söz edilir.

Konjugasyonda sadece tek yönlü bir gen aktarımı olaylanır. Bakterilerden biri verici, diğeri ise alıcı olarak görev yapar. Verici bakteriler *fertilite faktörü* adı verilen özel bir plazmide sahiptir. Sadece bu faktöre sahip olan, yani F-Bakterileri, DNA taşıyabilir. Kural olarak F-Plazmidinin bir kopyası taşınır. Böylece alıcı bakteri F-Bakterisi durumuna geçer.

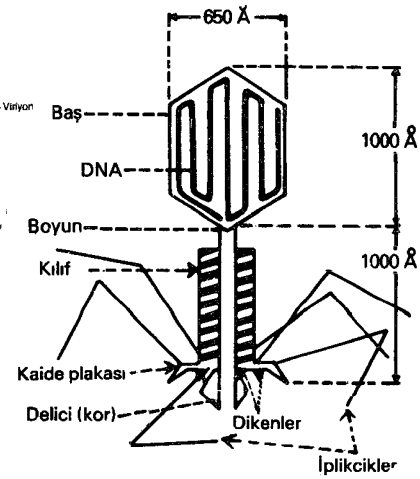
Bazı suşlarda F-Faktörünün bakteri kromozomunun içinde bulunduğuna özgü gözlemler yapılmıştır. Bu tip suşlar bakteri kromozomunun tamamını aktarma özelliği kazanır. Bu tip bakteriler *"Hfr-Bakterileri* (Hfr=High frequency of recombination)" adını alır. Böyle bir F-bakterisi ile olan temas sonucu, Hfr-Bakterisinde halka şeklindeki DNA molekül dizini açılır. Bu DNA dizini bir plazma köprüsü kanalı ile alıcı bakteriye geçer. Bu ve geride kalan bakteri kromozomu, DNA çift dizinine dahil olur.

E. coli'de bakteri kromozomunun tamamının aktarımı yaklaşık 90 dakika kadar sürer. Bakterilerin hareket etmeleri nedeniyle, Hfr ve F-Bakterileri arasındaki temas, genellikle erken kesilir ve bunun sonucunda sadece genom kısmı verici bakteriye geçer. Orada DNA vericisi, DNA alıcısının bazı bölümlerine karşılık değişebilir ve kromozomun içine yerleşebilir. Kromozomun dışında kalan fazla DNA hücrede yıkılır. Bundan sonra da alıcı bakteride genetik bir rekombinasyon olaylanır.





Şekil 200.1: a- Kübik yapılı virion (Core'de) proteinlerle birleşen nukleik asitler vardır; bunlar Nukleoproteinleri oluşturur; b) Bir adenovirüsün kapsidinin nasıl düzenli bir geometrik yapı gösterdiğine özgü modeli Rheinhard'dan)



Şekil 200.2: T2 -fajının yapısal şeması

6.4. VİRÜSLERİN ÇOĞALMA VE YAPISI

Virüsler bakteri, bitki, hayvan ve insanlarda enfeksiyonlara yol açar. Bunlar yapı ve çoğalma şekilleri ile diğer mikroorganizmalardan ayrılır. Bunlar bazı temel özelliklerle değerlendirilir

a) Virüsler sadece bir nükleik asit tipine sahiptir, bu ya DNA ya da RNA'dır. Buna göre DNA ve RNA virüsleri olarak adlandırılır.

b) Genelde virüsler nukleoprotein parçacıklarıdır. Bazıları hücresel bir yapı bile değildir; ne hücre organeli, ne de enerji kazanımı için bir enzim sistemi taşır. Bunların çoğalma ve enerji kazanımı için bir konukçunun metabolik işlevine gereksinimleri vardır. Bu yüzden virüs bir nevi hücre parazitidir ve canlı hücrelerde çoğalabilir. Bunlar diğer mikroorganizmalar gibi ölü ortamlarda kultive edilemezler. Ancak bazı virüslerin kendi enzimleri yani polimerazları vardır. Kendi nükeikasitlerini konukçuda üretmeye yarar.

c) Virüsler büyüme ve onu izleyen bölünme ile çoğalamaz. Konukçunun metalbolik araçlarını kullanarak kendi parçalarını, nukleik asitlerini ve proteinlerini ayrı ayrı sentezler. Bunlar daha sonra virsüs parçalarına birikip virionları oluşturur.

Virüsün iki anlamı vardır. İlkinden lipid, protein ve nükleik asitten oluşan parçalar anlaşılır. Diğer yandan enfeksiyon ajanı olarak nükleik asitten oluşan bir yapı olarak anlaşılır. Virüs partikülünün (=parçacığının) tamamına Virion denir.

Bunlar kübik simetrili, helikal simetrili ve karışık yapılı olabilir. *Şekil 200.1*'de kubik yapılı bir virion görülmektedir. Genelde bir virion protein bir kılıf, kapsidle sarılı nukleik asitten; kapsid, kapsomerlerden, kapsomerler de çok sayıda polipeptidden oluşur. Nukleik asit ve proteinler müştereken "Nukleokapsid"i oluşturur. Bu da ya bir lipid ya da glikoproteinle sarılır (*Şekil 200.1*).

Bakterilerde çoğalan virüslerde *bakteriyofaj* veya sadece *faj* adı verilir. Virüsler çok özelleşmiş olup ancak söz konusu konukçu üzerinde yaşayabilir. T2 tipinin *kolifajına* ait virüsler en iyi araştırılan virüslerdir (*Şekil 200.2*).

6.4.1. T2-Fajının Yapısı

Virüsler bakterilere göre küçük olup ışık mikroskobunda görülemezler; ama elektron mikroskobunda gayet iyi tanınabilirler. Virüslerin çoğu ya küre ya da çubuk şeklindedir. Su çiçeği virüsü 300 nm x 240 nm ile en iri, çocuk felci virüsü ise 20 nm - 3 nm ile en küçük virüs tipidir. E. coli'nin T_2-fajları çok dikkat çekici bir yapıya sahiptir. T_2 fajı 100 nm çapında, simetrik küre şeklinde bir kafaya sahiptir. Kafanın protein kılıfını 50 mikrometre uzunluğundaki DNA iplikleri sarar. Kafa kısmını aynı şekilde 100 mikrometre uzunluğundaki kuyruk bölümü izler.

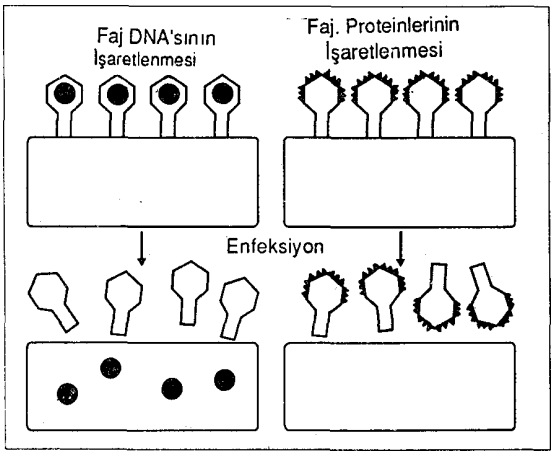
Kuyruk, kontraktil bir kılıfla sarılı olan boş bir eksenden oluşur. Kuyruğun uç kısmında **Spikesle** dolu, 6 kuyruk ipliğinden oluşan **son plaka** bulunur (*Şekil 200.2*).

Bazı önemli virüsler ve içerdikleri segment sayısı ile polimeraz tipi Tablo 200.1'de görülmektedir.

Tablo 200.1: Nukleikasit tipine göre virüslerin ayrılması;

Virüs Grubu	Nukleikasid Dizini	Segment Sayısı	Viriondaki Polimeraz
Pocken (=Su çiçeği)	çd DNA	1	DNA -- RNA
Herpes (=Bel soğukluğu)	çd DNA	1	- -
Papova (=Siğil virüsü)	çd DNA	1	- -
Parvo	td DNA	1	- -
Paramyxo (=kızamık)	td RNA	1	RNA -- RNA
Orthomyxo (=Grip virüsü)	td RNA	8	RNA -- RNA
Picorna (=Çocuk felci)	td RNA	1	- -
Reo	çd RNA	10-12	RNA -- RNA

td=tek dizinli
çd=çift dizinli



Şekil 201.1: HERSHEY ve CHASE'nin deneyi (Hershey ve Chase' den).

fajların nükleikasidine geçti. ^{32}P ile işaretlenmiş DNA'ya sahip T_2 fajları, daha sonra işaretlenmemiş yeni bakterilere verildi. Kısa bir süre sonra bileşim kuvvetli bir şekilde karıştırıldı ve böylece bakterilerin üst kısmında bulunan fajlar ayrıldı. Daha sonra da bakteriler santrifuj edildi. Bundan sonra radyoaktivitenin hemen hemen tamamen bakteri fraksiyonunda bulunduğu gözlendi. Böylece işaretlenmiş olan faj DNA'sı bakterilere geçti *(Şekil 201.1)*.

Kontrol deneyinde, dolgu proteininin radyoaktif kükürt (^{35}S) ile işaretlendiği fajlar kullanıldı. Bu durumda radyoaktivitenin sadece bakterilerin dışında olduğu kanıtlandı. HERSHEY ve CHASE deneyi enfeksiyon durumunda sadece faj DNA'sının bakteriye girdiğini; dolgu proteininin ise dışarda kaldığını kanıtladı. Bu ise fajların yeni sentezi için gerekli bilgi ve genetik materyalin DNA tarafından taşındığını kanıtlamaktadır.

6.4.3. Fajların Çoğalması

Fajların çoğalması elektron mikroskobik gözlem ve biyokimyasal deneyler yardımı ile açıklanır. Fajların çoğalması çeşitli fazlara ayrılır:

a) Adsorbsiyon: Bir bakterinin çeperi fajlar için özel yapışma noktalarına sahiptir. Eğer bir faj, bakterinin üst yüzeyi ile temas ederse orada bağlanır. Bu olaya *adsorpsiyon* adı verilir. Bu, fajın uç plakası ile yapışma noktasının birbirine uyması halinde gerçekleşir. Virüslerin belli bir konukçuya özelleşmiş olmaları, yapışma noktaları ile ilgilidir. Fajlar buradan kendileri için uygun olan konukçuyu kolayca tanırlar.

b) Enjeksiyon: Fajların bakterilere yapışmasını DNA'nın içeri girmesi izler. Bu durum kontraktil kuyruk kılıfının daralması ile gerçekleşir. Böylece boş olan kuyruk ekseni bakteriye girer ve bir faj DNA'sı bakteride bağlanır. Bu olaya *enjeksiyon* denir. 50 mikrometre uzunluğundaki DNA ipliğinin bir dakika içinde bakterinin içine girdiği gerçek mekanizmanın nasıl olduğu hala açıklanamamıştır.

c) Latens (Dinlenme) Fazı: DNA fajlarının bakterinin içine girmesinden sonra, uzun bir süre başka fajın bakteride olmadığı tesbit edildi. Bakterinin biyosentez mekanizması faj çoğalmasının hizmetine girer ve aynı anda bakteri kromozomu yıkılır. Bu değişim için gerekli olan bilgi fajın DNA'sında kodlanmıştır.

Enfekte olan bakteri önce belli faj enzimleri üretir, daha sonra da faj DNA'sı çoğalır. Bunun akabinde de fajların dolgu proteinleri sentez edilir. Latens fazının sonuna doğru, bakterinin çeperini çözebilen bir enzim olan *Lizozimin* sentezine başlanır.

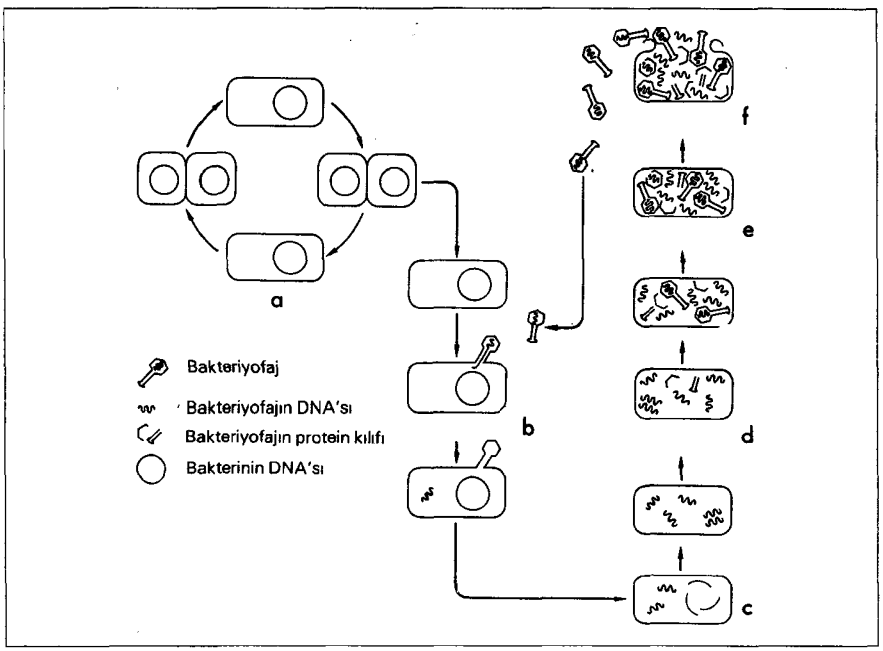
d) Olgunlaşma: Faj DNA'sı, kafa, kuyruk ekseni ve son plaka gibi faj örtüsünün kısımları, bakteride tek tek sentez edilir. Fajların olgunlaşmasında bu parçalar

hep birlikte birikir. Bu arada önce DNA, faj kafasına girer, akabinde de kuyruk kısımları birikir.

e) Serbest Bırakma: Faj lizoziminin etkisi ile bakterinin çeperi yumuşatılır. Bundan sonra bakteri patlar ve olgun fajlar serbest bırakılır. Bunlar tekrar yeni bakterilere girebilir.

Fajın bu çoğalma olayı konukçunun çözülmesi (lizis) ile son bulur. Bu yüzden burada fajın çoğalmasının *litik çevriminden* söz edilir. Bunun yanında enfeksiyondan sonra DNA fajının bakteri kromozomuna yerleştiği fajlar da bilinir. Fajın çoğalması konukçunun denetimindedir. Ama faj DNA'sı, bakteri genlerininkine benzer bir şekilde aktarılır. Bakteriye yerleşen DNA *PROFAJ* diye de adlandırılır. Bu faj üretme özelliğini devam ettirir. Böylece burada *LİZOGEN ÇEVRİM*'den söz edilir. Bazen profaj, bakteri kromozomundan serbest bırakılır. Bu 100-100 000'de bir defa meydana gelir. Bundan sonra da *LİTİK FAJ ÇOĞALMASI* devreye girer *(Şekil 202.1)*.

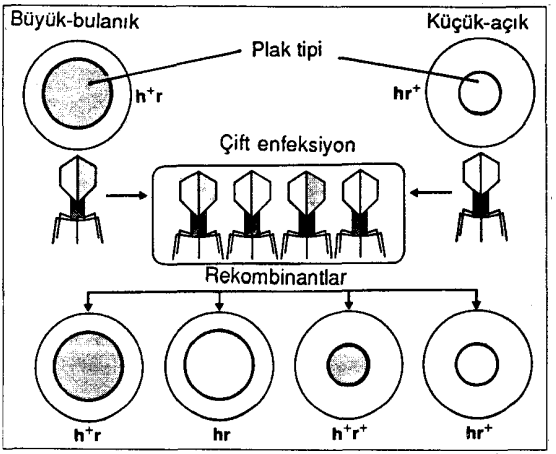
Litik fajların yoğunluğu tesbit edilebilir. Seyreltilmiş örnek sıvısı konukçu bakteri kültürüne verilerek ekim yapılır. Meydana gelen bakteri örtüsünde, çoğalan fajlar sayesinde *PLAKA* adı verilen delikler oluşur. Plaka eklenen örnekteki faja eşdeğerdir. Böylece deliklerin sayısı belirlenerek, buradan fajın yoğunluğunu tesbit etmek mümkün olur.



Şekil 202.1: Bakeriyofajların yaşam devresi. Virüs DNA'sı sağlıklı bakteriye girdikten sonra konukçunun DNA sentezini denetim altına alarak kendi DNA'sını sentezletmeyi sağlar. Sonuçta oluşan virüs DNA'ları hücre veya bakteri içeriğini kullanarak bir sürü yeni virüsün meydana gelmesine neden olur. a) Normal bakterinin bölünme çemberi, b) Bakteriyofaj sağlıklı bakteri hücresine bağlanıyor, c) Bakteriyofaj, konukçunun metabolik işlevlerini denetim altına alıyor. Konukçu hücrenin DNA'sı kayboluyor ve yeni virüs DNA'ları sentezleniyor, d) Yeni virüs proteinleri sentezleniyor, e) Yeni bakteriyofajlar kısmen tamamlanmış durumda, f) Konukçu hücre liziz oluyor ve parçalanıyor. Yeni virüsler serbest hale geçiyor.

6.5. VİRÜSLERDE GEN AKTARIMI (=Transferi)

6.5.1. Rekombinasyon



Şekil 203.1: Virüslerde rekombinasyon.

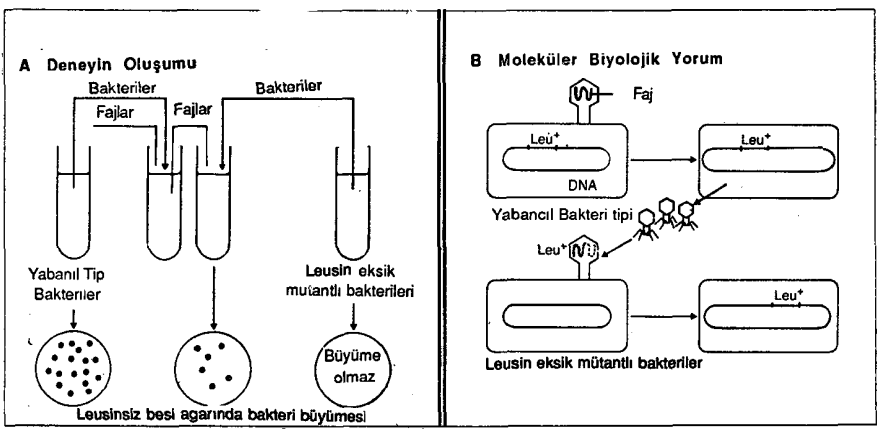
Virüslerin kendi metabolizmaları yoktur. Konukçunun biyosentezini kullanarak yaşamını sürdürür. Ama virüsler kendi benzerlerini meydana getirmek, yani duplike olmak için gerekli genetik bilgiyi nükleikasit şeklinde içerir. Buna uygun olarak mutasyon olayını bunlarda da beklemek mümkündür. Gerçekten de T_2-Kolifajının çeşitli mutantları bulunur. Bakteri ekiti içerisinde büyük ve bulanık bir plaka oluşturan suş vardır. Bu suş h^+ ve r genlerine sahiptir. Başka bir mutant ise h ve r^+ genlerini küçük ve açık delikler için taşır.

Her iki T_2 mutantı yüksek yoğunluktaki bir *E. coli* kültürüne eklenirse, iki faj suşlu bir bakteride çift enfeksiyona rastlanır.

Ekimden sonra plaklar arasındaki atasal tiplerin yanında iki yeni kombinasyon görülür. Bu faj rekombinasyonlarından biri küçük bulanık, diğeri büyük ve açık delikler meydana getirir. Konukçu bakterideki fajların çoğalmasında, her iki mutantın DNA molekülleri arasında, parça değişiminin olması gerekir *(Şekil 203.1).*

6.5.2. Transdüksiyon

Leusin sentezi için gerekli bilgiyi taşıyan bakteri suşu, lizogen fajlarla enfekte edilirse, faj DNA'sı bakteri kromozomuna yerleşir. Kendiliğinden ya da UV-ışını ile indüklenen fajlar serbest hale geçer *(Şekil 203.2).*



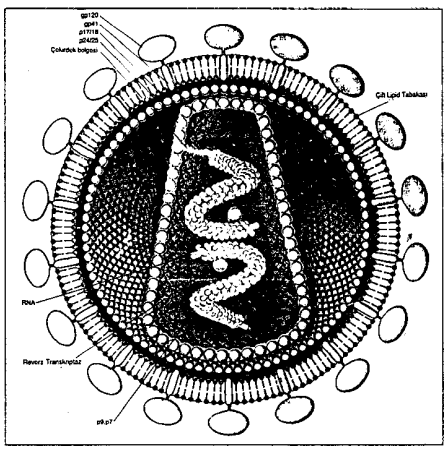
Şekil 203.2: Transdüksiyon (şematik).

Eğer bunlar ayrılır ve bir bakteri suşunun leusin eksik mutantına verilirse, bazı bakteri kolonileri minimal besi agarında gelişir. Bu durumdan, Leusin sentezini yapma özelliğini, yeniden kazanan hücreler sorumludur. Bununla birlikte **Leusini tekrar sentezleyen bakterilerin sayısı geri mutasyonla açıklanamaz, çünkü bunlar çok nadiren meydana gelir.** Burada daha çok fajlar Leusin sentezi için genetik bilgiye sahip bakteri DNA'sını, bakterinin bir suşundan diğerine taşır. **Fajlarla bakteri genlerinin taşınması olayına *TRANSDÜKSİYON* denir.** Bu olayda çok sayıda bakteri geni aktarılabilir. Bununla birlikte bu olay bakteriler birbirine çok yakın iseler gerçekleşir. Ortak transdüksiyonların sıklığından, genlerin birbirine olan mesafeleri ve bakteri kromozomundaki gen yerleri saptanabilir.

Transdüksiyona uğramış bazı fajlar daima aynı geni taşır. Bunlar yardımı ile bir konukçudaki genetik bilginin değiştirilmesi mümkün olur.

6.6. AIDS ETKENİ -HIV

AIDS (**Acquired Immuno Deficiency Syndrome**)'in ortaya çıktığı bundan 10 yıl öncesine kadar, insanoğlunun rahatça enfeksiyon hastalıklarının üstesinden geleceğine inanılıyordu. Enfeksiyona bağlı olmayan kanser, kalp ve dolaşım sistemi hastalıkları ana problemi oluşturuyordu.



Şekil 204.1: AIDS virüsü ve proteinleri (9P120, 9P41, P1)618, P24/25, p9 ve p7) (Spektrum'dan)

Kazanılmış immun zayıflığı anlamına da gelen AIDS'in seksenli yılların başında ortaya çıkması ile durum değişti. Enfeksiyon hastalığı olan AIDS'in etmeni *RETROVİRÜS*'ler olarak belirlendi *(Şekil 204.1)*. Salgın halinde yayılan bu hastalığa karşı tepki ve bilimsel araştırmalar da çok süratli başladı. 1982 yılının ortasından 1984 yılının ortasına kadar salgının karakteri ve virüsün yapısını açıklamak mümkün oldu. Bu virüsün en önemli özelliği genetik materyalin RNA olmasıdır. Bu, sadece fare, kuş ve çok az bazı memelilerde bilinen *RETROVİRÜS*'tür. 1983 yılında AIDS yapıcısının bu virüslerden olduğu belirlendi ve ona insan immun sistemini zayıflatan anlamına ***Humane Immunodeficiency Virus (HIV)*** adı verildi. Ayrıca geliştirilen bir kan testi ile virüsün girdiği hücreler saptandı.

6.6.1. Retrovirüsler

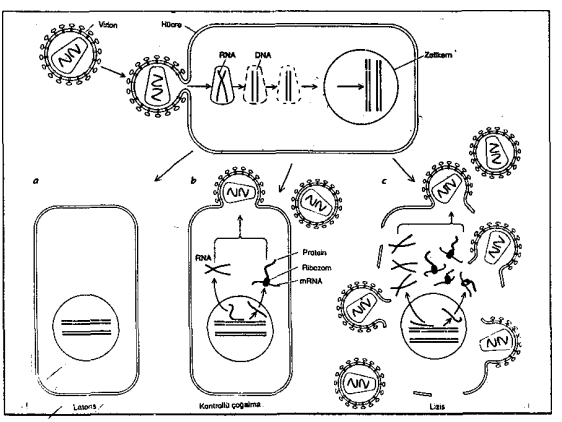
Diğer virüsler gibi retrovirüsler de canlı hücrenin sentez mekanizmasını işgal edip kullanarak çoğalır. Retrovirüslere genetik materyal olarak RNA hizmet eder. Retrovirüs, özel bir enzim olan *REVERZ TRANSKRİPTAZ* ile RNA'yı hücrede çift dizinli DNA'ya dönüştürür. Böylece viral DNA konukçunun genetik materyali (Genom)ne entegre edilir. Orada aktive edilinceye kadar, yani yeni virüs partikülleri oluşturuncaya kadar bekler.

Sessizce bekleyen DNA, konukçu hücrenin tümörlü hücreye dönüşünü aktive eder. Retrovirüslerin konukçuda yol açtığı bu olgunun mekanizması 1980 yılında GALLO tarafından insan T-hücresi, lösemi virüsü Tip I (HTLV-I)'in bulunması ile açıklandı. HTLV-I, T-lenfositlerine arız olur. Lenfositler immun reaksiyonda önemli görev üstlenir. AIDS virüsü ile HTLV-I virüsü arasında benzerlikler vardır. Her ikisi de cinsî temas ve kan nakli ile taşınır. Ama her iki virüsün birbiri ile akraba olduğu görüşünün sonradan yanlış olduğu anlaşılmıştır.

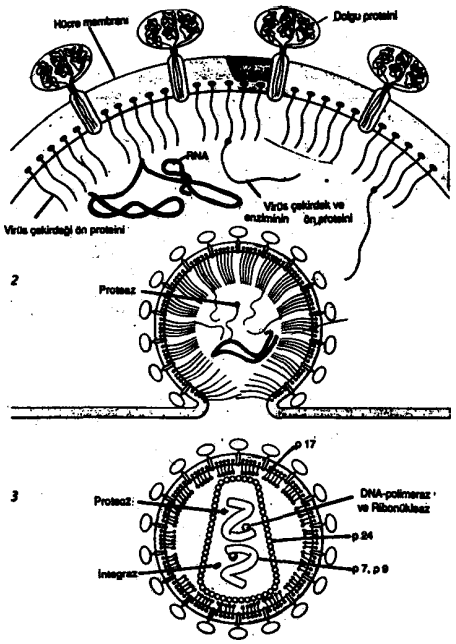
6.6.2. AIDS Virüsünün Molekülerbiyolojisi

AIDS virüsünün yol açtığı enfeksiyonların çeşitli semptomları vardır. HIV başlangıçta çok süratli çoğalır, öyle ki, beyin ve omurilik sıvısı ile kanda serbest virüsler ortaya çıkar. Bu ilk enfeksiyon dalgası ateş, deri döküntüsü, grip benzeri semptomlar ve nadiren de nörolojik bozukluklarla kendini belli eder. Birkaç hafta sonra kan ve beyin sıvısındaki virüs yoğunluğunda azalma olur ve hastalık semptomları aniden değişir. Virüs henüz yokolmamış ve sadece T_4-lenfositlerinde değil diğer koruyucu hücrelerde, hatta kemik iliği hücrelerinde bile görülür. Bu dönemden 2-10 yıl sonra enfeksiyon, virüs çoğalmasının yoğunlaştığı son döneme gelir. Bu enfeksiyon biçiminin çok çeşitliliğinin nedeni, HIV ve konukçu hücreler arasındaki karşılıklı ilişkilere dayanır. HIV konukçu hücre türüne göre farklı şekilde davranır. Virüs bir T-hücresinde uzun bir süre dinlenme halinde kalabilir. Virüsün bu farklı davranışı onun *ENFEKSİYON SİKLUSU*'na bağlanır.

Retrovirüsde genom RNA'dır ve bu proteine nakledilmeden önce DNA'ya kopya edilir. Enfeksiyon siklusu, HIV parçacığının bir hücreye birikip içeriğini ona boşaltması ile başlar *(Şekil 205.1)*. Enzimlerden biri, virüsün genetik bilgiyi DNA'ya aktarmasını sağlar. Bu DNA Polimerazı, önce virüs RNA'sının tek dizinli DNA kopyasını yapar. Daha sonra da Ribonükleaz enzimi, köken RNA'yı parçalar. Neticede Polimeraz ikinci bir DNA dizini yapar. *Polimeraz ve Ribonukleaz enzimlerine birlikte Transkriptaz denir.* Böylece virüsün kalıtım bilgisi çift dizinli DNA olarak karşımıza çıkar. Yabancı DNA parçası hücre çekirdeğine göçer, orada da üçüncü bir viral enzim olan **integrazı** konukçu hücrenin kalıtım maddesine ekler.



Şekil 205.1: HIV-enfeksiyonu. a) Virionun uygun hücreye girişi; b) girişten sonra ya konukçuda bekler veya c) çok çabuk çözülür (Lizis) (Spektrum'dan).



Şekil 206.1: Proteinlerin yeni virionların çeperine yerleşimi (1), proteazın ayrılması (2), diğer enzimlerin ayrılması (3) (Spektrum'dan).

Bu andan itibaren viral DNA, yani önvirüs, her hücre bölünmesinde gen sayısını iki misline çıkarır. Böylece virüs hücreye yerleşir ve hücre hayat boyu enfekte edilmiş olur. Enfeksiyonun ikinci bölümü yeni virionların üretimidir. Bu da enfekte olmuş hücrelerde görülür. Bu arada biri uzun diğeri kısa iki protein 20'ye 1 oranında oluşur. Daha sonra bunlar hücrenin periferi (=çevre)ne girer (*Şekil 206.1*) ve bir yağ asidi molekülü ile birlikte hücre membranının iç kısmına yapışır. Çok iyi gelişmiş olan genetik denetim sistemi, enfeksiyon siklusunun nasıl ve ne süratle olaylanmasını saptar. Virüs çekirdeğinin proteinleri için gereken üç gen dışında HIV genomunun en azından 6 geni daha vardır. Bunlardan bazıları viral proteinlerin sentezini düzenler. HIV genomunda incelenip ve araştırılan hayvansal virüsün hücresinde bu şekil bir "denetim mekanizmasına" rastlanmadı. Gerçi daha seksenli yılların başında lösemi virüslerinde düzenleyici genler bulundu; ama HIV'deki karışık mekanizma onlarda yoktu. Her düzenleyici (=regülatör) gende bir protein kodlanır ve o da belli bir reaktif elementle genomun başka bir yerindeki kısa nükleotid sekuensi ile karşılıklı ilişki içindedir. Bu regülatör proteine *trans-aktif* denir. Reaktif element, komşu geni direkt etkilediği için ona *cis-aktif* denir. Bunlar, ayrı ayrı ya da onların karşılıklı etkisi ile virüsü bombardıman yaparcasına mı, yoksa yavaş yavaş veya hiç mi üreyip üreyemeyeceğini düzenleyen, mekanizmaları denetler.

HIV ile enfekte olan bir insanın immun sisteminde derhal antikor oluşmasına rağmen, virüs hemen öldürülemez. Burada virüsün örtü proteinleri onu antikorların etkisinden korur. AIDS virüslerinin nukleotid sekuensleri çok değişebilir, hatta nukleotidlerinin birbirinden % 25 oranında farklı olduğu durumlar da belirlenmiştir. Bu farklılık nasıl meydana geliyor? Bu farklılığa rağmen hastalığın seyri neden benzerlik gösteriyor?

Bu sorulara cevap vermek zor olmakla birlikte, bunun HIV'nin davranışına bağlı olduğu düşünülür. Çok karışık bir genetik regülatör sistemine sahiptir. Kimi kez enfeksiyondan yıllarca sonra ortaya çıkar; kimi kez hemen aktif olur ve konukçunun denetim mekanizmasını alt üst eder. HIV'in moleküler biyolojik yapısı tanındıkça ona karşı mücadele yöntemleri de artacak ve belki de aşı bulunacaktır.

AIDS virüsü HIV, benzeri olmayan bir virüs değildir. Hem insanda hem de diğer primatlarda akraba retrovirüsler vardır. HIV nereden köken alır? Önce onunla akraba olanlara değinelim: REBERT C. GALLO, 1980 yılında HTLV-II (İnsanda çok nadir görülen T hücresi lösemi virüsü) ve HTLV-I (İnsan T hücresi lenfotrop virüsü) virüslerini buldu. İki yıl sonra ISAO MIYOSHI kırmızı yüzlü Makake adlı maymunda bir maymun virüsü olan STLV'yi buldu. Adı geçen bu virüslerin protein ve kalıtım materyalleri birbirlerine çok benzer (*Şekil 207.1*).

HTLV'nin Afrika maymunları ve yeşil makake maymunlarından elde edilen STLV ile %95'inin homolog olduğu anlaşıldığından, STVL, HTLV'nin gelişiminde ve oluşumunda rol oynamış olabilir. Bu %5'lik fark ise çok önemlidir. İleri sürelen teorilere göre her iki virüsün aynı kökten oldukları kabul edilir. Yapılan araştırmalarda Asya makakeleri nin kanında HIV benzeri bir maymun virüsüne rastlandı. Bunun da "Maymun AIDS"ini yani "SAIDS" (S=Simian=Maymun)'i yaptığı, maymunlarla araştırma yapan birçok merkezde belirlendi. Bu hastalık sadece Asya makakelerinde görülür. Bu hastalığı yapan virüse bugün *Maymunun immun sistemini zayıflatan virüs* anlamına gelen SIV adı verilir (*Şekil 207.1*). Yapılan genetik araştırmalar SIV'in nukleotid dizinin %50 oranında HIV ile benzediğini gösterir. Gerek HIV'le enfekte olan insan, gerekse SIV'le enfekte olan makalelerde immun sisteminin zayıflaması sonucu, hastalık benzer semptom gösterir. Hastalık daha çok homoseksüel ilişki ve uyuşturucu enjeksiyonu ile ikinci şahsa enfekte edilir (*Şekil 208.1*). Hastalıkla savaş ve tedavi çok yönlü olarak sürdürülüyor. AZIDOTHYMIDIN (AZT) adlı ilaç klinik olarak kullanılmaktadır. AIDS virüsü ile ilgili yeni bilgiler ışığında ona karşı etkin maddeler de bulunacak ve belki viral enfeksiyon siklüsünü bozucu sonuçlar elde edilecektir. Hastalığın kısa zamanda kontrol altına alınıp, tedavi edilmesi ile ilgili ümitler boşa gitmeyecektir. **AIDS**'den korunmanın en önemli yöntemi kondom (=prezervatif) kullanmaktır.

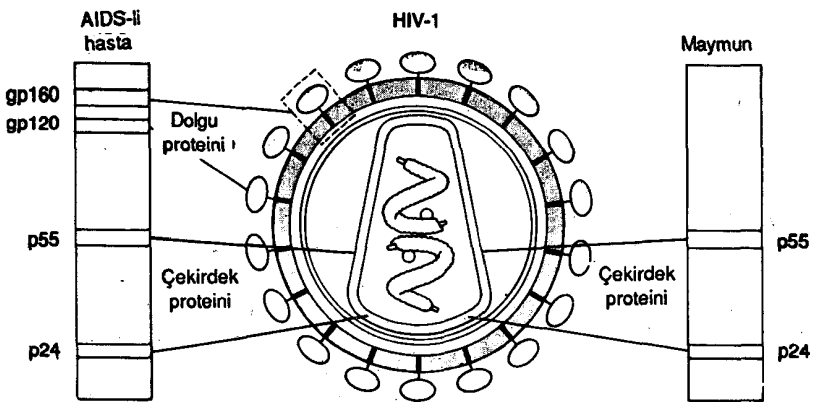
6.7. VİROİDLER

Virüsler nukleik asit, protein ve bazen lipid bir örtüden oluşur, Bunlar çok küçük olmalarına karşın karışık ve çok çeşitli yapılara sahiptir. Viroidler ise virüslere göre daha da küçüktürler. Bunlar tek bir RNA dizininden oluşur ve her birinde 350 nukleotid vardır; yani bunlar en küçük virüsü RNA'sından dahi 10 kez küçüktür. Protein bir örtüleri yoktur. Viroidlerin RNA'sı halka gibidir.

Viroidlerin yolaçtığı bazı bitki hastalıkları vardır. Bunlara patatesdeki helezonik yumru veya narenciyedeki Ekzokortis hastalıklarını örnek olarak verebiliriz. Bunların dışında şerbetçiotu, salâtalık ve hindistan cevizinde viroidlerden kaynaklanan hastalıkların saptandığı bilinmektedir.

6.8. PRİONLAR (=PROTEINACEUS INFECTIOUS PARTICLES)

Bunlar ne RNA ne de DNA içermiyen ve sadece proteinden oluşan hastalık yapıcıdır. Günümüzde şu ana kadar koyun ve keçilerdeki bir sinirsel hastalık olan Skropi ve Jakob-Creutzfeld-Pseudoskleroz adlı, insanda psikolojik bir hastalıkla birlikte seyreden çok nadir bir hastalıktır. Bunlara ilaveten beyin



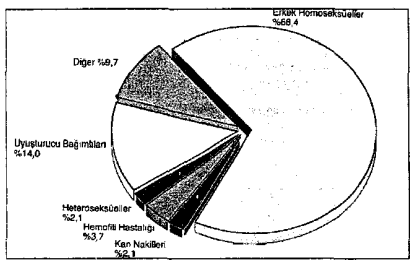
Şekil 207.1: SIV ve HİV'ın benzer etkisi.

dejenerasyonunu (=kuru)nın Yeni Gine'nin dağlık kesiminde rastlanan Gerstmann-Sträussler-Sendramunun da prionlardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu hastalıkların yolaçtığı patolojik değişmeler daha çok merkezi sinir sistemi ile sınırlıdır. Prionların neden olduğu hastalıkların çok uzun süren kuluçka dönemi vardır. Bu dönem ay, yıl hatta onlarca yıl sürebilir. Virüsü tam olarak açıklamadan önce "Slow virüs enfeksiyonunu"dan söz edilir (*Tablo 208.1*).

Enfeksiyona neden olan parça tek bir proteinden oluşur. Molekül ağırlığı 30000 Daltondur. Bu günkü bilgiler prion proteinin bir glikoprotein olduğu yönündedir. Prion proteinleri bir çubuk gibi bir araya gelir ve 10-20 nm kalınlığında 100-200 nm uzunluğunda bir demet oluşturur. Bu demette 1000 protein molekülü olabilir. Bunların çoğalması ile ilgili emin bilgi yoktur.

7.9. INTERFERONLAR

Interferonlar, memeli organizmasında virütik enfeksiyonlara karşı vücudun direnç mekanizması olarak karşı koyan ilk proteinlerdir. Bunlar memelilerde özel olmayan immun korumanın bir kısmıdır. DNA ve RNA virüslerinin çoğalmasını bloke ederler. Virüslere hemen reaksiyon vermeyip, RNA ve protein oluşumunu sağlıyan metobolik olayların zayıflaması sonunda ortaya çıkarlar. Bu nedenle virüs çeşidine bağlı olmaksızın geniş bir etki ile virüsleri yok etmeye çalışırlar. Örneğin DNA ve RNA virüsleri interferon oluşumunu hızlandırır. Bunlara **HAREKETE GEÇİRİCİ VİRÜSLER** denir. Bu nedenle virüslere karşı geniş bir etki mekanizması taşırlar; ancak koruyuculuk süresi olduka kısadır. Türe özgü olarak etki yaparlar İnsanda, insan hücesinden elde edilen interferonlar kullanılır. Bu nedenle genteknoloji yöntemleri kullanılarak insan interferonu elde edilir. **Öldürücü olan Hepatit C virüsüne karşı interferon tedavisi olumlu sonuçlanırsa, önemli bir tıbbi devrim olacaktır**. Şimdiye kadar insanda IFN alfa (=alfa-İnterferon) ve IFN-ß (=ß-İnterferon) ve IFN Y (=Y İnterferon) elde edilmiş ve kullanılmaktadır.



Şekil 208.1: Enfeksiyonun nedenine göre AIDS hastalığının tüm Almanla'daki dağılımı (1994 verilerine göre, Staeck'ten).

7. İNSANDA KALITIM

Her yıl birçok çocuk çeşitli sakatlıklarla doğar. Bunların yaklaşık 3/4'ünün bu rahatsızlıklarının kökeni genetikseldir.

Kalıtımın genel kuralları bütün canlılar için geçerli olduğu gibi, insanlar için de geçerlidir. İnsan kalıtım bilimi, yani insan genetiği, ana babanın bedeni ve ruhi özelliklerinin çocuklarına aktarılması ile uğraşır. Bu nedenle hastalıkların kalıtlanabilir olması, sorunun önemini artırır.

7.1. İNSAN GENETİĞİNİN ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Doğuştan olan sakatlıkların çoğu genetik kökenlidir. Bugün insanda 2300'den daha fazla genetik kökenli hastalık bilinir. Normal ve anormal özelliklerin döle aktarımındaki kurallar kalıtımla açıklanabilir. Bu durum insan genetiğinde tabii ki biraz sınırlıdır. İnsanda çaprazlama deneyleri ahlaki nedenlerden ötürü yapılmamaktadır. Aynı şekilde insandaki döl sayısının azlığı ve generasyon süresinin uzunluğu, bu tip deneyleri zorlaştırır. Bu nedenle bulguların istatistiki güvenilirliği de sadece çok az durumda mümkündür.

Tablo 208.1: Prionlara atfedilebilen hastalıklar

Hastalık	Hastalık yapıcı olarak Prionlar	Doğal konukçular	Deneysel konukçular	Kuluçka süresi
Skropi	Evet	Koyun,keçi	Fare, kobay, maymun	2 ay-2 yıl
Jakop-Creutzfeldt				
Peidoskleroz	Evet	İnsan	keçi, kobay, maymun, fare	4 ay-10 yıl
Kuru	muhtemelen	İnsan	maymun	18 ay
Gerstmann-Sträussler sendromu	muhtemelen	İnsan	maymun	18 ay
Kronik güç kaybı	muhtemelen	geyik	-	18 aydan fazla

İnsan kalıtımında yorum yapıcı bilgileri için, çaprazlama deneylerinin yerine, aile araştırması ile ilgili bilgiler verilir. Burada bir karakter çok sayıda dölde izlenir. Akrabalık ilişkilerinin bir araya toplanması ile SOY AĞACI elde edilir. M.Ö. 400 yılında HİPOKRAT bile bazı hastalıkların, akrabalar arasında sıkça görüldüğünü saptamıştı. Ancak 19. yüzyılda insanın kalıtımı ile ilgili bilimsel bulgular

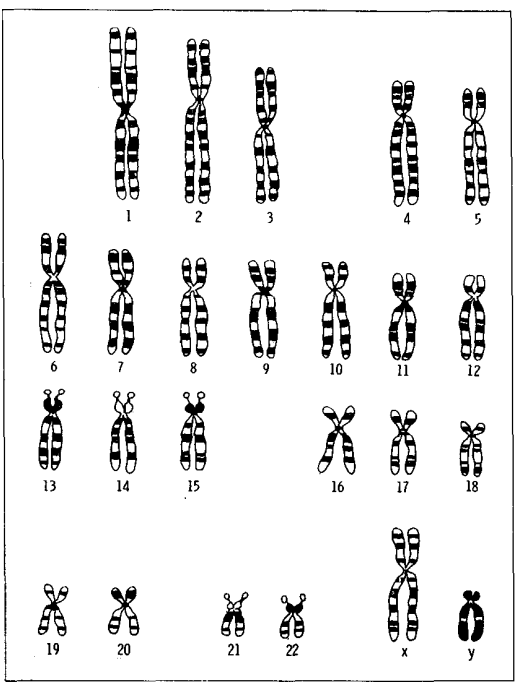
elde edilerek, bazı dikkat çekici özelliklerin aile ve aşiretlerde görüldüğü kaydedilmiştir.

Doktorlarla yapılan ortak çalışma sonucu bazı karakterlerin toplumda ayrı ayrı ortaya çıkışına ait çok sayıda bulgu insan genetiği ile ilgili araştırmalarda kullanılır. İstatistiki yöntemler yardımı ile karakterlerin aktarım rizikosu, ortaya çıkışı ve yayılışına ait yorumlar yapılır. Burada özellikle kalıtsal hastalıklar ön plandadır. İstatistiki yöntemler, ikizlerin araştırılmasında da kullanılır. İkizlerin araştırılması kalıtım faktörleri ve çevrenin karşılıklı ilişkileri üzerine yorum yapmayı mümkün kılar. Tek yumurta ikizleri aynı bir zigottan meydana gelir. Bu nedenle de bunlar kalıtsal bakımdan birbirinin aynıdır. O halde tek yumurta ikizleri arasındaki farklar çevre etmenlerinin etkisine bağlı olmalıdır.

Sitogenetik ve biyokimyasal araştırma yöntemlerinin kalıtım bakımından önemi büyüktür. Daha çok akyuvar (lenfosit) hücre kültürleri ile çalışılır. Kromozom mutasyonları veya enzim aktivitesinin devreden çıkışı, kalıtım hastalıkları için bilgi verir. İlaç ve kimyasalların lenfositlerdeki mutajen etkisi araştırılabilir.

7.2. İNSANIN KROMOZOMLARI

İnsan vücut hücresinin uzun bir süre 48 kromozom içerdiği kabul edilmişti. Bu sayı bölünme özelliğindeki dokunun kesit ve ezme preparatlarının incelenmesi ile bulunmuştur. Ancak, hücre kültürleri ile yapılan çalışmaların gelişmesinden sonra, diploid kromozom setindeki gerçek kromozom sayısı tesbit edildi. İnsandaki bir vücut hücresinde 46 kromozom bulunup, bunların 22 çifti "otozomal" bir çifti de "gonozomal" dır *(Şekil 209.1).*



Şekil 209.1: İnsanın kromozom takımı. Otozomlar (1-22. kromozomlar) ve gonozomlar (X ve Y). Metafazda kromozomlar iki misline çıkmış; fakat aynı sentromere bağlı oldukları için ayrılmadan kalmışlardır. Giemsa ile boyandıklarında bantları belirgin olarak görülür (Kühn'den).

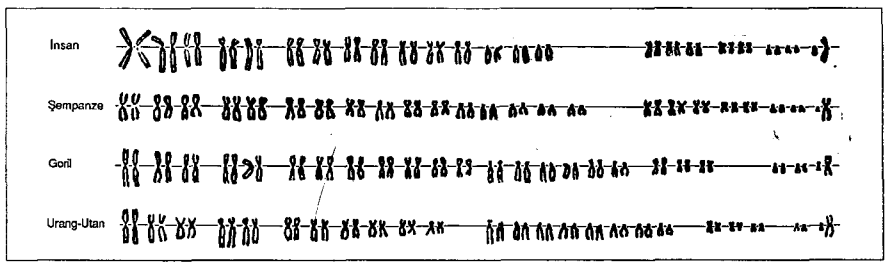
Diger ökaryont kromozomları gibi, insan kromozomu da HISTON ve birkaç cm uzunluğunda çift dizinli DNA ipliğinden oluşur.

Haploid bir sperm hücresinin DNA miktarı 3.10^9 nukleotid çifti ile *E. coli*'ninkinden bin misli daha büyüktür. Bununla birlikte insan genomundaki gen sayısı yaklaşık 50 000-100 000 olarak tahmin edilir. Bu ise bağırsak bakterisi gen sayısının 25 katıdır. Bugün ökaryont DNA'sının bazı bölümlerinde genetik bilginin bu-

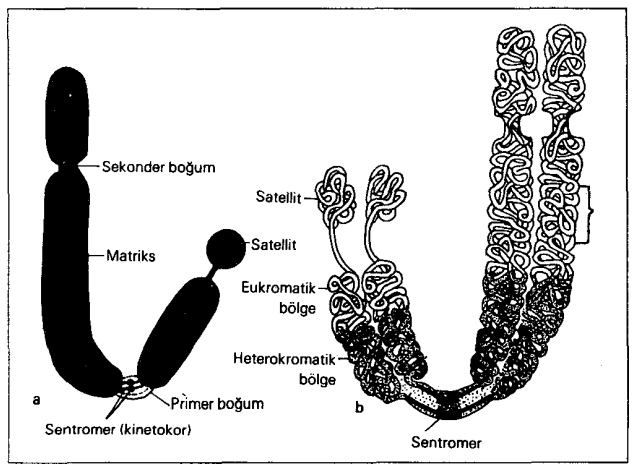
lunmadığı bilinir. Yine aynı şekilde belirli nukleotid dizinlerinin 100 hatta milyon defa tekrar edildiği de saptanmıştır. Bu "**repetitif DNA**" adı da verilen kısmın oranı insanda % 30'dur.

7.2.1. Kromozomların Preparasyonu

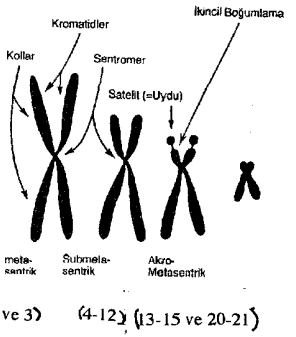
Genetikle ilgili aile danışma kurumlarında, ana babadan birinin kromozom seti LENFOSİT KÜLTÜRÜ yardımı ile incelenir. Bunun için bir miktar kan alınır ve bir kültür çözeltisine konur. Böylece lenfositlerin bölünmesi aktive edilir. Hücre bölünmeleri yaklaşık 48 saat sonra başlar ve iğ ipliklerinin oluşumunu engelleyen bir mitoz zehiri eklenir. Böylece mitoz metafaz döneminde durdurulur. Bu durum fikse edilir. Bu şekilde muamele edilen bir kültür sıvısı soğutulmuş bir lam üzerine damlatılırsa, lenfositlerin çekirdekleri patlar. Bu arada metafaz kromozomları görülür. Böyle bir preparat boyanır, mikroskobik olarak analiz edilir ve fotoğrafı çekilir. Resimden kromozomlar teker teker yapısal özelliklerine göre ayırtedilir, böylece de *KARYOGRAM* elde edilir *(Şekil 210.1)*. Özel boyama tekniklerinin kullanılması ile kromozomların karakteristik band yapıları belirlenir. Büyüklük, sentromerin konumu ve band yapısı her bir kromozomun teşhisini mümkün kılar. İnsan kromozomlarının numaralanması beynelminel olarak saptanmıştır. Bir kromozomun yapısı ve değişik şekilde oluşuna göre adlandırılması *Şekil 210.2 ve 211.1*'de verilmektedir.



Şekil 210.1: Primat kromozomlarının karyogram şeması (Czihak ve ark.'dan).



Şekil 210.2: Kromozomların yapısı. a) Dıştan görünüşü, b) İçten görünüşü, (a, Cireli'den; b. Kühn'den).



Şekil 211.1:Sentromerin ye-rine ve kromozom kollarının uzunluğuna göre kromozom tipleri (parantez içindeki kromozom numaraları, insan kromozomlarından hangisinin o tipe uyduğunu gösteriyor)

Kromozomun kolları aynı uzunlukta ise metasetrik; farklı uzunlukta ise submetasentrik; uzunluklar arasındaki fark çok büyükse aksosentrik adını alır (*Şekil 211.1*).

Canlılardaki kromozom sayısı (2n) değişiktir. Bu sayı drosophilada 8; bezelyede 14; balarısında 16; domateste 24; kedide 38; maymunda 48; patateste 48 ve eğreltide 500-520 adettir.

7.2.2. İnsanda Gen Kartı Nasıl Yapılır?

Kalıtsal hastalıkların çoğu tek bir bozuk gene bağlıdır. Kromozom araştırmalarının yardımı ile böyle kalıtsal hastalıkların tesbiti için, bozuk (=defekt) genin yerinin bilinmesi gerekir. Aynı şekilde tedavi de genetik maddeye, doğrudan doğruya müdahale ile gerçekleşeceğinden, genin bulunduğu lokalitenin tesbiti şarttır.

Renkkörlüğü geni, insanda kartı yapılan ilk gendir. Daha 1911 yılında X kromozomunda bulunduğu belirlenmiştir. Bugün yeri bilinen gen sayısı 500'ün üzerindedir. *Gen yerlerinin tesbiti SOMATİK HİBRİTLEME yöntemi ile yapılır.* Bunun için kültürdeki insan ve maymun hücreleri karıştırılır. Meydana gelen *HİBRİD HÜCRELERİ*'nin her iki çekirdeği birbiri ile birleşir. Bu hibrid çekirdekleri hem insan hem de farenin tüm kromozomlarını ve dolayısı ile genlerini içerir. Hibrid hücreleri insan ve farenin gen ürünlerini üretir.

Hibrid hücreleri bölünme ile çoğalır. Mitozda bozukluklar görülür. Özellikle kromozomların dağılmasında bazı düzensizliklere rastlanır. Örneğin sadece fare kromozomlarını taşıyan hücrelerde, bir de insanın 11 nolu kromozomu bulunur. Böyle hücrelerde, insan inzulininin ürünü "Jel Elektroforezi" ile kanıtlanabilir. İnsandaki 11 nolu kromozomun inzulini üreten geni taşıdığı bu yolla belirlenmiştir.

Günümüzde gen kartı yöntemi çok daha basitleştirilmiştir. İnsan hücreleri kromozomları röntgen ışını ile küçük parçalara ayrılır. Böylece kromozomun bir parçasını içeren hibrid hücreleri elde edilir. Eğer özel gen ürünleri saptanırsa, uygun genin o kromozom parçasında olması gerekir. Bu şekilde 11 nolu kromozomun kısa kolunun dış kısmının sonunda inzulin geninin bulunduğu kanıtlanır. Hibrid hücrelerde, izole DNA belli baz sekuensleri bakımından incelenirse gen direkt yöntemle de saptanabilir.

7.2.3. DNA Seküensleri (=Dizinleri) Nasıl Saptanır?

DNA parçası baz seküenslerinin analiz metotlarının gelişimi, moleküler biyolojideki en önemli ilerlemelerden biridir. Bugün çok iyi işleyen çeşitli yöntemler kullanılarak, insanın çok sayıda gen seküensi şifrelenmiştir.

Bir baz seküensi tayini için analiz edilen gen önce klonlanır. DNA parçası virüs veya bakteri içine sokulur. Bunlar DNA parçasının kopyasını yapar. Daha sonra DNA çift dizininin her biri 5' ucunda radyoaktif ^{32}P izotopu ile işaretlenir; birbirinden çözülerek elektroforetik olarak ayrılır. Çift dizinden birisinin fraksiyonları 4 kıs-

ma ayrılır. Her bölüme bir veya iki DNA bazını parçalayan özel bir madde eklenir. Mesela 1. kısımda sadece Guanin (G)'e etki yapılır ve DNA dizini bu noktada ayrılır. Deney koşulları öyle seçilir ki, her DNA dizininde bir kesinti olur. Eğer guanin 3., 7. ve 11. pozisyonda olursa, DNA da 3., 7. veya 11. noktada parçalanır. DNA'nın 5'. ucunda 3 nükleotidli işaretli bir parça ile işaretsiz bir artık parça elde edilir. Bundan başka kesinti diğer bir yerde, örneğin 7. veya 11. pozisyonunda olursa bu durum geçerlidir. Jel elektroforezinde kesinti parçaları büyüklüklerine göre ayrılır. Kromatograma karanlıkta röntgene duyarlı bir film yerleştirilir. Radyoaktif DNA bandları filmi siyahlatır ve onların konumları (=pozisyon) böylece görülebilir. Her band belli bir baz sayısına uygun olduğundan, guanin pozisyonları direkt olarak okunabilir.

Moleküler genetik laboratuvarları, DNA seküensini belirleme yöntemlerini çok geliştirdi. Bu nedenle her ay 10 000 kadar baz tesbiti yapılabilen kapasiteli üniteler vardır.

İnsan genomunun 3.10^9 nukleotidi seküensini belirlemek için öneriler yapılmaktadır. Böyle bir çalışmanın yapılması için gereken para, zaman ve düşünce ile aya insan gönderme çalışmalarında harcanan zaman, para ve diğer çabalar arasında hiç fark yoktur.

7.3. KAN ÖZELLİKLERİNİN KALITIMI

İstanbul gibi büyük şehirlerde çok sayıda babalık davası açılır. Bundan amaç, erkeğin evlilik dışı ilişkilerinden doğan çocuğun babası olup olmadığının biyolojik yöntemler kullanılarak tesbit edilmesidir. Böyle bir raporun temelinde, genetik nedenlerden dolayı babalığın olup olmadığının saptanması yatar. Akrabalık ilişkilerinin tesbiti için en önemli kriter kan özellikleridir. Burada kan grupları, serum proteinleri ve enzimler incelenir.

7.3.1. ABO Sistemi

Alyuvarların membranlarında, kan grubu substansı adı da verilen bir dizi kimyasal bileşik bulunur. Kan grubu özellikleri genetik olarak tayin edilir ve kalıtım kurallarının etkisi altındadır. ABO sistemi 1901 yılında keşfedildi. Her insan bu sistemdeki bir kan grubuna sahiptir. İnsandaki kan grupları, aynı yerde bulunan 4 gen tarafından kalıtlanır. Bu kalıtıma *multiple aleli* denir. Bunlar A_1, A_2, B ve 0 olmak üzere dört aleldir. Genetik analizler A_1'in A_2'ye göre dominant olduğunu belirlemiştir. A_1, A_2'ye ve B, 0'ra göre dominanttır. AB'nin heterozigot durumunda, her iki aleli yan yana ve aynı değerlerde ortaya çıkar. Yani kan grubu substansları A ve B'dir. A ve B alelleri birbirine karşı *KODOMİNANT*'tır. Her insan iki alel taşır; bunların kombinasyonları altı fenotipi verir. Kan grubu özellikleri çevreye dayanıklı ve modifikasyonların olmayışı nedeniyle babalık davaları raporlarının çıkarılmasında çok uygundur. Aynı şekilde ABO sisteminin mutantları da görülmez. Burada esas olan dominant gene ait özelliğin düzenli olarak ortaya çıkmasıdır. **Genetikçi fenotipten, açıkça genotip olasılıklarını çıkarabilir.** Bu nedenle eğer babalık sorununda söz konusu kişilerin kan grupları biliniyorsa, ABO sistemi yardımı ile incelenen bütün durumların % 17'sine yakın bir bölümünde babalık tesbiti sonuca bağlanabilir.

ABO sistemi kan naklinde de büyük öneme sahiptir. Eğer B kan grubu, kan grubu A olan bir alıcıya nakledilirse, bir uyuşmazlık reaksiyonu olur. Kan grubu sub-

stansları antijen olarak etki yapar. Bunlar alıcının vücudunda yabancı madde olarak değerlendirilir. Bu koruyucu fonksiyonu üstlenen kan serumunun antikoru ile olaylanır. Antikorlar antijenlerle tepkimeye girer ve onları zararsız hale sokar. Eğer kan gruplarının naklinde bir *ANTİJEN ANTİKOR REAKSİYONU* olaylanırsa alvuyarlar birbirine yapışarak patlar.

Kan grubu A olan bir kimse, kanında B antijenine karşı antikor taşır. Bu onun hiç bir zaman yabancı bir kan ile teması olmamasına rağmen söz konusudur. Bu durum nasıl açıklanabilir? A ve B antijenleri çok yaygın olup bağırsak bakterilerinde bile bulunurlar. İnsan daha 3 aylık iken, bakteriler bağırsağa girer ve bu kimse buna karşı kendi kan grubuna uygun antijen, sonra da antikor oluşturamaz. Gerçekten de yeni doğanlarda ABO sisteminin antikoru bulunmaz *(Tablo 213.1 ve 213.2)*

Tablo 213.1: ABO sisteminin kan grupları

Kan Grubu (Fenotip)	Genotipler	% olarak sıklığı	
		Orta Avrupa	Amerika
0	00	40	45
A_1 A_2	A_1A_1, A_1A_2, A_10 A_2A_2, A_20	43	41
B	BB, B0	12	10
A_1B A_2B	A_1B A_2B	5	4

Tablo 213.2: ABO sistemine göre babalık tesbiti

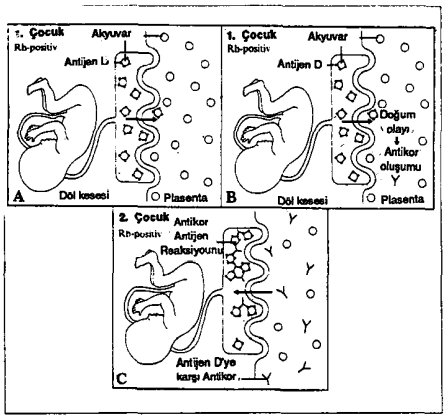
Anne	Çocuk	Çocuk	Muhtemel Baba	Muhtemel Baba	Baba Değil
Kan Grubu	Kan Grubu	Geno-tipler	Kan Grubu	Geno-tipler	Kan Grubu
0	0	00	0,A_1, A_2,B	00,A_1O, $A_2$0,B0	A_1B, A_2B
0	A_1	A0	A_1, A_1B	$A_1$0,A_1B, A_1A_1,A_1A_2	0,A_2, B,A_2B
B	B	BB, B0	0,A_1, A_2,B A_1B, A_2B	00,$A_1$0,A0, B0,BB A_1B,A_2B	-
A_1	A_2	A0, A_2A_2	0,A_1, A_2,A_2, B,B	00,$A_2$0 $A_1$0,A_1A_2, A_2B,B0	A_1B
A_1B	A_2B	A_2B	A_1,A_2, A_2B	A_1A_2,$A_2$0, A_2B	0,A_1B, B
A_2	0	00	0,A_1, A_2,B	00,$A_1$0, $A_2$0,B0	A_1B, A_2B
A_2	B	BB, B0	0,A_1, A_2,B A_1B A_2B	00,$A_1$0 $A_2$0,BB,B0, A_1B,A_2B	- -

7.3.2. Rehesus Sistemi

İlk defa **Rhesus** maymununda keşfedilen bu kan grubu sistemi de çok sayıda özellik taşır. Burada en önemli kan grubu maddesi, aynı zamanda Rh faktörü adı da verilen *Antijen-D*'dir. DD ve Dd genotipli insanlar alyuvarlarında D antijenine sahip olup Rehusus pozitif diye de adlandırılır (Rh+). Halkın % 15'i Rhesus negatif (Rh–) olup dd genotipi gösterir. Rh negatif kan, normal olarak antijen D'ye karşı hiç bir antikor içermez. Eğer Rh pozitif kana, Rh negatif kan nakledilirse onun oluşumu hızlanır. Rh+ kanın nakli durumunda *antijen antikor reaksiyonu* meydana gelebilir.

7.3.3. Rh-Uyuşmazlığı

Rhesus sistemi dominant-resesiv olarak kalıtılır. D faktörü dominanttır. Rh (-) kan için alel ise resesiftir *(Şekil 214.1)*. Eğer anne kanı Rh– (dd) ve çocuk kanı Rh+



Şekil 214.1: Rh-Uyuşmazlığı. Annenin 1. çocuğu normal, 2. çocuğunda Rh-uyuşmazlığı söz konusudur.

(Dd) olursa, gebelikte Rh uyuşmazlığı önemli bir rol oynar. Doğumların % 10'unda bu duruma rastlanır. Doğum esnasında, az miktarda Antijen D taşıyan çocuk kanının bazı hücreleri, annenin kan dolaşım sistemine girer. Orada antijen D'ye karşı antikor oluşturulur. Annenin ikinci hamileliği durumunda anne vücudundaki antikorlar plasenta kanalı ile fötüsün kanına geçer. Eğer bu Rh+ ise antijen-antikor reaksiyonuna neden olarak alyuvarların tahribine yol açar. Kan hücrelerinin yıkımı sonucu fötüs ölebilir. Genellikle bu zararlar çocuk doğar doğmaz da görülür. Bunlarda kansızlık ve hemoglobinin yıkım ürünleri birikimi izlenir. Bu yıkım ürünleri, beynin zarar görmesine neden olabilir. Genel olarak çocuk, doğumdan hemen sonra, kan uyuşmazlığı sonucu ölür.

Rh uyuşmazlığının etkileri günümüzde uygulanan koruyucu önlemlerle büyük ölçüde engellenebilir. Rh negatif anneye, Rh pozitif çocuğun doğumundan hemen sonra, Antijen D'ye karşı antikor verilir. Bu, anne kanına geçen çocuğun alyuvarları ile tepkimeye girerek onları zararsız hale getirir. Annenin ikinci kez gebe kalması halinde üreteceği ve bebeğin ölümüne yol açabilecek antikor üretimi böylece önlenmiş olur.

Eğer anne daima dd genotipine sahip olursa, o Rh-negatiftir. Baba DD veya Dd genotipi olabilir. Bu durumda ikinci veya üçüncü hamilelikte her zaman çocukta zarar görülmeyebilir. Eğer baba Dd genotipi ise çocuk % 50 olasılıkla, anne gibi Rh-negatif olabilir ve zarar görmeyebilir.

7.3.4. Serum Proteinleri

Babalığı tesbit için kurulan jüri için kan serumu *HAPTOGLOBİN* örneğinin önemi büyüktür. HAPTOGLOBİN, alyuvarların yıkımında serbestleşen Hemoglobini bağlar ve karaciğerde işlenmesi için onu taşır. Haptoglobin bir protein bileşiği olup genetik olarak kodlanmış iki polipeptid zincirinden oluşur. Her iki ana alel olan Hp^1 ve Hp^2 tanınır. Eğer kan serumu elektroforetik olarak ayrılır ve boyanırsa, üç adet karakteristik Haptoglobin bandı görülür. Homozigotta ya Hp^1Hp^1 veya Hp^2Hp^2 tipi elde edilir. Eğer heterozigot genotip söz konusu ise Hp^2Hp^2 Haptoglobini kanda bulunur.

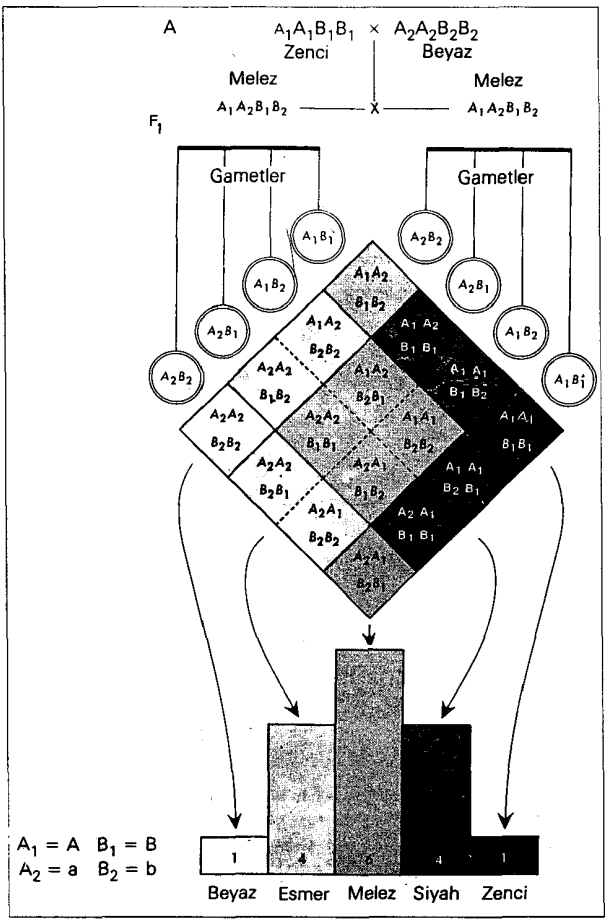
Bugün bir babalık davası söz konusu olursa, 23 farklı kan özelliği incelenir. Böylece % 97 olasılıkla babalığın söz konusu olmayan durumu tesbit edilir. Genetik olarak belirlenen parmak izinde olduğu gibi bir insanın kan özellikleri de bireyseldir.

7.4. İNSANDAKİ POLİGENİK KALITIM

7.4.1. Bedensel Özellikler

Güney Amerika toplumları incelenirse, büyük oranda meleze rastlanır. En azından anne ve babanın ikisinden birinin deri renginin siyah olduğu ve bunun kalıtlandığı tahmin edilir. Beyaz ve negro ana-babadan doğan çocuklar melezdir. Bunların deri renkleri ana ve babanınkinin arasında bulunur. Melezlerin evliliğinden oluşacak çocuklarda, MENDEL kuralları gereği monohibrid bir çaprazlamada bekleneceği gibi, 1:2:1 oranında deri rengi oluşturulmaz. Daha çok açık ve koyu renge sahip bir pigmentleşme skalası izlenir *(Şekil. 215.1)*. Bunu Brezilya'lılarda görmek mümkündür. Melezlerin evliliklerinde bazen tamamen negro veya açık tenli bireyler de ortaya çıkar.

Deri rengi özelliği birçok genin müşterek etkisi ile belirir. Bu arada genler belli miktardaki bir pigmenti oluşturan benzer genetik bilgiyi taşırlar. Koyulaştırıcı gen sayısı ne kadar çoksa, derinin pigmentlenmesi de o kadar çok olur. Burada **birikmiş** POLİGENİ'den söz edilir.



Şekil 215.1: Etkisi birbirinin üzerine eklenen çok genli kalıtım (insanda deri rengi).

Deri renginin intermediyer kalıtımının modeli için iki gen çiftinden hareket edilir. B_1 ve A_1 genlerinin her birisi rengi belirleyici etkiye sahip bir pigment miktarını kodlar. (A_2) ve (B_2) alel genleri renk açıcı olarak etki yapar, zira bunlar en az düzeydeki pigmenti kodlar. Bu da beyaz deri rengine eşdeğerdir. Buna göre siyah rengin genotipi $A_1A_1B_1B_1$, beyaz renginki ise ($A_2A_2B_2B_2$) dir. Melezler bir ile üç adet renk farklılığını taşıyan alellere sahiptir. Deri rengi kalıtımı daha da karmaşık olur. Burada dört gen yerinin rol oynadığı tahmin edilir.

Deri renginin yanında başka bedensel özellikler de poligen olarak tesbit edilir. Bu tip özelliklere saç ve göz rengi ile vücut büyüklüğü gibi hususlar

girer. Çocukların vücut büyüklüklerinin ebeveynlerine benzemesi örneği tipiktir. İri ebeveynlerin çocukları da kural olarak büyük olmaktadır. Aynı şekilde ikizlerin araştırılması da çeşitli bedensel özelliklerin kalıtsallığını doğrular. Genomları eşdeğer olan tek yumurta ikizlerinin göz rengi aynıdır.

Çift yumurta ikizlerinin genomları da normal kardeşlerdeki gibi birbirinden farklıdır. Burada iki yumurta hücresi, ayrı ayrı iki sperm tarafından döllenir. Birbirlerine benzerlikleri çevre koşulları ile de ilişkilidir *(Tablo 216.1)*.

Tablo 216.1 : İkizlerde vücüt özelliklerinin karşılaştırılması

Özellikler	Mutlak Değerlerin Farkı		
	TYİ benzer	TYİ farklı	ÇYİ benzer
	Çevre Koşulları		
Vücut büyüklüğü (cm)	1,7	1,8	4,4
Vücut kütlesi (kg)	1,9	4,5	4,5
Kafatası uzunluğu (mm)	2,9	2,2	6,2
Kafatası genişliği (mm)	2,8	2,9	4,2
Göz rengi (uyumsallık)	% 100	% 100	ca.% 50

TYİ= Tek, ÇYİ= Çift yumurta ikizleri.

7.4.2. Ruhî Özellikler

İkizlerin araştırılmasının, zekanın kalıtlanıp kalıtlanmadığı sorununun çözümünde önemli yeri vardır. Bu soruya cevap vermek zordur; zira zeka için kabul edilen bir ayırım yoktur. **Zekayı problemli durumlarda, mantıklı davranma yeteneği olarak açıklamak mümkündür. Zeka testi, primer yetenek diye adlandırılan aşağıdaki görevlerle değerlendirilir; bunlar "farketme özelliği", "sonuca vardıran düşünme", "somut değerlendirme kabiliyeti, "mekansal düşünme özelliği", "ifade edebilme" ve "sayıları anlama" gibi hususların yardımı ile yapılır.** Orta Avrupa'nın % 50'sinin zeka katsayısı INTELLIGENS QUOSIENT=IQ 90 ile 110 arasındadır, bu ise ortalama yeteneği ifade eder. IQ değeri 70'in altındaki kişiler aptal diye adlandırılır *(Tablo 216.2)*.

Tablo 216.2 : Zeka katsayısının sınıflandırılması

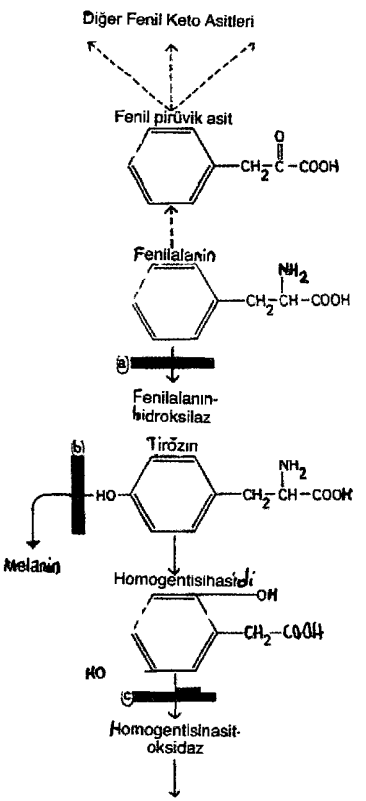
IQ Değeri	Değerlerin Yorumu	Orta Avrupa'daki Nüfusun Yüzdesi
20	ağır aptallık	0,25
20-49	orta ağır aptallık	0,50
50-69	hafif aptallık	2,50
70-79	düşük yetenekli	7,00
80-89	az yetenekli	15,50
90-110	normal yetenekli	50,00
111-120	iyi yetenekli	15,50
121-130	yüksek yetenekli	7,00
130	süper zeka	2,00

7.5. İNSANDAKİ KALITSAL HASTALIKLAR

7.5.1. İnsanda Fenilalanin Metabolizması

Alkaptonuri, homogentizik asitoksidaz enziminin genetik nedenlerden dolayı oluşmadığı ve idrarda homogentizik asidin biriktiği bir metobolik hastalıktır. Alkalik idrarda, **Alkapton** da denen bu madde siyah rengi oluşturur. Eklem kıkırdaklarında homogentizik asidin fazlaca birikmesi sonucunda eklem romatizması veya **romatoit artirit** hastalığı görülür.

Alkoptonuri fenilalanin adlı aminoasidin yıkımının genetik rahatsızlık sonucu gerçekleşmemesinden doğar. Fenilketonuride fenilalaninin tirozine değişimi engellenir. Homozigot olarak rahatsız olan insanın idrarında fenilalanin, fenilpirüvikasit ve diğer fenil ketonları ile birlikte birikir. Fenilketonlarının birikimi sonucunda bebeklerde beynin gelişiminde çok ağır arazlar ortaya çıkabilir. Bunun olup olmadığını belirlemek için yeni doğan çocuklarda GUTHRIE testi uygulanır. Doğumdan 5 gün sonra, yani bebeğin zengin protein aldığı dönemde, parmağından birkaç damla kan alınarak bir filtre kağıdına damlatılır ve kurutulur. Kuruyan bu kısım kesilerek bir besi plakasına yatırılır. Bu plakaya gelişmeleri için Fenilalanin aminoasidine gereksinim duyan bakteriler ekilir. Bakteriler belirli bir oranda büyürlerse, bebeğin kanında fenilalanin olduğu anlaşılır. Buradan çocukta kalıtsal olan bir metabolizma bozukluğu olduğu, yani çocuğun fenilketonuri hastalığına yakalandığı teşhisi konur. *Bu kalıtsal hastalıkta, bir gen bozukluğu nedeni ile karaciğer fenialaninini titrozine dönüştüren, fenilalanin hidroksilaz adlı enzim üretilemez (Şekil 217.1).*



Bu enzim bozukluğu ile fenilalanin kanda 30 misli artar ve fenilketona dönüşür. Aminoasidin yoğunluğundaki artış, beyinde metabolik bozukluklara yol açar. Fenilketonuri tedavi edilmezse yüksek derecede aptallık görülür.

Fenilalanin, insan yaşamı için gerekli bir aminoasit olup, besinle alınır. Fenilketonurinin etkileri büyük miktarda protein alımı ile ortaya çıkar. Yeni doğan çocuk kalıtlanan enzim bozukluğuna rağmen, önce zarara uğramaz. Eğer GUTHRIE testi yardımı ile bu kalıtsal hastalık tanınabilirse, söz konusu çocuklara 15 yaşına gelinceye kadar, dozu çok iyi ayarlanmış fenilalenince fakir bir diyet uygulanır. Beyin o zamana kadar öyle bir gelişme gösterir ki, yüksek yoğunluktaki fenilalanin zarar yapmaz. Fenilketonurili çocukların ebeveynleri kural olarak hasta değildir; ama "en-

Şekil 217.1a-c: İnsanda fenilalanin yıkımının genetik yönetimi. Normalde fenilalanin tirozin üzerinden yıkılır. a) Fenilketonuride uygun enzim için söz konusu gen bozuk olduğundan fenilalanin, fenilpirüvikasit üzerinden yıkılır. b) Albinizm de melanin sentezi gerçekleşmez; c) Alkaptunuride ise homogentizik asit yıkımı olmaz (koyu diktörtgenler) metabolik olayın oradaki bozukluk nedeni ile gerçekmleşmediği kısımları gösteriyor (Czihak'tan).

zim bozukluğu" resesif olarak kalıtlanır. Yeni doğan 10 000 çocuktan ancak birisinde fenilketonuriye rastlanır. Her 50 insandan birinin bu defekt (bozuk) genin heterozigot olarak taşıyıcısı olduğu hesap edilir.

Resesif gen etkisine dayanan, birkaç yüz adet kalıtsal metabolizma rahatsızlığı vardır. Örneğin Tirozin metabolizmasında başka gen defektleri de görülür;bunlar enzim oluşturulmasını engeller. Örneğin, tirozinaz sentezinin bozulması halinde homozigot durumda tirozinin renk maddesi *Melanine* değişimi gerçekleşmez. Bu hastalığa yakalanmış kişilere *Albino* adı verilir. Tirozinden oluşan homogentizik asidi, enzim bozukluğu nedeniyle yıkılmazsa, idrar rengi hava ile temas edince koyulaşır. Buna da *Alkaptonuri* denir (*Şekil 217.1*).

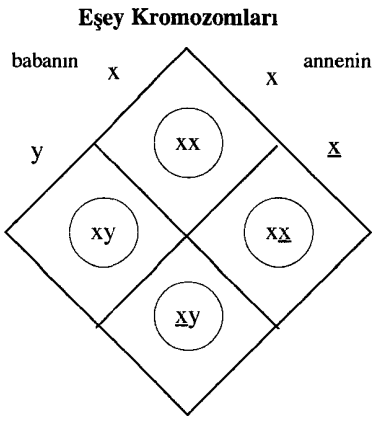
7.5.2. Renkkörlüğü

Kalıtsal olan renkkörlüğü hastalığına özellikle erkeklerde rastlanır. Avrupa'da erkeklerin %8'i ve kadınlarında %0.5'i renkkörüdür. Bunlar kırmızı ve yeşil renkleri grinin basamakları şeklinde görür. Renkkörlüğüne neden olan gen X kromozomu üzerindedir. Heterozigot kadınlar bu anomaliyi göstermez. X kromozomunun normal geni, başka bir kromozomun defekt genine karşı dominanttır. Defekt gen bakımından heterozigot olan kadınlar renkkörüdür. Eğer renkkörlüğü için X kromozomundaki resesif gen erkek döle aktarılmışsa, bu anomali her durumda ortaya çıkacaktır. Y kromozomu ise gen taşımaz ve renk körlüğü için dominant bir alele sahip değildir. X kromozomuna bağlı kalıtımın en önemli yanı, erkekte bütün resesif genlerin X kromozomunda görülmesidir.

7.5.3. Kalıtsal Olan Kanama (=Hemofili) Hastalığı

Hemofili, resesif ve X kromozomuna bağlı olarak kalıtlanır. Bu hastalık renkkörlüğüne benzer bir kalıtım şeması gösterir. Renkkörlüğü ve hemofili için sorumlu genler X kromozomunda ortak yerleri nedeniyle bir birleşme grubu oluşturur. 1938 yılında aşağıdaki kalıtsal durum açıklanmıştır: Hem kanama hem de renkkörlüğü hastalığı taşıyan bir kişinin kızı fenotipik olarak sağlıklıdır; ama her iki gen defekti yüzünden heterozigot olması gerekmektedir.

Bu kızın sağlıklı biriyle evlenmesinden dört oğlan çocuk meydana gelmiş ve bunlar fenotipik olarak birbirlerinden farklı bulunmuşlardır. Burada 4 kombinasyon görülür, 1) sağlıklı, 2) hemofilili, 3) renkörü ve 4) kenkkörü/hemofilili. Bu gözlem bağlantılı genlerin yer değiştirmiş olmaları ile açıklanabilir. İşte burada Krossing Over insanda ilk defa kanıtlanmıştır (*Şekil 218.1* hemofilide kalıtım şemasını göstermektedir).



Şekil 218.1. Hemofilide kalıtım şeması. Ebeveynden eşey kromozomunun aktarımı % kromozomu hemofili için resesif özelliği taşıyor. Tam daire genotipik olarak normal döl; altı çizili X'i taşıyan daire hemofili hastası.

7.5.4. MARFAN Sendromu

Bir Fransız çocuk doktorunun adıyla anılan bu kalıtsal hastalık, dominant olarak kalıtlanır. Üyelerin uzun oluşu, horoz göğsü oluşumu; göz bebeği ve göz elmasındaki deformasyonlar ile kalp kapaklarındaki delikler gibi sendromlar, bu hastalığa aittir. Otozomal kromozomdaki MARFAN geni, çok sayıda özelliğe etki yapar. Bu durumda genin Polifeniliğinden söz edilir. MARFAN geni anormal bir proteini kodlar. Bu, artan bir esneklik gösterir ve çeşitli organlarda bağ dokunun bileşkeni olarak görülür.

Resesif kalıtsal hastalıklarda genetik bakımdan ele alınabilecek olan bir enzim eksikliği olduğu halde, dominant gen bozukluklarında, özellikle vücut yapısına iştirak eden bazı proteinlerin değişikliğe uğramaları söz konusudur. Olası anormal protein, normal proteinin yanında yapılır ve böylece yapının tamamı hastalık yapacak şekilde değişikliğe uğrar. Heterozigot durumda dominant gen etkisi böyle açıklanabilir *(Tablo 219.1)*.

Tablo 219.1 : İnsanda otozomal olarak kalıtlanmış gen bozuklukları

Kalıtsal Hastalık	Rastlanma Sıklığı	Semptomlar
Otozomal-Resesif:		
Albinismus	1: 15 000	Melanin eksikliği; kırmızı gözler; beyaz saçlar; ışığa duyarlılık.
Galaktozomi	1: 20 000	Süt asidi yıkımının bozulması; karaciğer ve beyindeki zararlar. Tedavi: Laktozsuz diet.
Kalıtsal Kretinismus	1: 50 000	Hipofiz bezinin salgıladığı Tiroksin hormonunun yeterli olmayışı; bedeni ve ruhi gelişmedeki bozukluk. Tedavi: Hormon verilmesi.
Alkaptonuri	1: 100 000	Tam olmayan Tirozin yıkımı sonucu siyah renkli idrarın oluşumu.
Otozomal-Dominant:		
Çok parmaklılık	1: 5 000	Normalden daha fazla el veya ayak parmağına sahip olma; operasyonla tedavi mümkündür.
Kalıtsal kemik kırılması	1: 50 000	Defekt kollagen iplikler; kırılgan kemikler; zor işitme; ilk yaşlarda ölümle sonuçlanır.
Chorea Huntington hastalığı (Veitstanz)	1: 200 000	Beyindeki zararlar nedeni ile sinir sisteminde bozukluklar; kontrolü yapılmayan kendiliğinden olan hareketler; 35-50. yaşlarda hastalık ortaya çıkar.

7.6. İNSAN KROMOZOMUNDAKİ SAYISAL VE YAPISAL DEĞİŞMELER

Trizomiler insanda az çok belirgin genetiksel hastalıklara yol açar. Trizomiler otozomal ve gonozomal kromozomlarda izlenir.

7.6.1. Otozomal Trizomiler

Bu şekildeki kromozom anormallikleri 13., 18. ve 21. kromozomlarda açıklanmıştır. Otozomal trizomiler çocuk düşüklerine neden olur *(Tablo 220.1)*.

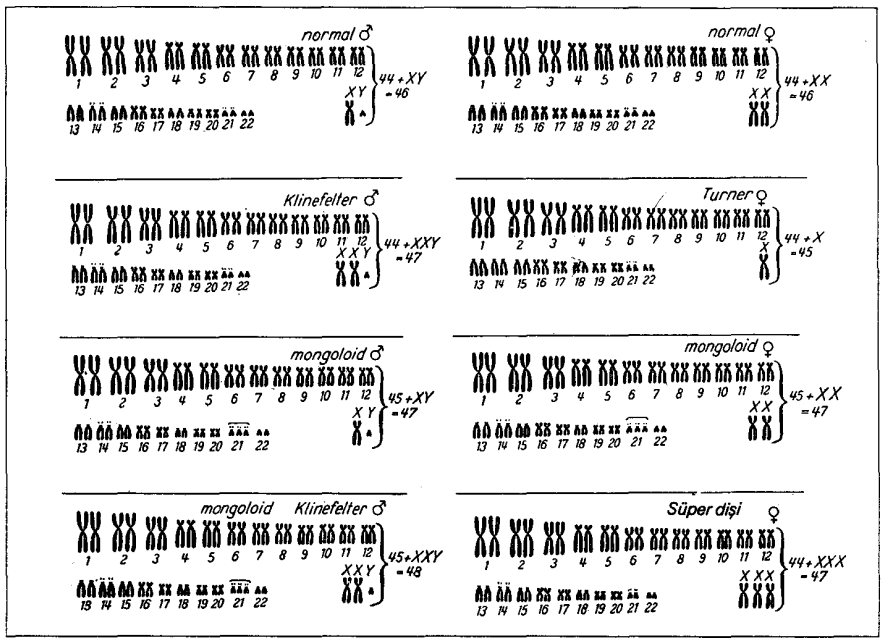
Bu kromozom anormalliklerinde en çok rastlanan Trizomi 21'dir. Diğer bir ifade ile "**MONGOLİZM**" denir. Bu arada, moyoz sırasındaki bozulmalarda ortaya çıkan trizomiler mitozda defekt (=bozulma)nedeniyle gelişim döneminde, hücre bölünmesinde her iki kromozom aynı hücreye göçerse de meydana getirilebilir.

Böyle eksik bir mitozun gelişimde ne zaman oluştuğuna göre, gelişmekte olan bireyin büyük veya küçük bölgeleri trizom olabilir. **MOZAİK-MONGOLİZM**'i bunun için bir örnektir. Monogoloidlerin % 2'sinde hastalık nedeni bu şekilde ortaya çıkar.

Tablo 220.1. İnsanda en sık rastlanan Trizomiler

	Trizomi-13 (Patau-Sendromu)	Trizomi-18 (Edward-Sendromu)	Trizomi-21 (Down-Sendromu)
Sıklığı	1:7600-1:9000	1:3500-1:6700	1:600
% 50'nin olduğu yaş	1. ayın sonuna kadar	2. ayın sonuna kadar	10. yaşa kadar
İşlevsel Belirtileri	Sağırlık, Kramplar Kastaki hipotoni, Ruhi gelişimin gecikmesi	Ağır gelişim bozukluğu	Geri zekalılık, sık enfeksiyon
Kimyasal Özellikler	Embriyonal ve fötal hemoglobin		Serum ürikasit artışı triptofan metabolizmasındaki anormallikler

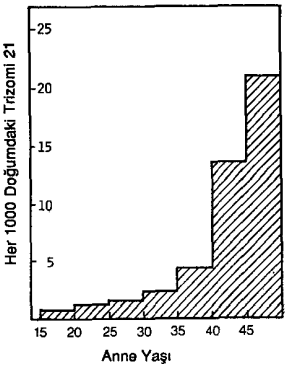
Mongoloidlik doğuştan olan ve 600 de 1 olasılıkla en fazla rastlanan bir hastalıktır. Hastalığın semptomu vücuttaki bozukluk ve geri zekalılıktır. Doğuştan olan kalp hatası ve rahatça enfekte olma nedeniyle, mongoloid çocukların yaşama şansı düşüktür. Onlardan sadece % 50'si 10 yaşına ulaşabilir. Bu hastalığın nedeni 21 nolu kromozomdur. Hastalığa neden olan bu kromozom diploid kromozom setinde üç adettir. Bu nedenle Trizomi 21'den söz edilir. Başka Trizomiler de vardır. Bunlar çok ağır hastalıklardır. Kromozom sayısındaki değişiklik şu şekilde açıklanabilir; mayozda eşleşen kromozomlar ayrılmaz. Bu durum gamet hücrelerinin 24 veya sadece 22 kromozom olmasına yol açar *(Şekil 220.1)*. Kromozomların bu şekilde yanlış olarak



Şekil 220.1: Normal ve anormal kişilerdeki kromozomlar. Bölünmede gözlendikleri gibi (kromozomların düzeni Chu ve Giles'e göre) (Penrose'den).

dağılma olasılığı insanın yaşına bağlı olarak artar. Örneğin 40 yaşındaki bir annenin Trizomi 21'e sahip çocuk doğurma rizikosu oldukça yüksektir. 45 yaşındaki bir annede bu oran 1/50'dir *(Şekil 221.1).* Anenin yaşına bağlı olarak Trizomi 21'nin rastlanma sıklığı artar. Bunda babanın da yaşının rolü vardır.

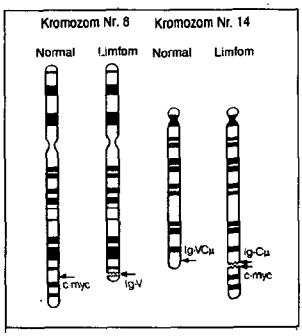
Kural olarak Trizomi 21 kalıtlanmaz. Mongoloid çocukların ebeveynleri normal kromozom setine sahiptir. Trizomi 21'in erkek taşıyıcıları muhtemelen steril-dir. Hastalık taşıyıcı dişiler için sağlıklı biriyle evlenmesi durumunda sağlam çocuk doğurma olasılığı % 50'dir.



Şekil 221.1: Trizominin görülme sıklığı ile anne yaşı ilişkisi.

Mongoloid çocukların % 8'inde, hücrelerde 46 kromozom bulunur. Buna rağmen bir Trizomi 21 söz konusudur, zira sayısı artan 21 nolu kromozom bu sefer 14 nolu kromozoma yapışır. Böyle bir mutasyona *TRANSLOKASYON;* hastalığa da *TRANSLOKASYON MONGOLOİDLİĞİ* adı verilir. Bu hastalık yukarıda açıklanan Trizomi 21'e göre yaşa bağlı olmayıp kalıtsaldır.

Kromozom translokasyonları kansere neden olabilir *(Şekil 221.2).* Bu insandaki BURKITT-LYMPFOM'da kanıtlandı. B-L. B-hücrelerinin çok çabuk büyüyen kanseridir. B-hücrelerindeki değişken translokasyonla bir onkogen (kansere yol açan gizli gen), DNA-dizini yakınına yerleşir ve antikor üretimini artırır. Bu çok aktif olan dizin yeni yerde komşu olan onko genin aktivitesini güçlendirir. Bu mekanizma diğer tümör türlerine yol açar. Ör. B-hücre Lösemisi.



Şekil 221.2: Burkitt-Liympfomun hücreleri içindeki translokasyon 8 ve 14 nolu kromozomlar arasında değiştokuş olaylanmıştır. 8 noluda 14 nolu'ya büyük bir parça geçer. 8 nolu kromozomun tranlokasyona uğrayan kısmında c-myc-Geni vardır. Translokasyonla bu, Ig-Cμ gen grubuna dahil olur. Bu antikorun ağır zincirini kodlar. Böylece c-myc-Gen sürekli aktive olur, hücre çevrimi süratlenir, yani hücre büyür. c-myc Geni ONKOGEN olur (Rheinhard'dan).

7.6.2. Kromozomal İnterseksiik

İnsan cinsiyeti, eşey kromozomları veya GONOZOM'lar tarafından saptanır. Kadınlar için normal Karyotip, 46 XX ve erkekler için 46 XY'dir. Mayoz sırasında kromozomların yanlış dağılımından gonozomlar da nasibini alabilir. Bunun sonucunda daha fazla veya eksik sayıda eşey belirleyici kromozom ortaya çıkar. Bu durumda da erkek veya dişi diye bir ayrım yapmak son derece güçleşir. Böylece *kromozoma bağlı intersekslikten* söz edilir. Genel olarak gonozomların sayılarında meydana gelen sayısal değişmeler otozomlardaki gibi çok tehlikeli olmaz *(Şekil 220.1).*

7.6.2.1. TURNER Sendromu

TURNER Sendromu 45 XO karyotipi ile belirlenir. Bu, insanda rastlanan kromozom sayısındaki azalmaya rağmen, hayatta kalan ve döl verebilen tek örnektir.

Bunlarla birlikte embriyoların % 95'i ölmektedir. Fenotipik olarak TURNER bireyleri kadınımsıdır; ama ovarların gelişimi ve segonder eşey özellikleri ortaya çıkmaz.

7.6.2.2. XXX Trizomi

Eğer X kromozomu üç defa görülürse "**XXX trizomisi**"nden söz edilir. Yurdumuzda bu trizomiye sahip kadınların sayısının 40 000-50 000 dolayında olduğu tahmin edilir. Bunlar cüsse olarak çelimsizdir; ama doğurabilirler. Bu kromozom değişmesi kalıtsal değildir; zira bu kadınlar normal kromozom setine sahip çocuklar doğurur. X kromozomu trizomisi ile düşük ve ortalamanın altında olan IQ değeri arasında ilişki vardır.

7.6.2.3. KLİNEFELTER Sendromu

KLİNEFELTER Sendromu X kromozomu sayısının tek başına eşeyi belirleyici bir etken olmadığını gösteren iyi bir örnektir.

Burada bir XXY Trizomisi söz konusu olup, hasta erkekler **interseksüel erkek** diye adlandırılır. Bunlar dış görünüş olarak erkek vücut yapısına sahiptir; ama erkeğin eşey organları gelişmemiştir. Kural olarak KLİNEFELTER erkekler sterildir. Bunların IQ değerleri genellikle ortalamanın altındadır. Hastaların uzuvları uzu;, gögüsleri gelişmiş; omuzları dar ve basenleri geniştir (*Şekil 222.1*).



7.6.2.4. Diplo-Y-Sendromu

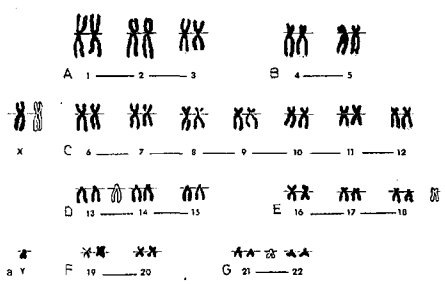
Diplo-Y-sendromu, davranışla genetiğin ilişkili olabileceğine ait iyi bir örnektir. Araştırmacılar 1968 yılında 196 mahkum içerisinde 7 diplo - Y erkeği (%3.4) olduğu saptamışlardır. Daha sonra yürütülen ve çok sayıda mahkumu kapsayan çalışma ise suçluların ancak %0.3'ünde bir diplo-Y sendromu olduğunu gösterdi. Bu sayı ise erkek nüfusdaki hastalığın genel sıklığına eşittir.

7.6.3. Gonadal Intersekslik

Bazı durumlarda intersekslik her iki eşey bezi tarafından oluşturulur. Bu, gerçek bir çift eşeyliliktir (hermafroditlik). Bunun nedeni de henüz bilinmemektedir. Bu durum, iki yumurta hücresinin birbirine yapışması ile açıklanabilir. İki yumurta hücresi tek bir sperm tarafından döllenir ve bunların biri dişi, diğeri de erkektir. Böylece çift bir zigot oluşur. Birinde karyotip 46-XX, diğerinde ise karyotip 46-XY görülür. Vücudun bir tarafında sperma, diğer tarafında da yumurta kesesinin görülmesi ancak bu şekilde açıklanabilir. Gerçek erkek çift eşeylilik (hermafroditlik) çok nadirdir; dünyada sadece 100 örnek bilinmektedir. Buna karşın hormonlara bağlı olarak intersekslik daha sıktır.

7.6.4. Kedi Çığlığı Sendromu

Hasta bebekler kedi çığlığına benzer bir ses çıkarır. Çocuklar ruhi ve bedensel gelişmelerinden geri kalır. **Kedi çığlığı sendromunun sitolojik nedeni "5 nolu kromozomdaki parça kaybıdır.** Kromozom parça kayıpları diğer kromozomlarda da vardır.



Şekil 222.1. İnsanlardaki önemli kromozom aberasyonları 13, 18 ve 21 nolu kromozomlardaki trizomileri gösteren bir karyogram ve buralardaki fazladan olan (x) kromozomu (Klinefelter Sendromu)Klinefelter Sendromlu bir hasta (Bresch ve Hausmanndan Overzier'e göre)

7.7. KALITSAL BOZUKLUKLARIN ERKEN TEŞHİSİ GENETİK DANIŞMA MERKEZİ

Son yıllarda mongoloid çocuk doğurma oranında büyük gerileme olmuştur. Bu sonuç *genetik danışma merkezlerinin* yoğun çalışmalarına dayanır. Yüksek yaş nedeniyle kromozom aberasyonuna sahip bir çocuğu doğurma rizikosu oldukça yüksektir. Bu nedenle doğum öncesi danışma merkezlerine gidilir ve anne adayı müşahede altına alınır. Eğer gerekirse *AMNİYON SENTEZİ*, yani embriyo suyu punksiyonuna başvurulabilir. Bunun için hamileliğin 14. ve 16. haftasında punksiyon iğnesi ile plasentadan bir miktar su alınır. Bu suda daima atılmış fötüs hücreleri bulunur. Burada da, lenfosit kültüründe olduğu gibi hücre kültürü yapılır. Kromozom analizleri ve biyokimyasal araştırmalar yürütülür. Amniyon sentezi ile kromozom aberasyonu ve çeşitli metabolik bozukluklar doğumdan önce belirlenir. Ebeveynlerin onayı ile kürtaj yapılabilir. Embiryo suyu punksiyonunda fötüsün zarar görme rizikosu % 1 kadardır. Bu yöntem ancak doğacak çocukta bir anomali olma ihtimali varsa uygulanır. Daha az rizikolu bir yöntem de *KORİYON BİOPSİ*'sidir. Hamileliğin 8.-9. haftasında yapılabilir. Bu şekilde elde edilen su, hücre kültürü ve biyokimyasal araştırmalarda da kullanılır. Günümüzde yaklaşık 75 farklı metabolizma danışma merkezinin en önemli görevi ailenin acı çekmesini önlemektir. Dolaylı olarak da bir başka görevi EUGENİK yönteminde kendini gösterir; bu yöntemde insanın genetik yapısının düzeltilmesi hedeflenir. Eugenik kavramı Nasyonal Sosyalistlerce kötüye kullanılmıştır. Bu, ırk ayrımı ile aynı tutulmuştur.

7.7.1. Genom Analizi

CHOREA HUNTINGTON (Veitstanz) dominant kalıtlanan ve tedavi edilemeyen bir sinir hastalığı olup 30-45 yaşları arasında görülür. Bu hastaların çocukları da, % 50 olasılıkla bozuk gen nedeniyle, hastalanır. Genetik danışmanlar için en önemli sorun, sağlıklı ve genç bir kimseye, analiz sonucunu bildirmeleri olup % 50 olasılıkla bu hastalığa yakalanacak çocuklar üreteceğini ve kendisinin de belli bir yaşa girince hastalanacağını söylemektir.

7.7.2. Gen Sondası Yardımı ile Gen Bozukluğu Tesbiti

İnsan DNA'sında kanıtlanabilir bozuk genlerden birisi de *YARIMAY GENİ*'dir. Bunun için hastanın hücre kültüründen DNA izole edilir ve bir parçalama enzimi ile küçük parçalara ayrılır. Bu enzim parçalama noktalarında belli bir baz dizini tanıdığından, farklı uzunluktaki DNA parçalarının ilginç bir karışımı meydana gelir. Kesilen parçalar daha sonra jel elektroforezi ile büyüklüklerine göre ayrılır. Ayrılmadan sonra, jele emici bir nitroselülöz membran konur ve DNA parçaları membrana difüzyonla girer. *BLOTTİNG* denen olayın ürünü, band örneğinin bir kopyasıdır.

Daha sonra taşınan DNA parçaları ısıtılarak tek dizinlere ayrılır. Bunun akabinde radyoaktif işaretli bir *GEN SONDASI* eklenir. Bu, uygun bir RNA veya örneğin aranılan gen sekuensine uygun olan kısa bir sentetik DNA parçası olabilir. Gen sondası baz çifti oluşturmak için yarımay sekuensi içeren DNA bandını bağlar. Bu band *AUTORADYOGRAFİ* ile görülebilir, zira işaretli gen sondası filmi karartır.

Yarımay genini kanıtlamak için başka bir yöntem de, özel ayırma enziminin baz sekuensini değiştirmesine dayanır. Yarımay geni taşıyan DNA parçası daha bü-

yüktür. Normal beta-globin geni ise iki parçaya ayrılır. Buna uygun olarak da kromatogram, başka band pozisyonlarını gösterir.

Yarımay geninin tayini için açıklanan yöntem, bozuk baz sekuensinin tanınmasını şart koşar. Bu bilgi genom analizi için her zaman mutlaka gerekli değildir. Örneğin CHOREA HUNTINGTON'da, hastanın özel bir DNA band örneğine sahip olduğu bulunmuştur. Bu özel örnek MENDEL kanunlarına göre kalıtılır. Bir insanın DNA'sında bu özel örnek bulunursa onun CHOREA HUNTINGTON geni taşıdığı sonucuna varılır.

7.8. KALITIM HASTALIKLARI VE İNSANOĞLUNUN GELECEĞİ

Endüstrileşme sonucu mutasyon oranında bir artış oldu; ama fenilketonuri ve şeker hastalığı gibi genetik hastalıkların tedavi imkanı vardır. Toplumumuzda genetik kökenli hastalıkların sayısı artmaktadır. Buna engel olmak için genetik danışma merkezlerinin devreye sokularak sağlıklı bir nesil yetiştirilmesi amaçlanır.

Modern moleküler genetik *GEN TEŞHİS (=DİYAGNOZ)* yöntemleri genetik danışmadan daha ileridedir. Son zamanlarda suç yerinde bulunan bir doku parçası incelenerek suçlu tesbit edilebilmektedir.

Gen tedavisi için de modern yöntemler yeni imkanlar sağlamıştır. Özellikle, bozuk olan genleri tamir için insanın kalıtım faktörlerine yapılacak müdahaleler son zamanlarda, en çok tartışılan bir konudur. Örneğin, kalıtsal hastalığı taşıyan vücut hücreleri alınır ve sağlıklı gen, virüsler yardımı ile hücreye gönderilebilir. Bu şekilde değişen hücre, doku oluşturacak şekilde kültive edilerek yenilenebilir. Böylece kalıtsal hastalık nedeniyle olmayan enzimin üretimi sağlanır. Gerçi böyle bir yöntem şu anda güncel değil; ama ileride kan yapan sistem için düşünülebilir.

Embriyoya gen teknolojik müdahaleler yapılabilir. Kalıtımsal bir hastalığı olanlar embriyo hücrelerinin, gen tamiri ile sağlıklı döl üretilebilecektir. Böyle bir gen terapisinin teknik zorlukları bir yana, insan embriyosuna yapılacak müdahaleler, insanın kültive edilmesi anlamı taşıması nedeniyle, sakıncalı olduğu görüşü de hakimdir. Genom analizleri ve gen terapisi imkanları gelecekteki toplumun gelişimi için çok büyük önem taşıyacaktır.

7.9. MUTAJENLER KANSERİ AKTİVE Mİ EDİYOR?

Sanayileşmiş toplumlarda ölümlerin en önemli ikinci nedeni kanserdir. Her yıl yüzbinlerce insan kanserden ölür. Kanser, hücrelerin kontrolsüz çoğalması ile kendini belli eder ve çeşitli etmenlerle uyarılır. İnsanda kanser yapan virüslerin olması da olasıdır. Enerjice zengin ışık ve 50'den fazla maddenin kansere yol açtığı bilinir. Bunların etkisi ile DNA'da tamir edilemez değişmeler olur ve bir vücut hücresi kanserli hücre olup çıkar. Böyle bir değişim için bir mutasyon yeterlidir. Mutasyon etmeni kanser geni (=ontogen) ne isabet ederse, kanser aktive edilir. Son yıllardaki kanser vakaları, çevre bozucu faktörlere bağlı olarak artmaktadır. Günümüzde 65 000 adet çeşitli madde ticareti yapılmakta ve bunların da ancak çok azının insana etkisi bilinmektedir. Oysa bu maddelerin insanın sağlığı üzerinde yol açtığı etkilerin çok iyi araştırılması gerekir. Ancak bundan sonra bilinçli hareket imkanı doğar ve kanserojen maddelere karşı gerekli önlemler alınabilir.

8. İMMUNBİYOLOJİ

8.1. ANTİJEN VE ANTİKOR

Kızamık tipik bir çocuk hastalığıdır. Bu hastalık bir virüs tarafından öksürükle taşınır. Virüs vücut hücrelerini enfekte edip onları tahrip eder. Vücut sıcaklığının artıp deride kırmızı lekelerin görülmesi, hastalığın semptomudur. Birkaç gün sonra ateş düşer ve semptomlar kaybolur.

Virüs, bakteri ve mantarlar, organizmaları sürekli olarak tehdit eder. Aşağı organizasyonlu hayvanlar, yiyici hücrelerin *Fagositoz* özellikleri ile mikropları yok eder. Yüksek organizasyonlu hayvanlar yiyici hücrelerin yanında, bir *İMMUN SİSTEM*'e sahiptir. İmmunbiyolojik olan koruyucu reaksiyonların hepsine *İMMUN CEVABI* denir.

8.1.1. Antijenler

İmmun sistemimiz, hastalık yapıcısını üst yüzeyinden anlar. Bakteri membranları veya virüs örtülerindeki polisakkarid veya proteinler vücut tarafından yabancı madde olarak hemen tanınır. Savunma reaksiyonunu aktive eden böyle makromoleküllere *ANTİJEN* denir.

Antijen olarak tüm virüs veya bakteriler etki yapmayıp, sadece belli makromoleküller ve özellikle bu makromoleküllerin küçük bir bölgesindeki antijen determinantı denilen kısımları etkindir. Çok sayıda ve farklı antijen determinantına sahip makromoleküllere *POLİVALENT* denir.

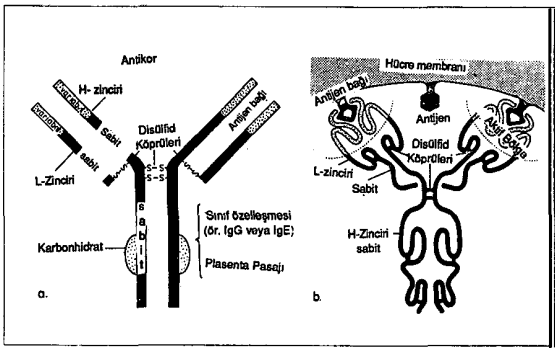
8.1.2. Antikorlar

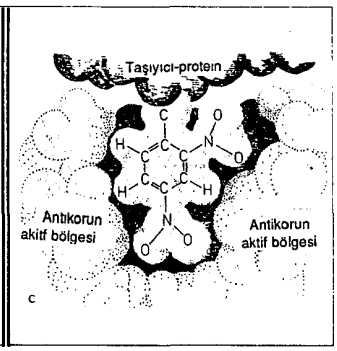
Kızamık geçiren biri yaşam boyu bu hastalığa karşı bağışıklık (=immunite) kazanır. Bu immunite diğer hastalıkları içine almaz. İmmunitenin, yaklaşık yüz yıldan beri, hastalık sırasında vücudun ürettiği özel protein maddelerine dayandığı bilinir. Bu proteinlere *ANTİKOR* adı verilir Bunlar plazmada çözünür veya lenfositlerin üst yüzeyine bağlanır.

Antikor oluşumunu laboratuvarda deneysel olarak kanıtlayabiliriz. Bunun için fare vücuduna yabancı olan bir protein, yani bir antijen madde enjekte edilir. Bu işlemden birkaç hafta sonra, fareden kan alınarak, kan hücre ve fibrin maddeleri ayrılır. Geride kalan serum, antijen çözeltisinin başka bir kısmına konur. Böylece plazmadaki antikor sayesinde antijen maddesinde belli bir topaklaşma izlenir. Eğer plazma elektroforezle ayrılırsa çeşitli protein fraksiyonu elde edilir. Antikor *GAMMA GLOBULİN FRAKSİYONU*'nda bulunur ve *IMMUNGLOBULİN* (=Ig) adını alır.

Antikorların çoğu "Y" şeklinde bir protein molekülüdür. Bunlar birbirlerinin benzeri olan iki protein zincirinden oluşur. Bunlardan kısa olan ikiliye *L-zinciri*, uzun olan ikiliye *H-zinciri* denir. Bunları *DİSÜLFİD* köprüleri birarada tutar.

Kızamığa karşı devreye giren antikorlar, diğer antikorlardan kısa olan iki dallı açı kollarının ucundaki küçük bölümlerin varlığı ile ayrılır. Molekülün bu bölümüne *DEĞİŞKEN KISIM* denir. *SABİT KISIM*'lar ise tüm antikorlarda aynıdır *(Şekil 226.1)*.





Şekil 226.1: Bir antikor molekülünün yapısı. a) Protein zincirinin şematik düzeni; b) Antijenin bağlandığı aktif bölge (Kuhn ve Probst'tan).

Şekil 226.2: Determinant ve antikorlar kilit anahtar uyumu içindedir (Kuhn ve Probst'tan).

8.1.3. Antijen-Antikor Reaksiyonu

Antikorun değişken kısımları "Anahtar ve Kilit" kuramı uyarınca antijen determinantı ile uyumludur. Bir virüsün üst yüzey proteinleri, uygun antikorlar tarafından kuşatılır. Bunun sonucunda virüs hücreye giremez ve zararsız hale getirilir. Bir antikor her iki bağlantı noktası ile iki virüs veya bakteri arasında birikebilir. Böylece ağlı bileşikler oluşur. Onları da yiyici hücreler fagositozla yok eder *(Şekil 226.2)*.

8.1.4. Antikorların Çeşitliliği

Organizmamız sadece hastalık yapanlara karşı antikor oluşturmaz. Doğada olmayan, yani sentetik proteinler gibi antijenlere karşı da, antikor üretilir. Organizma milyonlarca çeşit antijene karşı antikor oluşturabilir. Antikorların bu çeşitliliği nasıl açıklanabilir?

Antikorlar bir çeşit protein olup her birinin oluşumundan belli bir gen sorumludur. Buna göre olası antikorlar için milyonlarca genin var olması gerekir. Bu ise mümkün değildir. Bu yüzden bir antikor molekülünün sentezine, çok sayıda gen bölümü katılır. Her gen bölümü, proteinin kısa bir molekül kısmını üretir. Antikorun değişken bölümlerinde bu kısımlar rastlantı yöntemine göre düzenlenir. Bu çok yönlü kombinasyon imkanı nedeniyle 10 milyondan daha fazla çeşitli antikor bir araya gelir. Herhangi bir enfeksiyonda bu çok çeşitli antikor içerisinden antijenin yapısı ile uyum gösteren biri seçilir ve üretilir. Bu nasıl olaylanır?

1960 yılında antikorların *B-lenfosit*'lerinden oluştuğu anlaşıldı. Her lenfosit yapısı farklı bir antikor üretir. Antikorlar önce serbest bırakılmayıp, lenfosit üst yüzeyine bağlı kalır. Bir enfeksiyon sırasında, milyonlarca B-lenfositinden, antikor yapısının antijene uygun olanı seçilir. Bunlar yapısal olarak aynı ve özel antikor üretir. Bu mekanizmaya *KLONAL SELEKSİYON denir.*

8.2. AKYUVARLARIN FAGOSİTİK ÖZELLİĞİ

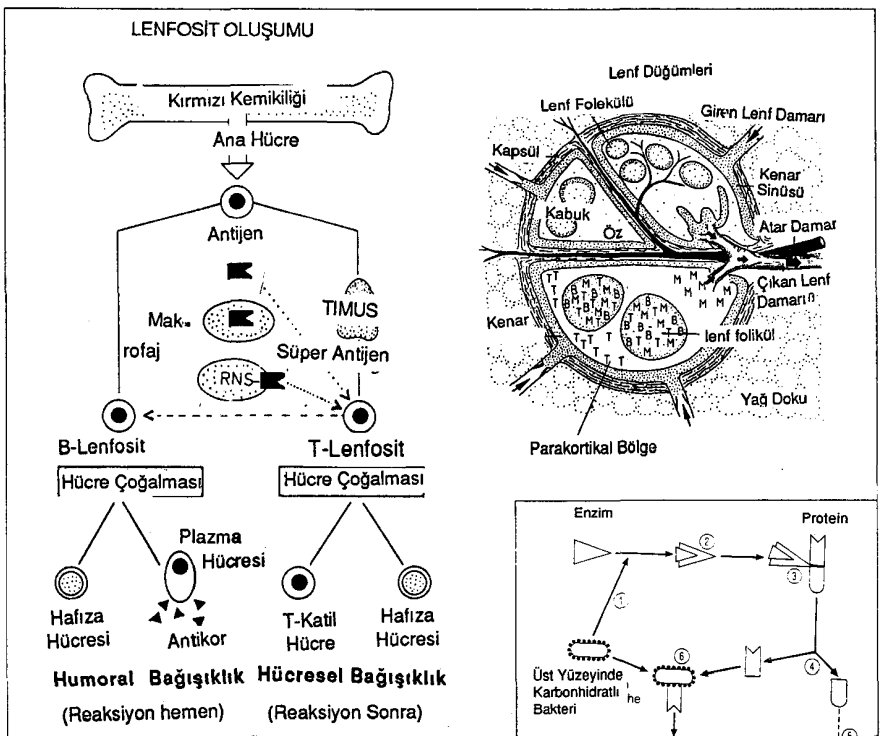
Yiyici hücreler, vücuda girmiş hastalık yapıcı bakterileri yok eder, ama vücuttaki hücrelere dokunmaz. Yabancı ve yabancı olmayan yapıların ayırtedilmesi, yiyici hücrelerin yüzeyindeki proteinler yardımı ile olur. Bu tanıyıcı yapılarla bakteriler saptanır ve daha sonra bunlar *SPESİFİK OLMAYAN FAGOSİTOZ*'la yok edilir *(Şekil 226.2)*.

Başka bir koruyucu mekanizma da *SPESİFİK FAGOSİTOZ*'dur. Birçok bakterinin hücre membranında karbonhitrat (1) bulunur, bunlar kanda çözünen bir enzimi aktive edebilir (2). Bu aktive edilmiş enzim kanda çözünmemiş özel bir proteini parçalar (3). Böylece iki farklı büyüklükte parçalanma ürünü oluşur (4). Küçük olanı kemotaktik olarak granülositleri uyarır (5); büyük olanı bakteri membranına yapışarak onu granülositler için işaretler (6), böylece *GRANÜLOSİT*'lerin yok edeceği, hedef bakteri işaretlenir. Granülositlerin membranındaki reseptörler (7), bakteri membranındaki işaret proteini ile uygunluk gösterir. Bakteriler bu şekilde granülositlere bağlanır (8). Daha sonra da fagositozla yok edilir *(Şekil 227.1)*

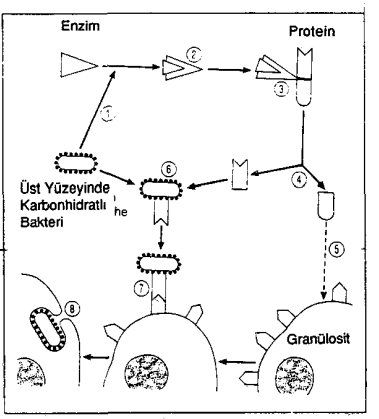
Özel fagositozda, spesifik olmayan normal fagositozdan farklı olarak işaretleme mekanizması ile belli antijenler elemine edilir.

8.3. BAĞIŞIKLIK CEVABI

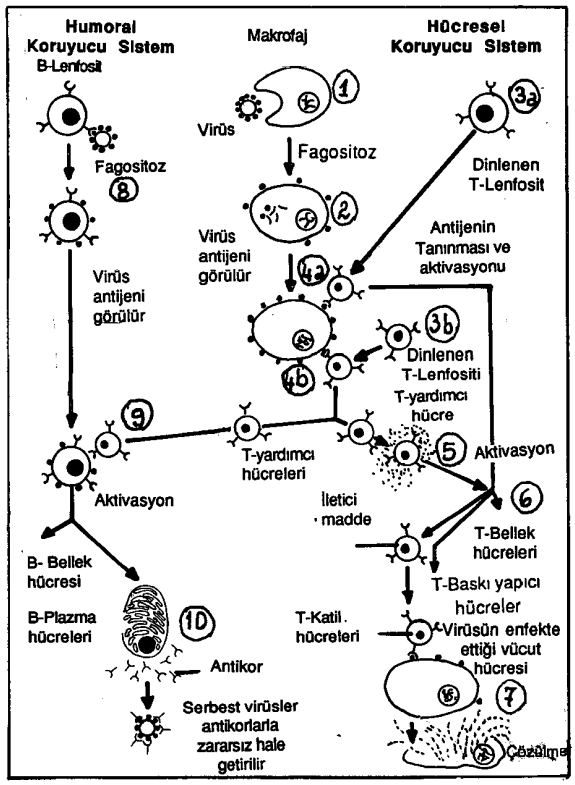
Vücuda giren bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcılar, yiyici hücrelerin saldırısına uğrar ve yok edilir. Bu kandaki küçük akyuvarlar, yani *GRANÜLOSİT*'ler ta-



Şekil 227.2: Lenfosit oluşumu. Kemik iliğindeki ana hücreden B- ya da T- hücreleri oluşur (üstte) Lenf düğümünün şematik kesiti (altta) T-hücreleri (T) daha çok parakortikal bölgededir. B-hücreleri (B) Follikülün kenar kısmında yer alır. Öz bölgesi özellikle makrofajları içerir (M). Follikülde her üç lenfosit tipine de rastlanır (Kuhn ve Probst'dan).



Şekil 227.1: Akyuvarlarla fagositoz (rakamlar için metine bkz.)



Şekil 228.1: Hücresel ve humoral bağışıklık yanıtı (Biologie h.'den).

(humor=sıvı) *IMMUNİTE CEVABI*'ndan söz edilir.

rafından olur. Lenf, büyük akyuvarlar, yani *MAKROFAJ*'larda temizlenir. Yiyiyi hücrelerin yanında *LENFOSİT* denen başka türden akyuvarlar da vardır. Bunlar da hastalık yapıcılara karşı vücudu korur. Timus bezinde veya kemik iliğinde gelişmiş olmalarına göre bunlar *T- ve B- lenfositleri* diye ayrılır *(Şekil 227.1 ve Şekil 227.2)*. T-lenfositleri vücut hücrelerine giren virüslere karşı savaşır. Bunlar, bu şekilde enfekte olan hücreleri tanır ve onları yok eder. Bu durumda *HÜCRESEL İMMUNITE CEVABI*'ndan söz edilir. B-lenfositleri antikor oluşturur. Bunlar daha çok vücut hücrelerinin dışındaki bakteri ve virüslere karşı etkilidir. Zira bu korunma, kan ve lenf gibi vücut sıvılarında gerçekleşir. Bu durumda *HUMORAL*

8.3.1. Hücresel Bağışıklık Cevabı

Vücudun enfeksiyondan korunması immun sistemin çeşitli hücrelerinin etkileşimi sayesinde olur. Bunu virüslere karşı yapılan savaş örneğinde inceleyelim *(Şekil 228.1)*.

Önce bazı virüsler, makrofajlar tarafından yenerek yıkılır (1). Virüs parçaları makrofajların dış membranına göçer: Makrofaj, virüsün antijen determinantlarını tanır (2), yani bu hastalık yapıcının hangi tipik yapıya sahip olduğunu lenfositlere gösterir. Dinlenmekte olan T-lenfositleri (3a-3b) nin üst yüzeyinde antikor yapısında reseptörler vardır. Bu reseptörlerle lenfositler, makrofajdaki antijenlere birikir (4a, 4b). Böylece lenfositler aktive edilir. Bu aktivasyon lenfositin tümüne göre farklıdır. Belli bir lenfosit türü haberci madde üretmeye başlar (5). Haberci madde diğer koruyucu reaksiyonlar için mutlaka gerekir. Bu yüzden bu lenfositlere *T-YARDIMCI HÜCRE*'leri adı verilir. Diğer lenfositler aktivasyonla bölünmeye zorlanır. Hücre bölünmesi için başlama işareti T-yardımcı hücrelerinin haberci maddeleri vasıta ile verilir (6). Burada spesifik reseptörü yüzdelerinde taşıyan yeni hücreler oluşur. Bu hücreler reseptörleri ile enfekte olan ve enfeksiyon sonucu membranlarında antijen taşı-

yan vücut hücrelerini tanır. Bunlar enzimler yardımı ile hasta hücre membranına birikir ve onları yok eder (7). Bunlara *T-KATİL HÜCRE*'leri denir.

Bu arada *T-Engelleyici Hücreler*'i oluşur. Bunlar lenfosit oluşumunu inhibe eden maddeler üretir. Böylece eğer bir hastalık iyileşmezse birkaç hafta sonra bağışıklık reaksiyonu sona erer ve başkaca katil hücre üretimi engellenir.

Nihayet bunların dışında uzun süre yaşayan *T-Hafıza Hücreleri* oluşur. Bunlara antijen örneğini depolar, aynı hastalık yapıcısının bir sonraki enfeksiyonunda süratli ve etkili bir immunite cevabının verilmesini aktive eder.

8.3.2. Humoral Bağışıklık Cevabı

Antikorlar hücre parçalanması sonucu serbestleşen virüslerle savaşır. Antikorları B-lenfositleri üretir. Burada da önce lenfositlerin aktivasyonu gerekir. Bunlar bazı virüsleri alır ve parçalar (8). Lenfosit membranında antijen determinantları vardır. Buraya T-yardımcı hücreler yerleşir (9). Bu temas olmadan hiçbir antikor üretilmez. B-lenfosit, hücre bölünmesi için uyarılır. Böylece *B-PLAZMA HÜCRE KLON*'u oluşur. Bu plazma hücrelerinin her biri özel antikor üretim FABRİKASI'dır. Bunun yanında *B-HAFIZA HÜCRELERİ* de oluşur.

8.3.3. Bağışıklık Hoşgörüsü

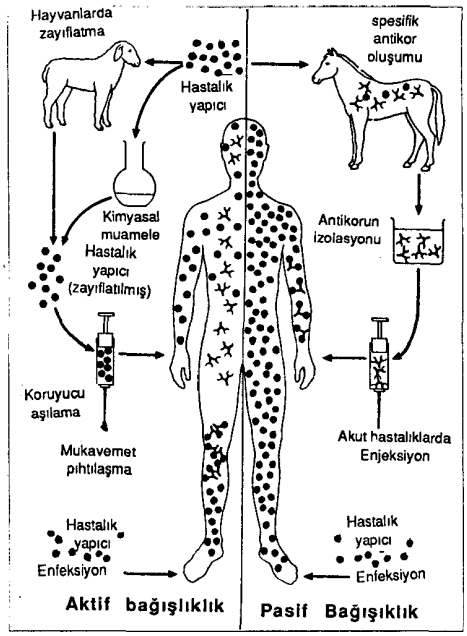
A grubundaki yeni doğan bir fareye, B grubundaki fare embriyosu dalak hücresi enjekte edilsin. Genç fare normal gelişir. Bir zaman geçince ona bu sefer B grubundaki farenin bir parça derisi transplante edilirse, deri gelişimini sürdürür. Buna karşın, doğumdan sonra B-grubundan hücre enjekte edilmemiş A grubuna ait bir fareye deri nakledilirse o bunu reddeder. Hücre enjeksiyonu yapılmamış bir A faresinde deri reddi, immun korunması sonucudur. Vücutça yabancı doku, hemen tanınmış ve reddedilmiştir. Halbuki dalak hücresi enjekte edilen A faresi yabancı dokuya karşı hoşgörü göstermiştir.

Bu deney immun sistemin doğumdan sonra geliştiğinin kanıtıdır. Buradan şu sonuç çıkar: İmmun sistemi embriyonal dönemde, vücuda yabancı olmayan maddeleri hoşgörmeyi öğrenir. Bağışıklık sistemi bunlara saldırmaz ve vücuda yabancı hücreler de bu dönemde, vücudun kendi hücresiymiş gibi kabul edilir. Bu hücrelerin membran yapıları, daha sonra kendi vücutlarınınmış gibi tanınır.

8.4. BAĞIŞIKLIK HAFIZASI

İnsan, yaşamı boyunca ancak bir kez su çiçeği ve kızamık hastalığına yakalanır. Organizma yeni bir enfeksiyona karşı direnç gösterir, yani *İMMUN*'dur. Bir süre öncesine kadar immunitenin ilk hastalıkta oluşturulan fazla antikora bağlı olduğuna inanılıyordu. *İLKİN YANIT*'la karşılaştırılınca, *İKİNCİ YANIT* sırasında oldukça süratli ve daha fazla antikor yapılır. Bu çok süratli olan ikinci cevabın verilişi ne ile olmaktadır?

Bir fareye antijen çözeltisi enjekte edilirse, iki hafta sonra kanda spesifik antikor görülür. Bu hayvanlardan lenfosit alınıp, muamele edilmeyen fareye enjekte edilsin. Bu ikinci fareye aynı antijen çözeltisi enjekte edilirse, birkaç gün içinde süratli bir ikinci cevap verildiği izlenir.



Şekil 230.1: Aşının imal edilmesi. Aktif ve pasif bağışıklık (Biologie h.'den).

İlk cevap esnasında hücresel ve sıvısal immun savunmasına bağlı olmadan, hafıza hücresi olarak yeni bir enfeksiyonda savunma reaksiyonunu derhal ve daha kuvvetli olarak harekete getirebilen ve uzun yaşayan lenfositler oluşturulur.

8.4.1. Aktif ve Pasif Immunite (=Bağışıklık)

İngiliz doktoru JENNER 1798 yılında, sığır çiçek hastalığına yakalanan çiftçilerin, daha tehlikeli olan gerçek çiçeğe yakalanmadıklarını gözlemledi. JENNER sığır çiçeğinden aldığı bir miktar sıvıyı, sağlıklı olan insanların derisine sürdü ve onları gerçek çiçek hastalığına karşı immun yaptı.

İki çiçek hastalığı benzer antijen yapılarını taşır. Sığır çiçek hastalığı yapıcısı ile ilk enfeksiyon, spesifik antikor üretimi ve buna uygun hafıza hücrelerine etki yapar ve gerçek çiçek hastalığı enfeksiyonu engellenir. Zararsız hastalık yapıcılarla, örneğin güçsüz virüs veya ölü bakterilerle gerçekleştirilen koruyucu aşılamaya *AKTİF BAĞIŞIKLIK* denir. Virüsün hayvana arka arkaya nakli ile etkisi zayıf virüsler elde edilir. Böylece mutasyon nedeni ile virüsün insanı enfekte etme etkisi azaltılır. Bu yöntemde tüm rizikolar giderilmediğinden, çocuk felci aşısındaki gibi, kimyasal olarak muamele edilmiş inaktif virüsler kullanılır. Vücut normal hastalık yapıcının enfeksiyonuna karşı böylece korunmuş olur. Bu aşılamanın aksine, **PASİF BAĞIŞIKLIK**, aniden çıkan hastalıklarda uygulanır. Hayvanlardan izole edilen antikorlar, hastalık yapıcıya karşı enjekte edilir. Aynı hastalık yapıcının yolaçtığı yeni bir enfeksiyonda, tekrar aşılanma yapılmalıdır *(Şekil 230.1)*.

8.4.2. Radyoaktif Işınlar İmmun Sistemini Tahrip Ediyor

İnsanlar 1986 yılında Çernobil (=Sovyet Rusya)'deki reaktör kazasında, yüksek radyoaktif ışınların etkisi ile öldü veya hayatboyu sakat kaldı. Birçok haberde felaket kurbanlarının kemik iliğindeki kan yapıcı sistem ve buna bağlı olarak immun sistemin tahrip edildiğini yazıyordu.

Hücre bölünme aktivitesi yüksek olan dokularda radyoaktive zarar yapar. Eşey bezleri, mukoza ve kemik iliği böyle organlardır. Işınlama ile mitoz olayı kesilir. Böylece sağlıklı vücutta hücre yıkım ve yapım dengesi bozulur. Daha az bir ışınlamada bile kandaki lenfosit sayısının azaldığı tesbit edilebilir. Çok yüksek dozlarda lenfosit sayısı o kadar azalır ki, immun sistem de işlevini yapamaz. Daha önce görülmeyen virütik ve bakteriyel hastalıklar, immun sistemin zayıflaması sonucu ortaya çıkar ve organizmayı tehdit eder.

8.4.3. Allerjiler

Immun sistemi, tehlikeyi sezip hastalık yapıcıları gibi zararlı veya zararsız yabancı maddeleri ayırtedebilir. Bazı insanlarda çok duyarlılık (=hipersensibilite) vardır. Bunlarda zararsız bir madde immun sistem tarafından tehlikeli olarak görülebilir. Bu durumda immunbiyolojik koruma reaksiyonları o kadar güçlü olur ki, hastalık ortaya çıkar. Bu şekildeki şiddetli immun reaksiyonlarına *ALLERJİ* denir.

Allerjik hastaların sayısı yıldan yıla artmaktadır. İnsanların yaklaşık beşte biri çeşitli maddelere, örneğin deterjan, boya, bazı besinler, kozmetik veya metallere karşı çok duyarlıdır. Daha madde ile ilk temasta bile antikor ve hafıza hücreleri oluşur. Sonraki bir ilişkide deri döküntüsü şişme, pıskırma ve yüksek ateş gibi immun tepkimelerine neden olur.

Böyle maddeler genellikle immun reaksiyonu harekete geçirmeyen küçük moleküllere sahiptir. Bazı insanlarda örneğin deride belli taşıyıcı proteinlere bağlanarak immun reaksiyon etkisi yaparlar.

Polen, kedi kılı, böcek zehiri veya toz, hapşırma veya astım gibi çok ağır alerjik reaksiyonlara neden olur. Özellikle duyarlı bazı insanlarda tekrarlanan bir arı sokması, hayati tehlike arzeden şoklara neden olabilir. Hatta bu şoktan kurtulamayarak ölenler de vardır.

8.4.4. Monoklonal Antikorlar

Antijenler genellikle çok sayıda antijen determinantı içerir. Ayrıca aynı antijen determinantlarına karşı daima çok sayıda antikor oluşur. Bunlar antijen bağ noktalarının doğruluğu bakımından bazen farklıdır. Bu antikor türlerini ayırmak mümkün olmaz.

Aşı veya test serumu üretimi için, belli bir antikoru saf olarak elde etmek önemlidir. Mesela antikor üreten bir lenfosit, besi agarında bölünebilseydi, plazma hücresi klonu elde edilirdi ki bunların hepsi de aynı antikoru, yani *MONOKLONAL ANTİKOR* oluşturabilirdi. B-lenfositlerin besi agarında yaşayamamaları, burada en önemli bir sorundur. Bununla birlikte 1975 yılında farenin antikor üreten B-lenfositlerini başka bir farenin miyelom kanser dokusundan elde edilen hücrelerle kaynaştırmak başarıldı. Örneğin spesifik antikorların ve çözeltide kanser benzeri oluşumun, sınırsız olarak üretimi gibi, kaynaşmış hücrelerin her iki hücrenin de özelliklerini içeren hibrit hücreleri oluşmuştur.

Günümüzde monoklonal antikor büyük miktarlarda üretilip, farklı alanlarda kullanılır. Bunlar tıpta, bazı hastalıkların teşhisi ve immun bozukluğu ile enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılır.

8.4.5. Tümör Hücrelerinin Savunması

Sigara tiryakisi olan birisinde akciğer kanseri olma olasılığı yüksektir. Tütün dumanında kanseri aktive eden (=kanserojen) maddeler bulunur. Bunlar çekirdekdeki DNA'nın zarara uğramasına neden olur. Böyle bir zarar, hücre bölünmesi ile büyümenin durdurulamadığı ve kontrol edilemediği tümör, yani kanser yumrularını meydana getirir.

Oluşan her kanser hücresinin kanser hastalığına yol açmadığı sanılır. İmmun sistemin kanserli hücreleri sağlıklılardan ayırdedebileceğini ileri süren varsayım, kanserli hücrelerin membranlarında değişmiş yüzey yapıları taşıdıklarından hareket eder. Böyle hücreler vücut hücresi olarak artık hoşgörülmez ve yabancı hücreler gibi spesifik lenfosit, örneğin T-katil hücrelerinin üretimini aktive eder. Bunlar da reseptörleri ile tümör hücrelerini tanıyarak öldürür.

8.5. ORGAN NAKLİ (=Transplantasyon)

Dr. BERNARD, 1967 yılında hastasının kalbini değiştirip, ölü birinin kalbini ona nakletmeyi denedi. Yabancı kalp nakledilen hasta birkaç gün sonra öldü. O zamanlar organ nakilleri doku reddi nedeniyle başarısız olurdu. Sadece tek yumurta ikizlerindeki böbrek nakli sorunsuz olarak gerçekleşiyordu. Burada verici ve alıcı dokusu genetik olarak aynıdır. Bu nedenle de vücudun bir yerinden alınan, örneğin deri parçası başka bir kısma kolayca nakledilir. Aynı ailenin bireyleri arasındaki doku reddi, akraba olmayanlara göre daha azdır.

Her insanın hücre membranında belli proteinlerin bireysel olarak bir arada bulunması *TRANSPLANTASYON ANTİJENİ* diye adlandırılır.

Bir transplantta karşı arzu edilmeyen immun reaksiyonlar ilaçlarla kontrol edilir. Bunun da bir dezavantajı vardır, alınan ilaçlarla immun sistem zayıfladığı için vücudun enfeksiyonlara karşı direnci azalır.

9. HAYVAN VE BİTKİ ISLAHI VE GEN TEKNOLOJİSİ

Bu gün dünya nüfusu yaklaşık beş milyarı bulmakta olup, 2000 yılına doğru bu rakamın 7 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde yetersiz beslenen veya açlık tehlikesi ile karşı karşıya bulunan nüfus yaklaşık bir milyardır.

Bu nüfusu doyurmak için mevcut ürün miktarının artırılması gerekir. Bunu sağlamak da geliştirilmiş ekim yöntemleri, mineral gübrenin optimal kullanımı ve zararlılarla etkin mücadelenin yürütülmesi ile mümkündür. Ayrıca hayvan ve bitki ıslahı yöntem ve sonuçları da gün geçtikçe daha da önemini arttırmaktadır. Yapılan hesaplardan, bitki ve hayvan ıslahı sayesinde ürün miktarının % 25 gibi önemli bir oranda artırılması sağlanabilecektir.

9.1. ISLAH AMAÇLARI

Uygun olmayan özelliklerin zayıflatılması veya tamamen ortadan kaldırılması ıslahın esas amacıdır. Örneğin, yabani ot türlerinden başarılı ıslah çalışmaları ile tahıl türlerimizin elde edilip yüksek oranda ürün sağlanmasına çalışılır.

Kültür bitkilerinin meyvaları, yabanıl formlara göre daha iridir. Şeker pancarının şeker içeriği 1800 yılında yaklaşık % 5 iken, bu oran ıslah çalışmaları sonucunda günümüzde % 20'ye ulaşmıştır. Tat kalitesinin iyileştirilmesi, zararlı böceklere ve hastalıklara karşı dayanıklı ırkların ıslahı, hedeflenen başkaca amaçlardır.

Islah çalışmalarının önemini belirleyen bir başka örneği de pamuktan verebiliriz; iyi çiçekli ve dolgun pamuklu ırkların ıslahı sonucunda, pamuk bitkisinin özsuyunu emerek beslenen ve büyük zararlara neden olan böceklerin, artık bu zararlarını yapamadıkları görülür.

Dünyada yaşayan nüfusun büyük bölümü yetersiz ve kalitesiz olan proteinle beslenir. Yüksek kaliteli proteine sahip hayvan ırklarının ıslah edilme zorunluğu, ıslah çalışmalarının önemini daha da artırır. Evcil hayvanların çok az sayıdaki türü hayvansal ürünün % 100'ünü sevkeder. Genel amaç, bu evcil hayvanlardan yüksek verimli ırklar üretmektir. Hayvanlar kısa zamanda büyüyebilmelidir. Ulaşabildikleri maksimum ağırlık için gereken sürenin de azaltılması amaçlanır. Tavuğun en kısa sürede kesim yaşına ulaşması ve yumurta üretiminin artırılması için ıslah çalışmaları yapılır.

Dört çeşit ıslah vardır; bunlar:

a) **Seçim ıslahı,** b) **Kombinasyon ıslahı,** c) **Heterosis ıslahı,** d) **Mutasyon ıslahıdır.**

9.1.1. Seksüel Hibridlik

Bazen iki türün kromozom setinin birleştiği yeni tür kombinasyonlarının ıslahı da mümkündür. Böyle gen manipulasyonları ile elde edilen türlere *SENTETİK TÜRLER* adı verilir. Bunun için önce kimyasal muamele yapılarak mevcut döllenme engellerinin ortadan kaldırılması gerekir. Ancak bundan sonra mayozda normal kromozom eşleşmesi ve dağılması mümkün olur. Eğer iki bitki türünün melezi ede edilmişse, buna uygun duplikasyonu elde etmek için F_1 melezlerinin vejetasyon noktaları colchizin ile muamele edilebilir. Yapay türler için Meksika'da ıslahı yapılan çavdar ve Bufalo sığırlarını örnek olarak vermek mümkündür.

9.1.2. Somatik Hibridlik

Islahda en yeni yöntem çeşitli türlerin vücut hücrelerinin kaynaşması (=füzyon) na dayanır. Buna *SOMATİK HİBRİDLİK* denir. Hayvan hücrelerinin füzyonu için, inaktif "sendai-virüsleri", bitki hücrelerinin fizyonu içinse "polietilen glikol" kullanılır. Bitki hormonu ilavesi ile hibrid hücreleri her iki başlangıç bitkisinin özelliklerini taşıyan tam bir bitkiye gelişir. Birkaç ay sonra başlangıç bitkilerine göre daha yüksek scopal amin içeren ve iyi büyüyen yeni bir elma ırkı elde edilir. Bu alkoloid tıpta kullanılır.

Hibrid protoplastları bitki oluşumu için aktive edilebilir. Son yıllarda çok sayıda *SOMATİK HİBRİD* elde edilmiştir. Bunlardan biri de *DOMAPATATES* olup, domates ve patatesin hibrididir. Gerçi bu hibridin pratik bir faydası yoktur, ama bu metodla elde edilebilecek imkanları göstermesi bakımından ilginçtir.

9.2. GEN TEKNOLOJİSİ YÖNTEMLERİ

1970 yılında rastlantı sonucu, çok ilginç bir bakteri enzimi bulundu. Bu, belli kesinti noktalarında parçalara ayırdığı DNA'yı yıkar. Bugün 100'den daha fazla böyle RESTRİKSİYON ENZİMİ bilinir. Bunlar DNA çift dizininde 4-6 baz çiftlik dizin tanır. Bunlar da birbirinin simetriğidir. Baz çifti öne veya arkaya doğru okunması halinde bile aynıdır.

Bazı restriksiyon enzimleri kesinti noktalarını, DNA fragmanlarının kısa tek dizinli uçları geride kalıncaya kadar değiştirerek ayırır. Eğer bir uç AATT sırasını gösterirse, diğer dizin TTAA şeklindedir. Birbirine uygun olan tek dizinin bölünmeleri tekrar bir araya gelme eğilimi gösterdiğinden bunlara yapışkan uçlar (sticky ends) denir.

Restriksiyon enzimleri gen operatörlerinin kullandığı aletlere benzer. Burada farklı kökenden olan izole DNA'lar bir restriksiyon enzimi ile muamele edilir. Yapışık uçlu, bağırsak bakterisi ya da kurbağadan elde edilmiş olabilen DNA parçaları meydana gelir. Karışımda bakteri ve kurbağanın DNA fragmanlarının tesadüfi olarak birikmiş olması mümkündür. Bu parçalar "DNA-ligaz enzimi" ilavesi ile yeni kombine edilmiş DNA'ya sıkıca bağlanır.

Gen teknolojik yöntemler, sanayi ürünlerinin üretiminde de kullanılır. Günümüzde İNSÜLİN ve İNTERFERON gibi insan proteinleri, tam bir saflıkta bakteri kültürlerinden elde edilir. İnsan genini bakteriye aşılamak için bakteriyel PLAZMİD' ler kullanılır. Bunlar küçük DNA halkaları olup, az sayıda gen taşır ve hücre membranından rahatça içeri girebilir. Plazmidler izole ve restriksiyon enzimi ile muamele edilir. Açılan plazmidlere yapışkan uçlu insan geni verilir ve bağlayıcı DNA-ligaz enzimi eklenir. Böylece rekombine edilmiş insan geni içeren bir plazmid oluşur.

9.2.1. Dokuya Özel Plazmojen Aktivatörü (Gen Teknolojisinin Bir Ürünü)

İnsan kanı *PLAZMİNOJEN* proteini içerir. Bu, kan pıhtısını çözebilen *PLAZMİN* adlı enzime dönüşebilir. Bu arada pıhtılaşmada oluşan fibrin molekülleri hidrolitik olarak parçalanır.

Plazminojenin plazmine dönüşümüne çeşitli dokuların salgıladığı "tisue (=doku) Plasmojen Aktivatörü (tPA) etki yapar. Bu dönüşüm sadece pıhtının tek tek fibrin dizinlerinde olduğu için kanın genel pıhtılaşma özelliği zarar görmez.

Venlere tPA enjeksiyonu ile trombozlar çözünebilir ve böylece enfarktüslü hastalarda kalp damarlarındaki tıkanıklık giderilir. Ama yeterli miktarda tPA elde olmadığından, bunun plasenta dokusundan veya konserve kandan izole edilip temizlenmesi gerekir. Plazmojen-aktivatörü kompleks bir *GLİKOPROTEİN*'dir. 527 aminoasitten oluşur ve üç bağ noktası yanında, ilaveten bir karbonhidrat zinciri de taşır. Yani kimyasal olarak sentezi mümkün değildir.

Bu yüzden çok basamaklı bir yöntemle tPA'nın gen teknolojik olarak üretimine çalışılır. Önce tPA miktarı yüksek olan bir insan hücre kültürü aranır ve bu hücrelerden mRNA izole edilir. Bu RNA'dan *REVERS TRANSKRİPTAZ* enzimi yardımı ile cDNA (copy DNA) üretilir.

DNA kopyaları gen operatörlüğü yardımı ile bir Plazmide yerleştirilip *E. coli*'ye aşılanır. Çeşitli yöntemlerle, örneğin plazmojen-aktivatörüne karşı özel bir antikor kullanılarak tPA geni içeren bakteriler bulundu. Bu bakteriler plazmojen-aktivatörünün peptid zincirini üretiyorlardı; ama prokaryont olarak, işlevsel ökaryont gliko proteinleri yapamıyorlardı. Bu yüzden şeker bileşenlerini de tPA'ya bağlayan bir biyosentez bulunmalıydı. Bu nedenle bakterilerdren tPA geni izole edilip kobay hücrelerine enjekte edildi. Ökaryotik hücre kültürleri, santrifüjle tPA'nın ayrılıp kromotografik olarak temizleneceği proteinler üretildi. Şu anda tPA'nın gen teknolojik yöntemler kullanılarak çok yoğun bir şekilde üretimi yapılmaktadır.

9.3. GEN TEKNOLOJİSİNİN KULLANILDIĞI ALANLAR İÇİN BAZI ÖRNEKLER

GEN TEKNOLOJİSİ canlıların genetik materyallerinin amaçlanan bir şekilde yeni kombinasyonlarını mümkün kılan, tüm metodları kapsar. Farklı türden organizmalar arasındaki genetik bilginin taşınım mekanizması da buna dahildir. Gen teknolojisinin gelecekte toplumdaki etkisi tartışılır, çünkü bu yeni teknoloji kullanımı bir yandan fayda sağlamakta; ama bazı tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Burada üzerinde en çok durulan nokta, gen teknolojik müdahalelerle yapılan değişikliklerin, organizmaların yeni özellikler kazanıp hastalık yapıcı veya çevre bozucu etki yapıp yapmayacağıdır.

Bununla birlikte gen teknolojisinin özellikle tıp, kimya endüstrisi ve tarım alanında sağladığı faydalar inkar edilemez.

9.3.1. Hammadde İşlemede Bazı Örnekler

Bitkilerdeki selüloz ve nişasta ham maddesi, artan bir şekilde önem kazanıyor. Dünyadaki bitkilerden yıllık nişasta üretimi bir milyon ton civarındadır. ABD'deki mısır nişastası, biyoalkol üretiminde kullanılır. Yalnız nişastanın bir ön muameleden geçirilmesi şarttır, zira **Saccharomyces cerevisie** adlı maya nişastayı direkt olarak mayalamaz. Onda nişasta yıkıcı bir enzim olan AMİLAZ yoktur. Bu yüzden bakterilerden amilaz için bir gen izole edilmiştir. Eğer bu gen, mayaya işlev yapacak şekilde aşılanabilirse, ideal bir mikroorganizma elde edilecektir, yani nişasta yıkımı ve alkol üretimi böylece aynı anda olacaktır.

9.3.2. Hayvan Islahı İle İlgili Örnekler

Günümüzde gen teknolojisinin pratik önemi hayvan ıslahında kendini gösterir. ABD'nde seksenli yıllardan beri kullanılan sığır büyüme hormonları bovine Growth Hormone (=bGH), *E. coli* kültüründen elde edilir. bGH bakteriye gen teknolojik olarak enjekte edilmiştir. Hergün hormon enjekte edilen ineklerde, % 40 oranında süt artışı sağlanır. Bu arada sütteki hormon kalıntılarının, insan organizmasında yol açacağı olumsuz etki de göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle bGH kullanımı çeşitli ülkelerde yasaktır, zira kalıntıların kanserojen madde taşıdığı bilinir. Burada gen tek-

nolojik müdahalede ürünün artırılması bakımından bir fayda sağlanmış olsa bile, hormon kalıntısının insanda yol açacağı kötü sonuçlar nedeniyle gerek hayvan ve gerekse bitki üretiminde hormon kullanımı, ya yasaklanmalı ya da etkin bir biçimde kontrol edilmeli ve hormonun tamamı çözünüp insanda kanser ve diğer hastalıklara yol açmaması sağlanmalıdır. İnsanda gen teknolojik olarak kazanılabilen gen ürünleri *Tablo 236.1*'de görülmektedir.

Tablo 236.1 : Gen Teknolojisi Kullanılarak Elde Edilen, İnsandaki Genetik Ürünler

Ürün	Etki
Beta-Endorfin	Ağrıları dindirir
Faktör VIII	Kan pıhtılaşmasını düzenler
Urokinaze	Kan pıhtılarını çözer
Süperoksid Dizmutaz	İltihaplanmayı inhibe eder
Tümör Nekroz Faktörü	Tümör hücrelerinin büyümesini bloke eder
Parathormon	Kalsiyum metabolizmasını düzenler
Somatostatin	Büyüme hormonunun üretimini düzenler

9.3.3. Buz Minus Bakterileri

Kaliforniya'da 1987 yılı ilkbaharında genetik olarak değiştirilen organizmalarla doğada ilk defa bir deney yürütüldü. Orada erken ilkbahar gece donları ile ürün kaybı olmaktaydı. Dona duyarlı bitkilerdeki su, normal olarak –5 ile –8°C de donar ve zarar görür. Ora bitkilerinin yüzeyinde çok sayıda bakteri vardır. Bunlardan **Pseudomonas syringae** çok yoğundur. Bu bakteri, yüzeyinde belli bir protein yapar. Bu yüzden bitkideki çiğ tanecikleri 0°C'nin hemen altında donar. Meydana gelen buz iğneleri dokuya girip onu tahrip eder.

Gen teknikerleri **Pseudomanas syringae**'de yüzey proteini genini saptayıp ondan bir DNA dizinini uzaklaştırdılar. Böylece yüzeyinde protein olmayan *BUZ MİNUS BAKTERİSİ* elde ettiler. Bunlar **Psedomonas syringae**'nin rakibi olarak bitkiye *BUZ ARTI BAKTERİ*'sini sokabildiler.

Laboratuvar deneyleri "buz" eksi bakterisi serpilmiş test bitkilerinin –1°C'den zarar görmemesine karşın, muamele edilmeyen kontrol bitkilerinin hepsinin zarara uğradığı görülmüştür.

Nisan 1987'de deneme alanındaki çileklere buz-minus-bakterileri serpildi. Bu olay birçok grubun protestosuna yol açtı, zira bunlar gen teknolojisi kullanılarak değiştirilen bakterilerin serbest bırakılma tehlikesini çok büyüttüler. Buz minus bakterilerinin diğer bitkilere de yayılacağı ve buz-artı-bakterilerinin yerini alacağından korktular. Gerçekten de kontrollü ve bilinçli kullanılmama sonucunda çeşitli bitkilerin de bundan etkilendiği görülmüştür.

BÖLÜM V
ÇOĞALMA ve GELİŞME

Yumurtadan çıkan civciv, bir zaman sonra, yumurta bırakmaya, yeni civciv ve tavuklar üretmeye başlar. Bu olgu döller boyunca sürüp gider. Aynı şekilde bir fındık ağacı da oluşturduğu fındıkla yeni ve genç bitkilerin gelişmesini ve onların da yepyeni döller üretmesini mümkün kılarak, soyunu sürdürür. Canlıların üreyip gelişme olgusu, şu soruları sormamıza olanak verir:

a) Organizmalarda çoğalmanın hangi çeşitleri vardır?
b) Tek bir eşey hücresinden ne şekilde çokhücreli bir organizma oluşur?
c) Gelişim için hangi nedenler söz konusudur?

Aşağıda da öğreneceğimiz gibi tekhücrelilerin çoğalma ve gelişimi çok basittir. Bölünme ile iki oğul hücre oluşur. Bu sıradaki çekirdek bölünmesi bir mitozdur. Oğul hücreler de ana hücre büyüklüğüne ulaşınca tekrar bölünerek yeni oğul hücreler meydana getirir. Çevre koşulları elverişsiz olursa tekhücrelilerin çoğu devamlı formlar oluşturur. Bu devamlı formlara bakterilerde *"SPOR"*, alglerde *"SİST"* adı verilir.

Çokhücrelilerin çoğalmasında, türün yeni bireylerinin oluşturulduğu tekhücreler veya hücre grupları meydana getirilir. Bu olay birbirini izleyen basamaklarda gerçekleşir. Tekhücreler ya da hücre grupları önce büyür, yani hacımları artar ve çoğalır. Bunu da farklılaşma izler. Aynı şekilde farklılaşan hücrelerden doku ve çeşitli dokulardan da organlar ortaya çıkar. Bir organizmanın bu düzenli oluşumuna "GELİŞME" denir.

İlk gelişme basamağı "EMBRİYONAL GELİŞME"dir. Bunu da birçok hayvan ve insanda olduğu gibi "ÇOCUKLUK", "GENÇLİK" ve "OLGUNLUK" dönemi izler. Son dönemde yapım ve yıkım olayları dengededir. Bundan sonra yeni yapılan ve yıkılan hücre sayısında bir uygunluk vardır. Yaşlanınca yıkım olayları çoğalır ve nihayet yaşamsal olaylar durur ve ölüm ortaya çıkar. Bu dönemlerin olaylanmasına "ORGANİZMA GELİŞİMİ (=ONTOGENİ)" adı verilir. Gelişim dönüşümsüz olup, bir yönde olaylanır.

Bir organizmanın maksimum yaşam süresi genetiksel olarak belli sınırlar içindedir; ama hücrelerinki farklıdır. Bağırsak mukoza hücresi birkaç gün, alyuvar dört ay ve bir sinir hücresi yaşam boyu işlevini sürdürür. İnsan vücudunda saniyede 50 milyon hücre yok olur ve sinir hücresi hariç bir o kadar da yeni hücre yapılır.

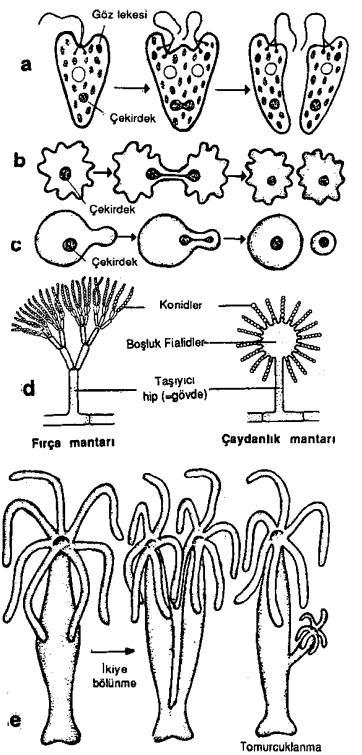
Çoğalma eşeysiz ve eşeyli olmak üzere iki şekilde olur.

1. EŞEYSİZ ve EŞEYLİ ÇOĞALMA

1.1. EŞEYSİZ ÇOĞALMA ŞEKİLLERİ

1.1.1. Eşeysiz Çoğalmanın Avantaj ve Dezavantajları

Bu çoğalmada sadece bir hücreye ebeveyin olarak gereksinim duyulur. Çiftleşme söz konusu değildir. Bir defada çok sayıda döl üretilir. Örneğin ekmek küf mantarının spor kesesi binlerce spor üreterek, bunların her birinden yeni bir küf mantarının oluşumu gerçekleşir. Yani buradaki gibi sporlar eşeysiz çoğalma için önemli bir araçtır. Eşeysiz; yani aseksüel olarak oluşan döl, ebeveynin kopyası gibidir. Bunlar arasında hiç bir farklılık yoktur. Bu durum ana hücre, bulunduğu çevreye uyum sağlamış ise döl içinde avantajlıdır; ama ani değişmelere uyumlu değilse, dölün çevreye uyum sorunu çekmesi kaçınılmaz olur ve türün yok olmasına yol açar. Bu tip çoğalmanın tek dezavantajı bu noktada kendini gösterir.



Şekil 238.1: Çeşitli şekillerdeki eşeysiz çoğalma örnekleri (a-e). Tek bir hücrenin ikiye bölünmesi, a. Euglena; b. Amip; c. Bir maya hücresindeki (Sacchoromyces) tomurcuklanma ile eşeysiz çoğalma. d. Mantarlarda sporla çoğalma; e. Hidrada tomurcuklanma ile çoğalma.

1.1.2. İkiye Bölünme

Bazen su yüzeyi veya tarla patikalarının birkaç gün içinde yeşil renk aldığı görülür. Bunun sebebi yeşil Euglena'dır. Euglena sayısı, kısa sürede milyarları bulur. Yine amip gibi, birçok tekhücreli ikiye bölünme ile çoğalır. Yani burada özel eşey hücrelerinin katılımı söz konusu değildir. Bu çoğalma şekline EŞEYSİZ veya VEJETATİF ÜREME denir. Burada genetik materyal iki katına çıkar ve her iki oğul hücreye eşit oranda dağılır. Yani mitotik bir bölünme söz konusudur. Atasal hücre de, tam olarak iki oğul hücreye ayrıldığı ve bu da uzun süre aktarmalı olarak devam ettiği, yani atasal hücre ölmediği için, tekhücrelileri GİZLİ ÖLÜMSÜZLER diye ifade edebiliriz (*Şekil 238.1 a-e*)

1.1.3. Tekhücrelilerin Çoğalması

Nemli ortamda bir süre bırakılan ekmek küflenir. Küf denince sporları taşıyan küf mantarı hücre iplikleri (=miselleri) akla gelir. Bunların uç kısmından eşeysiz yolla SPOR'lar çıkar. Bunlar mantarın üremesini sağlar. Bira mayasının çoğalması küçük hücrelerin oluşması ile gerçekleşir. Bu olaya AYRILMA adı verilir (*Şekil 238.1 c*). Bu çoğalma şekli evrimsel süreçde gelişerek sürdürülmüş, hatta çiçekli bitkilerin yaşamlarının belli bir bölümünde de görülmektedir.

1.1.4. Hücre Gruplarının Ayrılması

Süngerlerde, vücudun tamamı çokhücreli kısımlara parçalanabilir. Bu hücre grupları daha sonra tam bireyleri oluşturur. Yani süngerlerin YENİLENME yetenekleri çok yüksektir. Tatlı su polibi HİDRA ana hayvandan TOMURCUKLANMA ile ayrılan yavru poliplerin büyüyüp, kendisinin de aynı yolla yavru üretmesi şeklinde çoğalır. Eğer yeni oluşan polipler ana hayvana bağlı kalırlarsa sayıları milyonlarca bireyden oluşan polip topluluğu ortaya çıkar (*Şekil 238.1 e*). Bazı denizanaları tomurcuklanmanın özel bir şekli ile çoğalır. Yaşam sürecinin belli bir döneminde bir plaka üzerinde sap şeklindeki vücuttan, küçük ve dilimli denizanaları oluşur.

1.1.5. Bitkilerde Eşeysiz Çoğalma

Çiçekli bitkilerde eşeysiz çoğalma yeteneği de çok iyi gelişmiştir. Çiçek yer üstündeki yeni sürgünlerin köklenmesi ile patates de yeraltındaki yumruları kanalı ile çoğalır. Her yumru yeni bir bitkiyi oluşturur (*Şekil 239.1*).

Birçok kültür bitkisi de çelikleme ile üretilir. Bunun için yaprak veya bir dal parçası toprağa sokulur ve köklenmesi sağlanır. Birçok narenciye türü ve kavakta olduğu gibi, çeliklenme ile gerçekleştirilen eşeysiz üreme sonunda tohumla üretilemeyen; yani steril olan, türün çoğalması sağlanır. Eşeysel üreme ile yabanıl formun arzulanmayan özelliklerini gösteren bitkilerde de çelikleme ile üretim tercih edilir. Birçok meyva türünde bu özellikten yararlanılır. Bir bitkinin belli bir kısmının, diğer bir bitkiye aktarılması; yani "aşılama" da bu tip çoğalmaya örnektir. Böylece bir bitkinin gövdesinin değişik dallarından kiraz ve vişne elde edilir. Ya da aynı ağaçdan hem limon hem de portakal üretilebilir. Çok sayıda ve özellikle birçok bitkide olduğu gibi, yaşam süreci içinde hem eşeyli hem de eşeysiz üreyebildikleri görülür. Sıtma yapıcısı malarya (*Şekil 339.1*); birçok parazit, yassı solucanlar ve karaciğer kelebeği belli dönemlerde eşeysiz çoğalır. Bu durum onların çoğalmaları için önemli olup, diğer konukçu organizmalara yayılma şansını artırarak, yaşamda kalmalarını sağlar. Koyunun safra keskesi kanallarında yaşayan erişkin karaciger kelebeği, yaşamanın diğer safhalarını salyangozda tamamlamakta ve böylece çoğalıp yaşamını sürdürmektedir.

DİKKAT:

- Eşeysiz çoğalma mitoza dayanır.
- Mitozla birbirinin aynı oğul çekirdekler oluşur; bunlar aynı genetik materfale sahiptir.
- Eşeysiz çoğalma ile oluşan ve birbirinin aynı olan döller için, bu çoğalma şekli, aynı çevre koşullarında avantaj; değişen koşullarda ise dezavantaj getirir.

1.2. EŞEYLİ ÇOĞALMA

Eşeyli çoğalmada, cinsiyet bakımından farklı eşey hücreleri, yani GAMET'ler bir araya gelir ve kaynaşır. Eşeyli çoğalma çok karışık biyolojik bir olaydır. Haploid olan bu eşey hücrelerinin gelişimi sırasında genetik materyal yarıya iner. Bu olay mayozda gerçekleşir. Erkek ve dişi eşey hücreleri döllenme ile kaynaşır ve böylece iki haploid kromozom seti bir araya gelir. Döllenme sonucunda döllenmiş yumurta, yani ZİGOT oluşur ve böylece genetik materyalin iki katına sahip, yani diploid ($=2^n$) bir hücre meydana gelir.

1.2.1. Eşeyli Üremenin Avantaj ve Dezavantajları

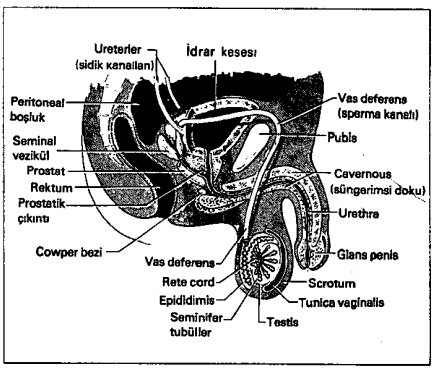
Eşeyli çoğalmanın en önemli biyolojik avantajı, dölün artan değişkenliğidir. Bu iki organizmanın kalıtım materyalinin birleşmesine dayanır. Bu yolla oluşan döl, kendi ebeveynini andırır; ama hiçbir zaman tamamen benzeri değildir. Bu çeşitlilik özellikle evrimsel açıdan önemlidir. Çünkü bu durum o türe, uzun dönemde yeni çevre kaşul ve istemlerine uyumunu sağlar. Ani çevre değişmelerinde döldeki farklı yapı önemli bir avantaj sağlar. Yani böylece populasyonda belli bir uyum ortaya çıkar. Eşeyli üreminin dezavantajlı olduğu üç durum vardır: a) İki ebeveyn tarafından olma zorunluluğu; ana babadan herhangi biri olmazsa çoğalma mümkün olmaz, b) Yine bitkiler gibi hareket edemeyen canlılarda dişi ve erkek üreme hücrelerinin bir araya gelme zorunluluğu vardır. Bu gerçekleşmezse döllenme ve çoğalma olmaz, c) Sonuncu dezavantaj da bazı hayvan ve bitkilerde olduğu gibi çiftleşmenin çok karışık ve zor olmasıdır. Tüm bu dezavantajlarına rağmen başarılı bir eşeyli çoğalma, bir organizmanın yaşam sürecinin belirgin bir kısmını kapsar ve çok önemli bir olaydır.

1.2.2. Eşey Hücrelerinin Yapısı

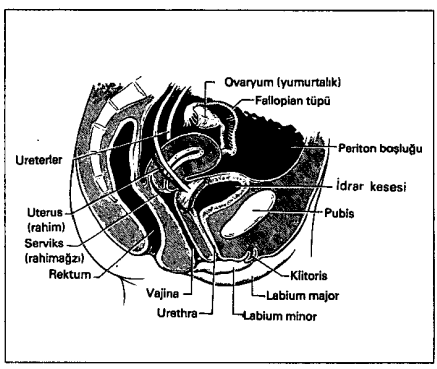
Eşey hücrelerinin görevi, genetik metaryali, sonraki döle nakletmektir. Bu yüzden yapıları çok ilginçtir. Yumurta hücreleri plazma bakımından zengin ve hareketsizdir. Erkek eşey hücreleri (=sperma) plazma bakımından fakir ve kuyrukları ile aktif olarak hareket edebilir.

Bazı hayvan türleri hem erkek hem de dişi organları aynı bireyde taşır (*çift eşeylilik=hermafroditlik*). Bitkilerin aksine ileri organizasyonlu hayvanların çoğunda ayrı eşeylilik vardır. Hermafrodit olan hayvanlar (örneğin bağ salyangozu, toprak solucanı) ise kendilerini döller.

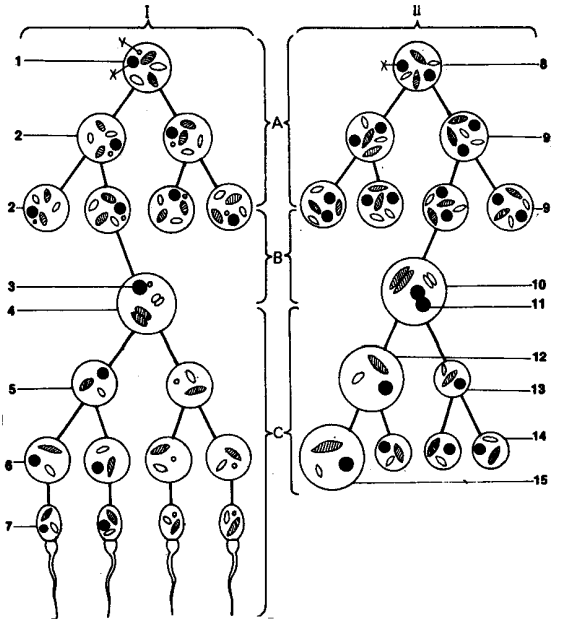
Eşey hücreleri döllenerek zigotu oluşturur. Spermin yumurta hücresine girmesine DÖLLENME denir. Sperm ve yumurta hücresinin birleşmesinin gerçekleşmesi için dişi ve erkek bireylerin cinsel teması şarttır. Cinsel organların yapısı farklıdır (*Şekil 239.1, 239.2*). Bu organlarda



Şekil 239.1: Erkek eşey organının pelvik bölgeden alınan kesidi (Barnes'ten)



Şekil 239.2: Kadının eşey organının pelvik bölgeden alınan kesidi '(Barnes'den).



Şekil 240.1: Erkek (Spermatogenez) ve dişi (oogenez) eşey hücrelerinin gelişimi. 1) Spermatogenezis, II) Oogenezis. A) Çoğalma evresi, B) Büyüme evresi, C) Olgunlaşma Evresi, 1. Primordiyal eşey (O) hücreleri, 2. Spermatogoniya, 3.X ya da eşey kromozomları, 4. Birincil spermatosit, 5. İkincil spermatosit, (Diploid; mayoz bölünmeden sonra haploid); 6. Spermatit (haploid), 7. Spermalar (haploid), 8. Primordiyal eşey (O) hücreleri, 9. Oogoniya, 10. Birincil oosit (diploid; mayoz bölünmeden sonra haploid), 11. X ya da eşey kromozomları, 12. İkincil oosit, 13. Birincil kutup hücresi, 14. İkincil kutup hücresi ve 15. Olgun ovum (yumurta) (Haploid).

eşey hücreleri üretilir. Yumurta hücreleri yumurta keselerinde olgunlaşıp, yumurta kanalına, oradan da rahime geçer. Spermler ise torbalarda oluşur ve yan torbalarda depolanır. Spermler sperm kanalı ile idrar borusuna oradan da dışarıya bırakılır. Bu arada covper bezinin salgısı spermin rahatça naklini sağlar.

Embriyo gelişiminin, memelilerdeki gibi ana vücudunda olmadığı kuş ve sürüngenlerde, yumurtayı, kuruma ve diğer tehlikelerden koruyucu bir kabuk sarar. Memelilerdeki gibi gelişimini ana vücudunda tamamlayan embriyo, anne kanı ile beslenir. Kuşların embriyosu ise yumurtada bulunan maddelerle beslenerek gelişir. Bu yüzden böyle yumurta hücreleri proteince çok zengin olduğu halde, insanın da dahil olduğu memelilerde yumurta, protein bakımından fakirdir.

1.2.2. Eşey Hücrelerinin Oluşumu

Mayoz sürecinde oluşan haploid hücreler hala olgun eşey hücresi değildir. Özellikle hayvanlarda özel bir olay, yani "GAMETOGENEZ" meydana gelerek sperm ve yumurta hücresi oluşur.

Sperm hücrelerinin, testislerde farklılaşmasında, hücre plazması hareketli bir kuyruk ve orta kısma dönüşür. Orta kısım mitokondrileri içerir, hücre çekirdeği spermanın kafası olur.

Yumurta hücresinin, yumurta kesesi (=ovaryum)nde oluşumu mayozda gerçekleşir.

Mayozda oluşan 4 oğul hücreden, sadece birisi yaşar ve ondan da yumurta hücresi oluşur. Diğer üçü kutup hücresi adını alır. Bu hücrelerin plazması yumurta hücresine geçtiği için, embriyonun gelişiminde kullanılır.

Eşey hücrelerinin oluşumu, hayvanlar alemi ve insanda çok erken gelişim basamağında başlar. Zigotun birkaç bölünmesinden hemen sonra dahi, hangi hücreden daha sonra eşey bezlerinin ve hücrelerinin oluşacağı belli olur. Memeli embriyosunda eşeye göre, eşey bezi taslaklarında ilkin yumurta hücreleri (=OOGONİUM) ve ilkin sperm hücreleri (=SPERMATOGONİUM) gelişir (*Şekil 240.1*). Her iki hücre tipi henüz diploiddir. Bunlardan ancak mayozla haploid hücreler oluşur. Yani insandaki yumurta hücrelerinin tamamı, daha doğumdan önce var olan ilkin yumurta hücrelerinden oluşur. Belli bir dinlenme döneminden, yani PUPERTAT=ERGENLİK'den sonra, sadece bir olgunlaşma olayı olur. Erkekte ise ergenlik çağından sonra sürekli sperma oluşumu gerçekleşir.

Bitkilerde de haploid eşey hücreleri oluşur. Kapalı tohumlularda yumurta hücreleri yumurtalıktadır. Erkek eşey hücreleri, erkek çiçekteki polen tanecikleri şeklindedir. Tozlaşma ile polen taneciği yumurtalığın tepeciğine gelir ve oradan yumurtalığa girer.

1.2.3.1. Yumurta Hücresi ve Spermin Yapısı

Yumurtadaki plazma (=dötoplazma)'nın miktarına bağlı olarak, lipid, yağ, protein ve karbonhidratın da içeriği değişiktir. Buna göre bazı yumurta tipleri ayırt edilir *(bkz. Şekil 248.1)*:

a) **Primer oligolesital** yumurta tipinde yumurta akı azdır. Ör. amphioxus,

b) **Segunder oligolesital** yumurta tipinde, yumurta akı çok az hatta yok gibidir. Örneğin birçok omurgasız ve tüm memeliler.

c) **Mezolesital** yumurta tipinde yumurta akı orta derecede vardır. Ör. kurbağa yumurtaları,

d) **Polilesital** yumurtada sitoplazma ve içeriği zengindir. Ör. sürüngen ve kuş yumurtaları. Bir başka ayırım da plazmanın yumurta içindeki konumuna; yani dağılımına göre yapılır:

a) **İzolesital** yumurta, bu tipte sitoplazma yumurtanın her tarafına eşit oranda dağılmıştır. Ör. ampfioxus, tüm memeli hayvanlar ve birçok omurgasız hayvan.

b) **Telolesital yumurta tipi,** stoplazma sadece yumurtanın bir kutbuna toplanmıştır, Ör. yuvarlak ağızlılar, balıklar, çift yaşamlılar ve kuşlar.

c) **Sentrolesital yumurta tipi,** bunlarda sitoplazma yumurtanın orta kısmındadır. Ör. omurgasız ve özellikle böcek yumurtası.

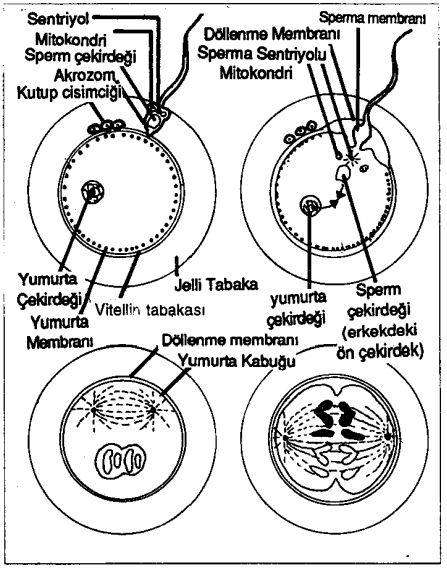
İlkin embriyo hücreleri, embriyo bezlerinin kabuk dokusunda ilkin yumurta hücrelerine gelişir. Orada mitozla daha embriyonal gelişim sürecinde çoğalırlar. Doğum sırasında bile kız çocuk 400-500 bin yumurta hücresine sahiptir. Doğumdan sonra, dişide artık başka yumurta hücresi çoğalmaz. Bu rezervden, yaklaşık 32 yıl süren çoğalabilme döneminde, 450 yumurta hücresine gereksinim duyulur. Diğerleri ise zamanla yok olur.

Yumurta hücresi, sperm hücresine göre oldukça büyüktür. İnsanın yumurta hücresinin çapı 0,2 µm olup çıplak gözle bile görülebilir *(Şekil 242.1)*. Hacmi, spermin 200 000 mislidir. Yumurta hücresinin büyüklüğü, zengin sitoplazma içeriği ve besin maddesi rezervi ile ilişkilidir.Gelişimini vücudun dışında tamamlayan canlıların yumurta hücresi (kuş ve sürüngenler), son derece iri ve yumurta akı bakımından zengindir. Deve kuşu yumurtaları 150-250 gr gelir. Gelişimin ana rahminde gerçekleştiği memeli yumurtalarının ise besin maddesi ve yumurta akı az hatta bazen yoktur.

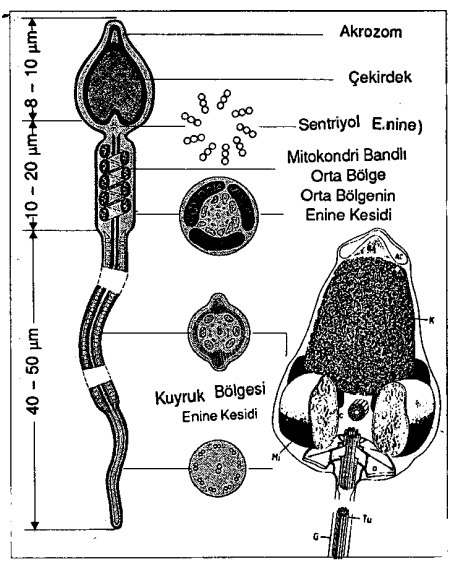
Çeşitli hayvan gruplarının yumurta hücreleri kutupsal bir yapıya sahiptir. Sitoplazma, belli bölgelerdeki değişik kimyasal yapı ile farklılaşır. Bu durum, çift yaşamlılar ve deniz kirpisi yumurtalarında, farklı renklere boyanan bölgelerde izlenir. Kural olarak animal ve vejetatif kutuplar ve kısımlar ayırt edilir *(Şekil 242.2)*.

Yumurta hücresinin etrafı kortikal tabaka adı da verilen bir kabukla sarılıdır. Bu tabaka dıştan içe doğru yumurta akı zarı ve kabuk zarından oluşur *(Şekil 242.3)*.

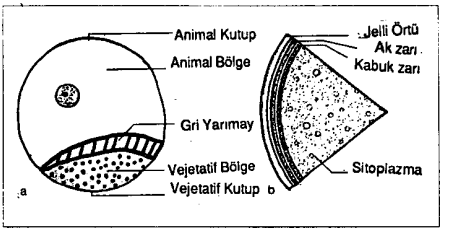
Erkek üreme hücreleri, yani *SPERM*'ler hareketli ve çok küçüktür *(Şekil 242.4)*.



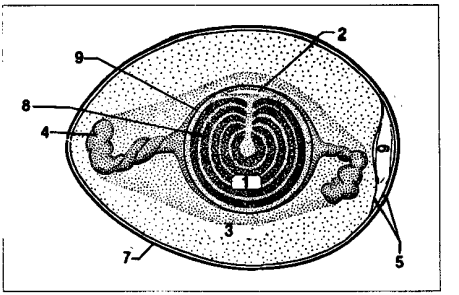
Şekil 242.1: Döllenmenin şematik gösterimi. a) Spermin yumurta hücresine yapışması (Döllenme) b) Döllenme membranı oluşumu; c) Çekirdek zarlarının çözünmesinin ardından erkek ve dişiden gelen kromozomların birlikte toplanması; d) Kardeş kromotidlerin ayrılması ile ortaya çıkan ilk bölünme.



Şekil 242.4: a. Sperma hücresi. b. Bir spermin kafa ve orta kısmının şekli A.Akrozom C. Sentriol D. Distal güçlendirici halka. G. Kamçı K. çekirdek; M: Mitokondri. Tu. Tübuli. SA. Subakrosomal sitoplazma. İnsan spermin uzunluğu 60 µm'dir.



Şekil 242.2: Kurbağanın döllenmiş yumurtası. a) Yumurtanın yandan görünüşü; b) Yumurta kabuğunun yapısı.



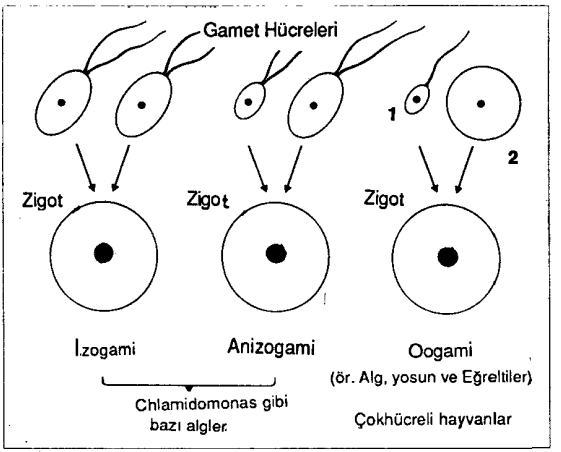
Şekil 242.3: Tavuk yumurtası. 1. Yumurta sarısı, 2. Embriyoyu meydana getiren kısım, 3. Yumurta akı, 4. Yumurta sarısını askıda tutan iplikler (şalaz bağları), 5. İki katlı yumurta zarı, 6. Hava boşluğu, 7. Kalkerli kabuk, 8. Beyaz besin maddesi, 9. Zona pellusida (ikinci yumurta örtüsü).

İnsan sperminin boyu 0.06 µm'dir. Bunlar daima çok büyük sayıda oluşur. Kafa bölgesi, boyun, orta kısım ve kamçı şeklindeki bir kuyruk bölümü vardır. Kuyruk, kamçı hareketi yapıp spermi hareket ettirir. Kafa kısmı çekirdeği içerir, ayrıca arka tarafta sentriyol taşır. Kafa bölgesinin uç kısmında golgi apareyinden oluşmuş olan özel bir organel yer alır, buna *AKROZOM* adı verilir. Enzimle donanan bu organel, spermin yumurta hücresine girişinde ve onu izleyen olaylarda önemli bir etkiye sahiptir. Spermin orta kısmında uzunlamasına seyreden fibrilli yapı vardır. Fibril 9 çift çevresel iki merkezi iplikten oluşur. Etrafında, kamçı hareketi için gereksinim duyulan enerjiyi üreten mitokondriler yer alır. Çeşitli hayvanlardaki spermlerin µm olarak

uzunluk ve sadece kafa uzunluğu şöyledir: Küpekde 85 ve 5, farede 100 ve 7, insanda 58-67 ve 4.5-5.5 ve sıçanda 170-200 ve 10'dur.

1.2.3. Eşeysel Üremenin Çeşitleri

Eşeysel üreme canlı evriminde önemli rol oynar. Mayozda kalıtım faktörlerinin yeni dağılım ve döllenmedeki yeni kombinasyonları, dölün farklılığını da artırır. Böylece bazı çocukların ebeveylerine göre çevre koşullarına daha iyi uyabilmeleri gerçekleşir.



Şekil 243.1: Eşeysel üremenin tipleri. 1. Makrogamet; 2. Mikrogamet; Zigotlar diploiddir.

Eşeysel üremenin çeşitli tipleri vardır (Şekil 243.1):

A) İZOGAMİ: İzogamide aynı büyüklükte ve kamçı ile hareket edebilen eşey hücreleri birbiri ile kaynaşır. Eşey hücreleri her ne kadar dıştan birbirine benzerlerse de fizyolojik olarak farklıdır. Bunlara *ARTI-EKSİ GAMET*'ler adı verilir.

B) ANİZOGAMİ: Burada farklı büyüklükte ve hareketli olan gametler birbiri ile kaynaşır. İzogami ve anizogamiye bazı *ALG*'lerde rastlanır.

C) OOGAMİ: Büyük ve plazma bakımından zengin bir yumurta hücresi, hareketli ve küçük bir erkek gamet hücresi tarafından döllenir. Bu tip döllenmeye yüksek organizasyonlu canlılar ve insanda rastlanır.

1.2.4. Döllenme

Erkek ve dişi gametlerin küçüklüğü ve duyarlılığı nedeniyle, döllenme olayı ancak geçen yüzyılın sonuna doğru; yani 1875 yılında zoolog OSKAR HERTWIG tarafından mikroskop altında incelendi. Böyle bir gözlem için erişkin deniz kirpisinin yumurta ve spermleri kullanılır.

Deniz kirpisi yumurtası içeren bir damla su lam üzerine damlatılır ve daha sonra bir pipetle deniz kirpisi spermine sahip bir damla su, lamın kenarından eklenirse, spermlerin kamçıları ile yumurtalara doğru hareket ettikleri mikroskop altında rahatça izlenir. Burada yumurta hücrelerinin spermleri uyarmış olma olasılığı çok büyüktür. Bu uyarım şu şekilde gerçekleşir: Spermler jelimsi bir madde ile örtülü olan yumurta hücresine doğru gider. Akrozomları ile yumurtanın jelli örtüsüne yapışır. Spermin kafasından salgılanan özel bir enzim, jelimsi örtüyü yerel olarak etkiler. Aynı anda akrozomdan ipliksi bir yapı (=akrozom ipliği) yumurtanın içine girer. Burası daha sonra çözülür ve gevşer, sperm kafa ve orta kısmı ile yumurta hücresine dahil olurken, kuyruğu dışarda kalır. Yumurta hücresine bir sperm

girinceye kadar izlenilen döllenme membranı, spermin yumurtaya girmesinden sonra başka spermlerin girmesini engeller. Her iki çekirdeğin birleşmesi, yani döllenmenin izlenmesi zordur. Basit sucul canlılarda döllenme ana vücudunun dışında suda olaylanır. Sperm ve yumurta hücreleri suya bırakılır. Spermler yumurta hücrelerini arayıp bulur ve döller. Omurgalı hayvanlardan balık ve çift yaşamlılarda döllenme bu şekildedir. Karasal hayvanlarda ise döllenme, çiftleşme sonucu dişiye geçen spermlerin yumurta hücresi ile birleşmesi sonucu gerçekleşir *(Şekil 242.4)*.

1.2.5. Eşey Dağılımı ve Eşey Tayini

Hayvan ve insanda erkek ve dişi bireyler bulunur. Bazı hayvanlarda ise, örneğin salyangozlarda çift eşeylilik vardır.

Bitkiler aleminde, çiçekli bitkilerde de çift eşeylilik hakimdir. Lale ve gülde olduğu gibi erkek ve dişi gamet hücreleri bir çiçekte oluşur. Bu arada polen kesesi ve yumurtalığın erkek ve dişi çiçek şeklinde geliştiği bitkiler de bulunur. Eğer fındık ve kayında olduğu gibi böyle tek eşeyli çiçekler, aynı bitkide olursa bunlara *TEK EVCİKLİ* denir. Erkek ve dişi çiçeklerin ayrı ayrı bireyler üzerinde bulunduğu bitkiler, örneğin söğüt ve ısırgan otu, *ÇİFT EVCİKLİ* diye adlandırılır.

Bir bireyin cinsiyeti iki yolla oluşur. Eşeyin genetik faktörlerin etkisi ile tayinine *GENOTİPİK EŞEY TAYİNİ* denir *(Şekil 245.1)* *(Tablo 244.1)*. Dölün yarısı xx, diğer yarısı da xy kombinasyonuna sahiptir; yani 50/50 oranda erkek ve dişi olma olasılığı böylece gerçekleşir. Omurgalı hayvanlar ve böcekler bu gruba girer. Omurgalı hayvanların ikincil cinsiyet özelliklerinin oluşumunda seksüel hormonlar rol oynar.

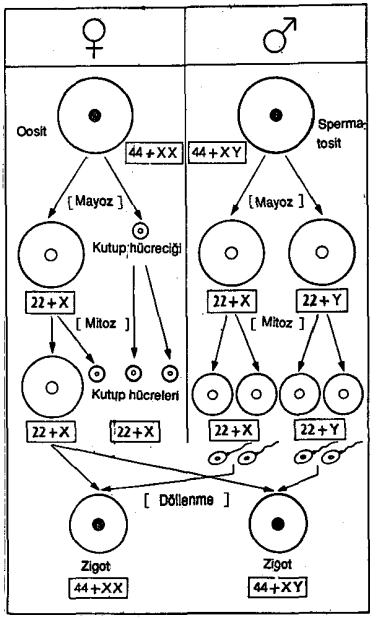
Eşeyin, sıcaklık gibi çevreye bağlı ya da fizyolojik koşullarla da belirlenmesine *MODİFİKATORİK (=FENOTİPİK) EŞEY TAYİNİ* denir. Bu şekilde eşey tayini daha çok bitkilerde izlenir. Karanfil dişi çiçeklerinde, tozlaşma keselerinin gelişmesi, bir mantarın karanfile arız olması sonucunda olur.

Tablo 244.1 : Çeşitli canlı türlerinin vücut hücrelerindeki eşey kromozomları ve onların eşemi belirlemeleri

Eşey Krmozomu Örnekler Dağılımı ♂	♀	
XY	XX	İnsan, diğer memeliler, küçük balık, Rana, (kurbağa türleri), böcekler, iki kanatlılar, kırmızı karanfil.
XO	XX	Birçok böcek
XX	XY	Kuşlar, sürüngenler, kelebekler, kuyruklu kurbağalar.

Hayvanlarda, örneğin bazı deniz solucanları gibi hayvanlarda, fenotipik eşey tayini vardır. Algler arasında yaşayan deniz halkalı solucanı, **Ophryotrocha,** genç olduğu sürece sperm üretir. Yaşı ilerleyip vücudu büyürse, yumurta meydana getirmeye başlar. Bu durum, türün, eşey tayini bakımından ne kadar değişken olduğunu gösterir. Dişinin arka kısmı kesilip küçültülürse tekrar erkekleşerek sperm üretir *(bkz. Şekil 181.1)*.

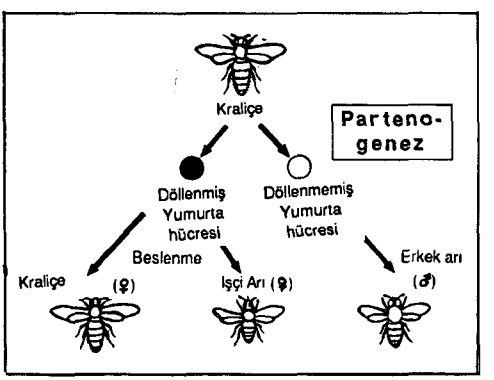
Kültür hayvanlarının yetiştirilmesinde eşey oranlarını dengelemek çok önemlidir. Yoğunluk ayarlamasında santrifüjle erkek ve dişiyi tayin eden erkek gametlerden yararlanılır. Ya da özel antikorlarla bir sperm çeşidi inaktive edilir. Daha sonra bu sperm örneği yapay döllenmede kullanılır. Bu yöntemde erkek embriyonun yüzeyinde özel bir antijen (H-Y antijeni) bulunduğu gerçeğinden hareket edilir. Bir floresans renk maddesi ile işaretlenen özel antikorlar bağlanır ve floresans mikroskobu yardımı ile embriyonun eşeyi saptanır. Böylece normalde 50:50 olan eşey oranını istenilen şekilde değiştirmek mümkün olur.



Şekil 245.1: İnsanda genotipik eşem tayini. İnsanın 46 kromozomu vardır (44'ü otozomal; 2'si gonozomal) XX= ♀ ; XY= ♂.

1.3. PARTENOGENETİK ÇOĞALMA

Arılarda larval dönemde beslenme durumuna göre döllenmiş yumurtalardan işçi, dişi veya kraliçe arı olabilen, dişi bireyler oluşur. Bunun yanında "döllenmemiş yumurta"da gelişimini sürdürür ve onlardan "ERKEK" arılar meydana gelir. Çiftleşmemiş kraliçe arı, sadece haploid erkekler üretir. Bu şekilde döllenmemiş yumurtadan oluşan çoğalmaya *PARTENOGENEZ* denir *(Şekil 245.2)*. Yaprak biti, gal sineği ve su pireleri partenogenetik ve eşeysel çoğalmayı değişimli olarak yapar ve büyük populasyonlar oluştururlar.



Şekil 245.2: Arılarda partenogenetik çoğalma

Partenogeneze bitkilerde de rastlanır. Aslandişi bitkisi döllenme olmadan çoğalır.

Döllenmemiş bir yumurta gelişmesi için kimyasal, mekaniki veya sıcaklıkla yapay olarak uyarılır. Çeşitli tuzlar ilave edilerek bileşimi değiştirilen deniz suyuna deniz kirpisi yumurtası konursa, bunların döllenme olmadan da normal bireyler oluşturduğu izlenir. Kurbağa yumurtalarına cam bir iğne batırılarak gelişmeleri aktive edilir. Hatta yumurta kesesinden alınan bir şinşila tavşanı yumurta hücresi, çeşitli kimyasal uyarıcılarla aktive edildikten sonra, albino bir tavşanın yumurta

kanalına konulursa döllenmeksizin bölünmeye başladığı ve sonuçta normal bir birey oluşturduğu izlenmiştir. Bu şekilde babası olmadan oluşan tavşan, sadece şinşila tavşanının özelliklerini gösterdiği halde, kendisini doğuran albino tavşanın özelliğini taşımaz.

1.4. ÇEKİRDEK FAZI VE DÖL DEĞİŞİMİ

1.5.1. Çekirdek Faz Değişimi

Mayotik bölünme sonucunda çokhücreli diploid bir hayvanın gamet hücrelerinin kromozom sayıları yarıya, yani haploide indirgenir. Döllenmede bu haploid gametler birleşerek diploid *ZİGOTU, yani döllenmiş hücreyi* oluştururlar.

Tohumlu bitkilerde de, mayozla diploid doku hücrelerinden, haploid gamet hücreleri meydana gelir. Yumurtalıkta haploid yumurtanın yine haploid sperm hücresi tarafından döllenmesi ile diploid *ZİGOT* oluşur.

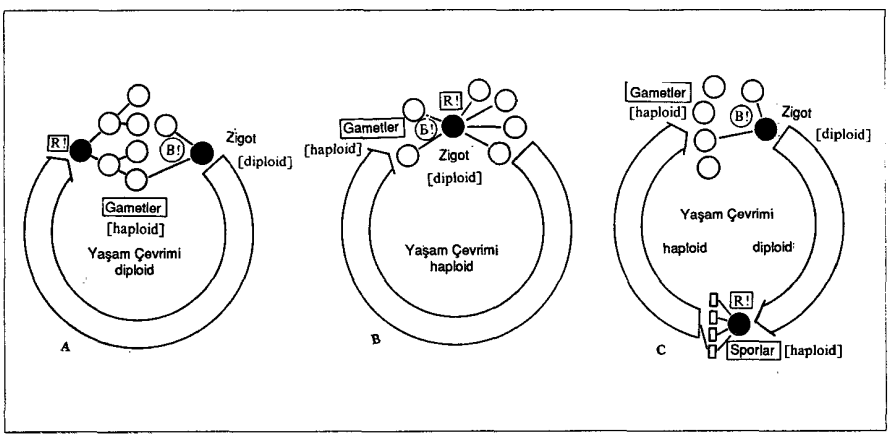
Bu tip eşeysel olaylar canlılarda döllenme ve mayoz bölünmenin yer değiştirmesi, yani birinin ardından diğerinin gelmesi ile olur.

Bir organizmanın yaşamında diploid ve haploid çekirdek dönemleri arasındaki değişmeye ÇEKİRDEK FAZ DEĞİŞİMİ denir. Yaşamın daha çok hangi çekirdek fazında (haploid veya diploid) geçtiğine göre faz değişimi üç gruba ayrılır *(Şekil 246.1).*

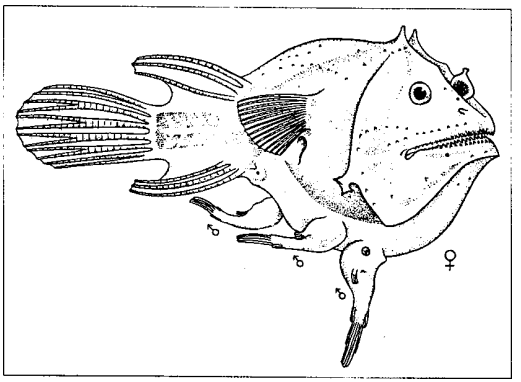
a) **Diplontlar:** Bütün çokhücreli hayvan ve insanın da dahil olduğu bu grupta yaşamın tamamı diploid dönemde geçer. Yani organizmanın vücut hücreleri diploiddir, sadece olgun gamet hücreleri haploiddir.

b) **Haplontlar:** Daha çok alglerin girdiği bu grupta, yaşam haploid fazda geçer. Sadece döllenmeden sonra kısa süren bir diploid zigot görülür ve o da hemen ardından mayoz bölünmeye uğrar.

c) **Diplohaplontlar:** Yosun ve eğreltilerin dahil olduğu diplohaplontlar, gelişim sürecinde mayoz ve döllenme arasında önemli bir zaman ayrımına sahiptir. Bundan da bir *ön basamak (=Protonema)* üzerinden tekrar bir yosun bitkisi oluşur.



Şekil 246.1: Çekirdek faz değişimi. A. Diplontlar (ör. insan ve gelişmiş bitkiler); B. Haplontlar (ör. algler); C. Diplohalplontlar (ör. yosun ve eğreltiler); R: Mayoz (=Redüksiyon) bölünme, B: Döllenme



Şekil 247.1: Vücut büyüklüğü ile ilgili olan seksüel dimorfizm. a. Derin deniz balığı (*Edriolynchus*) dişisinin vücuduna çok küçük olan cüce erkekler, parazit olarak yapışır ve yaşamını sürdürür. Erkekler gerçek dış parazitler gibi vücut yapılarını büyük ölçüde basitleştirmişlerdir.

Solucan eğreltisi (=Dryopteris) gibi eğreltiler diploiddir. Bunlar haploid sporlar olup, haploid bir *ön gamet (=Protalyum)*'e gelişir. Bu arkegonyum ve anterid gibi eşey organlarını taşır. Buralarda da erkek ve dişi gametler üretilir. Döllenme sonucunda zigottan diploid bir eğrelti bitkisi gelişir.

Tohumlu bitkilerde eğreltilerin gametofitine karşıt, gametofit bir defa daha indirgenir. Sadece sporofit kendi başına yaşayabilir. Bunlar ise tozlaşma keseleri ve onların içinde de mayozla polen taneciği üretir. Polen taneciklerinde iki veya üç hücreli gametofit meydana gelir. Diğer taraftan dişi gametofit az sayıda hücreye indirgenir, sürekli olarak sporofitin yumurtalığında kalır ve onun tarafından beslenir.

Olgun dişi gametofit yedi hücreden meydana gelir ve *EMBRİYO KESESİ* adını alır. Döllenmeden sonra aynı şekilde ana bitkide kalan bir embriyo oluşur. Bu, besin dokusu ve tohum kabuğu ile birlikte *TOHUMU* yapar. Tohumdan da tekrar diploid ve tohumlu bir bitki ortaya çıkar.

1.5. SEKSÜEL İKİ ŞEKİLLİK (=DİMORFİZM)

Ayrı eşeylilik, sadece gamet hücrelerinin ve ilkcil eşey özellikleri ile değil, aynı zamanda organ veya eşey dimorfizmi ya da ilkcil eşey organları ile ilişkili olmayan seksüel dimorfizmle de ilgilidir.

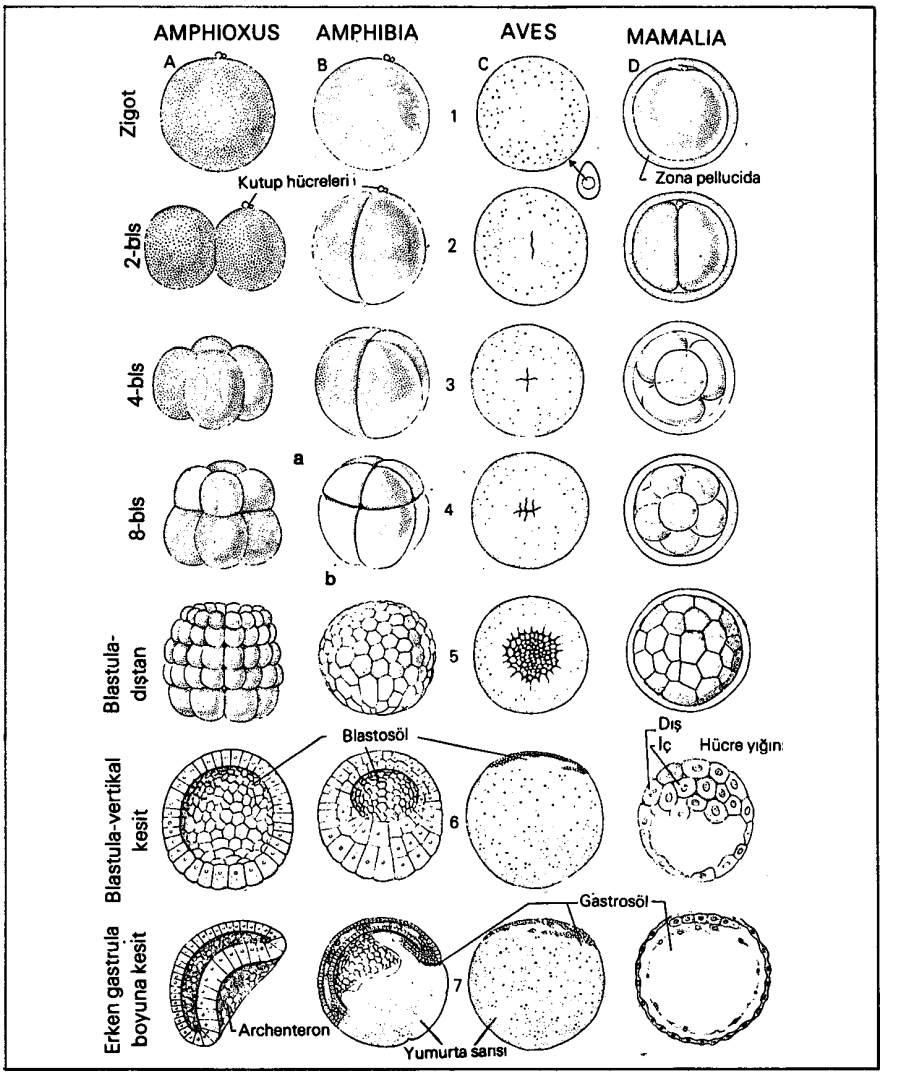
Burada vücut büyüklüğünün farklılığı (cüce erkek), hareketlilik (ışıldak böcek dişisinin uçma yetisini kaybetmesi), erkek ve dişinin duyargalarının farklı ve (ipek böceği) değişik olmasını verebiliriz *(Şekil 247.1)*.

2. HAYVAN VE İNSANDA GELİŞME

Organizmaların çoğunda, çoğalma gametlerin oluşumu ve döllenmeden daha öte bir olaydır. Döllenmede oluşan zigot tek bir küçük hücre olup, erişkin organizmaya hiç benzemez. Çoğalma olayını tamamlamak için bir gelişimin olması gerekir. Gelişim üç olayı kapsar: a) Hücre sayısının çoğalması, BÖLÜNME ile olur; b) Organizmanın iç yapı ve dış şeklinin belirlenmesi; yani MORFOGENEZ; c) Hücrelerin özelleşmesi ve belirli görevleri üstlenen çok sayıda hücreden oluşan yapıların oluşumu; yani FARKLILAŞMA.

2.1. BÖLÜNME VE TİPLERİ

Çokhücreli hayvanlarda, yumurtanın döllenmesinden hemen sonra ortaya çıkan bir dizi hücre bölünmesi görülür. Mikroskop altında, plazmanın, hücre membranıyla birlikte nasıl bölündüğü izlenebilir. Bu durumda zigotun bölünmesinden söz edilir. Zigot daha sonra bölünerek hücreleri, yani BLASTOMER'leri meydana getirir. Bu ilk bölümler çok hızlıdır, zira daha yumurta olgunlaşırken, protein gibi



Şekil 248.1: Değişik yumurta tiplerinde segmentasyon ve erken gastrulasyon. A) *Amphioxus* (holoblastik segmentasyon, yumurta sarısı az, izolesital yumurta tipi total ekual bölünme tipi), B) Kurbağada (holoblastik segmentasyon; yumurta sarısınca zengin, izolesital yumurta total inekual bölünme tipi), C) Kuşta (meroblastik diskoidal segmentasyon, telolesital yumurta tipi, diskoidal bölünme tipi), D) Memelide (holoblastik segmentasyon, yumurta sarısı hemen hemen olmayan izolesital yumurta tipi) a. Mikromer hücreleri, b. Makromer hücreleri (Barnes'den).

yapı madde rezervleri ve hücre membranları oluşur. Üçüncü bölünme yüzeyi ilk ikisine diktir ve herbiri dört hücreli iki hücre grubu yapar. Üst hücre demetinin hücreleri daha küçüktür, MİKROMER adını alır ve alttakiler daha büyük, MAKROMER denen hücrelerden daha az plazma içerir *(Şekil 248.1 a ve b)*. Birkaç saat sonra 64-hücrelik dönem meydana gelir. Bu hücre bölünmelerinde madde artışı

henüz görülmez. Bölünme çeşidi yumurta hücresindeki besin maddesi, yani protein (=yumurta akı)in nasıl dağılmış olduğuna bağlıdır. Bununla ilgili olarak iki bölünme tipi ayırt edilir:

a) Tam (=total) Bölünme: Yumurta plazması tamamen bölünür. Bu bölünme tipine, plazması fakir ve orta derecede plazmalı memeli ve çift yaşamlı hayvan yumurtasında rastlanır. Bu esnada bölünme amfiyoksustaki gibi aynı büyüklükte blastomerleri meydana getirecek şekilde olabilir, buna *TOTAL EKUAL* denir. Ya da kurbağalarda olduğu gibi farklı büyüklükte blastomerlerin meydana getirilmesi, yani *TOTAL İNEKUAL* şeklinde olur (İzolesital yumurta tipi, *Şekil 248.1*).

b) Kuşların yumurta plazmaları çok zengindir. Yumurta hücresinin üst kısmındaki plazma kapsülünde çekirdek yer alır. Döllenmeden sonra burada bölünme başlar. Bunun sonunda *EMBRİYO PLAKASI* oluşur. Bu bölünme tipine *DİSKOİDAL BÖLÜNME* denir *(Şekil 248.1)*. Yumurtanın diğer kısmı önce bölünmeye uğramaz ve gelişimin sonraki sürecinde, embriyo plakasından başlayarak büyür.

Plazmanın bölünmesi, kas hareketinde de önemli rolü olan aktin ve miyozin flamanlarının etkisi ile olur. Miyozini bağlayan ve aktinle karşılıklı etkileşimleri engelleyen antikorlar, bölünme olayını kesintiye uğrattığı halde, çekirdek bölünmesi engellenemez. Bu da her iki olayın birbirine bağlı olmaksızın olaylandığını gösterir.

16-Hücreli Evre'den yani 20 saat sonra, hücreler aktif olarak hücre küresine iyon vermeye başlar. İyon verişini ozmotik yolla su girişi izler. Bunun sonucunda hücreler birbirlerinden ayrılarak *merkezi bölünme boşluğu*, yani *BLASTÖSÖL*'ü oluşturur. Meydana gelen oluşuma *BLASTULA* denir *(Şekil 248.1)*.

2.2. GASTRULASYON VE EMBRİYO YAPRAĞININ OLUŞUMU

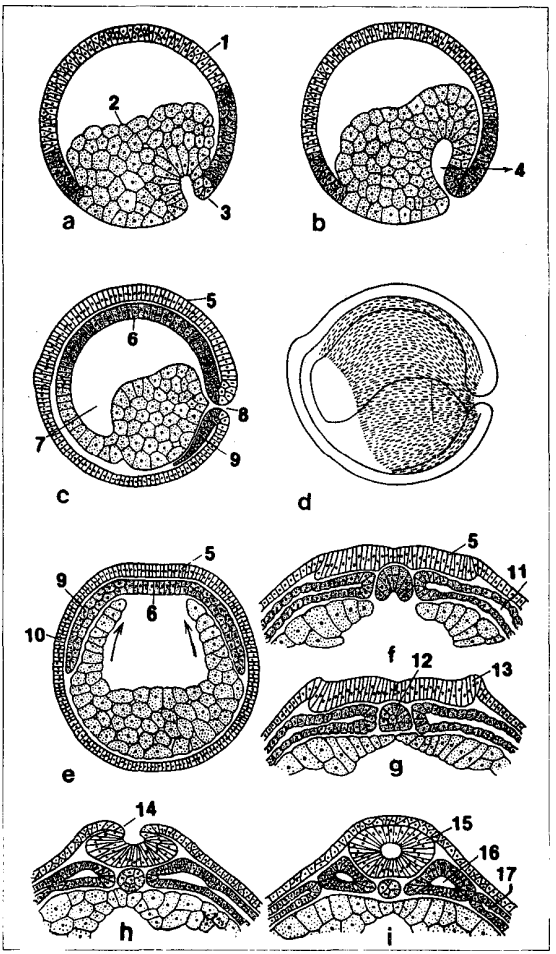
BLASTULA oluşumundan sonra bölünme sona erer. Bu dönemde yumurta hücresinde farklı renkteki bölümler izlenir. Bunlar üstteki *ANİMAL*, ortadaki *KENAR* ve alttaki *VEJETATİF* zondur. Gelişimin ileri safhalarında bu farklı blastula bölgelerinden çeşitli embriyo bölümleri gelişir. Gelişmenin sonraki aşamasında boşluklu kürede içe doğru girinti yapıldığı görülür. Bu, küçük bir girinti, yani *İLKİN AĞIZ*'la başlar. Bu da yavaş yavaş dairevi olarak genişler ve yumurta sarısı bakımından zengin hücrelerce sarılır. Aynı anda blastula üst yüzeyinden hücre materyalinin boşluklu kürenin iç kısmına doğru göçü başlar. Bu olaya *GASTRULASYON* denir *(Şekil 248.1)*.

Bu olay üst kısmı koyu ve pigmentli, altı açık renkli bazı kurbağa yumurtalarında kolayca izlenir.

Pigmentli üst kısım ile pigmentsiz alt kısım arasında yarım ay şeklinde bir geçiş zonu, yani *GRİ YARIMAY* görülür. Bu hemen blastula bölgesinin altında bir girinti ile başlar. Blastulanın belli bazı hücreleri renk maddesi ile işaretlenerek erken dönemde hangi hücrenin, embriyonun hangi bölgesinde oluşacağı ve hangi organ taslağını yapacağı belirlenir.

Bölünme boşluğu yeni oluşan ve *İLKİN BAĞIRSAK* denen boşluklu kısımla sıkışır. Bu ilkin ağızla dışarıya açılır. Bu döneme *GASTRULA* denir.

Gastrula, iki tabakalı bir yapı olup, dış kısmına *EKTODERM* iç kısmına da *ENTODERM* adı verilir. İlkin bağırsağın çatısı, daha sonra üçüncü embriyo tabakasını, yani *MEZODERM*'i oluşturur. İlkin ağız bu gelişim basamağında, yukarıya doğru açık olan bir yarık yapar. Mezoderm ilkin ağızı yukarıya doğru entoderm ve ektoderm arasında iter. Mezoderm ve entoderm, ektoderm tarafından sarılır.



Şekil 250.1: Çiftyaşamlı embriyosunda organ gelişimi ve gastralasyonun seyri. 1. Ektoderm; 2. Entoderm a-d. Boyuna kesit, entoderm ve mezodermin oluşumu; a) Daha henüz büyük blastösöllü erken gastrula, çökme dorsal ilkin ağız dudağının (3) altında başlıyor. b. Orta gastrula dönemi, ilkin bağırsak boşluğunun (4) gelişimi; c. Gastrulanın bitimi, korda taslaklı (6) mezoderm, (5) nöral ektoderm ilkin bağırsak boşluğu= gastrosöl (7); Kapak ilkin ağızdan (8) ventrale doğru bir mezoderm çöküntüsü (2) oluşuyor; blastösöl işgali; embriyonun üst yüzünü sadece ektoderm kapatıyor. d. Bir erken nörulada çöken mezodermin genişlemesi, çizgilerle gösteriliyor. e-i. Vücudun orta bölümünden alınan enine kesitler. e. Mezodormal ilkin bağırsak çatısı (6), yan plaka (9) ve gelecekteki nöral plaka (5) arasında ve bağırsak entodermine (2) itilir; bu kısım okla gösterilen ve yukarıya doğru büyüyen bağırsak kanatları, henüz kapanamamış bağırsak boşluğunu örter; (10) epidermis; f. Korda ilkin bağırsak çatısının orta kısmında diğer mezodermden ayrılır ve sölom yarığı (11) oluşur; nöral plakanın ektodermi (5) epidermal ektoderme (10) karşı kalınlaşır; g. Nöral plaka kenarları, nöral çıkıntı olarak kalkıyor (13); (12) korda ve bağırsakboşluğu, kordanın altında kapanıyor; h. Nöral katlantılar (14) boru şeklini alıyor ve çöküyor. i. Nöral boru (15), epidermisden ayrılıyor ve çöküyor. İlkin segmentler (16), yan plaka mezoderminden (17) ayrılıyor (Kühn'den).

İlkin ağız taslağı, daha sonra orada esas ağzın oluşacağı anlamını taşımaz. Eklembacaklılar ve bazı diğer hayvan gruplarında, ilkin ağız açıklığı olur. Omurgalı hayvan ve derisi dikenlilerde ise ilkin ağız sonraları anüse dönüşür. Ağız açıklığı ise tam aksi bir konumda ve yeni olarak gelişir. Bu görüşe göre ilkin ağzı anüse dönüşen ve ağzı yeni oluşan hayvanlara *DEUTOROSTOMYA* veya *YENİ AĞIZLI HAYVAN*'lar denir. İlkin ağzı esas ağız olarak korunan ve anüsü yeni oluşanlara *PROTOSTOMYA* veya *ESKİ AĞIZLI HAYVAN*'lar adı verilir.

2.3. NÖRULASYON VE ORGAN TASLAKLARININ OLUŞUMU

Kurbağa yumurtası bırakıldıktan birkaç gün sonra, gastrulaya kadar gelişir. Bunu izleyen süreçte larva çıkıncaya kadar, yani iki üç hafta sonrasında, organlar oluşur. Başlangıçta, daha sonra yerini merkezi sinir sisteminin alacağı NÖRAL (=Sinir) BORU meydana gelir. Bu olaya *NÖRULASYON* denir. Nörulasyon, küresel olan gastrulanın üst yüzeyinin *NÖRAL PLAKA* tarafından sınırlanması ile tanınır. Bunların kenarları önce nöral yarık halinde şişer ve burada daha sonra *NÖRAL BORU* oluşur. Bu ektodermin diğer kısımlarından ayrılır ve

embriyonun iç kısmına birikir. Böylece beyin ve omuriliğin taslağı belli olur. Göz taslağı da bu ektodermden oluşur. Sinir sistemi *EKTODERM*'den yapılır, yani ektoderm kökenlidir *(Şekil 250.1)*.

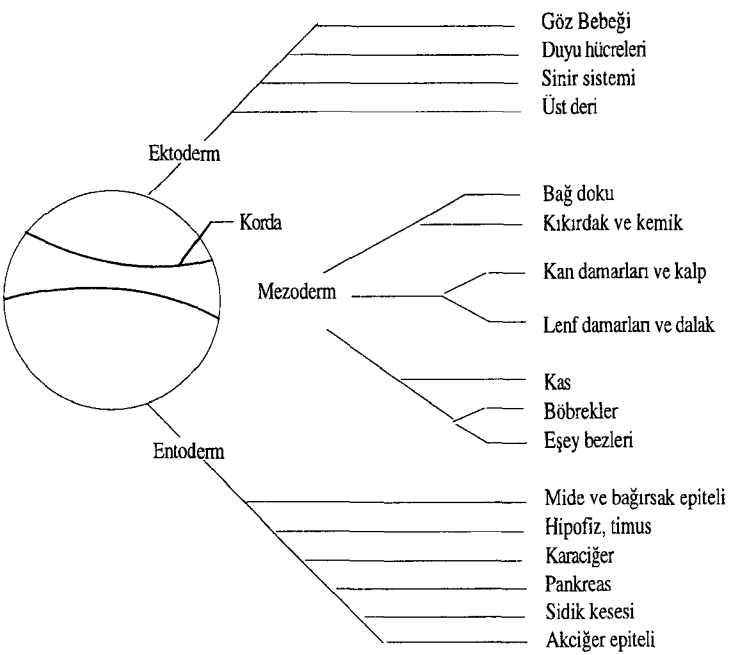
Nörulasyon esnasında Mezoderm gelişimini sürdürür. İlkin bağırsağın üzerindeki mezoderm kısmı bir hücre çubuğu oluşturur. Buna *KORDA* denir. Bu embriyonal destek organının kalıtımı daha sonra ara omur plakalarında korunur.

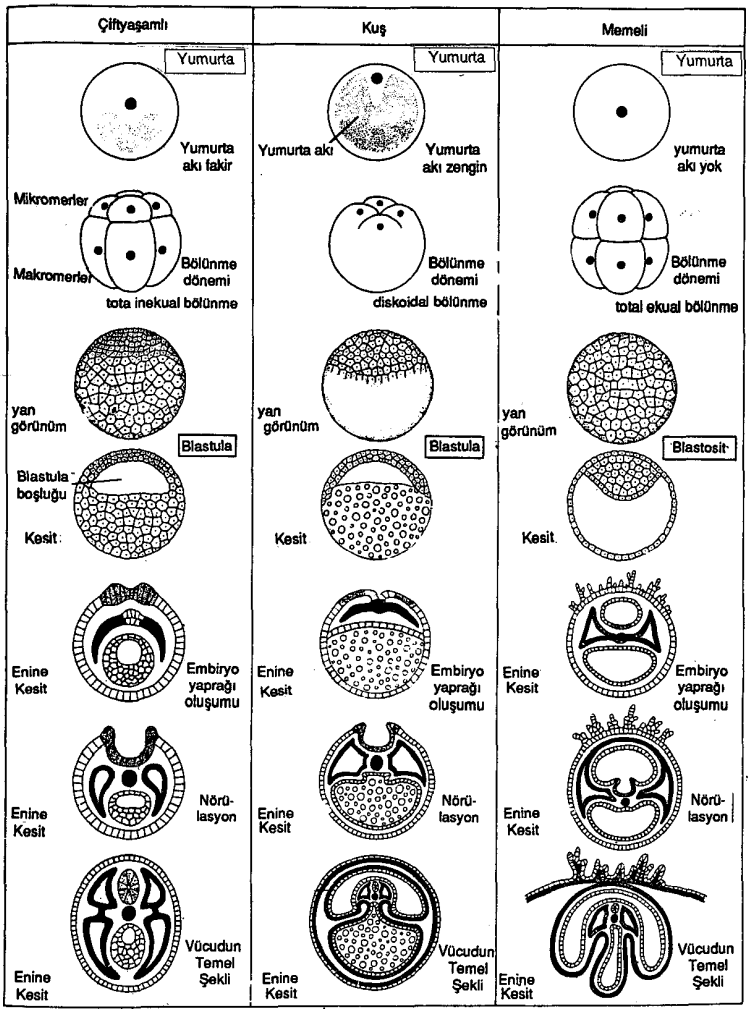
Embriyonun uzunlamasına ekseninde, mezodermin üst kısmı eşit şekilde ayrılır. Bu parçalara *İLKİN SEGMENT* denir. Bunlar daha sonra kordayı sarar ve omurganın kemikli kısımlarını oluşturur.

Embriyonun karın kısmına doğru mezoderm ayrılmamıştır. Yanda bulunan iki adet plaka şeklindeki yapıya *YAN PLAKA* denir. Plakanın her birinin boşluğundan, daha sonra vücut boşluğunun kendisinden oluşacağı *SÖLOM* meydana gelir. Vücut boşluğu mezoderm materyali ile örtülür. İlkin segment ve yan plakalar ilkin segment sapı ile birbirine bağlanır. Bunlardan hayvanın boşaltım organları oluşur.

Omurgalı hayvanlarda embriyo plakalarından vücut dokusunun farklılaşmasını *Tablo 251.1*'den izlemek mümkündür. Embriyo tabakalarından farklı organlar köken alır.

Tablo 251.1 : Omurgalı hayvanlarda embriyo plakalarından vücut dokusunun farklılaşması ve çeşitli organların köken alması.



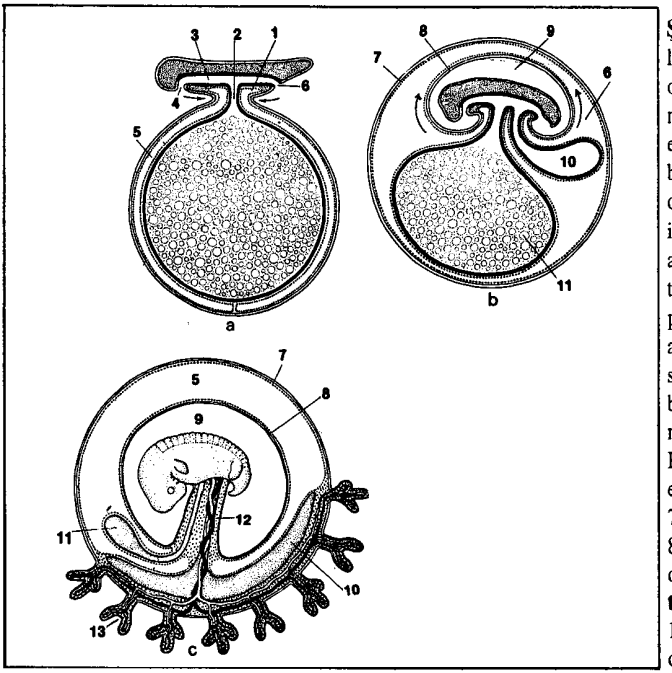


Şekil 252.1: Çift yaşamlı, kuş ve insanda karşılaştırmalı olarak embriyonal gelişme (Scharf'dan).

Çift yaşamlılar, kuşlar ve insanın embriyonal gelişimi, karşılaştırmalı olarak Şekil *252.1*'de görülmektedir.

2.4. KUŞLARDA EMBRİYONAL GELİŞİM

Döllenmiş bir tavuk yumurta hücresinin olgunlaşması 9-10 günde olur. Bu süre sırasında, önemli miktarda vitellüs maddesi ve onun içindeki embriyo plakası oluşur. Buna yumurta kanalı ve uterus içinde, yumurta sarısı ve kabuk da eklenir. Döllenmiş yumurtada bölünme, daha yumurta bırakılmadan önce olur. Embriyonun koyu renkli gözleri, 5 gün sonra izlenmeye başlanır. Embriyo gelişmesi 21 gün sürer. Blastula, gastrula ve nörula gibi tek tek izlenen gelişim dönemleri, yumurta sarısı bakımından zengin olması nedeniyle amfibilere göre tamamen ayrı bir yapı gösterir.



Şekil 253.1: Omurgalılarda embriyonal zarların oluşumu. Şematik uzunlamasına kesitler: a) Balık embriyosu, b) Sürüngen embriyosu, c) Memeli embriyosu (plasenta ve göbek bağı ile birilkte); koyu renklisi atardamarı, açık renklisi ise toplardamarı işaret eder. Toplar damar kanı, gaz alışverişi ile ana kanı sayesinde okside olur. 1. Embriyonal sölom, 2. Vitellus maddesinin giriş kapısı, 3. Bağırsak, 4. Ağız, 5. Dış embriyo sölomu 6. Anüs, 7. **Koriyon (seroza)**, 8. **Amniyon**, 9. Amniyon boşluğu, 10. **Allantoyis**, 11. Vitellus kesesi, 12. Göbek bağı, 13. Koriyon uzantıları (Kühn'den).

Blastomerler, 64 hücreli fazda yumurta sarısından ayrılarak *SUBGERMİNAL BOŞLUĞU* oluşturur.

Daha sonraki gelişim basamağında *EKTODERM, ENTODERM* ve *MEZODERM* olmak üzere üç embriyo yaprağı oluşur. Yaklaşık 25 saat sonra nörol boru ve kordanın oluşumu başlar. Kuş gelişiminde *AMNİYON BOŞLUĞU* denen bir yapının ektoderm ve mezodermin müştereken katlanması ve embriyonun üzerinde büyümesi ile oluşması, önemli bir özelliktir. Bunlar beraberce *AMNİYON* ve *SEROZA* adı verilen *EMBRİYO ÖRTÜLERİNİ* meydana getirir. Bu örtüler embriyoyu korur. Sürüngen, kuş ve memeli hayvanlar bu embriyo örtülerine sahiptir. Bu nedenle bunlara *AMNİYOTA*'lar adı verilir. Balık ve kurbağalar bu örtülere sahip olmadıkları için *ANAMNİYOTA* adını alırlar.

Kuş embriyosu gelişirken, metabolik atıklar oluşur. Bunlar embriyonal idrar kesesi adı da verilen *ALLANTOİS*'de birikir. Bu kese embriyonun bağırsağına bağlıdır ve gelişim sırasında büyür. Hayvan erişkin durumda böyle bir idrar kesesi taşımaz*(Şekil 253.1)*.

2.5. İNSANDAKİ EMBRİYONAL GELİŞİM

2.5.1. Döllenme Olayı

Kavuşmada dişi bireye geçen 200-300 milyon spermden, ancak 500'ü yumurta hücresine yaklaşır. Bunlardan da sadece bir tanesi yumurtayı döller. Bu döllenme olgusunda spermin kafa kısmındaki *AKROZOM* denen çıkıntının önemli rolü vardır. Akrozom proteaz gibi enzimleri salgılar ve böylece yumurta hücresini saran tabakalardan geçip yumurtaya ulaşmasını sağlar. Erkek gametin yumurta hücresine

dokunması ve ona girmesinden sonra, diğer spermlerin yumurta üst yüzeyini delerek ona girişi engellenir. Bu, yumurta yüzeyinin bir dizi reaksiyonla yapısını değiştirmesi sureti ile olur.

Son zamanlarda deney tüpünde, yani "invitro" da döllenme gerçekleştirilmiştir. Bunun için olgun yumurta hücresi yumurtalıktan emilerek alınır ve sperm bulunan bir kültür çözeltisine konur. Zigot erken blastosit evresine kadar kültürde tutulabilir; ama daha sonra plasentaya geri konur. Etik nedenlerden ötürü invitrodaki bu döllenme şekli ile ilgili önemli tartışmalar yapılmaktadır.

2.5.2. Embriyonun Gelişmesi

Bir kadının yumurtalığında her 4 haftada bir, çok sayıda yumurta olgunlaşır. Bunlardan biri yumurta kanalına geçer, diğerleri telef olur. Serbestleşen bu yumurta hücresi bu dönemde ilk olgunluk bölünmesi mayoz I'i bitirip II. mayoza başlar. Yumurta kanalındaki yumurta hücresi, çeper kasları ve silli epitelin kamçıları ile plasentaya doğru hareket eder.

İnsanda gametlerin döllenmesi, yumurta kanalının üst bölümünde olur. Erkek gametler yaklaşık 7 saat sonra dölleme yeteneğindedir. Bu dönemde spermin üst yüzeyindeki inhibisyon faktörünün uzaklaştırılması gerekir.

2.5.2.1. Bölünme

Döllenmiş yumurta hücresine *ZİGOT* denir. Çekirdek bölünmesi (mitoz) ve bölünme ile 3 gün içinde 12 hücreli bir hücre kümesi oluşur. Buna *MORULA* denir. Hücreler daha erken bölünme dönemlerinde, muhtemelen iki hücreli evrede, farklı büyüklükte olduklarından, aynı süratte de bölünmezler. Bu yüzden 2, 4, 8, 16... diye sıralanan bölünme dizisinden farklı bir hücre sayısı şeması da görülür. Morula, bir iç ve bir de dış hücre grubuna ayrılır. Bunlar sıvıyla dolu bir boşluğun etrafında yerleşir. Böylece *BLASTOSİST* oluşur. İçteki hücre grubundan, yani *EMBRİYOBLAST*'tan daha sonra *EMBRİYO* meydana gelir. Dıştaki hücre tabakası olan *TROFOBLAST*'dan *PLASENTA* yapılır.

Yaklaşık 6 gün sonra Blastosist plasentaya ulaşır ve onun içindeki mukozaya yerleşir. Protein yıkıcı enzimlerin salgılanması ile blastosist, kısa bir süre sonra uterus mukozasına girer. Embriyoblastın içindeki bazı hücreler, iki tabakalı embriyo plakası oluşturacak şekilde konumlanır. Bu iki tabakaya *EKTODERM ve ENTODERM* denir. Ektodermin üzerindeki bir sıvıyla dolu olan *AMNİYON* BOŞLUĞU altında YUMURTA SARISI TORBASI oluşur (*Şekil 253.1*).

Yaklaşık ikinci haftanın sonuna doğru embriyo taslağının tamamı, bir sapla embriyo boşluğuna asılı kalır. Bu saptan daha sonra göbek kordonu damarları gelişir. Yukarıda anlatılan farklılaşmaların cereyan ettiği blastosistin tamamı, plasenta mukozasına girer ve 12 günlük bir gelişme evresinin ardından onun tarafından tamamen sarılır. Bunun çapı 1 mm'den daha küçüktür. Plasenta üst yüzünün iç kısmı hafif bir çıkıntı olarak izlenir. Üçüncü haftanın başlaması ile birlikte ektoderm hücrelerinin iki embriyo yaprağı arasında göç etmesi ile üçüncü bir embriyonal tabaka, yani *MEZODERM* oluşur. İnsanda da bu olaya *GASTRULASYON* denir. Bu şu şekilde gerçekleşir: Amniyon açıklığının tabanında, arkadaki kutuptan başlayarak, *İLKEL YARIK* denen bir yarık oluşur. Bu yarıkların bulunduğu kısımda hücreler yuvarlak

bir şekil alır ve yarıkların içine girer. Bunlar ektoderm ve entodermin arasına dağılarak mezodermi yapar. Bu dönemde, yani 16. günde, buraya göçen ektoderm hücrelerinden ilkel iskelet, yani *CHORDA DORSALİS* oluşur. Üçüncü haftanın sonunda gelişmekte olan embriyonun kılcal kan dolaşım sistemi ile plesanta arasında ilişki sağlanır.

2.5.2.2. Embriyonal Evre

4. ve 8. hafta arasındaki dönemi izleyen evreye *EMBRİYONAL EVRE* denir. Böylece yanyana birçok değişik farklılaşma olayı meydana gelir. Üç embriyo plakasından organ taslakları meydana gelir. Ektoderm, özellikle daha sonra dış dünya ile temasta olacak yapıları meydana getirir. Buna *SİNİR SİSTEMİ* de dahildir. Mezodermden oluşan Chorda dorsalisin üzerindeki ektoderm de nöral plakanın oluşumunu aktive eder. Bu ise birkaç gün içinde katlanarak *NÖRAL BORU*'yu yapar. Bu, arka bölümde daha sonra omurilik taslağına dönüşür. Kafa bölümünde, sonraki ön ve arka beyin taslağı olan ve arka arkaya yerleşmiş iki *BEYİN KABARTISI* meydana gelir. Ön beyin kabarcığından daha sonra *GÖZ KABARCIĞI* oluşur. *(Şekil. 253.1).*

Entodermden mide-bağırsak sistemi meydana gelir. Bu arada bağırsak borusu yumurta sarısı torbasından ayrılır ve onunla sadece ince bir kanalla ilişkide kalır. Entoderm, gelişimin sonraki evresinde solunum sisteminin örtüsü ve boşaltım organları ile karaciğer ve pankreasın doku kısımlarını oluşturur *(bkz. Tablo 251.1).*

3. haftanın sonuna doğru, mezotermden, nöral taslağın her iki yanında düzenli yapılar oluşur. Bunlara ilkin segment veya *SOMİT* adı verilir. Somit çifti embriyonun segmentleşmesini ifade eder. Bu ise daha sonraki gelişim evresinde omur ve sinir sisteminde tekrar karşımıza çıkar. Gelişimin 20. ve 30. günlerinde somit sayısından yararlanarak embriyonun yaşı tam olarak tesbit edilebilir. Buna her gün 3-4 somit çifti ilave olunur. 4. hafta sonunda 30-35 çift somit vardır. Bundan *MEZENŞİM* oluşur. Bu embriyonal bağ doku, çeşitli istikametlerde farklılaşabilir ve kıkırdak, kemik ile elastik yapıları oluşturur.

Kas da mezoderm ürünüdür. Aynı şekilde kan ve lenf damarlarının çeperi de, kalp çeperi gibi mezoderm kökenlidir.

Embriyonal dönemde bütün önemli organ sistemleri ve hatta vücudun son şekli belirir.

2.5.2.3. Fetal Evre

FETAL EVRE üçüncü aydan doğuma kadar sürer. Bu dönem yoğun hücre bölünmesi, hızlı büyüme, organların artan işlevi ve fetal davranış şekillerinin görülmesi ile dikkati çeker. Fötüs ana rahminde hareketler yapar. Plasenta sıvısı dengeli büyümeyi olası kıldığı gibi mekanik tehlikelere karşı da fötüsü korur. Üçüncü ayın başlangıcında, kafa vücudun diğer bölümlerine göre yavaş gelişir. Fötüs 6-8 cm büyüklükte olup cinsiyeti tanınabilir. Dördüncü ve beşinci ayda ağırlık artışının azlığına karşın, uzunlamasına büyüme fazladır. Anne, 5. aydan itibaren çocuğun hareketlerini hissetmeye başlar. Bu dönemde çocuğun vücudu *LANUGU KILI* ile çok sık bir şekilde örtülmüştür. Bu kıllar doğuma kadar yavaş yavaş kaybolur. Uzunluğu 20 cm'ye ulaşmış olan fötüsün kalp atışlarını dışarıdan duymak mümkündür.

Gebeliğin ikinci yarısında, özellikle fötüsün ağırlığı artar. Bu artış aylık 700 gramı bulur. Gelişiminin 28. haftasında fötüsün kural olarak yaşaması mümkündür. Erken doğan bir çocuğun yaşaması solunum ve merkezi sinir sisteminin gelişim durumuna bağlıdır. Doğumda, yani yumurta hücresinin döllenmesinden 266 gün, ya da son aybaşının başlamasından 280 gün sonra (40 hafta) uterusun hormonal olarak aktive edilen kontraksiyonları (=kasılması) ile doğum olayı gerçekleşir.

2.5.2.4. Bireysel Gelişme

İnsanın gelişmesi doğumla sona ermez. Hayatın doğumdan sonraki dönemleri bedeni, ruhî ve psikolojik özellikleri ile birbirinden ayırt edilir.

*Çocukluğun ilk dönemi (bebek ve küçük çocukluk) olan 0-6 yaş basamağı*nda çevre algılanarak tanınır; hareketlerin uyumu bütünleştirilir; yürüme ve konuşma öğrenilir. Oynama, keşfetme ve bulma olguları sosyal çevre ilişkilerini güçlendirir ve ona girmeyi sağlar.

Çocukluk yaşının (6-10/12 yaş) başlaması, dıştan izlenen yapısal bir değişme ile kendini gösterir. Çeşitli vücut bölümlerinin farklı büyümesi ile çocukluğun ilk dönemindeki oransal dengeye uymayan bir değişim izlenir. Kollar uzar; kafa vücuda göre göreceli olarak küçüktür.

Gençlik yani ergenlik (=pupertet) dönemi (10/12-18/21 yaşları arası) nda eşeysel olgunluk ve buna bağlı olarak eşeysel organlarda gelişme olur. Boy büyümesi gerçekleşir ve bu dönemin sonunda nihai uzunluğa ulaşılır. Kendi kendine yetme isteğinin artışı ve sosyal çevrede kendini kabul ettirme isteğinin gelişmesi, bu dönemde olur.

*Yetişkin insan dönemi 18/21-60/70 yaşları arası*ndadır. Bedeni ve ruhi yetenekler; yaratıcılık; yaşamsal sorunların üstesinden gelinmesi ve bunun en yüksek noktaya ulaşması, genelde bu dönemde olur.

60/70 yaş-Ölüm arası dönemde, bedeni ve ruhi işlevlerde yavaş yavaş azalma olur. Unutkanlık, zor duyma gibi olgular ortaya çıkar. Alışkanlıklara bağlılık ve yaşanılan hayata özlem bu dönemde belirginleşir.

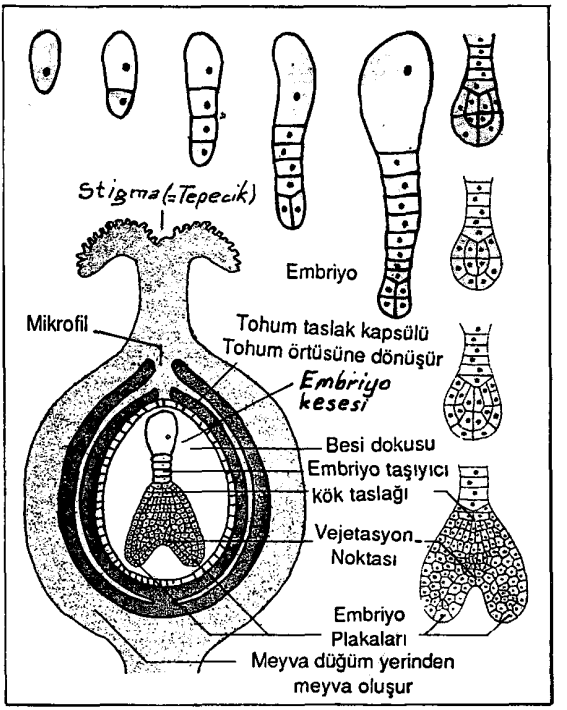
2.5.2.5. İkizlerin Oluşumu

Her 90 doğumdan biri ikiz doğumdur. İkizlerin oluşumu için farklı nedenler vardır;

a. *Çift Yumurta İkizi:* Eğer iki yumurta hücresi aynı anda yumurta kanalına girerse, ikisi de döllenebilir ve ana rahmine geçip oraya yerleşir. Bu durumda her embriyonun bir embriyo kesesi ve plasentası vardır. Her iki çocuk da ayrı ayrı iki yumurta hücresinden oluştuğundan, buna çift yumurta ikizleri denir. Bunlar farklı spermler tarafından döllendikleri için, eşeyleri ayrı ve birbirine benzemeyebilir.

b. *Tek Yumurta İkizi:* Tek bir yumurta hücresini bir sperm döller. Hücre bölünmesi sırasında birbirinden ayrı iki embriyo taslağı müşterek bir embriyo keseciğinde oluşur. Ayrı embriyo keseli iki embriyo müşterek bir şekilde aynı

plasentada büyür. Tekyumurta ikizi, bir yumurta hücresi ve spermadan oluştuğundan aynı kalıtım materyaline sahiptir. Bunlar daima aynı eşeyli olup, davranış ve dış görünüşleri de benzerdir. İkizlerin yaklaşık % 25'i tek yumurta ikizidir. İkizler gibi üçüz, dördüz, beşiz ve altızlar da tek veya çok sayıda döllenmiş yumurta hücresinden oluşabilir.



Şekil 257.1: Çift çenekli bitkilerde embriyonal gelişim. Örneğin meşe, kayın (Linder'den).

2.5.3. Gebelik Testi

Blastosist, uterüse ulaşmasından 6 gün sonra, orada yerleşir. Blastosistler bu yerleşmelerini kolaylaştırır, yoksa normalde birkaç gün sonraki menstürasyonda (=aybaşı) mukoza ile birlikte dışarıya atılır. Bu yüzden blastosist, *TROFOBLAST, HUMAN-CORION-GONADOTROPİN (=HCG)* adlı bir hormon salgılar. Bu, yumurtalığı hormon üretimi için aktive eder ve böylece regle engellenir.

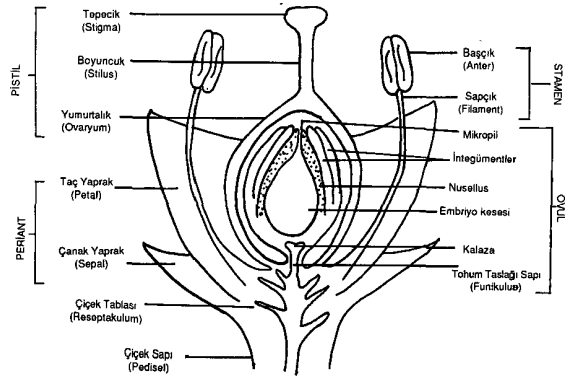
İşte gebelik testinde HCG'nin bulunup bulunmadığına bakılır. HCG, alfa ve beta alt birimlerinden oluşan bir peptid hormonudur. Sadece beta zinciri HCG için tipiktir. Halbuki alfa zinciri luteinli hormonlar gibi diğer eşeysel hormonlarda da bulunur. Bu yüzden test yöntemi HCG'nin beta zincirine uymalıdır. Bunu elde etmek için de beta zincirine karşı monoklonal antikorlar üretilir.

3. BİTKİLERDE GELİŞİM

Bitkilerde de, hayvanlardaki gibi döllenmiş yumurtadan çok hücreli yeni bir organizma oluşur.Bütün organ taslakları az çok belirgindir. Halbuki bitki embriyosunda sadece kök ve gövdenin ilk taslakları vardır *(Şekil 257.1)*. Diğer organlar ise gelişimin sonraki basamaklarında görülür ve oluşur.

3.1. ÇİÇEK VE YAPISI

Çiçek uzaması sona ermiş bir çeşit daldır. Çiçek gövde ucunda (**terminal**), ya da taşıyıcı yaprak koltuğunda kısa sürgün (**lateral**) halindedir. Çiçeğin genel yapısı *Şekil 257.1a*'de görülmektedir. Çiçekte üreme organları yer alır. Bunlara erkek



Şekil 258.1: Kapalı tohumlu bir bitkinin çiçek yapısı ve kısımları

(stamen) ve dişi **(pistil)** organ denir. Her ikisinin aynı çiçekte bulunduğu çiçekler *erdişi*, iki *eşeyli ya da hermafrodit*; ayrı ayrı çiçeklerde iseler *tek eşeyli* **(diklin)** *çiçek* adını alır. İleri bitkilerin çoğu tek eşeylidir. Bunlar aynı bitkide; ama ayrı ayrı dallarda olabilirler. Bunlara *tek evcikli* ya da *monoik* denir (Ör. huş, meşe, kızılağaç, fındık ve ceviz). Ayrı ayrı bitkiler üzerinde bulunabilirler, bunlara **iki evcikli veya dioik bitki** (Ör. söğüt ve kavak)denir.

Kapalı tohumluların (=Angiosperm) çiçekleri, açık tohumlulara (=Dimnosperm) göre daha gelişmiştir. Bir angiosperm çiçeğinin kesiti ve kısımları *Şekil 258.1*'de görülmektedir.

3.2. EMBRİYONAL GELİŞME

Ot, çalı ve ağaçlar tamamen spor oluşturan dölden meydana gelir (*Şekil 258.1*). Çiçekdeki stamenler; spor oluşturan bir bölüm (=anter) taşır. Anterlerde çiçek tozu keseleri bulunur. Anterlerin içinde mayoz olaylanır ve burada haploid sporlar oluşur. Her spor biraz farklılaşır, çekirdek bir veya iki kez bölünür ve böylece polen de erkek GAMETOFİT olur.

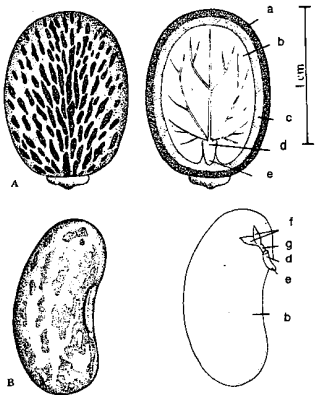
Çiçekdeki spor oluşturan diğer organ **meyva tastağında**; yani **tabla** üzerinde bulunur. Buradaki hücreler de mayozla bölünerek, haploid sporları oluşturur. Bunların bazıları ilaveten gerçekleşen bir dizi bölünmeler ve özelleşmelerle dişi GAMETOFİT'leri oluştururlar. Bunları **embriyo kesesi** olarak da biliriz. Her embriyo kesesi bir yumurta hücresi içerir (*Şekil 258.1*). Eğer bir polen taneciği, *tepeciğe (=stigma)* gelirse, bundan bir polen borusu oluşur ve *boyuncuktan* aşağıya doğru *embriyo kesesine* girer. Polen kanalında polen taneciğinin içeriğinin tamamı nakledilir ve böylece de iki sperma çekirdeği embriyo kesesine gelir. Burada her iki çekirdekten birisi yumurta çekirdeğini. döller. İkinci sperma çekirdeği başka bir çekirdekle birleşir veya embriyo kesesindeki iki çekirdekle özel bir doku oluşturur (çok sayıdaki mitoz bölünme sonucunda), Buna ENDOSPERM denir ve burası büyüyen embriyoyu besler. Her tohum bir embriyo içerir. Bunun etrafında besin dokusu ve bir dış kabuk vardır. Tohumlar uzun süre ana bitkiye bağlı olmadan yaşar. Eğer koşullar uygun olursa filizlenme olur ve bundan yeni bir SPOROFİK oluşur.

Yumurtalıkta tohum taslağı içinde, zigottan, yeni bir bitki gelişir. Buna tohumun filizlenmesine kadar EMBRİYO denir. Enine bölünmelerle zigottan önce, kısa bir hücre uzantısı oluşur. Yalnız tohum taslağının içine doğru uzanan son hücre, gerçek embriyoyu meydana getirir. Diğer hücreler embriyo taşıyıcısını yapar. Bu uzar ve embriyoyu tohum taslağının içine doğru iter.

Tohum taslağının girişinin, yani mikropilin aksi yönünde EMBRİYO KÖKÜ oluşur. Bunun karşı tarafında da çift çeneklilerde iki, tek çeneklilerde tek bir embriyo yaprağı teşekkül eder. Embriyonun orta kısmında embriyo ekseni vardır. Embriyo yaprağı taslakları arasında, **doğurgan doku** bulunur. Daha sonra bundan gövdenin diğer kısmı oluşur (*bkz. Şekil 257.1*).

3.3. TOHUMUN OLUŞUMU

Embriyonun gelişimi sırasında tohum taslağının diğer kısımları da değişir. Onun iç kısmında çokhücreli bir **beslenme dokusu (endosperm)** oluşur. Bu doku embriyonunun gelişimi için gerekli besin maddesini sağlar. Böyle bir doku buğday tohumunda vardır. Ama birçok bitkide bulunmaz. Besin maddeleri bu durumda embriyoda ve özellikle **kotiledonlarda** depolanır. Fasulye ve fındık böyle **depo embriyo yaprakları** taşır. Tohum taslağının her iki dış örtüsü, yani **integümenti,** tohumun olgunlaşması sırasında, **tohum kabuğuna** dönüşür. Tohumun büyüklük ve şekli bitki türlerine göre değişir. Tohumları en küçük (2 μgr) olanlar salepgiller



Şekil 259.1 c: A7 Endospermli (besi dokusu) bir tohum için örnek (*Ricinus* tohumu); B) Endospermsiz bir tohum için embriyo depo yaprakları, kotiledonlar (*Phaseolus vulgaris* fasulye). a. Tohum kabuğu (testa), b. Embriyo yaprağı (=kotiledon) c. Endosperm, d. Embriyo ekseni (=hipokotil), e. Embriyo kökü (=radikula), f. İlkin (primer) yapraklar, g. Epikotil

(Orhidaceae) ve canavarotugiller *(Orobanchaceae)*de; en büyükler (birkaç kg) ise Hindistan ceviz *(Cocos nucifera)* lerindedir *(Şekil 259.1 c ve d).*

3.4. TOHUMUN FİLİZLENMESİ

Suya konan bir fasulye tanesi şişerek iki misli kadar büyür. Tohumun kabuğu patlar ve birkaç gün sonra embriyo kökü izlenir. Bunun ardından embiryo plakaları arasından, ilk yaprakları ile birlikte gövde çıkar.

Filizlenmede geçici durgunluk döneminde bulunan genç bitki, gelişimini sürdürür. Bu olay tohumun şişmesi ile başlar. Burada su tohuma girip onun hacmını artırır. Şişmeden sonra embri-yonun büyümesi tohumun gerçekten filizlenmesi ile devam eder. Önce embriyonun mevcut organları büyür. Beslenme dokusu veya embriyo plakasında depolanan yedek madde enzimlerin etkinliği ile harekete geçer ve büyüyüp bölünen hücrelere eklenir. Önce tohumdan kökler çıkar. Bunlar aşağıya doğru yönelir ve ana kökü oluşturur. Kökün uç kısmının hemen önünde bulunan zondan itibaren kökcük kılları çıkar.

Genellikle kalın ve etli depo embriyo yaprakları toprakta kalır. Toprağın yüzünde görülen ilk yapraklar embriyo yaprağı olmayıp PRİMER YAPRAKLAR'dır.

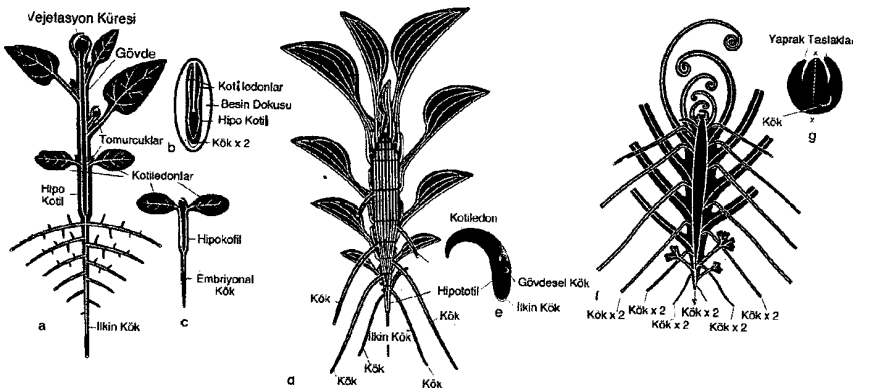
İbreli embriyosu çok sayıda embriyo yaprağı taşır. Tekçeneklilerin bir embriyo yaprağı vardır. Bu genellikle emme organı olarak gelişir ve besi dokusundan besin maddesi alır. Tahıl türlerinin de dahil olduğu otlarda emme organı olarak hizmet yapan küçük bir embriyo yaprağı vardır. Burada ilk gövde kısmı olarak **embriyo kılıfı** veya KOLEOPTİL kalır. Birkaç cm uzunluğunda ve ucunda ilk yapraktan (=primer yaprak) itibaren, kesintiye uğrar *(Şekil 259.2)*

3.5. BİTKİ HÜCRESİNİN BÜYÜMESİ

Bitki hücresinde çeşitli büyüme dönemleri ayırt edilir:

3.5.1. Embriyonal Büyüme

Embriyonun zigottan gelişimi sırasında plazma sürekli olarak çoğalır ve devamlı hücre bölünmesi olur. Hücrelerin belli bir büyüklüğe ulaşmasından sonra hücreler bölünmesini sürdürür. Bunlar oldukça küçüktür ve plazma hücrenin



Şekil 259.2: Vejetasyon kılıfı (=küresi=koleoptili)nın kısımları a) Dikotiledon bir bitkide; b) Dikotiledon embiryosunda ve c) Bir dikotiledon fidesindeki görünümü, d) Monokotileden bir bitkide; e) Monokotileden embiryosunda; f) Bir eğrelti bitkisinde; g) Eğrelti embiryosunda oluşum sırasına göre. İlkin kök, embriyo kökü (Radicula)nün oluşumu ile gerçekleşir x - x ekseni (g) eğrelti embiryosunun uzunlamasına ekseni (f-Weber'e; diğerleri Troll'e göre).

tamamını kaplar. Çekirdek esas büyüklüğüne ulaşır. Bu yüzden, mikroskobik gözlemde hücreye oranla daha büyük görünür.

3.5.2. Uzunlamasına Büyüme

Hücrelerin embriyonal durumdan, devamlı şekle geçişi hücre büyümesi ile karakterize edilir. Özellikle bitki kısımlarındaki uzunlamasına büyüklük artışı, bir yönde olur ve bu döneme *UZUNLAMASINA BÜYÜME* denir. Burada bilhassa hücre çeperinin yoğun yüzey büyümesi olur. Hücre plazması ya çok az veya hiç çoğalmaz. Bu ise plazmada boşluklu bölgelerin oluşmasına yani *VAKUOLLERE* yol açar. Vakuollerin içinde hücre sıvısı vardır. Bu nedenle hücreye çok miktarda su girmelidir. Uzunlamasına büyüme çok süratli olur. İlkbaharda tomurcukların sürmesi, hücrelerin uzunlamasına büyümesine iyi bir örnektir. Büyüyen sürgün hücresi önceki yıl oluştuğu için, şimdi sadece büyüme olayı gerçekleşir. Otların tozlaşma iplerinin büyüme hızı 2,5 mm/dk'dır. Bambu sürgünleri günde 55 cm kadar büyüyebilir.

3.5.3. Farklılaşma Büyümesi

Daha uzunlamasına büyüme fazında başlayan bu dönemde, hücre esas şeklini alır ve gerçek yapısını kazanır. Örneğin palizad hücreleri, su iletim demetlerinin kısımları ve elek boruları bu dönemde izlenir.

3.6. MEYVE VE ÇEŞİTLERİ

Döllenme sonunda farklılaşan ovaryum ve kapsadığı tohum, topluluğuna **meyve** denir.

Meyve, tohumun gelişme sürecinde onu dış etkilerden korur. Gerçek ve yalancı meyve ve gerçek meyvelerin yanında, döllenmesiz oluşan tohumsuz meyve teşekkülüne **partenokorpi** ve meyveye de **partenokorpik** meyve denir.

Meyveyi kabuk (**perikarp**) sarar. Perikarp **ekzokorp** (dış kabuk), **mezokorp** (orta kabuk) ve **endokorp** (iç kabuk) denen tabakalardan oluşur.

Meyveler **basit** ve **bileşik** olmak üzere iki tiptir. Basitler, gerçek meyve olup, olgunlaşınca açılan ve açılmayan diye iki grupta incelenirler. Bileşik meyvelere, yalancı meyve de denir.

3.7. KÖK VE GÖVDE GELİŞİMİ

Embriyonun gövde ve kök ucundaki bir kısım hücre, embriyonal karakterini korur. Hücrelerin bölünüp bitkinin gelişimini sürdürebilmesi için *MERİSTEM* veya *DOĞURGAN DOKU* oluşur. Büyüme yeteneğindeki bu uç kısımlara *VEJETASYON NOKTASI* denir. Genellikle gövde ve kök uçları küre şekilli olduğu için, bunlara VEJETASYON KÜRESİ de denir (*Şekil 259.2*).

3.7.1. Gövdenin Gelişmesi

Özellikle su bitkilerinin gövdelerindeki vejetasyon noktası uzun olup küremsidir. Hücre bölünmeleri ile vejetasyon noktasının çevresi büyümez. Yeni

hücrelerin oluşması ile diğer hücreler, uzunlamasına ve farklılaşma büyümesi yaparak, sürekli duruma geçer. Bu yüzden vejetasyon noktası büyüklük ve şeklini korur. Vejetasyon noktasının biraz ilerisinde yan kısımlarda hörgüç şeklinde yaprak taslakları görülür. Bunlar aşağıya doğru büyür. Genç yapraklar, vejetasyon noktasını koruyucu örtü olarak sarar. Vejetasyon küresinde yaprak taslaklarının altında, daha sonraki yan sürgünlerin taslakları izlenir (*Şekil 259.2*).

3.7.2. Kökün Gelişmesi

Kök tepeciği kökün vejetasyon noktasını sararak korur. Hücreler çeperlerinin mukus salgılaması ile çözülürler. Kök toprağın içine doğru girer. Dışarıya atılan hücrelerin yerine yeni hücreler oluşur. Vejetasyon noktasının hemen arkasında kök hücreleri uzunlamasına büyür. Bu büyüme zonu, sadece birkaç mm uzunluğundadır. Büyüme buradan itibaren gerçekleşir. Büyüme zonunun üstünde kök yüzeyinde bulunan çok sayıdaki hücre büyür ve boru şeklindeki kök saçaklarını oluşturur. Bunlar birkaç gün sonra ölür ve kökucu hücrelerince yerine yenileri oluşturulur. Kök saçağı zonunda bütün kök hücrelerinin esas farklılaşması gerçekleşir. Bu zonun üzerinde, kökün içinde yan kökler çıkar (*Şekil 259.2*).

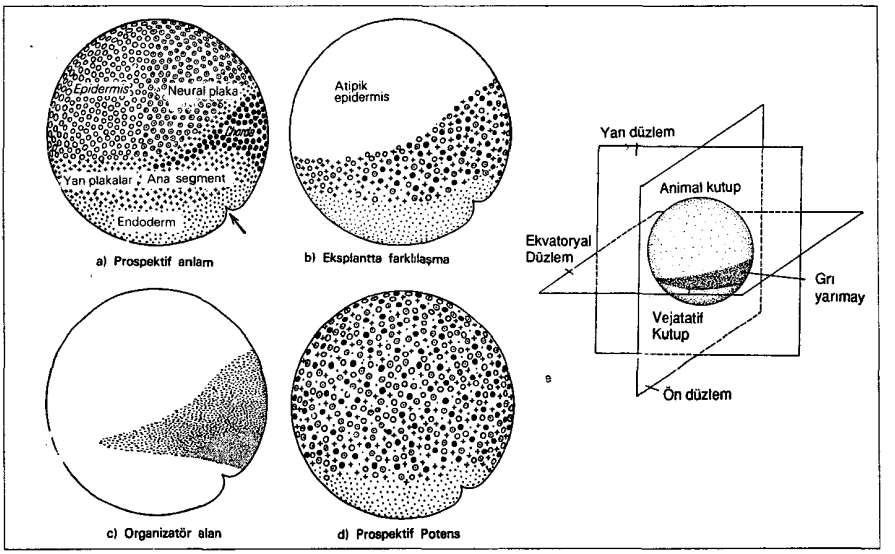
4. GELİŞİMİN İÇ VE DIŞ ETMENLERİ

4.1. PLAZMANIN ÖNEMİ

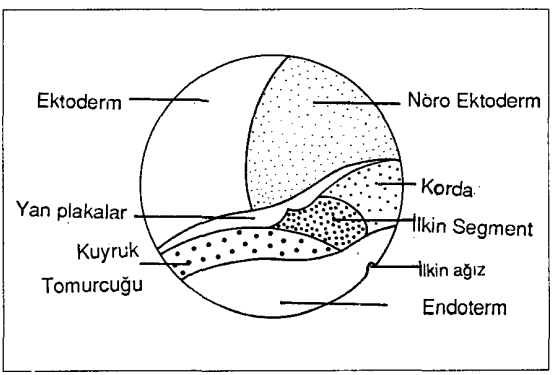
Gelişme fizyolojisi canlıların şekil değiştirme nedenlerini araştırır. Bunlar hem iç hem de dış etmenlerden kaynaklanır. Gelişim fizyolojisi araştırmalarının deneysel olarak yapılması, geçen yüzyılın ikinci yarısına rastlar. HANS DRIESCH adlı bir zoolog filozof 1890'da deniz kirpisi embriyosunda bölünme deneyleri yürüttü. Araştırıcı iki hücre evreli blastomerin hücrelerini birbirinden ayırdı ve onları ayrı ayrı geliştirdi. Her blastomer küçük olmakla birlikte tam bir larva oluşturdu. Aynı sonucu dört hücreli evre hücrelerini ayrı ayrı geliştirdiğinde de elde etti. Bir embriyo bölümündeki gelişim imkanlarının tamamına DRIESCH'e göre onun *PROSPEKTİF POTENSİ* adı verilir *(Şekil 262.1)*.

Beyin ve omuriliğin nöroektodermden oluştuğu normal bir gelişme olayında olduğu gibi, bu olguya sahip embriyo kısmına o canlının *PROSPEKTİF ÖNEMİ* denir *(Şekil 262.2)*. Deniz kirpisinde embriyo bozuklukları, gelişimi kontrol ve düzenleme yeteneğindedir. Bu durumda embriyonun belli bir bölümünün prospektif potensi, onun prospektif öneminden daha büyüktür. Düzenleme yeteneği ile gelişen embriyonun oluşturduğu yumurtalara *DÜZENLEME (=REGÜLASYON) YUMURTASI* denir.

HANS SPEMANN (1869-1941) bir semender embriyosunun ilk iki blastomerinin izolasyonu ile iki tam semender larvası elde etmiştir. Araştırıcı her iki hücreyi bir jiletle birbirinden ayırmış ve amfibi yumurtasının, büyük ölçüde



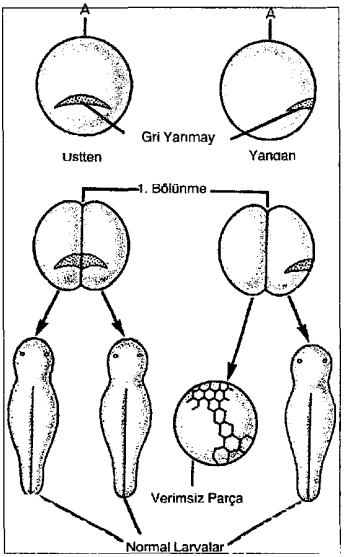
Şekil 262.1: Yumurtada bölgelerinin prospektif anlamı: a) Amfibi blastulasında boyama ile bölgelerin prospektif anlamının saptanması, b) Eksplant bireyde kendi kendine farklılaşma yeteneği, c) Organizatör bölge (kafa organizatörü noktalanmış) ve d) İndüksiyon etkisi altındaki prospektif potens, e. Semender yumurtasının çeşitli düzlemleri a-d (Holtfreter'den) (e-Scharf'tan).



Şekil 262.2: Prospektiv önem şeması, semender blastulasının bölümleri.

regülasyon yeteneğinde olduğunu göstermiştir. Embriyonun her iki yarısı birbirinden tam olarak ayrılmaz ve boğumlanırsa, larvalar çift ön ve arkalı olarak oluşur.

Döllenmiş ve fakat henüz bölünmeye başlamamış olan semender yumurtasında bile *GRİ YARIMAY* adlı pigmentli bir bölge görülür. İki larva, ancak boğumlamanın bu bölgeyi de kapsaması halinde, tam olarak ayrılır. Sadece bir hücre, gri kısımlı larvayı oluşturur, diğer kısımda ise bir parçacık kalır *(Şekil 263.1 ve 263.2)*. Yumuşakça ve halkalı solucan gibi bazı hayvan grupları ile yürütülen araştırmalar farklı sonuçlar vermiştir. Burada her iki blastomer birbirinden ayrılırsa, bunların her birinden yarım larva oluşur. Dört hücre evresindeki ayrılmada embriyonun daha da eksik oluştuğu izlenir. Eğer blastuladan bazı kısımlar ayrılırsa, organizmanın o bölümlerinin oluşturduğu kısımlar gelişmez. Gelişmenin



Şekil 263.1: Kurbağanın iki hücre dönemindeki boğumlama deneyi. Eğer bağumlama gri yarımayı hücrenin her iki bölümünde de bırakacak şekilde olursa, iki tam larva oluşur. Eğer gri yarımay sadece yumurtanın bir yarısında ise, oradan tam bir larva gri yarımayın olmadığı diğer yarımaydan bir parcacık oluşur (Hodorn'a göre).



Şekil 263.2: Siyamlı ikizler Chang ve Enf.

bozulmasından sonra regülasyon olmaz. Organ taslakları yumurtada dengeli ve mozaik şeklinde konumlanır ve birbirinden bağımsız olarak gelişimini sürdürür. Böyle özelliklere sahip yumurtalara *MOZAİK YUMURTALAR* denir. Bunlarda prospektif verim ve prospektif önem birbirinin aynıdır.

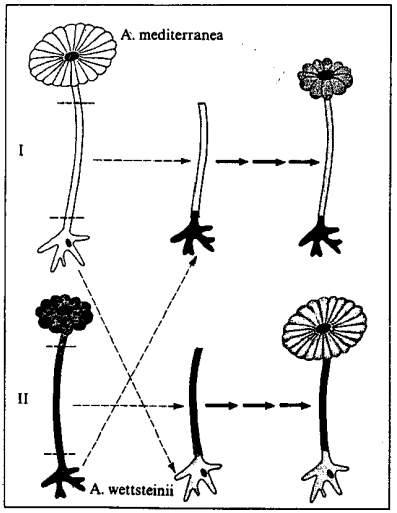
Mozaik yumurtaları ile regülasyon yumurtaları arasındaki fark, göründüğü gibi kuramsal tabiatta değildir.

Mozaik yumurtalarında gelişimin devamı ve bunun plazmanın çeşitli bölgelerinde izlenmesi yumurtanın olgunlaşması sırasında olur. Regülasyon yumurtalarında ise bu, bölünmeden önce veya bölünme sırasında gerçekleşir.

Genetik bilgi ve hücrelerin çevresindeki etmenlerin beraberce etkisi sonucunda, organizmanın tam bir gelişme gösterdiği izlenir. Şekillenme olayları ile türe özgü belli bazı gelişme koşullarına tepki gösterme yeteneği, genetik olarak belirlenen çok önemli biyolojik olgulardır.

4.2. HÜCRE ÇEKİRDEĞİNİN ÖNEMİNİ GÖSTEREN BİR DENEY

Hücrenin karakterini çekirdeğin belirlediği ve protoplazma işlevlerinin çekirdek tarafından yönetildiği görüşü, çekirdeğin öneminin araştırılmasına neden olmuştur. Belli bir hayvan türünün döllenmiş yumurtasından, sadece türe özgü bireylerin oluşması da çekirdeğin etkinliği ile ilişkilidir. Bütün bu görüşler 30' lu yıllarda yürütülen deneylerde doğrulandı. Yeşil ve 10 cm büyüklükteki şemsiye algi **Acetabu-**



Şekil 264.1: *Acetabularia*'da transplantasyon deneyleri (Sengbusch'dan).

laria, Akdeniz'de **A. mediterranea** ve **A. wettsteinii** adlı iki türle temsil edilir. Bu iki dev hücrenin tek çekirdeği, hücreyi ayakta tutar, bağlayıcı kısımda ve altta yer alır *(Şekil 264.1)*. Çekirdeksiz ve şapkasız **A. mediterranea** sapı, **A. wettsteinii**'nin çekirdek içeren alt kısmına (veya aksi) aşılanırsa, çekirdek bulunan alt kısım, hangi türe aitse o türün şapkası gelişir. Şapkanın şekli, aşılanan melezin çekirdeği tarafından saptanır. Burada plazmanın etkisi olmaz. Başka deneylerde de çekirdek maddesi plazmaya eklenemediğinden, hücrenin gelişmesinin etkilendiği görülür. Buradan sitoplazma aktivitesinin çekirdek tarafından yönlendirildiği anlaşılır. Aynı şekilde çekirdeğin gen aktivite ürünlerinin sapkanın şeklini tayin edici olduğu da görülür. Böyle şekil tayin edici maddelere **morfogenetik madde** denir. *Biz bugün burada,* uzun süre yaşayabilen *RNA'nın söz konusu olduğunu biliyoruz.*

4.3. REJENERASYON (=KENDİNİ YENİLEME)

Birçok hayvan türü kopan vücut kısımlarını yeniler. Toprak solucanı kopan ön ve arka kısmını; deniz yıldızı kopan kolunu yenilemekle kalmaz, tek bir koldan, tam bir bireyi yeniden oluşturur. Aynı şekilde kertenkeler kuyruklarını kaybedince, onu yeniler. Çift yaşamlılardan semenderler bacak, kuyruk hatta göz merceğini yeniden yapabilir. Halbuki kurbağalar bu özelliklerini larval dönem sona erip metomafozla erişkin hale geçince kaybederler. Yok olan hücre; doku ve organın, organizmada geride kalanlarca tamamlanmasına REJENERASYON denir. Tatlı su polipleri ve anafor solucanları vücudun 1/100'u kadar bir parçasından tam bir hayvan oluşturur. *Hayvanların organizasyon basamaklarının artması ile rejenerasyon yetenekleri azalır.* Örneğin, kuş ve memeliler sadece yara ve kemik kırıklarını iyiyeştirip yenileyebilir.

Bitkiler hayvanlara göre çok daha fazla rejenerasyon yeteneğine sahiptir. Bu ise onların birçok bölgelerinde uyuyan vejetasyon noktası taşımaları ve doğurgan dokuya sahip olmalarına bağlıdır. Begonya ve Afrika menekşesinin, kesik yaprakları nemli toprağa sokulursa, yeni köklü bitkiler meydana gelir. Banlara YAPRAK DALDIRMASI denir. Bunlar bazen begonyada tek bir epidermis hücresinden oluşur. Bu hücre, farklılaşmaya rağmen bitkinin tüm genetik bilgisini korur, yani TOTİPOTENT'tir. Bu tipe doğrudan doğruya yenilenme ya da rejenerasyon denir. Bir de dolaylı rejenerasyon vardır. Eğer bitkide oluşan bir yaralanma, yara dokusu

tarafından kapanmışsa; bu doku daha sonra rejenerasyon yapabilecek (=üregnerat) şekilde farklılaşabilir. Odunlu bitkilerde kallus dokusu kambiyumdan oluşur. Otsu bitkilerde ise temel doku (Paranşim)'dan yapılır. Bu regenerat gövde (veya Kök vejetasyon noktası olabilir. İşte ağaç kütüklerinin sürgün vermesinin temelinde, uyuyan gözlerin yanında, bu yatar.

4.4. YAŞLANMANIN NEDENLERİ

Her canlı, türüne özgü, sınırlı bir yaşam süresine sahiptir. Sadece tekhücreliler gizli ölümsüzdür. Zira bunlarda hiç kesintisiz olarak gerçekleşen bölünmelerle genetik materyal bir sonraki döle kolayca aktarılır. Genellikle çokhücrelilerde yaşlanma ölümden önce gerçekleşir.

Bitkilerde, ayrı ayrı basamaklar yardımı ile yaşlanma olgusuna ait zengin bilgiler elde edilir. Koparılan yapraklar yaşlanır ve kısa süre sonra ölür. Bu *SİTOKİNİN=CYTOKİNİN* adlı bir bitki hormonunun yaprağa iletilememesine bağlıdır. Eğer kopan yapraklara sitokinin verilirse yaşlanma engellenir. Bir yıllık bitki türlerinin çoğunda çiçek tomurcuklarının uzaklaştırılması ile uzun yıllar bitki ölmez.

Şu ana kadarki bilgilerin ışığı altında hayvan ve insanlarda en yüksek yaşın genomlarda saptandığı bilinir. Tıbbın başarıları insanın yaşama sınırını sonsuza kadar götürmeye yetmez. Maksimum yaş, yaklaşık 110 yıl olup genetik olarak belirlenir. Bunu bağ dokusu hücre kültüründe göstermek olasıdır. Küçük çocuklardan alınan hücre kültürleri 40-50 kez bölünür. Daha sonra hücre kültürü yaşlanır ve dejenere olur. Erişkin bağ doku hücre kültürlerinde hücre bölünme sayısı düşüktür. İnsandaki yaşlanma olgusu ile ilgili tartışmalar süregelmektedir. Yaşlanmanın hangi olaylara dayandığı tam ve açıkça bilinmemektedir. Yaşlanmanın açıklanmasında çeşitli kuramlar vardır:

a) Yaşın ilerlemesi ile birlikte kalıtım maddesinde bozukluklar artar. Bu da yaşam için çok önemli işlevleri sekteye uğratır. Ana doku hücrelerinden yeni hücrelerin üretilmesinin hızlı ve kesintisiz olduğu dokulardaki bozuklukların birikimi, sinir doku gibi yenilenemeyen veya iskelet kas dokusu gibi yavaş yenilenen dokularda daha azdır. Bununla birlikte tümör hücreleri sınırsız olarak bölünebilir ve bu nedenle gizli ölümsüzlerdir. Onların kültürü uzun süre mümkündür *(Yıpranma Kuramı).* Stres gibi olaylar yaşam beklentisini kısaltır.

b) Hücrelerdeki genlerin düzenleme (=regülasyon) olanakları gittikçe bozulur. DNA-tamir mekanizmasının yaşla birlikte kusursuz işlemediğine özgü araştırmalar vardır. Özellikle transkripsiyondan protein biyosentezine kadar olan karışık olaylarda çeşitli safhalarda bozulmalar yaşlanma ile artar.

c) Protein sentezinin hızı düşer. Böylece hücreler daha az enzim içerir ve hücre membranında daha az almaç oluşturulur. Bunun sonucunda da dıştan gelen sinyallere daha yavaş tepkime olur ***(Protein Sentezi Kuramı).***

d) Dayanıklı proteinler yaşlanır. Örneğin bağ dokunun kollajen iplikleri bu tip proteinlerden olup, elastikiyetleri sürekli olarak azalır ***(Kollajen Kuramı).***

e) Hücre içinde ve çeşitli organeller arasında hücresel transport olayları artan bir şekilde bozulur. Lizozomlardaki olaylar çok önemlidir ***(Transport Kuramı).***

f) Metabolik atıklar yaşlanma ile birlikte vücutta birikir ***(Atık Madde Kuramı).***

Çokhücreli tüm organizmalar, gizli ölümsüz tekhücrelilerin aksine, ölür. Bu ölüm, onların sistemlerinin bir özelliği olup, organizasyonun bir sonucu olarak karşımıza çıkar.

Günümüzdeki sağlık ve tedavi koşulları, insanın yaşama süresini artırmıştır. Bu süre gelişmişlik düzeyine göre ve yaşama koşullarına göre değişir. Ortalama olarak kadınların yaşama süresi erkeklerden fazladır. Bu süre (ilk rakam kadın, ikinci rakam erkek) bazı ülkeler için şöyledir: Türkiye'de 66/59; Almanya'da 73/67; İngiltere'de 74/68; Avusturya'da 72/65; Portekiz'de 65/60; Burma'da 44/41 ve Japonya'da 71/66'dır. Bu süre 1920'lerde 45/35 iken 1870'lerde 35 yıl, hatta 16. yy'da 28 ve taş devrinde 20 yılın altındaydı. Türkiye'de ortalama yaşın düşük oluşunda çocuk ölümlerinin çok yüksek oluşunun önemli rolü vardır. Diğer bazı canlılardaki ortalama yaşam süreleri de farklıdır. Örneğin; deve 30, geyik 27, at 46, fil 70, su samuru 19, goril 40 ve maymun 45 yıl yaşar. Bazı bitkilerin tahmini olarak maksimum ulaştıkları yaşlar da şöyledir; Kayın 300, ıhlamur 800, ardıç 1200, saplı meşe 2000, incir 2500, dikenli çam 4500 yıl.

4.5. SICAKLIK VE IŞIĞIN GELİŞMEYE ETKİSİ

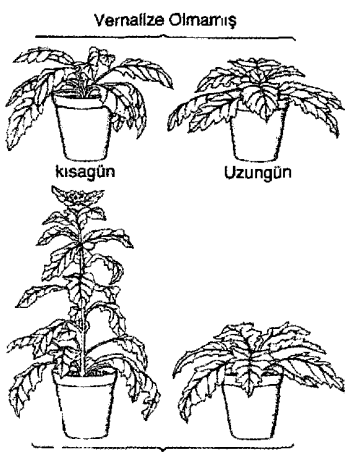
4.5.1. Sıcaklık

Doğal ölçülerde olmayan, düşük ve yüksek sıcaklıklarda krizalit dönemini geçiren bazı kelebek türlerinin kanat renk ve motiflerinin oluşumu bloke edilebilir. Normal çevre koşullarında kafa ve gövdesi beyaz renkli olan Rus tavşanının burun, kulak ve patileri siyahtır. Sıcak hava koşullarında ise tamamen beyaz renkli bireyler elde edilebilir. Bu olayların kontrolünün trioid ve böbreküstü hormonları tarafından yapıldığı olasıdır.

Şişmiş ve henüz çimlenmemiş durumda iken 0-50°C sıcaklıkta birkaç hafta tutulan çeşitli bitki tohumları çimlenmeye başlar. Alp Dağları koşullarında yetişen birçok bitki türünün çimlenebildiği hava koşullarına dikkat edilirse, bu bitkilerin çimlenebilmesi için sıcaklığın donma noktası altına düşmesi gerektiği görülür.

Kış tahılı, kışın soğuk etkisinden sonra çiçek açar. Eğer kış tahıl türleri ilkbaharda ekilirse, ekimi ilkbaharda gerçekleşen yaz türlerinin aksine çiçek açmaz. Düşük sıcaklığın uyardığı bölge, vejetasyon noktasıdır. Kış tahıl türlerinde şişmiş danedeki embriyo, soğuk uyarımı bakımından duyarlıdır. Bu gerçekten yararlanılarak, şişmiş tohumlar soğuk hava depolarında birkaç hafta donma noktası altında tutulur ve ilkbaharda ekim yapılır. Bu şekilde zengin ürün veren kış tahılı da, kış donlarının çok kuvvetli olduğu bölgelerde rahatça ekilebilir.

Bitkinin ikinci vejetasyon döneminin başladığına özgü sinyali, havanın soğuyup kış döneminin başlaması verir. Bitki bu soğuk havaya dayanabildiği gibi, buna gelişiminin devamı için de gereksinim duyar. Bu bağlamda soğuk hava koşullarının birkaç hafta devam etmesi gerekir. Bu dönemdeki sıcaklık optimumu donma noktasının biraz üzerindedir. Bu şekildeki düşük sıcaklık etkisi ile bitkinin çiçek açma yeteneğinin uyarılmasına VERNALİZASYON denir. Burada vejetasyon noktasının, yaprak yerine taç ve çenek yaprak, polen torbası ve yumurtalık oluşturmaya uyum sağlamış olması çok önemlidir. Bu değişme bir sinyal maddesi ile olur. Buna ÇİÇEK AÇTIRMA HORMONU denir (*Şekil 266.1*)



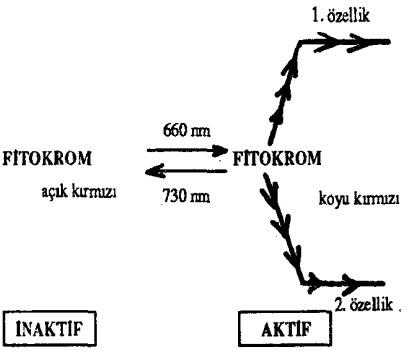
Şekil 266.1. İki yıllık *Hyoscyamus niger*'de vernalizasyon ve fotoperyodun etkisi, Sadece vernalize olmuş (doğal veya yapay koşullarda) ve aynı zamanda uzun gün koşulunda tutulan bitkilerin çiçek açtığı görülür (Kühn'den).

Gerçi bu hormon şimdiye kadar kimyasal olarak daha henüz kanıtlanabilmiş değildir; ama onun varlığı aşılama deneyleri ile gösterilebilmiştir. Henüz çiçek açmayan iki yaşındaki bir bitkinin vejetasyon noktasının yanına, vernalize olmuş bir bitki aşılanarak, bu bitkiye birinci yıl bile çiçek açtırabiliriz.

4.5.2. Işık

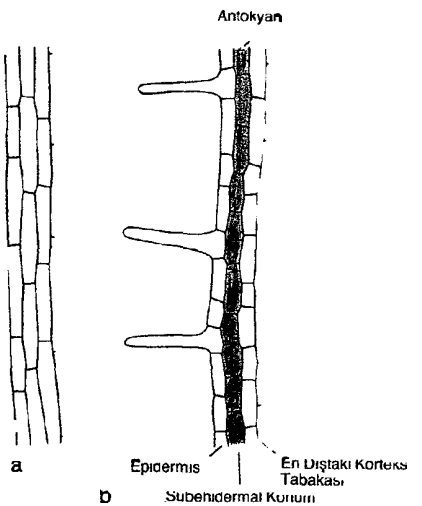
Gelişimleri sırasında çiçek açabilmek için, belli bir gün uzunluğuna ihtiyaç duyan birçok bitki türü bulunur. Bu nedenle bitkileri UZUN VE KISA GÜN BİTKİSİ diye ayırabiliriz (*Şekil 266.1*). Örneğin kahve, soya fasulyesi, keten ve krizantem kısa gün; soğan, havuç, ıspanak ve yulaf uzun gün bitkileridir. Gün uzunluğuna nötr olan bitkiler de vardır, bezelye aslanağzı ve salatalık bunlar

için iyi birer örnektir. Burada KRİTİK GÜN UZUNLUĞU önemlidir. Bu süre 10-14 saat arasında değişir. Kısa gün bitkilerinde bitki çiçek açacaksa, günlük ışık süresi kritik gün uzunluğunu aşmamalıdır. Bunların uygun uzunlukta ve kesintisiz bir karanlık döneme gereksinimleri vardır. Karanlık dönem aydınlatma ile kesintiye uğrarsa bu bitkiler çiçek açmaz. Uzun gün bitkilerinde günlük aydınlık süresi, kritik gün uzunluğundan daha fazla olmalıdır. Bunlarda uzun bir karanlık dönemi ışıkla kesintiye uğrarsa, bunu sürekli ve uzun bir gün tamamlar. Uyarı etkisi ise FİTOKROM SİSTEMİ ile gerçekleşir. Fitokrom renk maddesi, hem açık hem de koyu kırmızı ışığı emer. Bu, bir renk maddesi ile protein bileşiğinden oluşur; buna KROMOPROTEİN adı verilir. Molekülün renk maddesi kısmı tüm bitkilerde aynıdır. İnaktif fitokrom yani F açık kırmızı, 660 nm'lik bölgedeki açık kırmızı renkleri emer. Işık emilimi ile aktive edilen bu madde F koyu kırmızıya, yani 730 nm'lik ışığa dönüşür. Işığın dalga boyuna bağlı olarak 660-730 nm'ler arasında aktif fitokromun kısımları veya tamamı değişebilir (*Şekil 267.1*). Çiçek açmanın ışık dönemine bağımlılığına FOTOPERYOT denir (*Şekil 266.1*). Uzun süre yaz mevsiminin etkili olduğu yüksek coğrafik enlemlerde yetişen bitkiler, daha çok uzun gün bitkisidir. Tropik bölgelerde bulunan bitkiler ya kısagün ya da nötral bitkilerdir. Tropların kısa süren gün uzunluğu koşullarında, uzun gün bitkileri, tropik kısa gün bitkileri de uzun süren yaz günlerinde çiçek açamaz.



Şekil 267.1: Fitokrom sisteminin şeması.

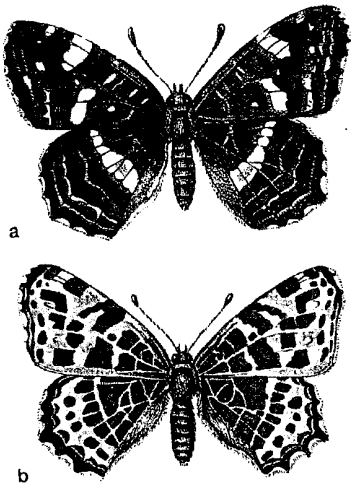
Halbuki bunlar sera koşullarında kışın bile çiçek açabilirler. Gün uzunluğu bakımından nötral olan bitkiler, gün uzunluğuna bağlı değildir. Bu yüzden de çeşitli enlemlerde çiçek açarlar. Oldukça geniş bir yayılış gösteren çobançantası ve benzeri otsu bitkiler gün uzunluğu bakımından nötrdür.



Şekil 267.2: Hardal (*Sinapis alba*) tıdesında fotomorfogenezin oluşumu a) karanlıkta; b) ışıkta büyümüş. Fotomorfozlar: hücrelerin uzunluk büyümenin az; tüy oluşumu; Antokyon oluşumu (koyu bölüm) (Mohr'dan).

Açık kırmızı renkli ışık, gövde ekseninin uzamasını bloke ederken, yaprağın gösterdiği büyüme farklılaşmasını aktive eder. **Karanlık koşullarda gelişebilen bitkilerde izlenen sararma olayına ETİOLEMENT adı verilir.** Sararma olgusu, kısa süreli açıkkırmızı renkli bir aydınlatma ile giderilebilir veya engellenebilir. Engellemeden hemen sonra uygulanan koyu kırmızı ışıklı aydınlatma, örneğin 730 nm'lik bir ışıkla bitkinin daha önce sahip olduğu renk tekrar ortaya çıkabilir. **Işık etkisi ile bir bitkinin belli bir yapı kazanma yeteneğine FOTOMORFOGENEZ adı verilir** (*Şekil 267.2*).

Hayvanlarda da yıl içinde değişen gün uzunluğunun etkin olduğu gelişim olayları vardır. Bir dizi böcek türünde gün uzunluğu ve ışık uzunluğu tırtıl veya krizalit evresindeki gelişimde bir kesinteye, yani DİYAPOZ'a yol açar. Bu böcek türlerinin çoğu uzun gün hayvanlarıdır, yani erken yazın uzun günlerinde kesintisizce gelişimlerini tamamlarlar; ama geç yazda kısa gün nedeniyle krizalit olarak kışı



Şekil 268.1: *Araschnia levana*'da sezon dimorfizmi; a) Yaz formu (***prorsa***), uzun gün koşulunda oluşmuş; b) Kısa gün koşullarında oluşan **levana** formu (Müller'e göre, Czihak'dan).

diyapoz yaparak geçirirler. Bir gündüz kelebeği (*Araschnia levana*) türünde bu iyi görülür. Burada ilaveten bir de **sezon dimorfizmi** izlenir. Kısa gün koşullarında krizalit döneminden sonra açık renkli ilkbaharı uzun gün koşullarında, yani diyapoz olmadan, koyu yaz formları görülür (*Şekil 268.1*).

4.6. RADYOAKTİF IŞINLAMA, KİMYASALLARIN ETKİSİ VE KANSER

Batı Almanya'da altmışlı yılların başında doğan çocukların bir bölümünde bazı anormallikler izlendi. Thalidomid içerikli ilaçların alımına başlanan dönemlere bağlı olarak, embriyoda bozuklukların olduğu görüldü. Örneğin koldaki bozuklukların ilacın hamileliğin 3. - 6. haftasında alınması halinde ortaya çıktığı anlaşıldı.

Her yıl yüzlerce çocuk, alkol bağımlısı anneleri nedeniyle sakat doğar. *ALKOL EMBRİYOPATİSİ* denen bu sakatlıkta iyi büyümeme, düşük ağırlık, beynin zarar görmesi ve çeşitli organların eksik oluşu gibi semptomlar izlenir. Sigara tiryakisi bir annenin de çocuğunda iyi gelişememe gibi bozukluklar görülür.

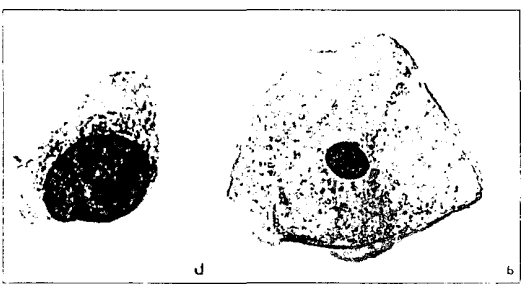
Hamilelik sırasında, kızıl gibi bulaşıcı hastalıklar da embriyoya büyük zarar verir. Hamileliğin 4. haftasında kızıl olunması halinde, embriyonun zarar görme oranı %50; 9.-10. haftada ise %10'dan daha azdır. Hamilelik sırasında kızıl olan annenin çocuğunda kalp rahatsızlığı çıkma oranı %85, Karaciğer ve Dalak rahatsızlıkları çıkma oranı %65 ve ölüm aranı %20'yi bulur.

Röntgen gibi iyonize ışınlar, radyoaktif elementler ve kozmik ışınlar da, gelişen ve büyüyen organizmada etkili olur. Enerjice zengin ışınlar kanser tedavisinde kullanılır. Bu ışınların tıpta kullanımları sınırlıdır. Örneğin embriyonun erken gelişim dönemlerinde annenin tedavisi bu ışınlarla yapılamaz. Hatta bazı doku ve organlar duyarlı dönemlerinde iyonize ışına maruz kalmamalıdır. Burada kromozomlarda mutajenik etki söz konusudur. En çok da gametler bu mutajenik etkiden zarar görür; hatta zarar gören bireylerde resesif mutasyon meydana gelir. Bunlar ileri döllerde kalıtsal bir hastalık olarak ortaya çıkabilir.

İnsan embriyosu üç embriyonal tabakanın oluştuğu ilk 8 haftalık döneminde, bu tip ışınlardan en fazla etkilenir. Bu yüzden doğan çocuktaki sakatlıkların nedenlerini bu erken ve duyarlı embriyonal dönemde aramak gerekir. Zararlı etmenlerin zararının en az olduğu dönem, üç aydan sonraki fazdır. Zira bu dönemde insan embriyosunda temel olarak artık yeni organlar oluşmaz.

4.6.1. Kanser

Bir dokunun hücreleri büyüme süreçlerinde organizmanın tamamı ile uyum halindedir. Hücre bölünmeleri organizmanın kontrolü altındadır. Zarar yapıcı etki nedeni ile dokudaki hücre bölünmesi kontrolden çıkar ve hücreler engelsizce büyür ve çoğalır. Bunlar dokuda *TÜMÖR* yapar. Tehlikelilik derecesine göre tümörler kötü huylu; yani *MALİGNE* veya iyi huylu, yani *BENİGNE* diye adlandırılır.



Şekil 268.2: Normal (a); küçük çekirdek ve bol sitoplazmalı ve kanserli (b) (çekirdek sitoplazmanın aleyhine olarak büyümüş) bir yassı epitel hücresi (Czihak'tan)

İyi huylu tümörler genelde hayatı tehdit etmez. Bunlar hücrelerin yavaş büyümesi ve az farklılaşma kaybı ile dikkati çeker. Plasentadaki kas şişkinlikleri gibi iyi huylu tümörler, mide ve bağırsaktaki **miyom**'lar veya burun mukozasındaki **polip**'ler genişleyerek ve komşu organlara basınç yaparak, vücuda zarar verir.

Kötü huylu tümörler yada *KARZİNOM* adı verilen şişkinliklerin hücreleri çok

çabuk çoğalır ve çabuk büyür. Tümörler komşu dokunun içine doğru yayılır, oraya yerleşir ve onu tahrip eder. Kanser oluşumları odakların sınırları dışına yani komşu organ ve damarlara doğru yayılır. Ayrı ayrı hücreleri kan veya lenf dolaşım sistemi kanalı ile vücudun diğer kısımlarına doğru genişler. Burada oğul kanser oluşumları yapar, bu duruma *METASTAZ* denir. Bu yüzden **bir karzinomun operasyonla uzaklaştırılmasında eğer metastaz olmamışsa, kanserin iyileşme olasılığı daha yüksektir.**

Tümörün büyüme ve metastazın yayılım hızına bağlı olarak, tedavi edilmeyen kanser hastalığı er veya geç organizmanın ölümüne yol açar. Damar çeperinin yıkımı sonucu olası kanamalar yolu ile normal doku tahrip olur. Organizmada metabolizma ve kan dolaşımı, kanserli hücrelerin ürettiği zehirli maddelerle bozulur.

Kanser hastalığı daha çok mide, akciğer, kalın bağırsak ve erkekte prostat ile kadında meme bezleri ve plasentada görülür. Bunların dışında kanser hastalığının tehdit ettiği diğer organlar gırtlak, sindirim borusu, pankreas ve deridir.

Birçok araştırmaya rağmen kanserin oluşumuna ait belli bir teori yoktur. Bir kanser yumrusunun oluşumu için çok sayıda dış etken vardır. Bunlardan otomobil endüstrisi ve evsel ısıtma atıkları ile tütün dumanı, aflatoksinle küflenen besin madeleri ve besin maddelerine nitrit ilavesi ile oluşan NITROSAMİN, ASBEST TOZU ve plastik üretiminde kullanılan VINILKLORID gibi çok sayıda kimyasal kanserojen maddesi vardır.

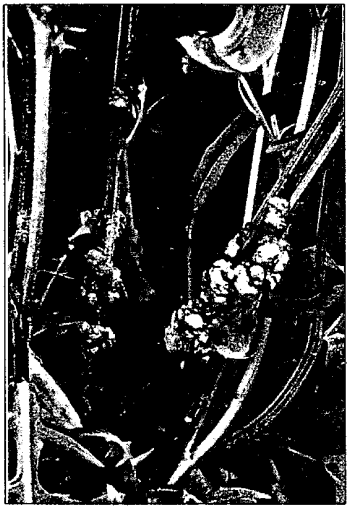
Röntgen ışınları, radyoaktif ve UV ışınları fiziki karzinojen maddesi olarak kabul edilir. Kronik uyarıcı durumları da kansere yol açabilir.

Virüsler de kanser oluşumuna katılır. Bu yolla kanser oluşumunda, moleküler mekanizmanın bilinmesi nedeni ile bilgi birikimi fazladır. Tümör yapıcı virüsler hem DNA hem de RNA virüsleri olabilir. Bu transformasyonlarda, belli viral genler, tümör veya *ONKOGEN*'ler vücut hücresinin genomuna girer. Böylece hücre büyümesi kesintisiz olarak sürer. Hayvanlarda kansere yol açan virüs etkinliği uzun zamandan beri bilinmektedir. İnsanda ise virüs etkisi ile siğil oluşumu dışında, sadece bazı müstesna durumlar bilinir.

Tümör yapan RNA virüslerinin tümör genlerini konukçu hücrenin genomuna naklettiğinin bilinmesi, son yıllarda temel araştırmalarda yeni yollar açtı.

Genteknolojisi metodları ile birçok omurgalı hayvan türünde virüslerin tümör genlerine çok benzeyen genleri olduğu kanıtlandı. Şimdiye kadar yüksek organizasyonlu canlılarda yaklaşık 20 hücresel ön onkogen kanıtlandı.

Bir tümörün oluşumundaki tek tek basamaklar hakkında bilgiler tam değildir. Kimyasal ve fiziksel karzinojenlerin yol açtığı kanser oluşumunda İKİ BASAMAK TEORİSİ akla yatkındır. Buna göre kanser iki aşamada oluşur. Birinci dönemde karzinojenin etkisi ile vücut hücreleri irreversibl (=dönüşümsüz) olarak kanser hücrelerine dönüşür (=transformasyon) ve bir tümör taslağı meydana gelir. Bu basamakta artan bir büyüme görülmez ve hücreler daha marfolojik değişiklik göstermez. Tümör taslağının oluşumu ile kanserin karzinom yani kanser yumrusu şeklinde ortaya çıkması arasındaki dönem olan LATENS (=DİNLENME) DÖNEMİ insanda bir veya daha fazla yıl sürer. Bu dönemde karzinom taslağı kanser yumrusuna dönüşür. İkinci basamakta kendilerinin bizzat kanser yapmadığı; ama kanser yapıcı bir karzinojenin etkisini artıran, ilave etmenler ortaya çıkar. Bu etmenlere



Şekil 270.1: Crepis capillaris'de, *Agrobacterium tumafaciens* enfeksiyonu sonucu oluşan bitki tümörleri (Melchers'e göre, Czihak'dan)

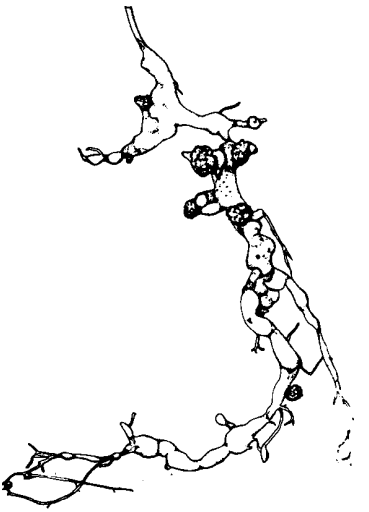
KOKARSİNOJEN'ler denir. Bunlar yeni hücre oluşumunu uyarıcı etki yapar. Kronik gastrit veya kronik bronşit gibi iltihabi hastalıklarda yeni hücre oluşumu gerçekleştiğinden, böyle iltihaplar kokarsinojen olarak kanser tehlikesini artırır. Sigara dumanındaki zift benzeri maddeler akciğer kanserine neden olur.

4.6.2. Bitkilerde Kanser

Bitkilerde de kanserli yumrular görülür. Yaygın bir toprak bakterisi olan *Agrobacterium tumafaciens*, iki çenekli bitkilerdeki yaralardan içeri girer. Kök ve gövde ekseni arasındaki geçiş bölgesinde KÖKBOYNU TÜMÖRLERİ ya da KÖKBOYNU GALLERİ'ni oluşturur (*Şekil 270.1*). Bu gibi oluşumlar bitki hücresinin büyümesi ile meydana gelir. Tümörlü hücrelerde bakterilerin beslendiği yüksek yoğunluktaki aminoasit derivatları oluşur. OPİNE adı verilen bu maddeler normal bitkilerde görülmez. Tümör hücreleri bakterilerin uzaklaştırılmasından sonra bile, normal büyümelerini sürdürür. Yani tümörü artırıcı özellik bakteriden bitki hücresine geçmiştir. 70'li yıllarda, bakteri kromozomu dışında halka şekilli DNA molekülünün buna yol açtığı bakteri tarafından bitki hücresine sokulan bir PLAZMİD olduğu anlaşıldı. Buna tümör indükleyici plazmid veya kısaca Ti PLAZMİDİ denir. Ti Plazmidinin küçük bir bölümü konukçu hücrenin genomuna yerleşir ve orada tümörün büyümesi sırasında yıllarca kalır. Bu daima senkron (=uyumlu) olarak konukçu hücrenin çekirdeğindeki DNA ile replike olur. Ti Plazmidinin konukçuya yerleşen kısmının içinde OPİN SENTEZİ için gerekli olan genler de bulunur.

Agrobakteriler bir organizmanın genetik bilgisine nasıl yabancı genlerin sokulabileceği yolunu gösterir. Burada doğal bir gen teknolojisi örneği söz konusudur. Bitki yetiştiricileri bu yolla kültür bitkilerine yeni ve arzu edilen özellikleri kazandırmaya çaba sarfeder. Restriksiyon (=azaltma) enzimleri yardımı ile arzu edilmeyen genler, örneğin tümör oluşturanlar, bakterinin Ti Plazmidinden ayrılır ve onun yerine arzu edilen genler getirilir. Bu yolla herbisitlere dirençli bitkiler yetiştirilir. Bir başka amaç da, bu yolla azot depolayan yararlı bitkilerin üretimidir.

Bitki tümörlerinin bir başka grubunu "**genetik tümörler**" oluşturur. Bu daha çok türler arası hibridlerde görülür. Farklı türlerin genomlarının kombinasyonu bazen tümör oluşumlarına yol açar (*Şekil 270.2*).



Şekil 270.2: Tütün bitkisi hibridinin (*Nicotiana glauca* x *N. langodorfii*) kökünde oluşan genetik tümör.

4.7. HÜCRE VE DOKU KÜLTÜRLERİ

4.7.1. Bitkiler

Egzotik orkideler gibi kultivasyonu zor bitkilerde özel bir kültür tekniği uygulanır. Bitkiden izole edilen kısmı, hatta tek hücre, yapay besi agarında tutulabilir. Doku parçaları kültür içinde genellikle heterotroftur. Kültür gerekli mineral tuzları, sakkaroz veya glikoz gibi bir şekeri enerji kaynağı olarak içermelidir. Ayrıca, büyüme ve hücre bölünmesini aktive eden bitki hormonu (=fitohormon) da eklenir.

Eksplante (=dışarıya alınma) edilen doku parçası, kültürde hücre bölünmeleri ile kesim yüzeyinde önce farklılaşmamış hücrelerden oluşan bir yara dokusu veya bir KALLUS oluşturur. Daha sonra bu kallusda farklılaşmalar olur. Bu da doğurgan doku, yani meristemin oluşumu ile başlar. Kallus dokusundan birkaç haftalık aralıklarla parçalar kesilir ve kultive edilir. Böylece kısa zamanda çok sayıda önkültür sağlanır. Bitki doku kültürleri hem ışıkta hem de karanlıkta tutulabilir. Uygun

yoğunluk ve karışımda ilave edilen fitohormonla doku birikintisinde bitki organlarının oluşumu indüklenir. Sonuçta, toprakta normal olarak üretilebilecek küçük saf bitkiler yetiştirilir.

İzole edilen tek hücrelilerle kültür yapmak için akıcı besi maddesine ihtiyaç vardır. Önce kallus dokusu yetiştirilir. Çalkalama ve besi ortamının uygun bileşimi ile farklı büyüklükte hücre agregatlarının ve hatta tek bir hücrenin ayrılması sağlanır. Böyle bir kültüre *HÜCRE SÜSPANSİYON KÜLTÜRÜ* denir.

Hücre kültürü, kültürü yapana birçok olanak verir. Döllenmede baba ve annenin kromozom seti ile bitki çoğalması ve mayozdaki tesadüfi kromozom dağılımı, yetiştirici için kalıtsal olarak değişmeyen tohum eldesini zorlaştırır. Polen ve yumurta döllenmeden önce haploiddir. Bu haploid hücrelerden tekrar tam bir bitki eldesi mümkündür. Gerçi bu bitkiler haploid olarak küçük ve sterildir; ama onların haploid genomları iki katına çıkarılarak verimli (=fertil) yapılabilir. Melezden saf kalıtsalların eldesi bu yolla çok hızlı olur.

İzole hücrelerden bitki yetiştirme, tek tek hücreleri ve böylece bitkinin tamamını genetik olarak değiştirme imkanı verir. Pratik için genomun tamamını değiştirmek yerine, bazı özelliklerin değiştirilmesi önem taşır.

4.7.2. Hayvanlar

Hayvan ve insan organizmasından hücre ve doku kültürü yapılabilir. Mekanik ve kimyasal müdahalelerle bunlar hücre birliklerinden alınarak besi agarına getirilir. Agara hayvan serumu ilave edilir. Büyüme etmeni belli polipeptidler hücrelerin sabit bir temele doğru kaymasına etki yapar. Yani hayvan hücrelerinin çoğu, eğer cam veya plastik kaplarda kültive edilirse, büyür ve çoğalır. Bağ dokudaki bir ara madde olan kollajen de böyle yapışkan polipeptidler içerir. Bu yüzden deney kabının tabanı kollajenle kapanırsa hücre kültürünün büyümesi önemli ölçüde artar.

Organizmanın organ veya dokusundan elde edilen hücre kültürlerine *PRİMER KÜLTÜR* denir. Bu kültürler belli bir yoğunluğa ulaşırsa, bunun bir kısmı değiştirilir ve *SEKONDER KÜLTÜR* elde edilir.

Böylece çok miktarda kültür yapılabilir. Bunların içindeki hücreler, canlı organizmanın gösterdiği özelliklere sahiptir. Embriyonal iskelet kası hücreleri kültürde kasılabilen büyük kas ipliklerine kaynaşır. Epitel hücreleri, birbirine bağlı hücre yüzeylerini, intakt organizmada olduğu gibi oluşturur. Hatta sinir hücreleri uyarılabilir aksonları meydana getirir. Pasajların (sekonder kültürlerin yapılmasına verilen ad) farklı büyüklükte ve sayıda oluşuna göre hücreler organizmadaki gibi yaşlılık belirtileri gösterir. Hücreler alındıkları organizmanın sınırlı olan yaşını aksettirir; ama bazen kültürde uzun yıllar yaşayan ve hatta sınırsız kültive edilebilen hücreler de vardır. Böyle kültürler sıvı azotla -97°C'de dondurulabilir. Bugün bir sinir hücresi bankası vardır. Buradan tüm dünyaya materyal gönderilir. Böylece bütün dünyada aynı türden objelerle çalışılması sağlanır.

Hücre kültüründe füzyon maddesi yardımı ile çeşitli hücreler birleştirilir. Böylece iki çekirdekli *HETEROKARYON* denen hücre oluşur. Çekirdekler de birbiri ile kaynaşırsa *HİBRİD HÜCRE* meydana gelir.

5. HORMONLAR

Sinir sistemi yanında bilgi taşıyıcı ikinci sistem olarak *HORMON SİSTEMİ* önemlidir. Hormonlar bilgi taşıyıcı maddeler olup, çok az miktarda bile etkilidir ve

organizma tarafından bizzat üretilir. Hormonlarla ilgili bazı önemli sorulara açıklık getirilmelidir; örneğin:

a) Kaç türlü hormon vardır?
b) Hormonlar vücutta nerede üretilir?
c) Vücutta hangi olayları yönetip yönlendirirler?
d) Hormonlar nasıl ve ne şekilde etki yaparlar?

Hormonlar kimyasal yapılarına göre aşağıdaki şekilde ayrılır:

a) Peptit ve protein hormonları;
b) Steroid hormonları;
c) Aminoasitlerden oluşan hormonlar;
d) Yağ asitlerinden yapılmış hormonlar.

Bazı olaylardan sonra, huzursuzluk ve heyecan uzun süre devam eder. Heyecan ve korku, vücudu duyarlı yapar. Vücut dış tehlikelere karşı uyanık olmak için büyük oranda güç kullanır. Kanda sinir ve kasları enerji ile donatmak için üzüm şekeri yoğunluğu artar. Vücut dokusu enerji üretiminde daha fazla oksijen sağlamak için kan basıncını yükseltir. Bu durum *ADRENALİN* adlı hormonla aktive edilir. Hormonların etkisi çok çeşitlidir. Büyüme, seksüalite ve metabolizma özel hormonlarla düzenlenir.

Homonlar türe özgü değildir; ama özel etkiye sahiptirler. Bu özel etki belli alıcı hücrelerdeki proteinlerle olur, zira bu proteinler hormonla bağlanır. Bu tip proteinlere *HORMON ALMACI* denir. Bunlara hücre membranı, sitoplazma veya çekirdekte rastlanır. Peptid ve protein hormonlarının almaçları hücre membranında bulunur. Kanda dolaşan hormonlar sürekli olarak karaciğerde yıkılır veya böbrekler kanalıyla dışarıya atılır.

Hormonlar oluştukları yere göre iki gruba ayrılır:

a) Bez Hormonları

Hormonu doğrudan doğruya kana veren bezlerde oluşurlar. Bu bezlere *ENDOKRİN BEZ* denir. İnsanda bu tip bezlere *hipofiz, epifiz, tiroid* ve *pankreas*daki *langerhans adaları, böbreküstü bezleri* ve *eşey bezleri* örnektir.

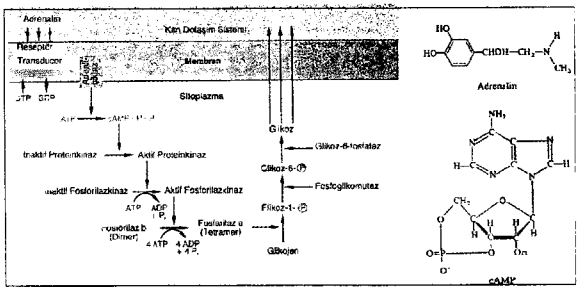
b) Doku Hormonları

Genelde hormon üretiminden başka görev yapan dokulardaki oluşumlardır. Örneğin mide mukozasındaki *GASTRİN* doku hormonu olup, midede tuz asidi salgılanmasını uyarır. İnce bağırsağın *SEKRETİN*'i ise midede tuz asidi salgılamasını inhibe eder. Böbrek hücrelerinin *RENİN*'i tansiyonu artırır. Bazı belli sinir hücrelerinin *NÖROHORMON*'u ve beynin *NÖROMODULATÖR*'leri vardır. Nörohormonlar timüs bezini ve böylece bağışıklık reaksiyonlarını etkiler. Bu nedenle *SİNİR SİSTEMİ, HORMON SİSTEMİ* ve *İMMUN REAKSİYON*'ları arasında yakın ilişkiler vardır.

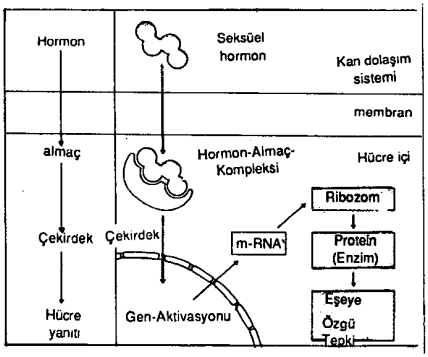
Bez hormonları, doku hormonlarına göre vücudun farklı bölgelerinde izlenir. Hem omurgalı hayvan böbreküstünde, hem de belli nörosekrotorik hücrelerce salgılanan *NORADRENALİN* bez ve doku hormonları arasındaki geçiş için bir örnektir.

PROSTAGLANDİN'ler metabolik olayları düzenleyen doku hormonlarının en önemli gruplarındandır. Bunlar diğer hormonlarca yönlendirilirler. Tansiyona, membranlar kanalı ile gerçekleşen iletim olaylarına ve bronşların kontraksiyonuna etki edip mide özsuyu oluşumunu azaltırlar. Aspirin prostaglandin üretimini bloke eder.

Bitki hormonları da doku hormonlarıdır.



Şekil 273.1: Karaciğer hücresinde, glikojen yıkımında, adrenalinin etkisinin cAMP mekanizmasının şeması (Glikoz kana salınır ve böylece kan şereri artar.



Şekil 273.2: Hormonların gen aktivasyon mekanizması.

FEROMAN'lar hormon benzeri maddeler olup en düşük yoğunlukta bile hormon tesiri yapar. Hayvanlarda bunlar duyu hücreleri üzerinden devreye girer. Böceklerin seksüel uyarı hormonları uzun zamandan beri bilinir. İpek böceği dişisi BOMBYKOL'ü salgılar. Feromonlar sentetik olarak üretilip, biyolojik savaşta kullanılır.

5.1. HORMONLARIN ETKİ MEKANİZMASI

Bazı hormonlar hücrelerarası enzim sistemini etkiler. Bunun için kan dolaşımı ile vücudun tüm organ ve dokularına gidebilen ve hücresiz sistemlerde de etkili olan "Adrenalin" örnek olarak verilebilir. Adrenalin, ikincil elçi (=second messenger) olarak görev yapan maddelerin harekete geçirildiği metabolik olayları etkiler. Örneğin burada ikincil elçi madde olarak çiklik Adenozinmonofosfat (=cAMP) la olan olayı açıklayabiliriz:

Bilindiği gibi adrenalinin bir başka önemli görevi de karaciğer glikojenlerinin glikoza yıkımını hızlandırarak kandaki şeker seviyesini artırmaktır.Bu olay şöyle olur: Önce adrenalin, karaciğer hücresinin membranının dışındaki özel bir almaca (=reseptör) bağlanır. Bu arada guanosili bağlıyan bir proteini GDP'nin GTP ile değiştirilmesi için harekete geçirir. Böylece membranın iç kısmında bulunan ve ATP'nin cAMP'a birikimini katalizliyen adenilçiklaz adlı enzim aktive edilir (*Şekil 273.1*). Bu olay anorganik fosfatla beraber, glikojenden glikoz-1-fosfatın oluşumuna etki yapar, aktif fosforilaz a'yı, enzim aktivitesi sonucunda harekete geçirir. Reaksiyonda cAMP, süratle çiklik Nukleotid diesteraz enzimi ile 5- Adenozinmonofosfata yıkılır.

Deneysel olarak karaciğer hücresindeki adrenalin etkisi cAMP ilavesi ile azaltılabilir: Bu etki, çiklik Nukleotid diesteraz'ın Theofilin'le bloke edilip, cAMP'nın yıkımı engellenerek, uzatılabilir. cAMP'ın aktivasyonu, adrenalin dışında, parathormon, tiretropik hormon, vazopresin, glucagon ve melanositde stimule edici hormon olarak (=ikincil elçi second messenger) rol oynar. Bu hormonların çeşitli etkileri, adrenalindeki başlangıç seyrine benzemeyebilir. Bu nedenle cAMP'ın çeşitli enzimatik olaylara etki yapabileceği düşünülebilir. Adrenalin veya Noradrenalin için böyle almaçlar bilinmektedir. Birbirine karşıt (=antagonist) etki yapan alfa ve ß-almaçlar kanıtlanmıştır. Noradrenalin daha çok alfa-, adrenalin ise hem alfa- hem de ß- almaçlara etkilidir.

Karaciğer ve kasda glikojen yıkımının adrenalin ve glucagonla düzenlenmesi çok iyi bilinir. Bu hormonlar söz konusu hücrede cAMP seviyesini yükseltir. cAMP fosforilaz-kinaz ve sentetaz kinazı aktive eder. Fosforilaz inaktif durumdan aktif duruma geçer. Glikojen yapımı engellenir; ancak yıkımı kolaylaşır. Enerji üretici olarak, Glikoz 1 ve 6 fosfat'ın üretimi söz konusu olur. Böyle bir düzenleme de bir hormon üzerinden 1. elçi (firs messenger) olarak olayın olduğu organın hücresine; 2. elçi (second messenger)de cAMP kanalı ile hücreye aktarılır. cAMP üzerinden etkili olan hormonlar farklı metabolık olaylarda özel bir etkiye sahiptir (*Şekil 273.1*).

Seks hormonları hücre membranına girer. Bunların reseptör molekülleri plazmada bulunur. Hormonlar burada onlarla bir HORMON Reseptör Kompleksi'ne tepki gösterir. Bunlar çekirdeğe göçer ve belli genlerin aktivasyon veya inhibasyonuna etki yapar. Bu daha sonra m-RNA'nın üretimi kanalı ile hücrenin cevap vermesine neden olur. Burada GEN AKTİVASYON MEKANİZMASI'ndan söz edilir. Bunun etki tarzı ve düzenleme mekanizması arasında operon modeline göre yakın bir akrabalığın olduğu kabul edilir. Hormon-reseptör-kompleksi, bir Co-represörün rolünü oynar ve bu şekilde genlerin devreye girmesi veya devreden çıkması kolayca düşünülebilir (*Şekil 273.2*).

Hormonal gen aktivasyon mekanizması ilk defa, böcek kromozomlarında "**puff**"ları oluşturan bir steroid hormon olan Ekdizon (*Şekil 284.1*)da izlenmiştir. Omurgalılarda da steroid hormonlar gen aktivatörü olarak etki yapabilir. Bu hormonların etki yaptıkları yerlere bağlanmasına, almaç yapılar da katılır. Uterusda östradiol için iki, erkek eşey bezlerinde androjen için ve kurbağa idrar kesesinde aldosteron için almaç proteinleri bulunmuştur. Her bir uterus hücresinde 100.000 östradiol almacı vardır.

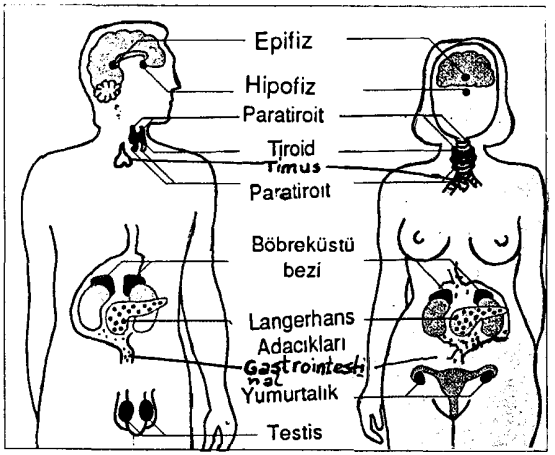
Hipofizin salgıladığı ve insandaki önemli hormon ve işlevleri *Tablo 274.1* ve *274.2*'de verilmiştir.

Tablo 274.1: Memeli hayvan hipofizinin hormonları ve etkileri

Hormon	Kimyasal Yapısı	Etkileri
Hipofizin ön lopları:		
1) Somatotrop Hormon (Büyüme hormonu=STH)	Uzun zincirli polipeptid	Büyümeyi artırır, yağ, protein, karbonhidrat ve mineral madde metabolizmasını etkiler
2) Adrenokortikotrop Hormon	39 Amino asitli polipeptid	Böbreküstü
3) Tireotrop Hormon Tireotropin	Glikoproteid	Tiroidin hormon üretimi ve salgılamasını ve büyümenin sitimule edilmesini sağlar
4) Follikülü Sitimule edici hormon (=FSH)	Glikoproteid	Spermiogenez ve Oogenezin gerçekleşme ve sitimule edilmesi; follikül büyüme olgunlaşmasının artırılması
5) Luteinik Hormon (=LH)	Glikoproteid	Östrogen ve Androgenin oluşumunu sitimule eder; sarı maddeyi oluşturur
6) Prolaktin; Luteotrop Hormon Mammotrop Horman; Laktogen hormon (=LT)	Uzun zincirli polipeptid	Corpora lutea'nın hormon üretiminin sitimule edilmesi; süt üretiminin artırılması; doğrudan metabolik faaliyetlere etki yapar
7) Lipotropin	91 Aminoasitli polipeptid	Lipolitik etkiye sahiptir
Hipofiz Ara Lopları:		
Melanosit artırıcı Hormon Melanotropin (=MSH)	Polipeptid	Soğukkanlı (=poikilotermal) canlılarda melanofor pigmentinin yayılmasına; memelilerde deri pigmentasyonuna etki yapar
Hipofiz Arka Lopları:		
1) Oksitosin (=OT)	9 Aminoasitli çevrim peptidli	Antidiüretik ve kan basıncı artırıcı etkiler uterus kasında kontraksiyonu gerçekleştirir (=kasılma)
2) Vazopressin; antidiüretik Hormon (=ADH)	Peptid	Antidiüretik ve kan basınçı artırıcı etkiler

Tablo 274.2: İnsanlarda hormon salgılayan önemli bezler, hormonlar ve onların işlevleri;

Hormon salgılıyan bezler	Hormon çeşitleri	Hormonların Fizyolojik	İşlevleri Morfogenetik	Kimyasal Yapısı
Tiroid	Tiroksin	Solunum metabolizmasını düzenleme; simpatik sinir sistemi aktivasyonu; temel enerji kontrolü	Gençlikte büyüme (kemikte) ve gelişme (eşey bezlerinde)	Aminoasit kökenli
	Kalsitonin	kandaki Ca+2 düzeyini düşürme		Peptid
Paratiroid	Prathormon	Kalsitoninin antagonistidir; kalsiyum ve fosfat metabolizmasını düzenleme		
Pankreas (=langerhans Adacıkları)	Beta Hücreleri İnzulin	Karaciger ve kaslarda Glikojen yapımını sitimule ederek kan şekeri seviyesini düşürür ve kontrol eder		Peptid
	Alfa Hücreleri Glukagon	İnzulinin antagonisti olup kan şekeri seviyesini artırır		Peptid
Böbreküstü Özü	Adrenalin	Bağırsakdaki damar daralması; kaslara kan takviyesi; kan basıncı ve kalp atış frekansını artırır; genel heyecanlanmaya yol açar		Aminoasit kökenli
Böbreküstü Korteksi	Kortizon ve 40'dan fazla akraba hormon	Yağ, karbonhidrat ve protein metabolizmasını düzenler; doku ve hücrelerin su ve mineral madde içeriğini düzenler		
Epifiz	Melatonin	Hipotalamus üzerinden günlük ritmin düzenlenmesi		Aminoasit Kökenli
Yumunta Follikülü	Östrogen	Kadının aybaşı siklusunu etkiler; plasentanın tam oluşumunu sitimule eder		Steroid
Sarı cisim	Progesteron (hamilelik hormonu; korpus luteum hormonu	Kadının aybaşı siklusunu düzenler; hamilelik için plasentayı hazırlar ve onu düzenler		Steroid
Testisler	Androgen özellikle Testosteron	Erkeğin eşem özelliklerini koruma ve sitimule etme ve sperma oluşturma		Steroid
Sindirim Mekanizması	Mide-bağırsak Traktının çeşitli hormonları, ör. Sekretin	Sindirim faaliyetinin idaresi ve düzenlenmesi		



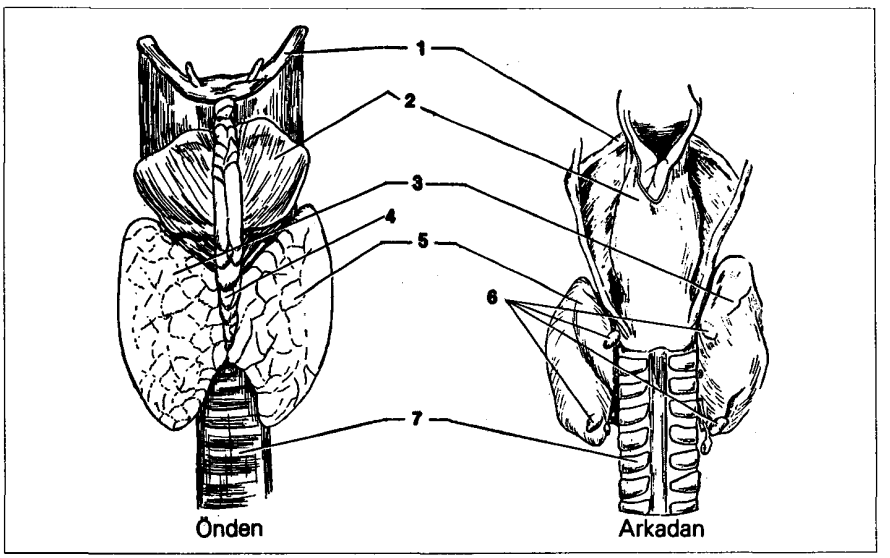
Şekil 275.1: İnsanın hormon bezlerinin yerleri. Hipofizin hormonları guatr, böbreküstü ve eşey bezlerinin faaliyetini kontrol eder. (Linder)

5.2. BAZI HORMON BEZLERİ VE ONLARIN ÇALIŞMASI

İnsandaki hormon çeşitlerinden bazılarını daha yakından inceleyelim *(Şekil 275.1)*.

5.2.1. Tiroid Bezi

Tiroid bezi *(Şekil 275.2)* gırtlağın önünde iki loplu 30 gr ağırlığında bir yapıdır. Tiroidin hastalık yapacak şekilde irileşmesi sonucunda *GUATR* oluşur.Tiroidin tamamen uzaklaştırılması çeşitli bozukluklara yol açar. Bu nedenle önemi en önce bulunan bez tiroiddir. Onun hormonu iyod içerikli ve *TİROZİN* adlı aminoasitten kökenlenen *TİROKSİN'* dir. Erişkin birinin vücudunda 10-15 mg tiroksin vardır. Bu tüm hücrelerdeki oksidatif olayları hızlandırarak temel enerjinin artmasına yol açar. 2-3 mg'lık tiroksin, temel enerjinin % 20-30 oranında ilaveten artmasına yol açar. Temel enerji 20°C'lik ortamda gevşemiş durumdaki bir insanın, vücut işlevlerini yapması için gerekli enerjidir.



Şekil 275.2: Tiroid ve paratiroit bezleri.Solda, tiroit bezinin önden; sağda ise paratiroit bezinin kümelendiği yerlerin görünüşü. 1. Hyoidkemik, 2. Tiroit kıkırdak, 3. Gırtlak (larinks), 4. Tiroit bezinin sağ lobu, 5. Isthmus (iki tiroit bezi arasındaki bağlantı), 6. Tiroit bezinin sol lobu, 7. Paratiroit bezleri ve 8. Trake.

Hipofizin büyüme hormonu etkisini, ancak tiroksinin varlığı halinde göstereceğinden, tiroksinin yetersiz veya hiç olmayışı, vücudun genç yaşlarda küçük kalmasına neden olur ve eşey organlarının gelişimi gecikir. Genellikle psikolojik bozukluklar da görülür. Bu hastalık *KRETİNİZM* olarak ifade edilir. Önceleri daha çok iyot eksikliği olan bölgelerde rastlanırdı.

Tiroid bezinin salgıladığı başka bir hormon da *KASİTONİN*'dir. Bu kalsiyum metabolizmasına etki yapar.

5.2.2. Böbreküstü Bezi

Böbreküstü bezleri böbreğin üzerinde yer alır. Her birisi böbreküstü kabuğu ve özünden oluşur. Öz kısmında *ADRENALİN* ve *NORADRENALİN* üretilir. Böbreküstü bezi korteksi hormonlarına *KORTİKOİD* adı verilir. Bu hormonlardan *MİNERALKORTİKOİD*'ler, mineral bütçesine etki yapar ve kan ile dokudaki Na^+ ve K^+ iyonu oranının düzgün olmasını sağlar. İkinci bir grup olan *GLUKOKORTİKOİD*'ler karbonhidrat ve protein metabolizmasına etki yapar. *KORTİZOL* bu gruptan olup, karaciğerde glikozun sentezini aktive eder ve immun sistemini etkileyip iltihaplanmayı bloke eder.

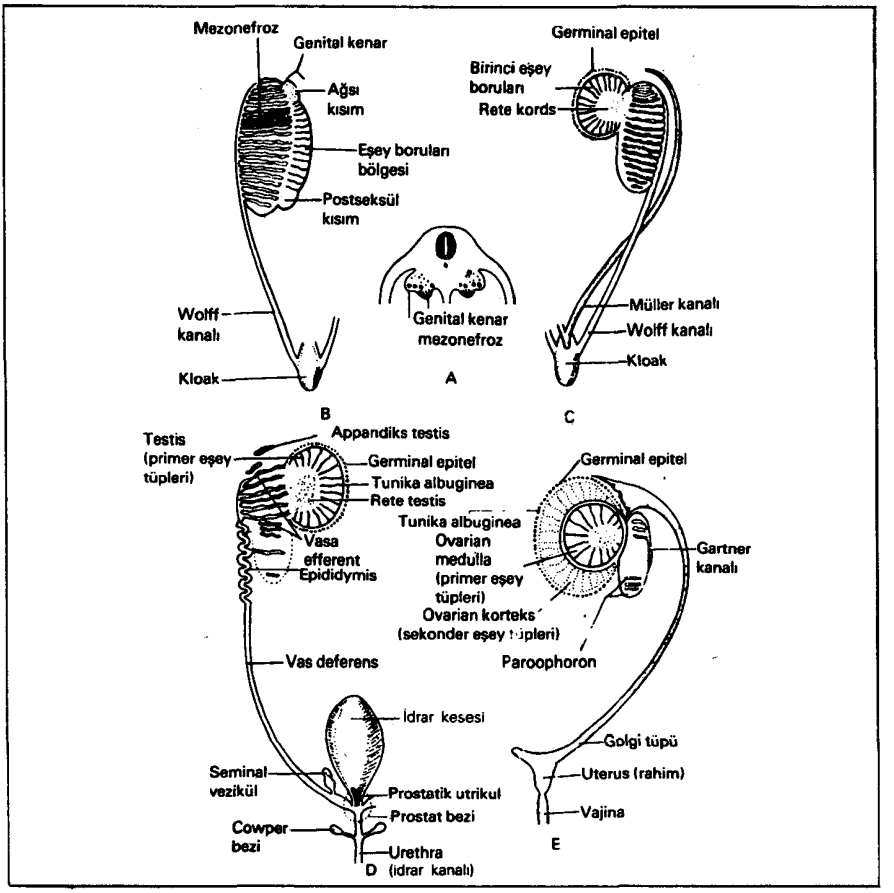
Ani korku, hiddet ve diğer etkileyici faktörler senpatik sinir sisteminin de etkisi ile *ADRENALİN* ve *NORADRENALİN*'in kana salgılanmasına neden olur. Bu her iki hormon tarafından harekete geçen fizyolojik tepkimelerin tamamına *FIGHT OR FLIGHT SYNDROME (=FFS)* adı verilir. FFS kalp atışı artışı, kasın kanlanması, yağın serbest yağ asitlerine yıkımı, kan şekerinin yükselmesi, göz merceğinin genişlemesi, terlemenin artışı ve sindirimin inhibe edilmesi gibi simptomlarla kendini belli eder.

Alarma neden olan dış uyarıların kaybolması ile tepkiler de son bulur, çünkü hormonlar kısa sürede yıkılırlar.

Acı çekme, soğuk, oksijen noksanlığı ve infeksiyonlar gibi bazı etmenlerin organizmayı uzun süre etkilemesi sonucunda kültür hastalığı adı da verilen *STRES* ortaya çıkar. Yoğun stres zararlı olabilir buna *DİSTRES* denir. Ölçülü ve normal düzeydeki stres, organizmayı aktive eder ve onu uygun aktif durumda tutar, buna *ÖSTRES* denir.

5.2.3. Eşey Bezleri

Neslin devamı eşey hücrelerinin üretilmesine bağlıdır. Hadımlaştırma (=kastrasyon), kadın ağalardaki gibi, ikincil eşey organlarının oluşumunu engeller. İğdiş yapılan bir boğa sakin bir öküze dönüşür. Genç yaşta iğdiş edilen geyik ve karacalarda boynuz oluşmaz. Hadımlaştırılan horozda ibik meydana gelmez. Daha sonra eşey bezi nakli yapılan horoz tekrar normale döner. Eşey bezi hormonları (=*SEKSÜEL HORMON)* eşeysel gelişim, vücut yapısı, metabolik olaylar ve insanın ruhi yapısını etkiler. Eşeysel organların olgunlaşması ve ikincil eşey özelliklerinin izlenmesi ile insanda ergenlik (=PUPERTET) görülür. Her bireyde her iki seks hormonu da bulunur *(Şekil 277.1)*. Yalnız eşeysel özelliklerin oluşumunda dişilik ve erkeklik hormonlarının miktarı önem taşır. Bu miktarlardaki bozukluklar bazı anormalliklere neden olabilir (örneğin transseksüalite). En önemli erkek eşey hormonu *TESTOSTERON*dur. Bu ergenlik döneminde testis (=torba) dokusunun olgunlaşmasına ve sperm üretimine yol açar; erkeğin ikincil eşey özelliklerini yönetir. Ergenlik döneminde çok salgılanıp yoğunluğunun artışı vücut büyümesini engeller.



Şekil 277.1: Eşey sisteminin gelişmesi. A) Bir erken embriyonun dorsal bölgesinden kesit, B) Wolf kanalı ve eşeysel çıkıntının önden kesiti, C) Farklılaşmış evre, D) Erkek cinsiyet organının farklılaşması, E) Dişi cinsiyet organının farklılaşması (Barnes'den).

5.3. HORMONLAR YARDIMI İLE BAZI OLAYLARIN YÖNETİMİ

5.3.1. Şeker İçeriği

LANGERHANS, doktora çalışmasını yürütürken 1869 yılında pankreasta adalar halinde dağılmış ve 0,3 μm büyüklüğünde ve bez dokusunun diğer bölümlerinden kolayca ayırt edilebilen hücre grupları keşfetti. 1889 yılında pankreası uzaklaştırılan hayvanlarda şeker hastalığının oluştuğu bulundu. Pankreası alınan hayvanın kanına pankreas ekstresi verildiğinde, şeker hastalığına rastlanmadığı görüldü. Buradan da pankreasın bir hormon bezi olarak çalıştığı sonucu çıktı. Pankreas salgısını doğrudan kana vermektedir. Bu ise *LANGERHANS adacıklarında* oluşur. 1921 yılında bu adacıklardan *İNZULİN*'in izolasyonu gerçekleşti. Bu hormon vücudun şeker bütçesini etkiler. İnzulin 51 aminoasidinden oluşmuş bir peptid olup, yapısı 1955'den beri bilinir. 1980 yılından beri de inzulini gen teknolojik olarak bakterilerden üretmek mümkün olmuştur.

Hücrede sentez sırasında ön basamak olarak büyük bir molekül olan PROINZULİN oluşur. Bu daha sonra İnzuline dönüşür. Golgi vesikülleri kanalı ile inzulin hücre membranına gelir ve ekzositozla dışarıya verilir. Diğer protein hormonları da benzer şekilde oluşur ve salgılanır.

LANGERHANS adacıkları, inzulinden başka ona karşıt etki yapan bir hormon olan GLUKAGON'u da salgılar. Bu da aynı şekilde bir peptiddir (*Tablo 274.2*).

Şeker metabolizmasının merkezi organı karaciğerdir. Karaciğer, pfort atar damardan bağırsaktan gelen glikozu alır ve onu GLİKOJEN'e dönüştürür. Gereksinim halinde glikojen tekrar şekere yıkılır ve kana verilir. Böylece kan şekeri %0.1 (=100 mg glikoz/100 ml kan) oranında devamlı olarak aynı yükseklikte tutulur. Kan şekeri düzeyi bir yandan inzulinin diğer yandan glukagon, hipofiz, böbreküstü bezi ve tiroid hormonlarının karşılıklı etkileşimi ile sabit tutulur. Kan şekeri içeriği artarsa LANGERHANS adacıklarından hemen inzulin salgılanır. Bu, fazla şekerin kısmen okside olmasını, kısmen de karaciğer ve kaslarda glikojene dönüşüp depolanmasını sağlar. Kan şekeri içeriği düşerse glukagon ve diğer hormonlar işlemeye başlayarak karaciğerin glikojeni üzüm şekerine yıkıp şekeri kana salmasına yol açar.

Eğer inzulin yeterince salgılanmazsa, şeker hastalığı (=Diabetes mellitus) görülür. *İnzülin eksikliği bir yandan dokuda glikoz yıkımını azaltırken, diğer yandan yağ ve proteinden glikojen yıkımı ile glikoz yapımını artırır. Bütün bu olaylar kan şekerini yükseltir. Böylece de böbrek kandaki glikozu tutamayarak onun idrarla dışarı atılmasını engelleyemez. Bu arada büyük miktarda urin (=Diabetes) oluşturulur*, bunun da tadı tatlıdır (=mellitus). Yağ ve protein yıkımının çok artışı ve kanda glikoz düzeyinin yükselmesi metabolik olaylarda birçok bozukluklara neden olur. İnzulin alınımı hastalık belirtilerini, inzulin etkisi süresince ortadan kaldırabilir. Eğer büyük miktarda inzulin alınırsa kan şekeri kısa sürede düşer. Kandaki şeker düzeyi (glisemi)nin belirli bir düzeyin altına düşmesine "**hipoglisemi**", yükselmesine ise "**hiperglisemi**" denir. Her iki halde de ağır kramp, kendini kaybetme ve soluk alamama gibi olaylar ortaya çıkar. Bu nedenle inzulin önerilirken dozun çok iyi ayarlanması gerekir. Şeker hastalığının ortaya çıkışında genetik yapı da rol oynar. Bazen inzulin tedavisine cevap vermeyen şeker hastalıkları da ortaya çıkabilir. Böyle durumlarda inzulin almaçları çalışmamakta ve inzulin karaciğer ve kas hücrelerine hiç etki yapamamaktadır. Şeker hastalığı karaciğerde tahribata yol açar. Bu nedenle şeker hastaları ve olma eğilimi (=ailede şeker hastası varsa) olanlar, karaciğer hastalıkları (örneğin siroz)nın oluşmasını kan şekerlerini normal düzeyde tutarak (=diet veya inzulin tedavisi) önlemelidirler.

Şeker hastalığında sinir sisteminin işleyişinde ortaya çıkan bozukluklara "**nöropati**" denir.

5.4. HORMONLAR VE HİPOFİZİN DENETİM GÖREVLERİ

Hipofiz, kiraz çekirdeği ya da fasulye iriliğinde bir yapı olup, HİPOTALAMUS'un alt kısmında, ara beynin bazalinde oturur. Hormon bezleri arasındaki önemi büyüktür. Protein ve peptidler onun hormonlarıdır (*Tablo 274.1*).

Hipofiz arka lobunun hormonları hipotalamus nöronlarının ana kısmında oluşur, daha sonra aksonlarda hipofiz arka loblarına nakledilir ve ihtiyaca göre salgılanır. Yani bunlar NÖROHORMON'lardır (*Tablo 274.1*).

Hipofiz arka loblarında salgılanan *ADİÜRETİN* hormonu böbrekte urinin yoğunluğunu düzenler. Adiüretinin devre dışı kalması halinde, vücut günde 20 litreye kadar çıkabilen oldukça ince bir urin salgılar. Arka lobun başka bir hormonu da *OKSİTOZİN*'dir. Bu plasentanın doğum esnasında kontraksiyonunu sağlar.

Hipofiz ön lobunun en önemli hormonu, büyüme hormonu da denen *SOMATOTROPİN*'dir. Vücudun büyümesini etkiler. Gençken fazla salgılanması devliğe, erişkinlerde ise el ve ayakların anormal büyümesine neden olur. Normalin altında üretilirse cücelik görülür. Bu durumda hipofize bağlı cücelikten söz edilir. Somatotropin verilerek tedavi yapılırsa cücelik önlenebilir.

PROLAKTİN, emziren annelerde süt salgılamasını aktive eder. Bu da hipofiz ön lobu tarafından salgılanır. Hipofiz önlobunun hormonlarının önemli bir kısmı diğer hormon bezlerini yönetir. Tiroidin böbreküstü bezi ve eşeysel bezlerinin işlevini aktive eder ve onların kendi hormonlarını salgılamalarına yol açar.

5.5. PROGRAMLANMIŞ ADRESLER

Hormonlar sadece hücrenin üzerinde veya içindeki belli reseptörlerle tepkime gösterir. Bu reseptörlere sahip olmayan hücreler için, hormonların anlamı yoktur. Şimdi şu soru akla gelebilir; neden bazı dokular, hormon alımını mümkün kılan reseptörlere sahiptir? Reseptörler proteindir. Proteinler, DNA'nın yapısına uygun olarak çekirdekten plazmaya mRNA'nın taşıdığı bilgiye göre ribozomlar tarafından üretilir. Bu prosesin düzenlenmesi için bakterilerde *OPERON MODELİ* bulunmuştur. Embriyonal gelişim sırasında, belli hormon reseptörlerini yapan bilgiyi veren genlerin, nasıl aktive veya inhibe edildiğini düşünmek oldukça ilginçtir. Örneğin embriyonal gelişimdeki farklılaşmada hangi dokunun hangi hormona tepkime göstereceği saptanabilir. Dokunun görevi kalıtım faktöründe gizlidir. Bu aşağıdaki şekilde gerçekleşir:

Operon modeli hormon etkisi ile iki şekilde ilişkiye girebilir:

a) Dokunun görevi muhtemelen tamamen belli genler tarafından saptanır. Bu belirleme Operon modeline uygun olarak farklılaşmada gerçekleşir.

b) Gen aktivasyon mekanizmasına göre hormon etkisi aynı şekilde Operon Modeline göre olur.

5.6. HORMON SİSTEMİNİN BOZULMASI

Şeker hastalığının temelinde hormon sistemindeki bozukluk yatar. İnzulinin yeterli olmayışı sonucunda ortaya çıkan kan şekeri yoğunluğundaki artış, artan susama hissine ve hatta metabolik olayların dengesini de bozduğundan, genel metabolik bozukluklara yol açar. Açlık ve çalışma isteksizliği bu hastalığın semptomlarıdır.

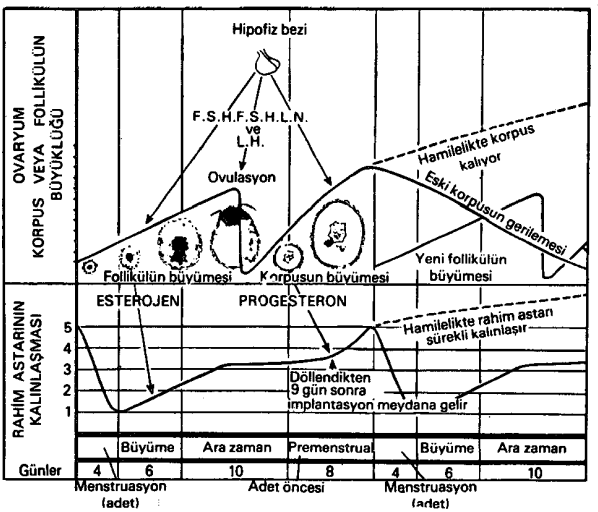
Hormonlar çok az miktarda bile etkilidir. Bu yüzden hormon yoğunluğundaki en ufak bir değişme bile, vücudun normal işlevlerinde bozukluğa yol açar. Tedavi için hormon preperatları verilirken, miktarın çok iyi ayarlanması gerekir. Büyüme bozukluklarında büyüme hormonu ile tedavi yapılır. Günümüzde bu yöntemin yan etkileri anormal büyümeden daha fazla olduğu için bu yöntem terkedilmiştir.

5.7. YUMURTANIN OLGUNLAŞMASININ YÖNETİMİ

Dişi bireylerin sikluslarının yönetimi ara beyindedir. Ara beyin hormon bezlerini aktive edici etki yapan hormon oluşturabilir. Bu hormonlara *SERBESTLEŞTİRME HORMONU* veya *RELEASING HORMON*'ları adı verilir. Releasing hormonlarının çoğu hipofiz önlobu hormonlarının salgılanmasını aktive ettiği gibi, bazıları da inhibe edicidir. İnhibe edici böyle bir hormona örnek olarak *SOMATOSTATİN*'i verebiliriz. Bu bir peptid olup somatotropin oluşumunu inhibe eder. Bu sentetik olarak üretilir ve devlikte ilaç olarak kullanılır. Bir releasing hormonun 0,1 µgr'ı, hipofizde 1 µgr böbreküstünü yönlendirici hormonun salgılanmasına neden olur. Bu miktar 40 µgr glukokortikoid oluşumuna yol açar. Bu da 5,6 mg (=56 000 µgr) glikozun üretimini sağlar.

Ara beynin bir bölümü olan *HİPOTALAMUS* menstruasyon (=aybaşı) döneminde hipofize serbestleştirme hormonu gönderir. Bu önce *FOLLİKÜL STİMULE EDEN HORMON (=FSH)*'un üretimini aktive eder. Bu 14 günde gerçekleşen ovaryumda yumurta olgunlaşmasına etki eder.

Yumurtanın içinde büyüdüğü torba şeklindeki bölgeye *FOLLİKÜL* denir. Büyüyen follikülün etkisi altında ovaryum arabeynin işlevini olumlu bir dönüşümle aktive eden *ÖSTRADİOL* adlı hormonu salgılar. Siklusun ikinci haftası sonunda dönüşüm, östradiol üretimini çok yükseltir. Östradiolün artışı, ikinci bir hipofiz hormonu olan *LUTEİN HORMONU (=LH)*'nun üretimine neden olur. Onun etkisi ile olgun yumurta, follikülü terkeder *(Şekil 280.1)*. Torba şekinde geride kalan kısımdan lipid içerikli hücrelerin büyümesi ile sarı cisim yani **Corpus luteum** oluşturulur. Sarı cismin önemi, onun *PROGESTERON* adlı hormonun üretilmesinde kendini gösterir. Bu arabeyin merkezlerinin faaliyetini bloke ederek LH ve FSH'nin üretimini azaltır. Böylece başka bir yumurtanın olgunlaşması engellenir. Progesteron ayrıca östradiol akışı ile büyümüş olan plasenta mukozasının, döllenmiş yumurtayı almaya hazırlanmasını da sağlar. Döllenme, genelde yumurta kanalında gerçekleşir ve böylece embriyo uterusa çok hücreli evrede girer. Eğer o mukozaya yerleşirse, sarı cismi aktive eden hormonlar burada üretilir.



Şekil 280.1: Kadında adet görme döngüsü. Düz çizgiler döllenmemiş yumurtada,noktalı çizgiler ise gebelik sırasındaki gelişimleri gösterir. Oklar hipofiz ve yumurtalık hormonlarının aybaşı periyodunun düzenlenişindeki etkilerini gösteriyor (Barnes'den).

Kuvvetli olarak üretilen progesteron uterus mukozasının yıkımı ve diğer yumurtaların olgunlaşmasını engeller. Böylece hamileliğin devamı garanti edilir.

5.8. HORMONLA GEBELİKTEN KORUNMA

Gebeliği önleyici preparatlar, yani piller, östradiol ve progesteron hormonları veya kimyasal olarak benzer molekülleri içerir. Onların yoğunlukları öyle ayarlanır ki uterus mukozasının yapımı normal olur; ama bir yumurtanın olgunlaşması ve follikülün çıkışı engellenir. Progesteron yoğunluğunun 28 günlük peryodun sonuna doğru azalması ile uterus mukozasının yıkımına neden olunur. Böylece normal siklus (=çevrim) ritmi korunmuş olur.

5.9. YUMURTA ÇIKIŞININ TAYİNİ

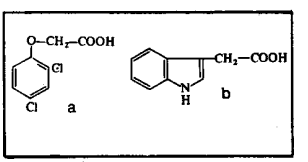
Bundan yıllarca önce yumurta çıkışının zamanını tayin için, kadının sabahki vücut sıcaklığı yöntemi kullanılırdı. Yumurta çıkışından sonra vücut sıcaklığı 0,3-0,5°C kadar artar. Bu sıcaklık artışı tesbit edildikten sonra yumurta çıkışı olurdu.

Yumurta çıkışı zamanını tayinde yeni bir yöntem kullanılır. Kandaki ve buna bağlı olarak idrardaki LH düzeyinin yumurta çıkışından önce çok arttığı bilinir. LH' nin idrardaki yoğunluğu çok düşüktür. Ama en düşük miktardaki maddeler bile monoklonal antikorlarla reaksiyon ile tesbit edilebilir. Özel olarak muamele edilen spesifik LH antikoru içeren test çözeltisi mavi kırmızı bir renge sahiptir. Bu LH içeren idrarla temas ederse antikor ve hormonun reaksiyonu rengin açılmasına neden olur. Bu test siklusun ortalarına doğru bazı günler arka arkaya uygulanırsa, hormon yoğunluğunun artışı ve böylece yumurta çıkışı zamanı saptanabilir.

5.10. GELİŞİMİN HORMONAL DENETİMİ

5.10.1. Bitkilerde

Süs bitkiciliği ve tarımda, bitkinin büyümesini etkilemek için çeşitli sentetik maddeler kullanılır. Mesela büyümeyi yapay olarak aktive eden bir madde oan *2,4-D (=2,4-Dichlorphenoksi sirke asidi), (Şekil 281.1 a)* tahıl alanlarında yabancı ot mücadelesinde herbisit olarak kullanlır. Büyüme maddesine duyarlılık gösteren çift çenekli yabani hardal ve yer sarmaşığı gibi bitkiler, tek çenekli tahıl türlerinin aksine anormal ve hastalık derecesinde bir büyüme için aktive edilir ve kısa zamanda gerçekleşen bu muazzam büyüme sonucunda ölürler.



Şekil 281.1: Sentetik büyüme maddeleri. a) 2,4-D ve b) IES

Bitkilerde de hayvanlardaki gibi gelişim olaylarını denetleyen ve çok küçük miktarlarda alınsalar bile etkili olan maddeler bulunur. Bunlara *FİTOHORMON* denir. Fitohormonların kısmen aktive, kısmen de inhibe edici etkileri vardır.

Büyüme hormonu *AUKSİN*'nin ana etkisi, boyuna büyümeyi aktive etmesidir. En önemli Auksin beta-Indol sirke asidi (İndol-3-sirke asidi) veya kısaltılmış hali ise IES'dır *(Şekil 281.1 b).*

Bunun etkisi uzun yıllardan beri büyüme maddesi araştırmasında kullanılan önemli bir obje olan yulafın koleoptilinde gösterilebilir. Koleoptil otların primer yaprağını saran kapalı ve soluk bir örtüdür. Birkaç cm uzunluğa ulaşır ve büyü-

mesinin sona ermesinden sonra primer yaprağın ucundan dışarıya çıkar. Koleoptilin ucu kesilirse, geride kalan kısmı gelişmez ve çok az büyür. Kesilen bu uç kısmı önce bir süre besi agarında tutulur ve bu da uç kısımsız olarak koleoptilin küt kısmına sürülürse, sürelen kısımda boyuna doğru bir büyüme olur. Bu nedenle sürülmeyen kısmında bir bükülme görülür.

Bu olaylar şu şekilde açıklanır: Normal büyümede IES inaktif şekilde yulaf tohumundan koleoptilin ucuna geçer, burada aktif şekle dönüşür ve koleoptilin büyüme zonunda dikine ve aşağıya doğru göçer. Böylece dengeli ve düzenli bir büyüme görülür. Uç kısmın kesilmesi durumunda gövdeye büyüme maddesi geçemez. Onda ne kadar fazla miktarda büyüme maddesi tutulursa besi agarının tek taraflı olarak konduğu koleoptil gövdesi o kadar çok bükülür.

IES'nın oluşturduğu nokta daha çok ana sürgünün ucu ve genç yapraklardır. Buralardan hücreden hücreye veya iletim demetleri ile etkinin olacağı yerlere götürülür. Büyüme maddesi ilkbaharda odunlu bitkilerde süren tomurcuklardan, hücre bölünmesini aktive edeceği kambiyuma taşınır. Yaprakta, yaprak sapının daldan zamanından önce ayrılmasını IES engeller. Bu yaprağın yüzey kısmının kesilmesinden sonra, yaprak sapına büyüme maddesi sürülmek sureti ile kanıtlanabilir. Bundan sonra yaprak sapının bitkide kaldığı görülür.



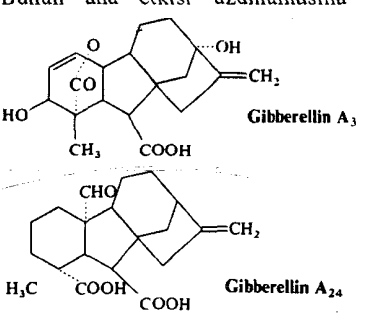
Şekil 282.1: Gibberelinin iki çeşidi ve *Daucus carota* (=havuç)'nin gelişimine etkisi. a) Kontroller, Gibberelin muamelesi yok ve soğuğun etkisi olmayan bitki, b) Günde 10 μg giberelin, 4 hafta süre ile muamele; soğuk etkisi yok; c) Gibberelinsiz 6 hafta vernalizasyona tabi tutulmuş; gibberelin soğukla muamelenin yerine geçiyor (Kühn'den)

IES'nın dıştan kullanımı ile çeliklerin köklenmesi aktive edilir. Bu madde salatalık, elma ve domateslere serpilerek meyva oluşumu, daha önce bir döllenme olmaksızın, aktive edilir. Bu olay *PARTENOKARPİ* denir.

Bir başka önemli bitki hormon grubuna da *GİBBERELLİN* adı verilir.

Yirmili yıllarda Doğu Asya'da parazit bir mantar sayesinde bu madde dikkati çekti. Bir mantar pirince arız olmuş ve selgıladığı gibberellin ile onun büyümesini artırmıştır. Bu arada birçok bitkinin gibberellin taşıdığı ve çok yönlü etkiye neden olduğu görülmüştür. Bunun ana etkisi uzunlamasına büyümede izlenir. IES'da olduğu gibi gibberellin de, hücre büyümesinden başka, bölünmeyi de ilkbaharda yapraklıların kambiyumunda olduğu gibi aktive eder. Artan gibberellin içeriği, kış sonuna doğru tomurcukların açılmasına neden olur.

Şimdiye kadar bitkilerden 50 çeşitten fazla gibberellin izole edildi. En çok bilinen ve hem deney hem de pratikte kullanılan gibberellin asididir (GA_3) (*Şekil 282. 1 ve 2*). Bu, çekirdeksiz üzüm tanelerinin bir iki misli büyütülmesi için kullanılır. Çekirdeklilerdeki etkisi ise azdır. Bu ise olgunlaşmamış tohumlarda gibberellinin yoğunluğunun çok yüksek oluşu ile ilgilidir. Harenciye kültürlerinde meyva



Şekil 282.2: İki Gibberellin çeşidi. C_{19}'lu Gibberelin (GA) ve C_{20}'li gibberelin (GA_{24})'ün ana formülü

Tablo 283.1 : Bazı fito (bitki) hormonlarının etkileri*

Gelişme Fizyolojisi Açısından Etkiler	IES	Gibberellin	Sitokinin	Abskisin Asidi
Hücre uzaması	++	+		-
Hücre bölünmesi	+	+	++	-
Tohumun çimlenmesi		+	+	-
Tomurcuk açılımı		+	+	-
Yaprak ve meyvanın dökülmesi	-			+
Yeni kök oluşumu	+			
Yeni gövde oluşumu	+		+	
Eşem tayini	♀	♂		
Yaşlanma	-	-	-	+

* (+)= aktive; (-)= bloke edici; boş olanlar= dikkat çekici bir etki yok ya da henüz bilinmiyor; (++)= Özellikle dikkat çekecek oranda aktive edici etkiye sahip.

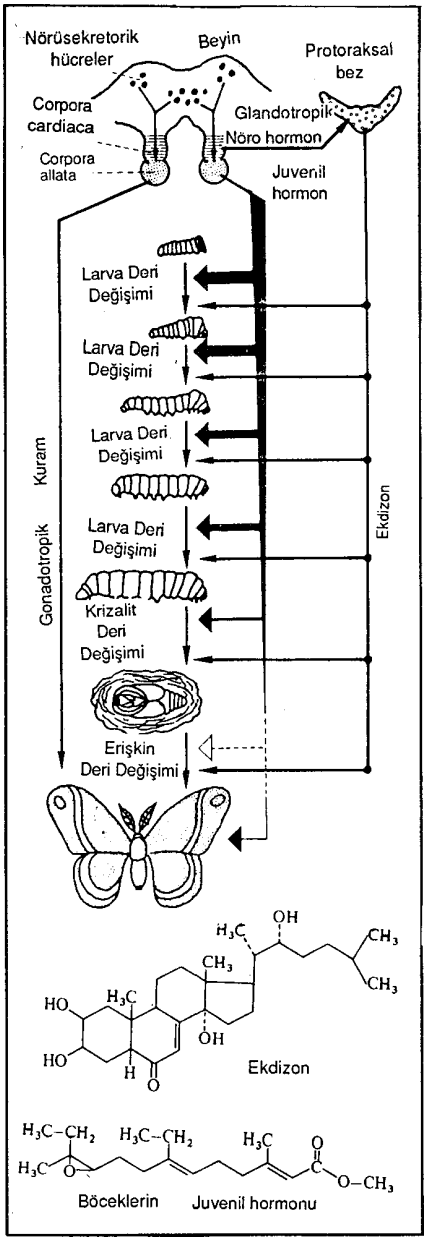
kısmının daha iyileştirilmesi için kullanılır Narenciye de birikerek, meyvanın olgunlaşmasını geciktirir. IES'daki gibi gibberellinle de salatalık, domates ve elmada parthenokarpi etkisi görülür.

Sitokinin bir fitohormon grubu olup, hücre bölünmesini aktive eder. Bunlar tomurcukların sürmesini aktive ederek yaprakların yaşlanmasını geciktirir.

Adı geçen üç fitohormon grubu metabolizma ve büyümeyi aktive eder. *ABSKİSİN ASİDİ* ise bu olayları inhibe eder. Tomurcuklarda kış uykusuna etki eder; dinlenmekte olan tohumların da çimlenmesini engeller. Bu, yaşlanan yapraklarda ve olgunlaşan meyvalarda oluşur ve yaprakla meyvanın dökülmesine etki yapar.

Fitohormonlar genellikle sadece kendisi için etki yapmayıp, kısmen aynı kısmen de karşıt etkileşimin birlikte olması ile tesir eder. Tepe tomurcuğundan çıkan *AUKSIN* sitokininin stimüle ettiği yan tomurcuğun tepe tomurcuğu olmasını engeller ve bunun yan tomurcuklara göre dominansını sağlar. Ağaç ve çit bitkilerinin budanması ile bu mekanizmadan yararlanılır.

Ethen (CH) veya ***Etilen*** adı da verilen bir madde de bütün bitkilerin yeşil kısımlarında oluşur ve fitohormon olarak kabul edilir. Tek farkı onun gaz oluşudur. Bu yüzden sadece oluştuğu bitkiyi değil, aynı tür ya da başka türlerden diğer bitkileri de etkiler. Yani o sadece hormon karakterini taşımayıp, aynı zamanda feromon özelliği de gösterir. Genel olarak olgunlaşma ve yaşlanma olaylarını süratlendirir. Yaprak ve meyvanın sap kısmında ayırma dokusunun enzimatik olarak gevşemesi sonucu, onların düşmesini aktive eder. Birçok bitkide, örneğin bezelyede, etilen hücrelerin uzamasını inhibe eder. Böylece genişlemesini aktive ederek dokunun kısa ve kalın olmasına neden olur. Burada bazı diğer etkilerdeki gibi IES gibberellin ve sitokinine karşıt bir etki sözkonusudur. *Tablo 283.1*'de bazı fitohormonların aktive ve engelleyici etkileri verilmiştir.



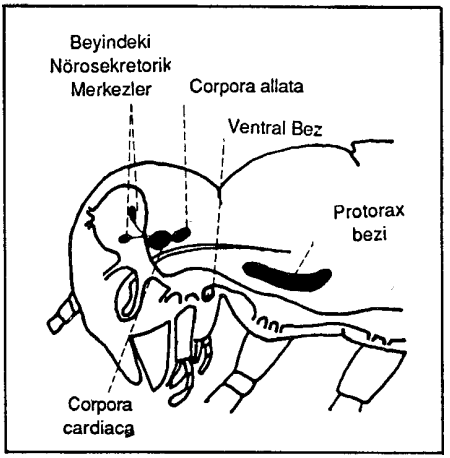
Şekil 284.1: Holometabol (=tam başkalaşım) böceklerin başkalaşımının hormonsal düzenlenmesi (Blüm'den).

5.10.2. Hayvanlar

Genç kurbağa yavruları herhangi bir omurgalı hayvanın tiroid ekstresi ile beslenirse, en kısa zamanda metamorfoz ortaya çıkar ve cüce kurbağalar oluşur. Ama yavruların tiroid bezi uzaklaştırılırsa, onlar erişkin kurbağaya dönüşemez ve dev larva haline gelir. Kurbağalarda tiroid bezi hormonları, örneğin *THYROKSİN* ve *TRİİODTHYRONİN* büyümeyi inhibe eder ve metamorfoza neden olur. Tiroid bezinin hormon oluşturması, ön hipofiz loplarının hormonu ile aktive edilir. Bu nedenle metamorfoz, hipofizin önceden uzaklaştırılması ile önlenebilir.

Böceklerdeki larva evresinden krizalite kadar ve akabinde de ergin bireye kadar olan gelişim süresinde, birçok hormonun birlikte etkisi vardır. Beynin nörosekrotorik hücreleri tarafından bir nörohormon oluşur. O, buradan sinir sistemi kanalı ile beynin arkasındaki ilave bezlere, örneğin **Corpora cardiaca** ve bazı böceklerde olduğu gibi onu izleyen **Corpora allata**'ya geçer. Bu organlarda depolanır ve ihtiyaca göre kana salgılanır. Böylece ön göğüs bölgesindeki protoraksa ulaşır *(Şekil 284.1)*. Bu *EKDİZON* adlı deri değiştirme hormonunun salgılanmasını stimüle eder.

Corpora allata *gençlik hormonu* yani *JUVENİL HORMONU* salgılar. Bir larva evresinden, diğerine geçerken juvenil hormon ekdizona karşı daha baskındır. Larva evreleri ilerledikçe jüvenil hormon düzeyi düşer ve ekdizonun artması ile bir sonraki deri değiştirmeden sonra krizalit dönemine gelinir. Nihayet krizalitten erişkin bireyin çıkmasında da ekdizon etki yapar. Eğer **Corpora allata** genç larva-



Şekil 285.1: Böceklerin önemli hormon oluşum merkezlerinin şematik görünümü (Weber'den).

lardan uzaklaştırılırsa erken bir metamorfoza ve cüce kelebeğin oluşmasına neden olunur. Diğer taraftan son larval evrede daha henüz aktif olan **Corpora allata** eklenirse dev kelebekler elde edilir. Böylece bu larvanın anormal büyümesi ve ilave bir larva evresi elde edilmiş olur. Hormonların devre dışına çıkmalarının sonuçlarını, krizalitleşmeden az önce tırtılın vücudunun ön bölümü boğumlanarak gösterilebilir *(Şekil 285.1)*. Böylece arka kısma hormon geçişi önlenmiş olur ve sadece ön kısım krizalitleşir.

Deri değiştirme sırasında kutikulanın çözülmesi ve yeniden oluşturulmasını da hormonlar yönetir. Beyin hormonu protoraks bezini ekdizon salgılaması için uyarır ve bu da kutikulanın yeni oluşumunu etkiler. Juvenil hormonun yoğunluğu fazla ise larva kutikulası oluşturulur. Düşük yoğunlukta imago (=ergin) nun kutikulası meydana getirilir.

Deri değiştirmenin son evresinde başka iki hormon da devreye girer. Beyinde salgılanan *EKLOZİON HORMONU* krizalit kutikulasının dışarı atılmasına yol açar. Beyin ve sinir ağlarında oluşan *BURSİKON* adlı hormonun etkisi ile de yeni kutikula sertleşir ve cilalanır.

5.11. STEROİD HORMONLARLA GENLERİN AKTİVASYONU

Seksüel ve böbreküstü hormonları gibi steroid yapılı hormonlar hücre membranında değil, ancak hücrenin içinde reseptör proteinlerine bağlanır. Hormon-reseptör kompleksi çekirdeğe girerse, belli genler aktive edilir. Bu durum tiroksinde de kanıtlanmıştır. Tiroksin çok az yapısal bir değişim sonucu çekirdeğe geçer. Ve orada bir reseptöre bağlanır. Bu hormonların etkileri doğrudan metabolizmaya etkilerine göre daha yavaştır. Uygun reseptör proteini taşımayan hücrelerde bu hormonların etkisi yoktur.

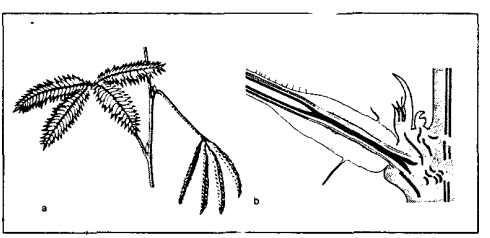
BÖLÜM VI
DÜZENLEME VE YÖNETİM

1. UYARI VE TEPKİ (=REAKSİYON)

Mimosa pudica'nın yaprağına dokunulursa, yaprak katlanır ve sapın dala bitiştiği yerden aşağıya doğru kıvrılır. Uyarılan noktaya komşu yapraklarda da aynı olaylar izlenir *(Şekil 287.1)*. Yani dokunumla ilgili bilgi diğer bölümlere de yayılmıştır. Böyle tepkimelere birçok bitkide rastlanır. Bitkiler çevre faktörlerine tepkime gösterir. Yaprakların ışığa doğru yönelimi; çiçeklerin sıcaklığa bağlı olarak açışı ve ağacın yerçekiminin etkisi ile dikine büyümesi gibi tepkime örneklerini sayabiliriz. Mantarlar da sıcaklık ve neme bağlı olarak büyüme tepkimesi gösterir. *Euglena*'nın ışık kaynağına doğru hareketi de buna bir örnektir. Bakteriler de olumsuz çevre koşullarına tepkime gösterir. Normal şartlara geri dönülünce de, doğal yaşam işlevlerini sürdürürler. Yani kapsülü terkeder ve bölünürler.

Canlılar çevre koşullarına cevap verir. Bu nedenle duyarlılık canlı ve yaşamı karakterize eden bir özelliktir. Uyarı, tepkimeye yol açan çevre olarak düşünülürse, basit fiziksel ve kimyasal sistemler de uyarılabilir. Yanan ateşin alevi de bitki gibi yerçekimine tepki gösterir ve dikine yükselir. Bir indikatör çözeltisi, pH değeri farklaşırsa rengini değiştirir. Hiç kimse de indikatörü bu özelliğinden dolayı canlı olarak niteleyemez. O halde fizikokimyasal bir *neden etki ilişkisi* ile *tepkime* arasındaki fark nedir?

Tahtaya çakılan çiviye ne kadar fazla vurulursa o kadar derine gider. Burada neden ve etki, birbiri ile orantılıdır. Salata tohumlarını kısa bir süre açık kırmızı ışığa tutarsak, hemen çimlenmeye başlar. Kısa aydınlatma ile karışık bir olay olur. Bu da birçok kısmî tepkimeden



Şekil 287.1: *Mimoza pudica* yaprağındaki seismonastik hareketler. a. *M.pudica*dalı, bir yaprak normal konumda, diğerinde seismonastik tepkime var. b. *M.pudica*'nın yaprak sapındaki enine kesidi. Yaprak sapının bulunduğu noktada normal iletim demetlerinin aksine, ince ve merkezi iletim demet dizini (siyah renkli), burası ince çeperli paranşim doku ile sarılıdır (Schumacher'e göre).

oluşur ve ışık için hiçbir rol oynamaz. Bununla birlikte uyarının minimum bir büyüklüğe, yani tepkime verecek bir değere ulaşması gerekir. Bu değerin de aşılması lazımdır. Bunun gerçekleşmesi sonucunda ancak tepkime yoğunluğunun tam olduğundan söz edilebilir. İşte burada *YA HEP YA HİÇ KURAMI* geçerlidir. Bu kuram bir çok *uyarı-tepkime mekanizmasında* etkilidir.

Canlılık ilişkisinde, uyarıya verilen yanıt incelenirse, bunun daha çok anlamlı olduğu görülür. Daha fazla ışık almak için yaprakların ışığa yönelmesindeki gibi, tepkimenin planlanmış bir olay olduğu sanılır. Birçok çiçekli bitki, gün ve gece uzunluğunu ölçerek, tam zamanında çiçek açmak için ilgili mevsimi saptar. Böyle bir gerekçeye biyolojide güvenilmez, çünkü bu düşünce canlıya amaçlı bir davranış yaptığını göstermeye yöneliktir. Öyleyse amaçmış gibi gelen bu davranışı nasıl açıklayabiliriz?

Canlılar uzun bir evrimin ürünüdür. Bu gelişimde, yaşamak için önemli olan etkilere verilen tepkilerin belli bir avantajı vardır. Belli koşullarda çevre etkisini algılayan canlılardaki özel hücre, doku veya organlar, diğer hücre, doku veya organların çalışmaları için meydana gelir. Tekhücrelilerde moleküler düzeyde çalışan mekanizmalar vardır. Bunlara *RESEPTÖR (=ALMAÇ), DUYU HÜCRELERİ* veya *DUYU ORGANLARI* adı verilir.

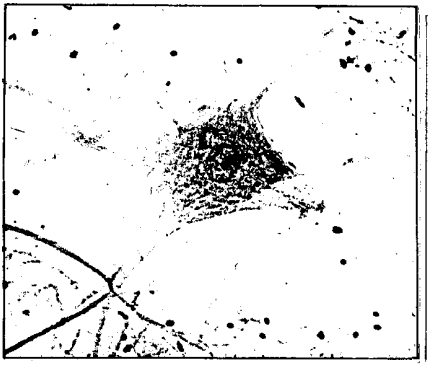
Özelleşen bu hücreler sadece özel etkilere tepkime gösterir. Bir lale bitkisine plak dinletip tepkisini beklemenin hiçbir anlamı yoktur. Çünkü onun müzik sesini algılayan duyu hücreleri bulunmaz. Buna karşın, sıcaklığın çevredeki artışı ile lale çiçek açar. Bu olay lalenin reseptörlerinin varlığı ile ilişkili olup, almaçları sıcaklık uyarımına tepki gösterir. Sadece belli bir duyu organının algılayabildiği bu özel uyarılara, bu duyu organı için *ADEKUAT (=UYGUN) UYARI* adı verilir.

Buradan sadece böyle çevre etkileri için hayati önemde olan reseptörlerin evrim sürecinde oluştuğu sonucu çıkarılabilir. Bunun aksine kullanılmaya gerek duyulmayan duyu organları körelir. Örneğin balıkların ve mağaralarda yaşayan hayvanların gözleri gelişmemiştir. Canlılar çevreleriyle ilgili tüm bilgileri algılayamaz. Bunları kısmen değerlendirir. İnsanların ses ötesi dalgayı duyamaması ve manyetik alanı algılayamaması bunun için iyi bir örnektir. Zira ışık frekans kanalı dışındaki elektromanyetik dalgaları kaydedebilen antenlerimiz yoktur.

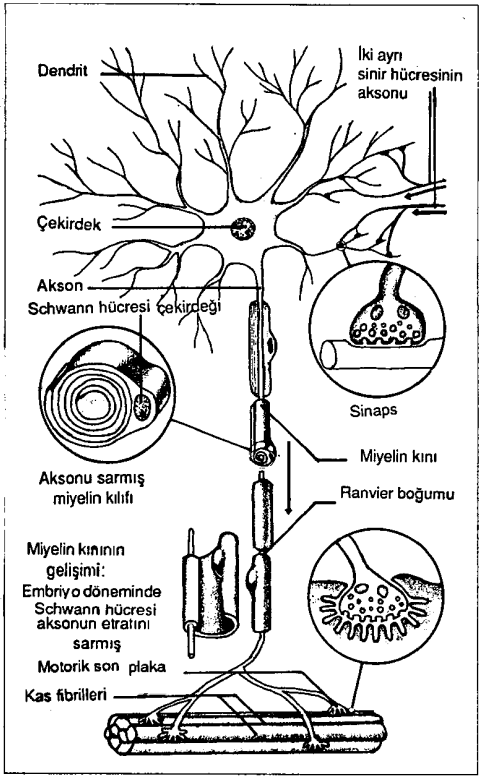
2. SİNİR HÜCRESİ

2.1. SİNİR HÜCRESİNİN YAPISI

Mikroskopta incelenen sinir hücresi (=nöron)nin önce ana ya da gövde kısmı, yani "SOMA"sı ve uzun olan uzantısı, yani *AKSON* ya da *NORİT*i görülür *(Şekil 289.1 ve 289.2)*. Hücre gövdesinin büyüklüğü diğer hücrelerden farklı değildir. Akson ise 1 metreden daha uzun olabilir. Omurilikte nörit uzunluğu 1 metreden fazla olan sinir hücreleri vardır. Aksondan başka, somadan çıkan, kısa ve çok sayıdaki uzantılara *DENTRİT* denir. Nörit de birçok dalla sonlanır. Bunlar kabarcık şeklinde ve *SİNAPS SON KAFACIĞI* denen yapılara girer. Bu kabarcıklar diğer sinir hücrelerinin üst yüzeylerine oturur. İki nöron arasındaki böyle bağlantı noktalarına *SİNAPS* denir. Bir nöronun 1 000'in üzerinde sinaps taşıması olasıdır. Birçok hayvanın nöronu, protein ve lipid bakımından çok zengin olan ve *MİYELİN* denen bir kılıfla sarılır. Miyelin kılıfında milimetrik aralıklarla yer alan boğumlar vardır, bunlara *RANWIER BOĞUMLARI* denir. Bu boğumlar bilgi naklinde rol oynar. Nöronda çekirdeğin yanında, yoğun ribozomlarla donanan ve iyi gelişmiş endoplaz-



Şekil 289.1: Sığır omuriliğinden alınan bir motorik sinir hücresi (x 200).



Şekil 289.2: Omuriliktekimotonöron. Axonun çapı 2-20μmOk uyarı yönünü gösteriyor.

mik retikulum ile çok sayıda mitokondrinin bulunuşu, hücrede çok yoğun metabolik olayların olduğunun bir kanıtıdır. Ayrıca sinir sisteminin çok yüksek oranda oksijen kullanımı da bunu gösterir, bu oran insanda temel kullanımın %20'si kadardır. Aksonun somadan ayrıldığı kısma NİSSL CİSİMCİĞİ denir. Burada ribozomların olmayışı aksonun başladığının bir işaretedir. Bilgiler akson üzerinde bir yönden ilerleyerek iletilir ve sinapslar tarafından alınıp sinapsucu kafacığı ile bir sonraki nörona gönderilir. Sinir hücrelerinin maksimum sayısına, genellikle embiryonal gelişmenin sonuna doğru ulaşılır. Bundan sonra sinir hücrelerinin çoğunda yoğun olarak büyür. MİYELİN KILIFI da bu dönemde oluşur. Miyelin kılıfını, SCHWANN HÜCRELERİ yapar. Başlangıçta nöritlerin yan kısmında bulunur. Geliştikçe hücre memebranının oluşturduğu kalın bir tabaka yapar. Miyelin kılıfı sadece insan ve bazı yengeçlerde görülür. Miyelinsiz nöritlere MİYELİNSİZ İPLİK denir. Gençken protein noksanlığı nedeni ile miyelin oluşumu bozulursa, bunu daha sonra yenilemek mümkün olmaz. Aynı şekilde şimdiye kadar tedavisi mümkün olmayan "MULTİPLE SKLEROZ" hastalığı miyelin kılıfının bozulması ile ilişkilidir.

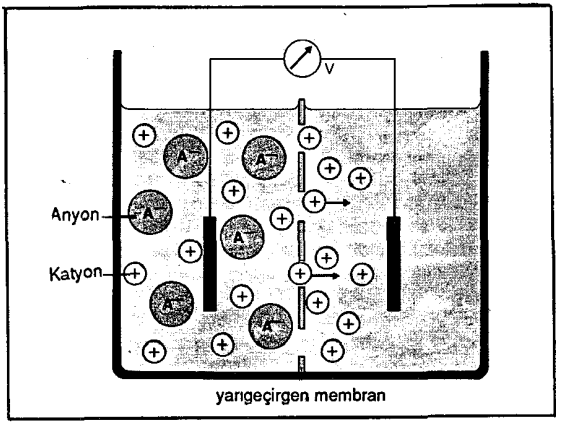
2.2. SİNİR HÜCRELERİNDEKİ ELEKTRO KİMYASAL OLAYLAR

2.2.1. Membran Potansiyeli (=Gizilgücü)

Membranların geçirgenliği; yani parmeabilitesi çok yönlü değişebilir ve düzenlenir. Örneğin hormon ve ilaçlar gibi kimyasal veya ışık gibi fiziksel uyarıcılar; bunda rol oynar. İnzulin, glikoz için taşıyıcı bir molekülün akıcılığını artırır. Inzulin yoğunluğu ile glikozun alınabilirliği düzene konur. İnzulin eksikliği ve böylece glikozun hücreye girişinin yozlaşması kan şekerini artırarak, şeker hastalığı; yani diabete neden olur.

Membran geçirgenliğindeki değişmeler uyarı iletimi ve taşınımında da önemli rol oynar. Elektriki ve kimyasal uyarılar sinir hücreleri ve kas hücrelerini uyarır. Uyarılabilirlik elektriki gizil güç farkının bulunmasına dayanır. Buna membran gizil gücü de denir. Bunu açıklayabilmek için aşağıdaki deney yapılabilir:

Tuz çözeltisi, saf sudan yarı geçirgen membranla ayrılırsa, iki sıvı arasındaki potansiyel farkı ölçülebilir. Membran deliklerinin çapı katyon ve anyon ara-



Şekil 290.1: Membran gizilcünün oluşumu.

sında ise, katyonlar porlardan geçtiği halde, anyonlar geçemez. Buna karşın öbür tarafa geçen katyonlar, membrandan fazla uzaklaşamaz ve anyonların elektriki alanları tarafından kendilerine doğru çekilir. Bu etki, gerilim (=güç) olarak ölçülebilen küçük bir potansiyel farkının oluşmasına yol açar. Buna MEMBRAN POTANSİYELİ (=GİZİL GÜCÜ) denir (*Şekil 290.1*). Kas veya bez hücreleri de dahil olmak üzere tüm hücrelerin etrafı farklı iyon yoğunluklarını ayırabilen semipermeabl (=yarı geçirgen) bir membranla çevrilir. Bu yüzden membran potansiyeli bütün canlılarda bulunur. Hatta bitki, mantar ve tekhücreliler bile membran potansiyeline sahiptir.

2.2.2. Dinlenme Potansiyeli (=Gizilgücü)

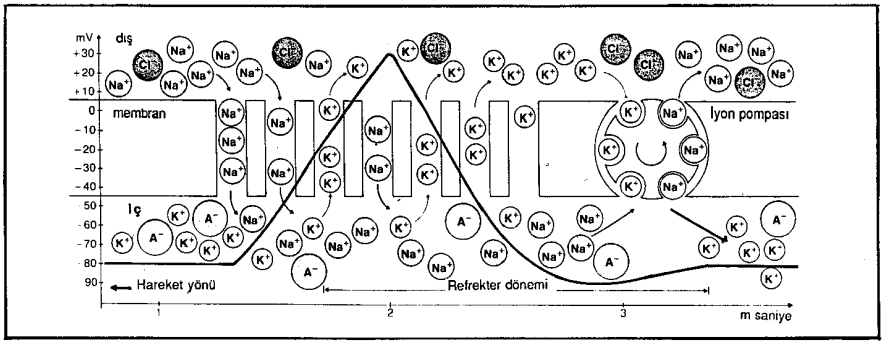
Sinir hücresi membranında tipik bir iyon dağılımı görülür. Hücre içi akıcı maddesi potasyum iyonu ve protein anyonları bakımından zengindir. Nöronu saran doku sıvısı ise çok sayıda sodyum ve klor iyonu içerir.

Her uyarılmış hücre, dinlenme sırasında belirli bir elektriki gizilgüç farkı (membran dinlenme potansiyeli)na sahiptir. Bu gizilgüç onun iç kısmı ile onu saran hücre arası ortam arasındadır. Çeşitli hücre tiplerine göre 40-90 mV arasında bulunan dinlenme potansiyel değeri bir yandan hücre içi ve dışı arasındaki eşit olmayın iyon dağılımına, diğer yandan Na+, K+ ve Cl- iyonları için hücre membranın farklı geçirgen oluşuna ve hücre içindeki büyük organik iyonlar için geçirgen olmayışına bağlıdır. Dinlenmede hücre membranı K^+ için Na^+'a göre 20-100 defa daha geçirgendir. Hücre tipine göre de Cl^{-1} için farklı geçirgenliktedir (*Şekil 291.1*).

Membranda protein moleküllerinin sardığı porlar bulunur. Dinlenme halinde, yani sinir hücreleri henüz uyarılmamış durumda iken, porlar potasyum iyonlarının hücrenin iç kısmından dışarı geçmesine izin verecek çapa sahiptir. Diğer iyonlar ise membrandan çok az miktarda geçebilir. Buna bağlı olarak yoğunluk farkları bir membran potansiyelini oluşturur. Sinir hücresine MİKROELEKTROT ile dokunularak membran potansiyelini ölçmek mümkündür. Elektrot, fizyolojik etkisi olmayan ve elektriği ileten bir tuz çözeltisine batırılır. Metal elektrot, hücrenin akıcı maddesi ile tepkimeye girer ve ölçüm değerlerini bozar. Karşıt kutup olarak, doku sıvısı ile ilişkide olan başka bir elektrot kullanılır. İki elektrot arasındaki gerilim ölçülürse, 80 milivoltluk bir potansiyel farkı saptanabilir. Hücrenin iç kısmı, membranın dışına göre negatiftir. Negatif yük, hücrede geride kalan protein anyonları tarafından hareket ettirilir. Dışarı geçen potasyum iyonları, (+) yüke etki yapar. *Uyarılmamış sinirde ölçülen bu membran potansiyeline dinlenme potansiyeli denir. Dinlenme potansiyeli 80 milivolttur (mV).*

2.2.3. Aksiyon (=Hareket) Potansiyeli (=Gizilgücü)

Sinir hücresi uyarılırsa, kısa süreli olan elektriki yük değişimi mikroelektrotla membranda belirlenir. Bu bir milisaniye kadar sürer ve +30 milivoltluk bir gerilime yol açar. Bunun sonucunda, pozitif yük iç kısımdadır. Açıklanan bu gerilim değişimi, yani aksiyon potansiyeli nöritlerin üzerinde ve 120 m/s (metre/saniye) hızla hareket eder. *Hareketin hızı, daha çok nöritin çapı ve hayvanın gelişmişlik derecesi ile ilişkilidir.*



Şekil 291.1: Aksiyon potansiyelinin etki mekanizması (Biologie h.'den).

Hücre membran porları, protein moleküllerinden oluşur. Moleküller diğer maddelerle reaksiyona girip çevrenin iyon bileşimini değiştirirse, proteinlerin mekansal yapıları ve por açıklık çapı da değiştirilebilir. Buna göre bazı porlar sadece sodyum iyonları için geçirgendir. Sodyum iyonlarının açılan porlardan geçerek nöritin içine girmesi ile bir sodyum membran potansiyeli oluşur. Bu da membran geçirgenliğini biraz geciktirir. Buna karşılık sodyum iyonu geçişi artar. Bu yolla da sodyum membran potansiyeli kısmen engellenmiş olur. Normal olarak sodyum potansiyeli, potasyum potansiyeline göre daha büyüktür. Bunun sonucu olarak da iç kısımda pozitif yük artar. Sodyum iyonlarının iç kısma, potasyum iyonlarının ise dışa akışı ile +30 mV'luk bir aksiyon potansiyeli oluşturulur. Buna rağmen her uyarı bir aksiyon potansiyeline yol açamaz. Yani uyarı belli bir değeri aşarsa ancak bir aksiyon potansiyeli oluşabilir. İşte burada *YA HEP, YA HİÇ REAKSİYONU* söz konusudur *(Şekil 291.1).*

2.2.4. Refrekter Fazı (=Dönemi)

Aksiyon potansiyelinin oluşumu bir milisaniyeden daha az sürer. Daha sonra derhal zayıflar ve dinlenme aksiyonu oluşur. Aksiyon potansiyeli osilogramda pikler şeklinde izlenir. Membrandan sodyum iyon girişi sonrasında yeni bir potansiyel değişimi olur. Aksiyon potansiyeli oluşumundan sonra potasyum iyonları potasyum porlarından dışarıya çıkar ve sodyum iyonlarının hücreye girişini artırır. Bu ilişki sodyum iyonlarının akışından daha etkilidir. Böylece gerilim dönüşümü dinlenme potansiyelini dahi aşar. Buna *HİPERPOLARİZASYON* denir. Dinlenme potansiyelinin tekrar oluşması dönemine *REFREKTER FAZI* denir. Bu dönemde uyarıya maruz kalan membran bölgesinin nöritleri uyarılmaz. Bu yüzden aksiyon potansiyelleri somadan hareket ederek sadece nöritler üzerinde ve bir yönde ilerler.

2.2.5. Aksiyon Potansiyelinin İletimi

Aksiyon potansiyeli deneyleri ilk önce miyelinsiz mürekkep balığı nöritinde yürütüldü. Bunun sonunda iletim olayı ile ilgili şu düşünceler ortaya çıktı.

a) Aksiyon potansiyeli bir gerilim değişimidir.

b) Membran porları, protein molekülleri tarafından yapılır. Protein molekülleri polar molekül kısımları nedeniyle elektriki alanlara karşı duyarlıdır. Membran

uyarılarının gerçekleştiği noktaların yanında bulunan sodyum porları, yakınlarında olaylanan gerilim değişimi etkisi sonucu açılır. Böylece hemen eskisinin yanında, yeni bir aksiyon potansiyeli oluşur. Refrekter fazında ise sözkonusu membran bölümü uyarılmaz. Bu yüzden aksiyon potansiyeli nöritler üzerinde sadece bir yönde gider.

Aksiyon potansiyeli omurgalıların miyelinli nöritlerinde yalnız Ranwier boğumlarında meydana gelir. Çünkü sadece burada hücre membranı ve onu saran doku sıvısı arasında bağlantı vardır.

Aksiyon potansiyeli boğumdan boğuma atlayarak ilerler. Bu nedenle bu olaya *SALTATORİK UYARI İLETİMİ* denir.

Bunun biyolojik açıdan önemi enerjinin tasarruf edilmesidir. Zira enerji kullanan iyon pompası, sadece boğumlarda çalışır. Ayrıca iletim sürati fazlaca artar. Miyelinsiz nöritler 0,2-3 m/sn, miyelinliler ise 120 m/sn hızla uyarıyı iletir. Hücre sıvısının elektriki direnci son derece yüksektir. Bu yüzden elektriki gerilim çabuk düşer. Evrimde, dar olan Ranwier boğum aralığına etki yapan bir seçilim baskısı söz konusudur. Diğer taraftan enerji kullanımı, seleksiyon baskısı olarak büyük aralıklar yönünde etki yapar. Her iki faktörün birbirine uyguladığı karşılıklı etki 1-5 mm aralıklı Ranwier boğumlarının evrimsel olarak ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu mesafe daha az olmuş olsaydı aksiyon potansiyelinin sıkça üretimi için daha fazla enerjiye gereksinim duyulurdu. Yine bu aralık daha fazla olmuş olsaydı bu sefer de elektriki direnç artardı. Yani Ranwier boğumlarının aralığı sinir hücresindeki uyumun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

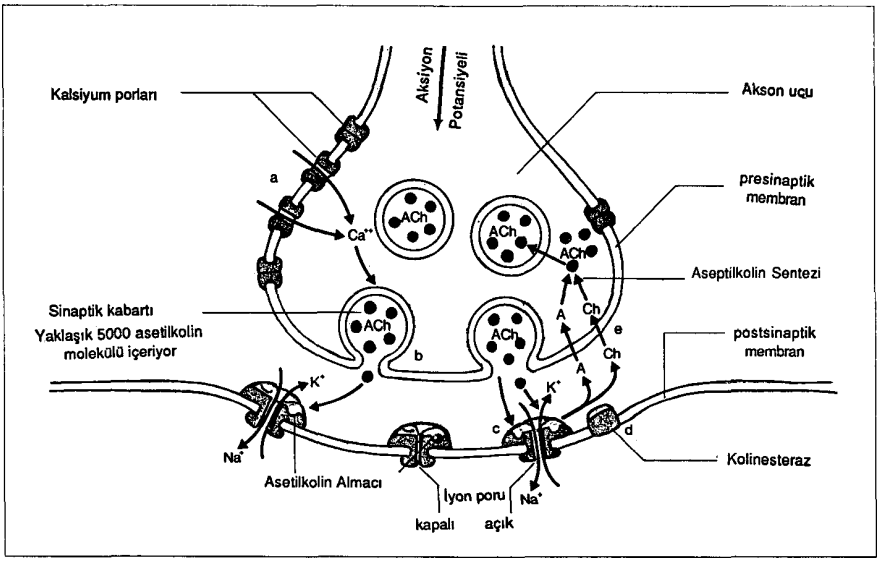
2.3. SİNİR HÜCRELERİ ARASINDAKİ UYARININ İLETİMİ

2.3.1. Sinapsın Yapısı

Sinir hücresi nöritinin uç kısmında, birçok küçük dalcık vardır. Her dalcığın ucunda küre şekilli bir genişleme, yani *SİNAPSUCU DÜĞMECİĞİ (=SUD)* bulunur. Burası bir sonraki sinir hücresinin veya dendritin membranına oturur. Sinapsucu düğmeciği kompleksi ve onun altındaki membrana *SİNAPS* denir. Sinapsucu düğmeciği, üzerinde bulunduğu hücre membranından, *SİNAPS YARIĞI* ile ayrılır. Bu yarığın genişlği 20 nm'dir. Sinapslar, iki sinir hücresi arasında bir dokunma noktası olmayıp, sadece birer yakınlaşma bölgesidir. Arada daima bir yarık bulunur. Bu da, sinaps bağlarının mutlaka sabit olmayıp, çözülüp tekrar yeniden bağlanabileceklerini gösterir. Bunun dışında, hücreler arasında gevşek bağ, beynin sarsıntıya karşı duyarlılığını açıklar. Örneğin boks sporunda sürekli kafaya yumruk gelmesi ve futbolda kafa ile topa vurma, beyinde kalıcı bozukluklara yol açabilir.

Sinapsucu düğmeciği (=SUD) çok sayıda mitokondri ve küçük kesecikler, yani *VESİKÜL*'ler taşır *(Şekil 293.1)*. Bunlar sinapsucu düğmeciğinde ve hücrede sentezlenen taşıyıcı (=transmitter) maddelerin depolanmasına yarar. Taşıyıcı maddeler, bilgiyi bir sonraki sinir hücresine nakleder. Transmitter maddelerin sentezinde büyük oranda enerji kullanılır. Bu nedenle sinapsucu düğmeciğinde çok sayıda mitokondri izlenir.

Sinir hücreleri şematize edilirken soma ve dendritlerdeki sinaps sayısı az olarak gösterilir. Oysa *bir sinir hücresinin üstünde 10^3–10^4 adet sinaps izlenebilir.* Sinapslar hücre membranında kürk kıllarına benzer şekilde yerleşir. İnsan büyük beyninin



Şekil 293.1: Uyarının sinaps üzerinden taşınımı ve asetilcholin döngüsü: a) Oluşan aksiyon potensiyeli. Axon son ucundaki Ca^{+2} iyonlarının akışını etkiler. b) Sinaptik kabarcıklar presinaptik membran ve asetilcholinle kaynaşır ve sinaptik yarığa boşaltılır. c) Na^{+} iyonları hücre içine, nisbeten az K^{+} iyonları dışına akar, d) Asetilkolin molekülleri kolinesterazı işgal eder ve asetat iyonları ve koline parçalanır. e) Asetat iyonları ve kolin son uca girer ve orada yeni asetilkolin oluşur.

10^{10} nöron taşıdığı ve buna bağlı olarak da sinaps sayısının 10^{13} ve 10^{14} gibi muazzam sayıları bulduğu hesap edilir. Bu kumanda elemanları arasındaki birleştiricinin 10 bilyon, yani on milyon x bir milyon adet noktaya sahip bir bilgisayara eşdeğerdir. Bu durum şimdiye kadar neden beynin işlevinin tam anlamı ile ortaya konamadığını açıklamaya yeter.

2.3.2. Sinapsın İşlevi

Sinapsucu düğmeciğindeki vesiküller *ASETİLKOLİN* veya *GAMMA AMİNO YAĞASİDİ* gibi taşıyıcı maddelerle dolu ise bunlar sinaptik yarığa dönük membran yüzünde bulunur. Nörit kanalı ile aksiyon potansiyeli sinapsa gelirse, sinaps ucundaki membranda bulunan porlar açılır. Böylece vesiküller patlar ve transmitter maddeleri sinaptik yarığa girer. Moleküller, milisaniyenin kesirleri kadar süren bir zamanda, yarık tarafından emilir. Alıcı hücrenin membranındaki sodyum porları, protein molekülleri tarafından kapanır. Bunlar sadece transmitter molekülü taşıyan belli bazı maddelerle tepkimeye girer. Bu protein moleküllerine *RESEPTÖR (=ALMAÇ)* denir.

Eğer bir transmitter molekülü, reseptörle karşılaşırsa onunla tepkir. Reseptör molekülünün şekli değişir ve sodyum porları açılır. Sodyum iyonları, alıcı hücreye girerek yeni bir potansiyelin oluşumuna neden olur. Bunun akabinde enzimler transmitter moleküllerini yıkar ve böylece reseptör molekülü kendi eski yapısını tekrar kazanır. Yani porlar kapanır. Asetilkolin adlı transmitteri yıkan enzime

ASETİLKOLİNESTERAZ denir. Asetilkolindeki parçalanma ürünleri olan *kolin* ve *sirke asidi* sinapsucu düğmeciğine geri döner ve yeni transmitter molekülünün üretiminde kullanılır. Bir sinapsın transmitter rezervi 2 000-5 000 impulsun taşınımı için yeterlidir.

Alıcı hücrede aksiyon potansiyeline yol açan sinapslara *UYARICI SİNAPSLAR* denir. Bunun yanında bir de *İNHİBE EDİCİ SİNAPSLAR* vardır. Bunlar, "gamma amino yağasidi" gibi, klor ve potasyum iyonları için iyon porlarını açan özel transmitterler üretir.

2.3.3. Motorik Son Plaka

Sinir sisteminden çıkan bilgilerin çoğu kaslara gelir. *Nöritleri kaslara kadar uzanan sinir hücrelerine MOTORİK NÖRON denir. Motorik nöron onu destekleyen kas fibrilleri ile birlikte bir MOTORİK ÜNİTE (=BİRİM)yi oluşturur.* Motorik birimin büyüklüğü değişiktir. Bir nöron, gözün dış kasındaki 5-7 fibrili denetler. Oysa üst kolda 700 ve alt kalçada 1 700 fibril bir nöronla denetlenebilir. Buna uygun olarak motorik ünitenin sayısı her kas için farklıdır. Örneğin bu sayı her kas için göz kas sisteminde 1 500, üst kolda ise sadece 700'dür. Motorik birim ne kadar küçük olursa, ilgili kas da o kadar iyi denetlenebilir. Bunun sonucu olarak ne kadar çok birim aynı anda aktive edilirse, kasa o kadar çok güç gelir *(Şekil 293.1)*.

Sinir hücresinden, kas lifine doğru gerçekleşen, bilginin taşındığı yer *MOTORİK SON PLAKA*'dır. Bu bir sinapsucu düğmeciğinden oluşur ve kas lifinin üst yüzeyinde bulunur. Aksiyon potansiyelleri bu sinapsa gelirse, transmitter olan Asetilkolin sinaptik yarığa salgılanır. Buna bağlı olarak kas lifi membranı, asetilkolinin etkisi altında, kısa bir zaman içerisinde potasyum ve sodyum iyonları için geçirgen bir duruma gelmiş olur.

Bunlar kas fibrilinde elektromiyogramla ölçülebilen bir *SON PLAKA POTANSİYELİ* oluşturur.

2.3.4. Aksiyon Potansiyelinin Nakli

Alıcı hücrede gerilim yavaş yavaş azaldığından aksiyon potansiyelleri birikir. Alıcı hücre nöritlerinin ilave noktaları hücreyi terkeden yeni aksiyon potansiyelleri oluşturur. Burada aksiyon potansiyel frekansı sinir hücresinin gerilim yüksekliği ile doğrudan doğruya orantılıdır.

2.3.5. İnhibe Edici Bir Sinapsın Etkisi

İnhibe edici transmitterin etkisi ile alıcı hücre membranındaki gerilim azalır. Nöritin ilave noktaları düşük gerilimlerde tepkimez. Bu yüzden aksiyon potansiyellerinin iletimi olmaz.

2.3.6. İki Aktive ve Bir İnhibe Edici Sinapsın Ortak Etkisi

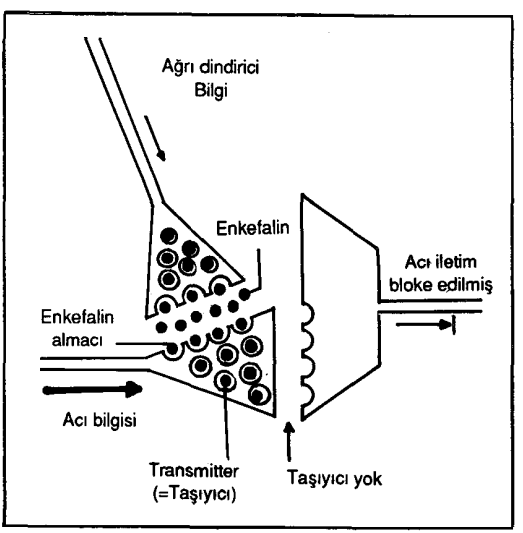
Üstte bulunan sinaps AP-AP-AP olmak üzere üç aksiyon potansiyeli gönderir. Ortadaki sinaps ise, ilk sinapsın ara bölgelerine gelen iki AP-AP potansiyelini iletir. Devrede sadece bu iki sinapsın olması halinde, alıcı hücre, giden potansiyellerin toplamı olan AP-AP-AP-AP-AP olmak üzere 5 aksiyon potansiyeli şeklinde yanıt verir. Oysa potansiyel dizininin tam ortasında, inhibe edici sinapsın etkisi görülür.

Yani alıcı hücrenin gerilimini geriye çeviren ve ortada bulunan bir AP kadar azalma söz konusudur. Bu durumda, alıcı hücre ancak AP-AP-AP-AP potansiyel dizinini gönderir. Yani gönderilen üç bilgiden, sadece bir yeni bilgi yapılmıştır. Gerçekten bir nöronda binlerce sinaps birlikte etki yapar.

2.4. VÜCUDUN ÜRETTİĞİ UYUŞTURUCU MADDELER

Haşhaş kapsülünün çizilmesi ile elde edilen afyonun, etkin (=müessir) maddesi bir alkaloid olup, morfin adını alır. Afyona akraba olan ve uyuşturucu bir etkiye sahip kimyasal maddelere **ofiat** veya **morfin** denir. Bunlar çok az dozlarda alınsalar dahi, olaganüstü bir etki mekanizması gösterir. Bu nedenle çok ağır ve tedavi ümidi olmayan; ancak çok acı veren hastalıklarda; bu türevden ilaçlar verilerek hastanın acısı dindirilir. Ancak normal durumlarda bu tip uyuşturucuların alımı ve satımı kanunen yasaklanmıştır. Çünkü bunlar zaman içinde alışkanlık yaparak, insan neslini tehdit ederler.

Yetmişli yılların başında, uyuşturucu maddelerin insan vücudundaki etki mekanizmalarının incelenmesi sonucunda, beyinde özel morfin alıcıları bulundu. Burada şöyle bir soru akla geliyor; nasıl oluyor da bitkilerdeki bir madde için, hayvan vücudunda almaç oluşuyor? Oysa almaç normalde benzer yapılı ve vücudun bizzat ürettiği maddeye tepkimelidir. Bu yanıtı ararken 1975 yılında insan vücudunda, morfin benzeri olan ENKEFALİN (*enkephalos=beyin*), daha sonra da ENDORFİN (*endogen=morfin*) adlı bir madde saptandı. Bunların her ikisi de peptiddir. Endorfin, 31 aminoaside kadar olabilen uzun, enkefalin ise daha kısa zincirli bir yapıdadır. Aslında bunların uyuşturucu (=ofiat)lara kimyasal olarak bir benzerlikleri yoktur. Sadece etki mekanizmalarının ortak oluşu nedeniyle aynı amaçla tepkirler. Enkefalin ve endorfin beyin morfini olarak değerlendirilir. Enkefalin oldukça süratli yıkıldığı halde, endorfin birkaç saat dayanabilir. Bu yüzden bunların farklı görevlere sahip oldukları da düşünülebilir. Enkafalin için acıyı iletici bir model geliştirildi. Burada sinapsucu düğmesi başka bir sinapsın alıcısı olup, ucunda enkefalin bulunur. Bu alıcının ucunda bulunan yüzeydeki morfin, almaç ile tepkiyerek, taşıyıcının bilgiyi bırakması ve bilginin acıyla birlikte iletimi engellenir; yani enkefalin inhibe edici bir sinapsın madde taşıyıcısına benzer bir şekilde etki yapar. Sinapsın konumu nedeniyle burada PRESİNAPTİK İNHİBİSYON'dan söz edilir (*Şekil 295.1*). Bu şekildeki mekanizmalar şok etkisi ile acıyı duyurmayan kazazedelerde etkili olabilir. Bir insanın kendini iyi hissetmesinde, enkefalin ve endorfin etkisinin önemi olduğu görüşü hakimdir. Diğer taraftan alkol alınarak endorfin sentezinin azaldığı saptanmıştır. Benzer sonuçlar uzun süre morfin kullanımından sonra da ortaya çıkar. Yani morfinin yüksek dozda alınışı, endorfin üretimini inhibe edici bir etkinin devam etmesine yol açar.



Şekil 295.1: Enkefalinle presinaptik inhibisyon (=ön sinaptik engelleme)

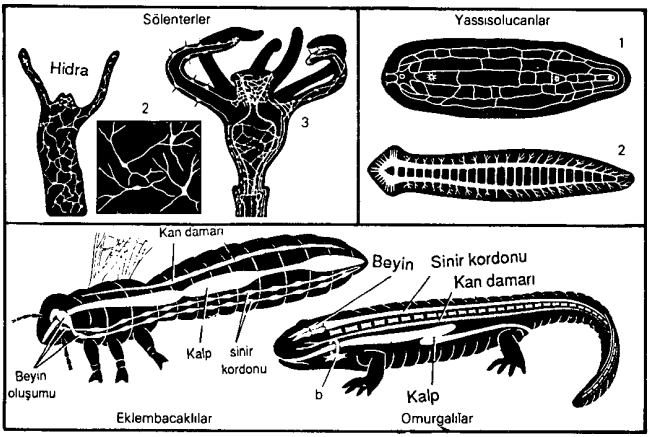
Alkol ürünlerinin, morfin benzeri maddelerin ana ürünü olup olmadığı tartışması bugün yapıl-

maktadır. Bununla ilgili bazı kanıtlar elde edilmiştir. Bu görüş tamamen açıklanır ve doğrulanırsa uyuşturucu ve alkol bağımlılığı mekanizması da yakında belirginleşebilecektir. Beyin morfinleri, insanın kendisini sağlıklı hissetmesini sağlar. Alkol ve uyuşturucular ise beyin morfini üretimini engeller ve onun yerini alır. Bu nedenledir ki alkol ve uyuşturucular insan vücudu için tehlikelidir.

3. SİNİR SİSTEMİ

3.1. SİNİR SİSTEMİNİN GELİŞİMİ

Hayvan vücudundaki çeşitli doku ve organların işlevlerinin dağılımı, bunların çalışmalarının koordinasyonunu (=eşuyum) gerekli kılar. Bundan başka, hayvanın çevresindeki değişimlere uygun bir şekilde tepki vermelidir. Bu görevleri gerçekleştirmek için, çok hücrelilerde sinir sistemi gelişmiştir. En ilkeli, sinir hücrelerinin dağınık bir şekilde bulun-



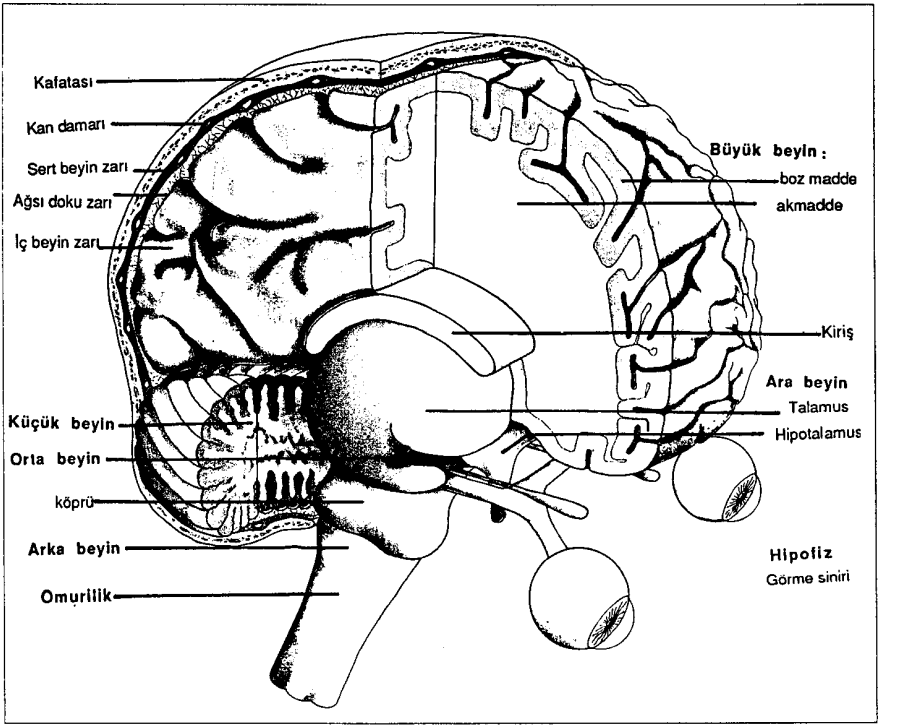
Şekil 296.1: Çeşitli sinir sistemleri.

duğu ve diğer sinir hücrelerinden çıkan hücre uzantıları yardımı ile "**bir sinir ağı**" oluşturmasıdır. Bunlar denizanası ve polip gibi içi boş hayvanların vücudunda görülür. Sinir ağları ayrı ayrı kolların avlanmaları ile ilgili bilgileri iletme ve tüm tentaküllerin (=kol) hareketini koordine etme yeteneğindedir. Basit solucanlarda sinir ağı, vücudun her iki yanında yoğun olarak yerleşmiş olup, özellikle kafada güçlü bir sinir ağı oluşturur (*Şekil 296.1*).

Halkalı solucanların sinir sistemi, karın tarafında bulunan iki ana sinir şeridinden meydana gelir. Bunlar her segmentte enine bir sinirle birbirine bağlanır. *Kafada alt ve üst olmak üzere iki "ganglion" yani sinir düğümü bulunur. Bu sinir sistemine MERDİVENSİ SİNİR SİSTEMİ denir.* Böceklerde de bu temel yapı vardır. Erişkin hayvanlarda kafa ve göğüste kuvvetli ganglion düğümü bulunur. Ganglion düğümü sayesinde iyi gelişmiş bir koordinasyon sisteminden söz edilebilir. Buna örnek olarak böceklerin uçma yeteneği ile karıncalarda olduğu gibi grup halinde yaşama davranışı verilebilir.

Omurgalılarda ana sinir demetini omurilik oluşturur. Sinir hücreleri kafada yoğunlaşır. Buna **sefalizasyon** denir. Omurgalı beyni balıklarda bile ÖN, ARKA, ARA, ORTA ve KÜÇÜK BEYİN olmak üzere 5 kısma ayrılır (*Şekil 297.1*).

Küçük beyin hareketi koordine ederek denge duyusu ile ilgili bilgileri değerlendirir. Kuş ve balıklar süratli hareket eder. Hareket üç boyutta olabilir. Bunların küçük beyni, çok iyi gelişmiştir. Çiftyaşamlı ve sürüngenlerin küçük beyni ise daha küçüktür.

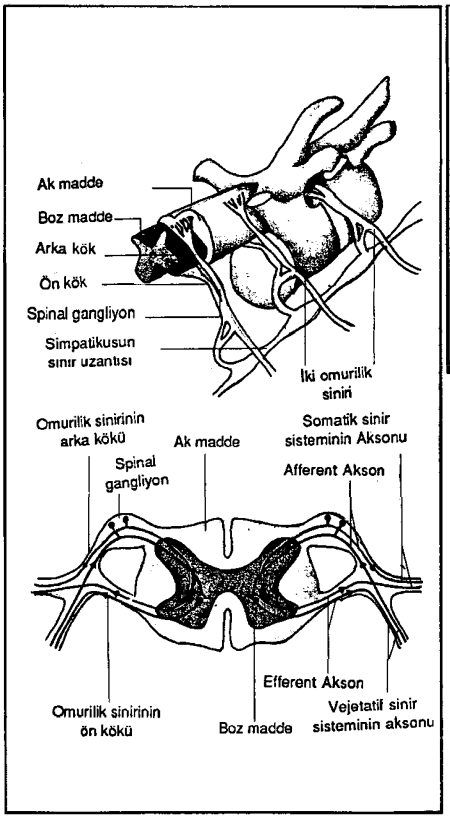


Şekil 297.1: Beyin yapısı (Biologie h. den).

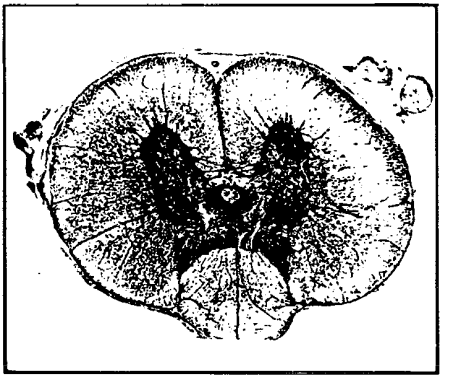
Başın önündeki ÖN BEYİN koklama bilgisini değerlendirir. Bu nedenle *koklama beyni* diye de adlandırılır. Bu beyin evrim sürecinde büyümesini sürdürmüş ve başka görevleri de üstlenmiştir. İnsanda en büyük yapısına kavuşur. Buna *BÜYÜK BEYİN* denir. Büyük beyin, beynin diğer bölümlerini çok sıkı örterek onların tanınmasını zorlaştırır. Büyük beynin yüzeyi ceviz kabuğu gibi girinti, çıkıntı ve katlantılıdır. Böylece yüzeyi büyümüş olur. Sinir hücrelerinin önemli bölümü "beyin kabuğu"ndadır. Sinir sistemi merkezi (beyin ve omurilik) ve periferik sinir sistemine ayrılır. Periferik sinir sistemi de somatik sinir sistemi (iskelet kası ve duyu organlarını) ve vejetatif sinir sistemine (iç organları denetler) sahiptir.

3.2. OMURİLİK

Beyin ve omurilik *MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ*'ni oluşturur.Omurilikten motorik, yani *EFFERENT (=GÖTÜRÜCÜ) SİNİR*'ler çıkar ve kaslara gider; *SENSORİK* yani *AFFERENT (=GETİRİCİ) SİNİR*'ler ise duyu organlarından gelir *(Şekil 298.1)*. Bu sinirler *PERİFERİK SİNİR SİSTEMİNİ* oluşturur *(Şekil 298.2)*. Merkezi sinir sistemini sinir hücrelerini besleyen omurilik sıvısı, yani "LİQUOR" sarar. Liquor ve kan arasında CO_2, O_2 ve H_2O gibi maddeler değiş tokuş edilir. Protein gibi diğer madde girişi özel iletim mekanizmalarınca çok sıkı kontrol edilir. Bu kontrol sistemine *KAN-LİQUOR BARİYERİ (=engeli)* adı verilir.



Şekil 298.2: Üstte: İnsanın omuriliği. Altta: Omurilik ve omirilik sinirlerinin kesiti.



Şekil 298.1: Kedinin omuriliği. Sinir iplikli ak madde ve ön, arka boynuzlu gri madde.

Omuriliğin enine kesitinde gri (=boz) ve beyaz (=ak) maddeden oluşan iki bölüm görülür *(Şekil 298.2)*. Gri madde rengini buradaki yoğun sinir hücre somalarından alır. Gri maddenin merkezinde, liquor'un sardığı omurilik kanalı bulunur. Bu kanal omuriliğin tamamı boyunca uzanır ve beynin iç kısmına kadar gider. Burada iki büyük *VENTRİKÜL* oluşturur. Omurilik kanalı merkezi sinir sisteminin embriyonal taslağı olan nöral boruda bulunan boşluklu bölgenin kalıntısıdır. Beyaz madde beyinden gelen motorik sinirlerin ve beyne giden sensorik sinirlerin noritlerinden meydana gelir. Motorik sinirler sistemi ön kısımdan, yani karına doğru terk eder. Sensorikler ise sırttan omurgaya doğru uzanır. Sensorik sinirlerin somaları *SPİNAL GANGLİON*'ları yapar. Motorik ve sensorik sinirler demet halinde vücudun tamamını dolaşır.

3.2.1. Refleksler

Gevşekçe tutulan ayağa, diz kapağının altından hafifçe vurulursa, buradan geçen diz lifleri ayağı yukarıya doğru kaldırır. Buna diz kapağı lif refleksi denir. Ayağın yukarıya doğru kalkmasında üst kalça kaslarının rol oynadığı bilinir. Life vurulması halinde kas hafifçe gerginleşir. Kasdaki genişletme almaçları, yani kas mekikleri gerilmeyi kaydedip onu sensorik sinirler üzerinden omuriliğe gönderir. Bilgi, spinal ganglion kanalı ile gri maddenin arka boynuzuna iletilir. Daha sonra ön boynuza aktarılır. Gerilim kası kontraksiyonunu çözen motorik nöron aktive edilir. Bacak da süratle yukarı kaldırılır. Üst kalça kasının pasif gerilimi, etkisizleşir ve bu refleksi yapar. Bu kurama göre çalışan mekanizmalara *REFLEKS* denir. Buna ait sinirin harekete geçmesine de *REFLEKS YAYI* denir.

Refleks, biyolojik olarak uyarıya mümkün olduğunca süratli tepki gösterme şeklinde açıklanır. Yere kapaklanmada bacak derhal diz kapağı refleksi ile tepkime

gösterir. Bilgi sensorik sinirler kanalı ile beyne gönderilerek kapaklanma algılanır. Reaksiyon beynin bilgiyi değerlendirmesinden daha hızlı olur. Benzer refleks yayları iskelet kası tavanında bulunur.

Gerginleştirme refleksi ile aynı anda ayağın bükülme kasının motorik nöronlarında inhibisyon impulsları görülür. Böylece kas kasılmasında, onun karşıtı (=antogonisti)nin refleks reaksiyonu yapması engellenir. İnhibisyon mekanizması aşağıdaki gibi çalışır: Aktive edici bilgiyi omuriliğe getiren nöronun nöriti dallıdır. Dallardan biri çekici kasın motorik nöronuna uzanır, diğeri sinaps üzerinden önboynuzun inhibe edici sinir hücresi ile bağlanır. İnhibe edici bu nöron, çekici kasın karşıtını yöneten motorik sinir hücresi ile ilişkidedir. Çekici kasın aksiyon potansiyeli ile bükücü kasın refleks yayı baskı altında tutulur ve böylece bunların birlikte çekilmesi önlenir. Refleks yaylarının tamamı bu şekilde kendi karşıtları ile ilişkidedir.

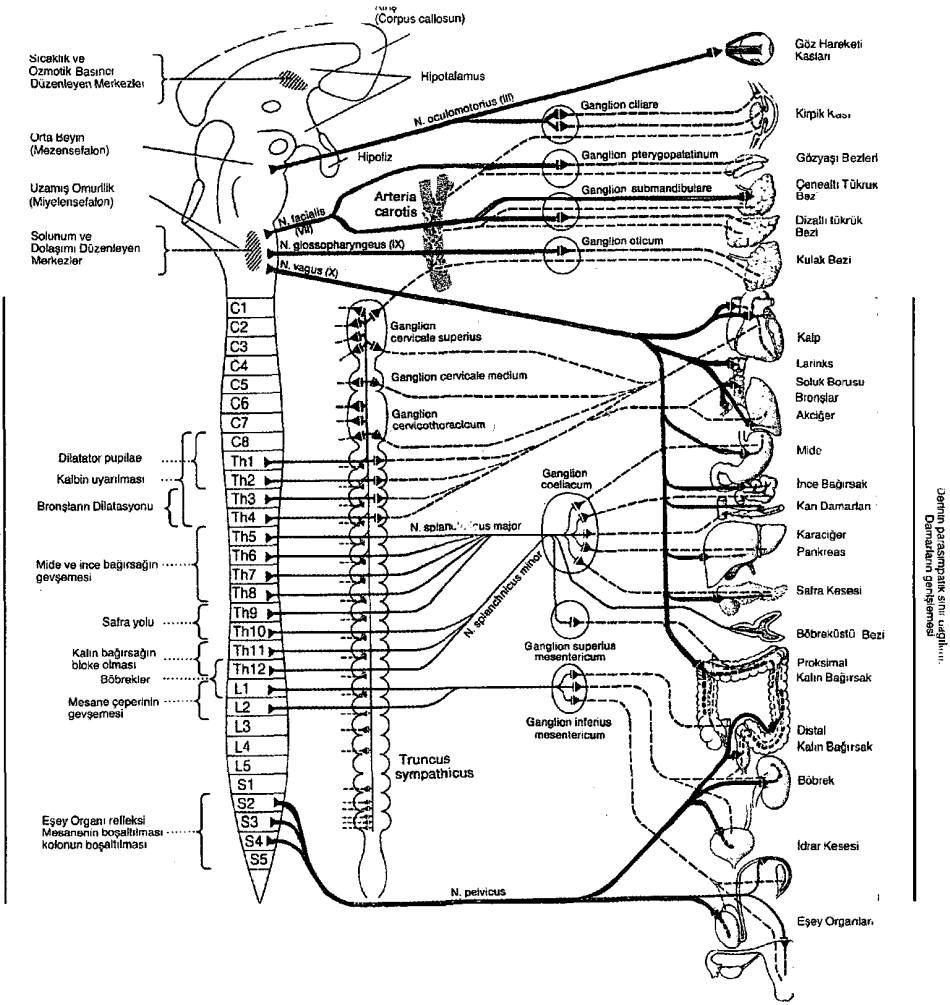
Dizkapağı lif refleksi, bilginin omurilikte sadece bir defa dönüşür oluşu ile, yani sadece bir sinaps üzerinden gidişi ile karakterize edilir. Reaksiyon, uyarının gerçekleştiği organda kolayca izlenebilir. Bu tip reflekslere *MONOSİNAPTİK* veya *KENDİ REFLEKSİ* adı verilir. Diğer reflekslerde ise duyu organı ve olayın gerçekleştiği organlar hapşırmadaki gibi farklı bölgelerdedir. Hapşırma refleksi, burun mukozasının toz ve benzeri bir madde ile uyarılması ile olur. Bu arada solunumda görev yapan kaslar aniden çekilir ve hapşırma olur. Hapşırmayı gerçekleştiren impulslar, çok sayıda nöron üzerinden, omurilikte ilerler. Böylece birçok sinaps üzerinden iletilmiş olur. Bunun sonucunda birçok kas devreye girerek hapşırmayı gerçekleştirir. Bu yüzden bu reflekslere *POLİSİNAPTİK* ya da *YABANCI REFLEKS* denir. Bulantı ve boğulma refleksi bu gruba girer. Monosinaptik ve polisinaptik refleksler doğuştan olup istem dışı gerçekleşirler.

3.3. VEJETATİF SİNİR SİSTEMİ

İç organlar çalışırken hissedemeyiz. Vücut sıcaklığının düzenlenmesi, kan basıncı ve frekansı gibi olaylar istemimiz ve bilgimiz dışında olaylanır. İç organların bu şekilde çalışmalarını *VEJETATİF SİNİR SİSTEMİ* kontrol eder. Bu sistem gerek anatomik ve gerekse işlevsel olarak iki kısma ayrılır: *SİMPATİK SİNİRLER* omurganın her iki yanındadır. Bunlar birbirleri ve omurilikle bağlantılı olan çift sıralı ganglion düğümlerinden oluşur. Bu zincirler simpatik sinirler olup, bunlardan olayın olduğu organlara doğru uzanan sinirler çıkar. *PARASİMPATİK SİNİRLER* ise bazı özel sinir dizinlerinden oluşur. Bunlar beyin veya omurilikten çıkar. *İç organların çoğuna hem simpatik hem de parasimpatik sinirleri gider.* Her iki sistemin karşılıklı etkisi vardır, yani birbirlerine *ANTAGONİST*'tir. Örneğin simpatik sinirler kalbin işlevini aktive ettiği halde, parasimpatik sinirler bunu azaltır. *(Şekil 300.1).*

Parasimpatik sinir sistemi sindirim organını aktive ederken, simpatik sinir sistemi bloke eder. Bu farklı etki, organın görevi ile ilgili bir olgudur. Simpatik sinir sistemi vücudun faaliyetlerinde ve ekstrem durumlarda devreye girip işlev gören organları aktive eder. Aynı anda da vücudun çalışma işlevini engelleyen organları inaktive eder. Parasimpatik sinir sistemi ise vücut depo maddelerini koruyup yenileyen organları aktive eder. Parasimpatik sinir sistemi bundan ötürü özellikle uyku sırasında aktiftir. Buna karşılık oldukça fazla uyarılan simpatik sinir sistemi uykuya dalmayı engeller.

Her iki sistem de omurilik ve beyinle doğrudan ilişkidedir. Bu nedenle belli ve yönlendirici görevlerin gerekliliğine ait bilgileri sağlayabilirler. Aniden ortaya çıkan tehlikeli bir durum, korkuya neden olur. Simpatik sinirlerin aktivasyonu bilinçsiz olur. Büyük beyinden vejetatif sinir sistemine uzanan sinirler, istemli kontrolümüz



Şekil 300.1: İnsanda vejetatif (=otonom) sinir sisteni şeması açık renkli düz çizgi=Simpaticus; koyu renkli kalın düz çizgi= Parasimpaticus; beyin ve omurilikten gangliyonlara giden sinirler (=pregangliyonlar); kesik çizgiler (=post-ganglionlar); gangliyondan organa giden sinirler; Sinir dizini (=Truncus simpaticus)nin soluna doğru olan simpatik sinir iplikleri vücudun tamamının deri kısmına giriyor; bunlara karşıt parasempatik sinir iplikleri çizilmemiştir (Youmans'a göre Czihak et al'dan) N=Nervus Sinir.

altında değildir.

3.4. BEYİN

Beyin, birbiri ile kaynaşmış çok sayıda kemik plakasından oluşan kafatasında bulunur. Omurilik, beynin arkasındaki delikten çıkıp kafatasını terkederek omurga boyunca uzanır. Sinir dizinleri birçok küçük delikten çıkarak, kafada bulunan organlara gider. Kafatası örtüsünün hemen altında beyini saran sert bir beyin zarı bulunur. Bunun altındaki zar gevşek bir doku olup, liquor tarafından sarılır. İçbeyin zarının hemen altında beyin yer alır ve bu zar çok sayıda kan damarı içerir *(Şekil 297.1).*

İnsanoğlunun da dahil olduğu Hominidae familyasına giren bazı canlıların

beyinlerinin cm^3 olarak ortalama hacimleri değişiktir. Örneğin beyin hacmi (cm^3 olarak) maymunda 394, goril de 411 olduğu halde Pekin insanında 1046, Neandertal insanında 1438; cro magnon ve günümüz insanında 1400 cm^3'tur.

3.4.1. Beynin Yapısı

Beyin ana kütlesi yarım küre şeklinde iki *HEMİSFER*'e ayrılır. Üstten görülen kısım, büyük beyindir. Büyük beyin, bir santimetre kalınlığında olan dış tabakadaki 14 milyar sinir hücresinden oluşur. Sinir hücresi soması rengi nedeniyle, buraya gri (=boz) madde denir. Sinir hücreleri beyin kabuğunda bulunur. Burada liquor sıvısı ağsı dokudan çıkarak hücrelere gider. Liquor sıvısı kandan besin maddesi ve oksijen sağlar ve bunları taşır. Beyin hücrelerinden de CO_2 ve H_2O alarak kana geri verir. Büyük beynin kıvrımlı yüzeyinde de çok sayıda nöron vardır. Büyük beynin iç kısmında noritlerden oluşan beyaz (=ak) madde yer alır. Kiriş de noritlerden yapılmıştır. Beyin hemisferlerini birbirine bağlar. Böylece beyin hemisferleri arasında bilgi alışverişi sağlanır. Bazı önemli şahsiyetlerin yaş ve beyin ağırlıkları birbirinden çok farklıdır, buna göre 2230 gr (36 yaşında) ile Lord Byron'un beyni en ağır, 1350 gr (70 yaşında) Liebig'in beyni en hafif, ayrıca Cromwell'inki 2 kg (59 yaşında), Cuwier'in 1861 gr (62 yaşında) ve Gauss'un beyni 1492 gr (78 yaşında) olarak ölçülmüştür. Bu değerler normal beyne göre daha ağırdır. Büyük beyin, bilinçli yaşam ve düşünmenin en önemli bölümünü içerir. Burada duyu organlarından gelen bilgiler değerlendirilir ve kaslara yollanacak emirler formüle edilir. İnsan, omurgalılar arasında, vücut büyüklüğüne oranla, en iyi gelişmiş büyük beyne sahiptir.

İnsan sinir sistemine özgü bazı sayısal değerler (ortalama) aşağıdaki gibidir: Beyin ağırlığı 1.5 kg, büyük beynin ağırlığı 1,25 kg, beyindeki sinir hücre sayısı 14 milyardır, sinaps sayısı 7 trilyondur, büyük beyin kabuğunun kalınlığı 2-5 mm, büyük beyin kabuğundaki sinir hücre sayısı 12 milyar, büyük beyindeki sinir hücrelerinin toplam uzunluğu 500.000 km, beyin dışındaki sinir hücrelerinin uzunluğu 480.000 km ve sinir hücrelerinin bir günde yokolan sayısı 50.000-100.000'dir.

3.4.2. Ara Beyin

Beyin kirişinin arkasında ara beyin yer alır. Ara beynin üst kısmına *TALAMUS* alt bölgesine *HİPOTALAMUS* adı verilir. Duyu organlarından gelen tüm bilgiler, ara beyin üzerinden büyük beyine gönderilir. Ara beyinde ise nakledilmiş bilgilerin ilk değerlendirilmesi yapılır. Hipotalamusun altında kiraz çekirdeği iriliğinde *HİPOFİZ* bulunur. Hipofiz, hormon sisteminin yönetim merkezidir. Sinir ve hormon sistemleri arasında yakın bir işlevsel ilişki vardır. Vejetatif sinir sistemi ile olan bağlantılar ara beyinden çıkar. Bu durum ara beynin, vücut işlevlerinin denetim sisteminde, önemli bir şalter merkezi olduğunu açıkça gösterir.

3.4.3. Orta ve Arka Beyin

Ara beynin alt kısmında birbirine köprü ile bağlanmış orta ve arka beyin yer alır. Her iki beyin de gelen ve giden bilgiler için birer şalter istasyonudur. Elementer ve refleks benzeri iletim mekanizmaları buradadır. Solunum kaslarını harekete getirip sevk eden solunum merkezi ara beyindedir. Ara beyin basamaksız olarak omuriliğe geçtiğinden buna aynı zaman da *uzamış omurilik* de denir.

Ara, orta ve arka beyin evrimsel olarak beynin en eski kısımlarıdır. Bu yüzden hepsine birden ANA BEYİN denir.

3.4.4. Küçük Beyin

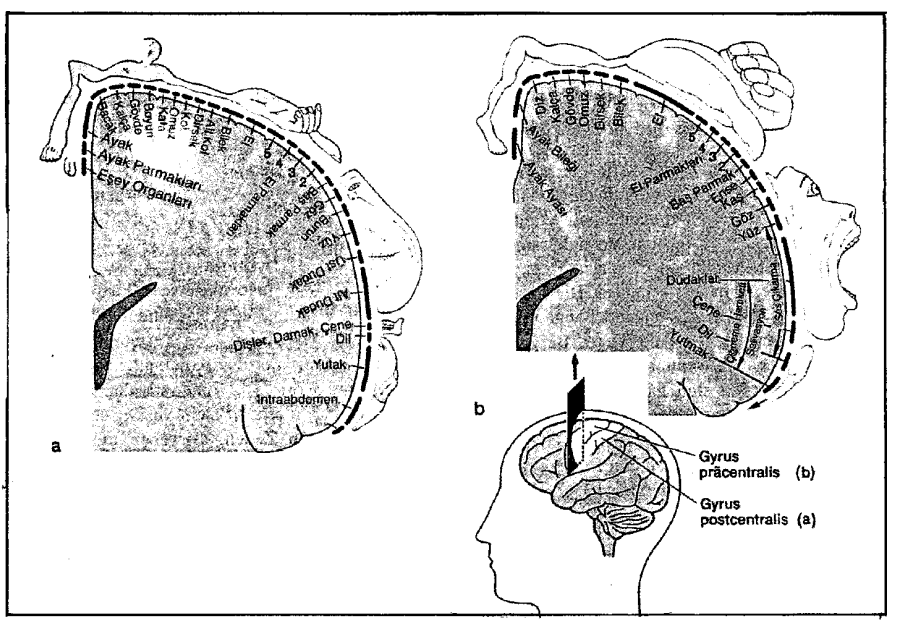
Beynin bölümleri arasında küçük beynin özel bir konumu vardır. Küçük beyin yoğun ve düzenli kıvrımları ile dikkati çeker ve tanınır. Kafanın arka kısmında yer alır. Üst yüzeyinin yapısı düzenlidir. Küçük beyinde sinir hücreleri de düzenli bir tarzda yerleşmiştir. Küçük beyin kasların hareket koordinasyonundan sorumludur. Ayrıca denge organına özgü bilgileri değerlendirir.

4. SİNİR SİSTEMİNDE BİLGİNİN İŞLENMESİ

4.1. BÜYÜK BEYİN VE ARA BEYİN ARASINDAKİ ORTAK ÇALIŞMA

4.1.1. Büyük Beyin

Şiddetli çarpmalara bağlı beyin yaralanmalarında, sol hemisferin ortasındaki bölgenin zarar görmesi önemli bozukluklara yol açar. Dudak, dil ve gırtlak devre dışı kalır. Hasta konuşma yeteneğini kaybeder ve konuşulanları anlayamayabilir. Buradan şu sonuç çıkar: Kafada sadme veya çarpma sonucu zarar gören beyin bölgesi, konuşmanın eşgüdümünü sağlama görevini üstlendiğinden buraya *MOTORİK KONUŞMA MERKEZİ* adı verilir. Günümüzde beynin çeşitli görevleri sevk ve idare eden haritası çıkarılmıştır *(Şekil 302.1)*. Bu haritalar beyin ameliyatlarında önemlidir. Son zamanlarda ince elektrotlar beyne sokularak daha fazla bilgi ve deneyim kazanılmıştır. Böyle bir ameliyat hasta veya deney hayvanına acı vermez. Çünkü beyin maddesinin acı almacı yoktur. Elektrot üzerinden beyne aksiyon potansiyeli gönderilir. Örneğin elektrot retinanın belli bir bölgesi ile ilişkide olan sinir hücresi ile temas ederse, aksiyon potansiyeli ancak göz aydınlatılması ile iletilir. Beynin



Şekil 302.1: İnsanın büyük beyin korteksi (=Gyrus precentralis veya G. postcentralis)nden alınan enine bir kesitde vücudun a) duyusal (=sensorik) ve b) motorik bölgelerinin temsil edilmesi (Penfield ve Rasmussen'e göre, korteks Schmid ve Thews'den)

belli bölgelerinin mikroelektrotlarla uyarılması sonucu kaçma, saldırı ve temizleme gibi işlevlerin gerçekleştirildiği görülür.

Büyük beynin kabuğunda (=korteksinde) bilgilerin bilinçli bir şekilde algılanmasına hizmet eden duyusal (=SENSORİK ALAN) ve hareket için emirlerin verildiği MOTORİK ALAN olmak üzere iki kısım ayırdedilir. İnsanda el ve yüz bakımı büyük beyinin kontrolünde gerçekleşir (Şekil 302.1).

Aynı şekilde duyarlılığımız ve ellerimizin marifetli oluşu ile mimik ve konuşurken yüz kaslarının uyumu, büyük beynin üstlendiği bu görevleri onaylamak için yeterli olsa gerektir.

Sensorik ve motorik alanların üstlendiği görev ve uygulamalar büyük beyin kabuğunun orta ve arka kısmında toplanmıştır. Kafanın ön kısmında, yani alın loplarında yaralanmalar görülürse, yetenekler devre dışı kalmaz. Beynin bu bölgeleri, bilginin genel olarak birleştirilmesine hizmet eder. Bu nedenle bunlara *ASSOSİYASYON BÖLGELERİ* adı verilir. Bu bölgeler, belki de evrimsel olarak en son ortaya çıkmıştır.

Büyük beynin hemisferleri simetriktir. Ama tam bir karşılaştırma yapılırsa bazı farkların olduğu görülür. Beynin sol yarısı, vücudun sağ bölümünden, beynin sağ yarısı ise vücudun sol bölümünden sorumludur.

Beyin sol hemisferi çevreye yönelik bilgileri algılar. Burası aktif kısım olup, olayları değerlendirir ve gerçekleştirir. Buna uygun olarak da insanların % 90'ının sağ elle işlerini yaptıkları ve bu yüzden solakların çok az olduğu görülür. Beynin sağ hemisferi ise karşılaştırma, gözlem ve özetleme gibi hususları denetler. Bu hemisferin üstlendiği konular genelde dışa vurumu az olan değerler olup, ön plana çıkmazlar.

4.1.2. Ara Beyin

Susama duyusu vücutta suyun eksildiğini ifade eder. Bu durum belli duyu hücreleri tarafından ölçülür ve değerlendirilir. Susama hissine özgü haber ise büyük beyne belli bir fiziksel ölçü birimi olarak değil de, tipik bir susama duygusu şeklinde iletilir. Susama hissini (=duygusunu) ara beyin verir. Korku, kızgınlık ve sevinç duyguları da benzer şekilde oluşur. Beyin kabuğu sadece bilinçli tepkimeleri sevk ve idare eder. Duyguların oluşumuna katılmaz. Ara beyin, büyük beyin için üzüntü hissini üretir ve vejetatif sinir sistemine gerekli bilgiyi iletir. Böylece yüzün kızarmasına neden olunur. Ara beyin, merkezi sinir sistemi ve vejetatif sinir sistemi arasında da sevk ve idare istasyonudur.

4.1.3. Limbik Sistem

Ara ve büyük beyin, anatomik yapı ve işlevleri içinde birbirlerinden tamamen ayrılmaz. Ara beynin üstlendiği bazı görevler, komşusu büyük beyince de algılanır. Büyük ve ara beyin arasındaki sınırda yer alan bu işlevsel birime *LİMBİK SİSTEM* denir. Muhtemelen buradan da evrimsel olarak eskiden beri uygulanan davranış şekilleri sevk ve idare edilir. Bu ise *İÇGÜDÜSEL DAVRANIŞ*'la ilişki halindedir. Küçük çocuklara karşı duyulan şefkat hissi, kuluçka bakımı veya seksüel davranışın çeşitli bileşenleri vardır. Bunlar büyük bir olasılıkla beynin bu bölümünden kökenlenir.

Büyük ve ara beyin oluşturduğu karşılıklı ilişkilerde, çok sıkı bir sistem meydana getirir. *Evrimsel açıdan düşünülürse ara beyin yaşlı, büyük beyin ise gençtir.*

4.1.4. Büyük ve Küçük Beyin Arasındaki Ortak Çalışma

Masadaki bardağı kaldıran kaslarımızın adını ve nerede bulunduklarını bilemeyiz. Bizim için önemli olan, bardağı kaldıracağımızı bilmemizdir. Bunların nasıl olacağı, bilinçli olayları sevk ve idare eden, büyük beyin için bilinmemektedir. Buna rağmen bardağı masadan kaldırma hareketi tüm kasların uyum ve koordineli bir şekilde çalışması ile gerçekleşir.

Hareket sevk ve idare edilirken ilgili kasların çalışmasından, küçük beyin sorumludur. Masada bulunan bardağın kaldırılması ile ilgili hareketin bilinçli bir şekilde yapılması kararı, beynin alın kısmındaki asosiyasyon bölgesinden verilir. Burası vücudun hangi bölümünün, hareketi yapması gerektiğine ait bilgiyi taşır. Bardak kaldırma hareketi ile ilgili karar, beyaz maddenin norit hattı kanalı ile kasların tamamı için özel sinir hücresi taşıyan motorik kabuk bölgesine iletilir. Motorik nöronlar ele ve kola kasılmaları için emir verir. Bu ani emirler, hareketin çok kaba ve uyumsuz bir şekilde gerçekleştirilmesine yol açar. Aynı anda ham emir orta beynin norit dallanmaları üzerinden, küçük beyne gelir. Küçük beyinde, kasların en ince hareketi için gereken bilgiyi depolayan programlar vardır. Bunlar yapabildiğimiz tüm hareketleri kontrol eder. Bu programlar kullanıma hazır hale getirilir ve ara beyine iletilir. Sonuçta bardağı yukarı kaldırma emri, omurilik üzerinden kol ve ele iletilir.

5. DUYU ORGANLARI

5.1. GÖRME ORGANI

İnsan ve hayvanlar için, çevreden alınan bilgilerin en önemli taşıyıcısı ışıktır. İnsan iyi gelişmiş bir göze sahiptir. Gözü görmeyen insanların çevrelerini duyguları ile algıladıkları ve koku alma yetilerini kaybeden kişilere göre, daha fazla çevrelerine dönük olduklarını biliriz. Görme insanda en gelişmiş olan duyudur. Bu nedenle en çok bilimsel çalışma bu alanda yapılmaktadır.

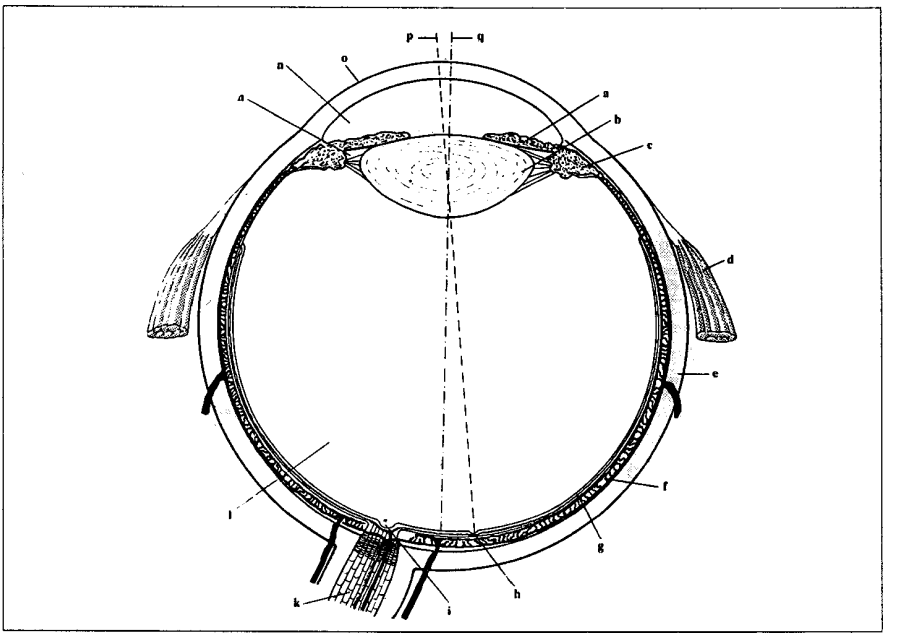
5.1.1. Işık

Radar, radyo ve mor ötesi ışınlardan tutun, röntgen ve gamma ışınlarına kadarki birçok elektromanyetik frekanslar ışık olarak değerlendirilir. Üzerlerine düşen ışığın bir bölümünü yansıtan cisimler, bir kısmını da değiştirir. Bu cisimler fiziksel yapıları nedeniyle ışığın belli frekansındaki kısımlarını yansıtmayıp emer. Yeşil renkli bir cisim, ışığın yeşil olarak algıladığımız dalga boyunu yansıtır. Diğer dalga boyları ise emilir. Böylece, ışık bilgi taşıyıcı duruma gelir. Göz, ışığın bileşimini değerlendirir ve aksiyon potansiyelinin sonucu olarak, beyne bilgi verir. Işığa duyarlılığın temelinde, ışık demetlerine duyarlı bir pigment yatar.

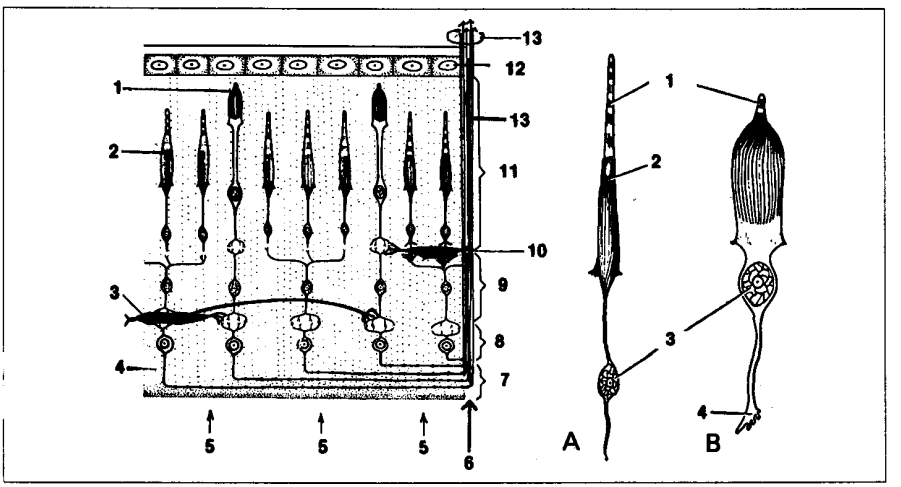
5.1.2. Göz Çeşitleri

5.1.2.1. Kamera Göz

Omurgalı hayvan ve mürekkep balıkları, çevrenin gerçek resmini bir fotoğraf makinası gibi ağsı tabakaya gönderen, kamera göze sahiptir. Bunlar jelsi yapıdaki farklı tabakaların sardığı *CAMSI CİSİM*'den oluşur. Ağ tabaka (=retina) görme hücreleri taşır. Öndeki tabakalar ışığı kıran yapılara sahiptir. Bunlar, bir mercek, yani saydam bir tabaka, iris ve onların arasındaki su dolu boşluklu alanlardan oluşur(*Şekil 305.1*). İnsan gözünün hareketliliğini göz çukurundaki altı kas sağlar. Gözü lifsi ve bağ doku kökenli sert bir tabaka (=sklera) sınırlar ve korur. Öne doğru bu tabakanın



Şekil 305.1: İnsan gözünün yatay uzunlamasına kesiti (şematik) a. İris, b. Göz merceği, c. Kirpiksi cisim (ciliaris), d. Göz kası, kesilmiş, e. Sert tabaka (sclera), f. Damar tabaka (choroidea), g. Ağ tabaka (retina), h. Merkezi çukur (sarı nokta), i. Kör nokta, k. Görme siniri, l. Camsı cisim (vitreus humor), m. Ard oda, n. Ön oda, o. Saydam tabaka (cornea), p. Görme çizgisi, q. Göz ekseni (Mörike ve ark.'dan).



Şekil 305.2: Solda: Retinanın enine kesiti. 1. Koniler, 2. Çomaklar, 3. Amakrin hücreler (ikinci düzende), 4. Des-tek gliyal hücreleri, 5. Işığın geliş yönü, 6. Kör nokta, 7. Sinir liflerinin oluşturduğu tabaka, 8. Gangliyon hücreleri tabakası = iç bağlantı düzeyi (ikinci düzen), 9. Bipolar sinir hücreleri = dış bağlantı düzeyi (birinci düzen), 10. Yatay hücreler (birinci düzende), 11. Görme hücrelerinin oluşturduğu tabaka, 12. Pigment hücreleri, 13. Optik sinir, Sağda: Çomakçık (A) ve koni (B). 1. Dış segment, 2. Görme pigmenti, 3. Çekirdek ve 4. Duyu hücresi ayağı.

yerini saydam bir tabaka olan kornea alır. İç boşluk saydam sıvılı iki bölüme ayrılır. Göz merceğinin önündeki ve arkasındaki kısımdır bunlar. Bunlara ön oda ve camsı cisim (=vitreus humor) denir. Göz merceğinin önündeki iris, kendine rengini veren pigmentli hücre içerir. Göz merceği, çapını ayarlıyan, genişletici ve büzücü iki kası yanda taşır. Uyum sırasında kirpiksi kaslar sayesinde değiştirilebilen göz merceği saydam olup epitel kökenlidir. Gözün sıka boşluğunun iç çeperine bitişik retina adlı sinir dokusu vardır. Retina görme alıcıları ve çeşitli nöronlardan oluşur.

5.1.2.1.1. Ağ Tabaka (=Retina)

Görme hücreleri omurgalı hayvan gözünün ağ tabakasının ışığa dönük olmayan kısmında yer alır *(Şekil 305.2)*. Görme hücreleri ışığı geçirmeyen pigment hücreleri sarar. Görme hücrelerinden siyah beyazı görenlere *"çomak"*, renkleri algılayanlara *"koni"* denir. Ağ tabakada 120 milyon çomak, altı milyon "koni" vardır. Bir mm^2 de 400 000 görme hücresi, yani almaç hücresi vardır. Nöritler ağ tabakanın iç kısmında *KÖR NOKTA*'ya doğru uzanır. Görme siniri göz çeperini burada terkettiği için, kör noktada görme hücresi bulunmaz. Saydam tabaka karşısına gelen ağ tabaka kısmında ise çok sayıda görme hücresi yer alır. Gözdeki *SARI LEKE* yani *MERKEZİ ÇUKUR* görmenin en belirgin olduğu yerdir. Görme hücreleri değişime uğramış nöronlardır. Bu nedenle, ışık bilgisi daha bu düzeyde işlenmeye başlar. Aksonları görme sinirini oluşturan gangliyon nöronları, merkezi yapılara doğru, görme iletileri aktarır. Bu nöronlar renk farklılığı, hareket ve kontrastlara duyarlıdır. Görüntünün en son işlenmesi ve çözümü, özellikle de stereoskopik görünümü, artkafa korteksinin görme bölgesinde olur. Görme sinirleri ışığa maruz olmayan kısımlarında *DİSK* adı verilen yapıları taşır. Diskler dilim gibi olup üst üste dizilen madeni paraları andırır. Burada uyarıya tepki gösteren, ışığa en duyarlı maddeler bulunur.

5.1.2.1.2. Görme Purpuru

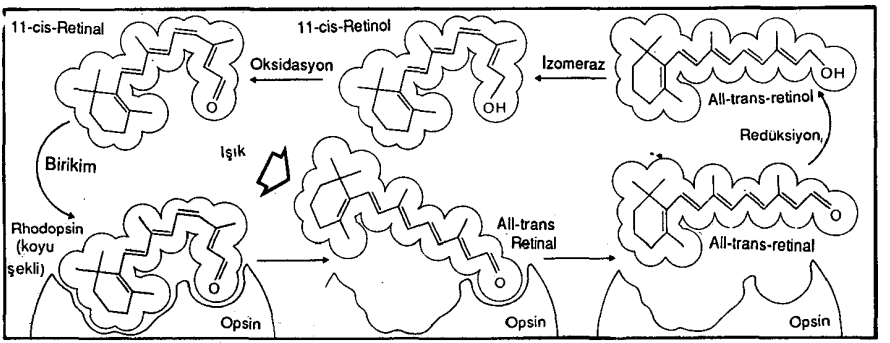
Görme olgusu, görsel işaretin değişip, ışık enerjisinin sinir iletisine dönüşümüdür. Bu işlem fotokimyasal olup, retinadaki koni ve çomak hücrelerinde oluşur. Bu hücrelerdeki ışığa duyarlı bir pigment, önemli rol oynar.

Gözün ışığa duyarlı bu maddesine *RODOPSİN* denir. Bu madde *OPSİN* ve *RETİNAL* adlı proteinlerden oluşur. Retinal, besinle aldığımız "Vitamin A_1" diye bilinen *RETİNOL* adlı alkalin aldehitidir. Karanlıkta retinalin hidrokarbon zinciri 11. karbon atomundan sonra bükülür ve böylece molekül büyük bir şekil alır. Buna *SİS-FORM, 11-sis-Retinal* denir. Retinal aydınlıkta (=ışıkta) uzar, onun bu durumuna *Trans-Form* veya *All-Trans-retinal* denir. Renklerin görülmesi kırmızı, yeşil veya mavi rengi gören üç tip koni sayesindedir.

5.1.2.1.3. Rodopsin Çevrimi

Işığın etkisi ile büyük 11-sis-formundan, retinanın all-trans formu oluşur. Bu molekül, opsinden ayrılır. Ayrılma sonucu opsinin yapısı değişir. Opsin bir dizi kimyasal tepkimeyi katalizleyen çok etkili bir enzim haline gelir. Böylece iyon akışı harekete geçerek görme hücresinde *RESEPTÖR POTANSİYELİ* oluşur. Bu, nöritde aksiyon potansiyellerinin oluşumunu da etkiler. Opsinin enzim etkisi o kadar yoğundur ki, sadece bir ışın kuantı (=az bir miktar) görme hücresine gelse bile, ak-

siyon potansiyeli ortaya çıkar. Serbestleşen All-trans-retinal, All-trans-retinole indirgenir. Bundan da *İZOMERAZ* adlı enzim 11-sis-formunu yapar. 11-cis-retinol tekrar retinale okside olur ve opsin de rodopsine dönüşür *(Şekil 307.1)*.



Şekil 307.1: Işığın rodopsine etkisi.

Göze çok miktarda ışık gelince görme hücrelerinde ışık doyumu olur. Bu durum reseptör potansiyelinin üretimi için, oldukça yüksek miktarda uyarının olmasını gerektirir. Göz, bundan ancak 10-15 dakika sonra tekrar tamamen işlev görür. Gözün çeşitli aydınlık şiddetlerine uyum göstermesine *ADAPTASYON* denir.

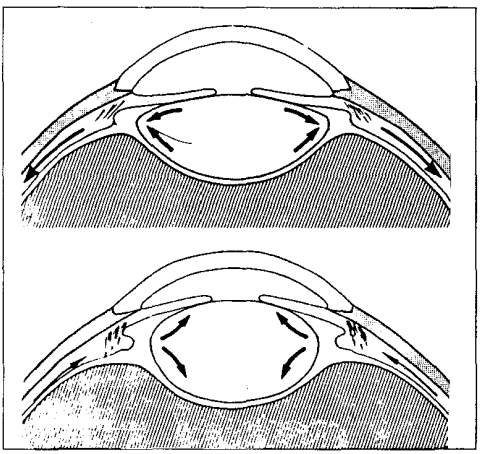
5.1.2.1.4. Renkli Görme

Koni hücrelerinin içerdiği ışığa duyarlı maddeye *İODOPSİN (=iyodopsin)* adı verilir. İodopsinin yapısı rodopsine göre az farklıdır; ama etki mekanizmaları aynıdır. İnsan gözünde üç tip koni hücresi vardır. Bu hücreler daha çok mavi-eflatun; yeşil ve sarıdan, kırmızı renge reaksiyon gösterir. Hücrelerin duyarlı kısımları birbirine benzer. Öyle ki örneğin 500 nm'lik dalga boyundaki mavi ışık en fazla yeşile duyarlı hücreleri uyarır. Aynı şekilde en az miktarda mavi-eflatun ve kırmızıya duyarlı koni hücreleri uyarılır. Gözün görme işlevi bu üç hücre tipinin algılanması sonucunda beyinde ortaya çıkar. Bu yüzden de düzenli ışık tayfının vereceğinden daha fazla renk görebiliriz. Örneğin kahve ve gri renkler için başlı başına bir dalga boyu yoktur. Bunlar beyinin yapay ürünleri olup, çeşitli dalga boylarının karışımı sonucu ortaya çıkarlar. eğer bütün koniler aynı şiddetle uyarılırsa *BEYAZ* renk görülür. Bazı koni hücrelerinin olmayışı sonucu *RENK KÖRLÜĞÜ* ortaya çıkar. Örneğin kırmızı renk körleri 520 nm'den daha fazla dalga boyundaki ışığı *SARI* olarak algılar.

5.1.2.1.5. Reseptör Alanları

Ağ tabakasındaki görme hücrelerinin bilgi gönderdiği sevk ve idare nöronları birbirleri ile ağ şeklinde ilişkidedir. Merkezi çukurda her görme hücresi, bir nöritle temas halindedir. Ağ tabakasının periferine (=çevresine) doğru, daha çok görme hücresi, iletici bir nörona bağlıdır. Bu hücrelerin nöritlerinin çok sayıda görme hücresinin bilgisini ilettiği anlamına gelir. Biraraya gelmiş hücrelerin oluşturduğu bu bölgeye *RESEPTÖR BÖLGESİ* denir. Çeşitli reseptör bölgeleri vardır. Merkezi bölge aydınlatılırsa bunlardan ancak bir kısmı uyarılır. Diğerleri sadece bölge kenarlarının

aydınlanması halinde tepki gösterir. Belli bölgeler, özel şekil veya hareket yönlerine uyum gösterir. Bazı konilerde bulunan ve birbirini bütünleyen renkler kendi kendilerine karşıt olarak etki yapar. Örneğin kırmızı bir alan, yeşil ışıkla inhibe edilir. Bu durum renkli kopyaların oluşumuna yol açar.



Şekil 308.1: Akomodasyon. Üstte, dinlenme hali= uzağa akomodasyon; altta= yakın görme için akomodasyon (Mörike ve ark.'dan).

5.1.2.1.6. Akkommodasyon

Göz optik sistemi, ışığı kıran yapıların değişimi ile gözü çeşitli uzaklıklara ayar etme yeteneğindedir. Bu olaya *AKKOMMODASYON* denir. Bununla ilgili olarak çeşitli hayvanlarda farklı yöntemler gelişmiştir. Mürekkep balığı ve balıklarda göz merceği elastik değildir. Uzakta bulunan bir cismin görüntüsü, elastik olmayan bir mercekte, daha yakındaki cisme göre, merceğin arkasında daha az bir aralıkta oluşur. Bu nedenle mürekkep balığı ve balıklar göz merceği ve ağ tabaka arasında bulunan uzaklığı değiştirirken gözü akkommodasyona uğratır. Bu durum merceğin öne ve geriye çekilmesi ile göz bebeği şeklinin değiştirilmesi sayesinde gerçekleşir *(Şekil 308.1)*.

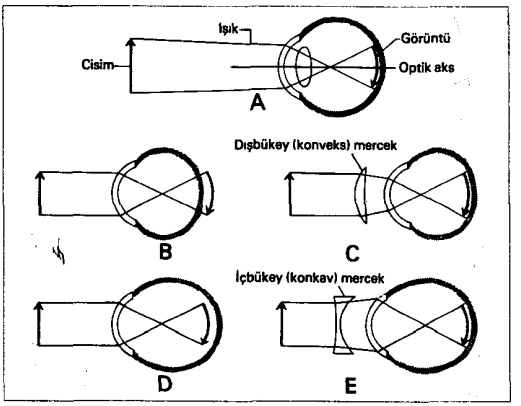
Sürüngen, kuş ve memelilerin, göz merceği yumuşak, yani elastiktir. Bu yüzden onların odak mesafesi değiştirilebilir. Memeli merceği gergin kaslarla uzağa bakarken düzdür. Eğer bunlar gevşerse mercek normal durumunu alır ve biz de yakındaki cisimleri çok iyi görürüz. Akkommodasyon bozukluğu, uzak ve yakını görme, göz bebeğinin şeklini değiştirmesiyle ilgilidir. Yaşa bağlı uzağı görme (=hipermetropi) mercek elastikiyetinin zamanla azalması sonucu ortaya çıkar. Bu bozukluklar uygun gözlüklerle giderilebilir.

5.1.2.1.7. Uyum (=Adaptasyon)

Kamera göz, retinaya kadar uzanan ışık yoğunluğunu iris diyaframı yardımı ile ayarlar. İrisin kontraksiyonu ile göz bebeği küçültülür. Böylece aydınlık sırasında daha az ışık retinaya gelir. Karanlıkta ise pupilla genişler ve retinaya daha fazla ışık gelir.

Gözün diğer uyum olayları, görme hücrelerini saran pigment hücrelerine az veya çok batmış olmasına dayanır. Görme, renk maddesi miktarı ile göz duyarlılığının farklı oluşu da adaptasyon, yani uyum olayı ile açıklanabilir. Bazı hastalıklarda, örneğin frengide göz bebeğinin ışığa karşı tepki göstermediği bilinir. Omurgalılarda uyum mekanizmasının çalışmasına bağlı olarak dört çeşit göz uyum mekanizması vardır.

a) Balıklarda elastik olmayan göz merceği özel kaslarla ağ tabakaya yaklaştırılır ve böylece uzak görmeye uyum sağlanır. Bunlarda göz dinlenirken yakına ayar edilir.



Şekil 309.1: A) Normal, B) Hipermetrop, C) Hipermetropluğun tedavisi, D) Miyop, E) Miyopun tedavisi.

b) Çift yaşamlılarda, göz dinlenirken uzağa ayarlı olduğu için, yakına uyumda, merceğin ağ tabakadan uzaklaşması gerekir.

c) Sürüngenler ve kuşlarda, göz korneası kubbeli bir yapı alarak göz uyumu gerçekleşir.

d) Memelilerde dinlenen göz, uzağa ayarlı olduğu için, yakındaki cisimler, merceğin ışığı fazlaca kırması ve ortasının kalınlaşması ile görülür.

5.1.3. Göz Bozuklukları (=Kusurları)

Göz ve görme bozuklukları doğuştan olabildiği gibi, sonradan da ortaya çıkar *(Şekil 309.1)*.

5.1.3.1. Miyopluk (=Yakını görme)

Göz yuvarlağının uzun olması sonucu, uzaktan gelen paralel ışınların odak noktası retinanın önüne düşer. Bu yüzden ancak yakındaki cisimlerin resmi oluşur. Gözün bu şekildeki kusuruna miyop denir. Bu göz kusuru konkav, yani kalın kenarlı (=içbükey) mercek veya lens kullanılarak tedavi edilir. Böylece uzaktaki cisimlerin çok iyi görülmesi sağlanır*(Şekil 309.1)*.

5.1.3.2. Hipermetropluk (=Uzağı görme)

Göz yuvarlağı kısa olduğu için paralel ışınlar göz dinlenirken retinanın arkasında birleşerek, belli bir resmin oluşumunu engeller. Bu yüzden sadece uzaktaki noktalar görülür. Uzaktaki cisimlerin görülmesi için de akkommodasyon gerekir. Onların akkommodasyon güçleri yakındaki cisimleri görmek için yeterli değildir. Bu göz kusuru konveks, yani ince kenarlı (=dışbükey) mercek veya lens kullanımı ile tedavi edilir.

5.1.3.3. Presbitlik (=Yaşlı görmezliği = Presbyopie)

Yaşlı görmezliği göz merceğinin elastikliğinin azalması ile ilgilidir. Gözün bu kusurunda akkommodasyon genişliği azalır. Bu yüzden okuyabilmek için miyopların da kullandığı konveks merceğe ihtiyaç duyulur. Odak noktası bunlarda değişmez. Yaşlanma ile, örneğin 41 yaşından itibaren bileşik merceğin 1 diyoptiri (=optik kırımgücü birimi) ve onu izleyen her 5 yıl içinde 3/4 diyoptriye ihtiyaç duyulur.

5.1.3.4. Astigmat (=Astigmatismus)

Gözün saydam tabakasının yüzeyi her yöne doğru aynı oranda kubbeleşme göstermeyip, bazı sapmalar olabilir. Bu yüzden bir nokta çizgi gibi, yani optik eksen yönünde herşey uzunlamasına görülür. Bu hastalığa *ASTİGMAT* denir. Silindirik bir mercekle tedavi edilir.

5.1.3.5. Kromatik Aberrasyon

Uzun dalgalı ışınlar, kısalara göre daha fazla kırıldığından (=kromatik aberrasyon) gözde bunların odak noktası kısa dalgalının arkasına düşer, yani kırmızı renge, maviye göre daha fazla akommodasyon gerekir. Bu nedenle, kırmızı yüzeyler, mavilere göre bize daha yakın görünür. Resimlerde kırmızı renkler en önce izlenir. Normalde, açık ışıklarda orta dalga boyuna akkommodasyon yapabildiğimiz için, kromatik abberrasyonun farkına varamayız.

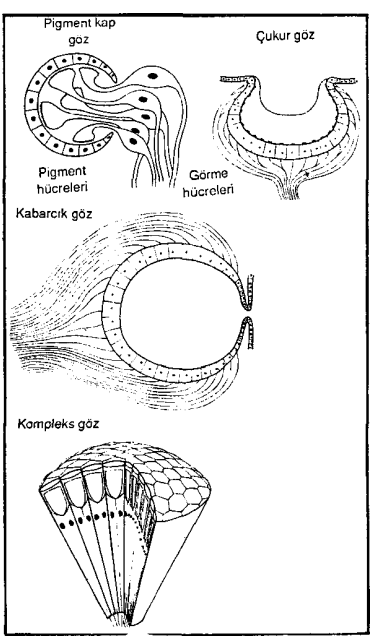
5.1.3.6. Sperik Aberrasyon

Göz merceği, cam mercekler gibi düzenli bir yapıda değildir. Göz merceğinin kenarına düşen ışınlar merkezden geçenlere göre daha fazla kırılır. Bu etkiye *SPERİK ABBERRASYON* denir. Bunun nedeni, zayıf ışıkta açılan pupilin iyi görmeyi engellemesidir. İyi ışıkta iris, merceğin kenarlarını öyle kapatır ki kenardan geçen ışınlar tutulur. Yani göz basit, ama düzeltilmemiş bir mercek gibi davranır.

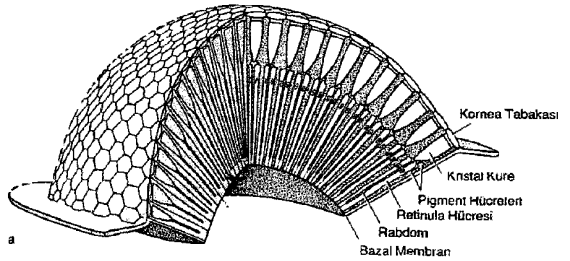
5.1.4. Diğer Göz Çeşitleri

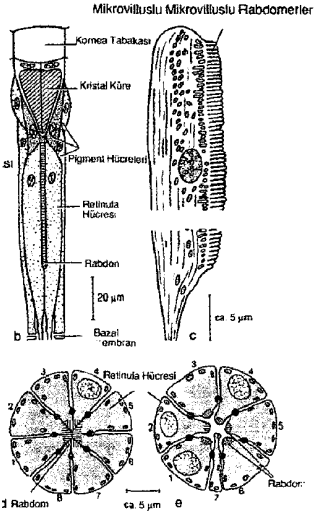
Hayvanlar aleminde kamera gözden başka da göz çeşitleri ardır. Bunlardan *PİGMENT KAP GÖZÜ* en basit yapılı olanıdır. Bu göz tipi **Planaria** gibi basit solucanlarda vardır *(Şekil 310.1).*

Pigment kap gözünde, ışığa duyarlı görme küreleri yarım küreyi andırır. Bunlar pigment hücreleri tarafından sarılır. Pigment hücreleri göze gelen ışığı yandan karşılar. Eğer hayvan vücudunun iki yanında böyle bir göz taşıyorsa ışığın geldiği yönü kolayca saptar. Gözün bu çeşidinde bir resim oluşmaz. Bir başka göz tipi olan *ÇUKUR GÖZ*'e bazı salyangozlarda rastlanır. Salyangoz vücudunun üst yüzeyinde görme hücrelerinin kapladığı bir çukur bulunur. Buradaki görme hücreleri bir salgı yumağı tarafından korunur. Bu da ışığı kıran bir yapı olarak etki yapar. Işığın geldiği yönün tespiti, bu gözle üsteki göz tipine göre daha iyi gerçekleşir. Bunun en önemli nedeni çukur gözün daha fazla hücre içermesidir. Buna rağmen bu göz tipinde algılanabilen bir resim oluşturulmaz. Bazı mürekkep balıklarında olduğu gibi daha ileri organizasyonlu yumuşakçalardaki göz çukuru pupile benzer bir açıklığa kadar kapanarak küre şeklinde bir yapıyı oluşturur. Bu yapının meydana getirdiği göz tipine *DELİK GÖZ* adı verilir. Bu tip gözde görme hücreleri oldukça fazladır ve bir retina oluşmuştur. Delik gözün retinasında da kamera gözdeki kurama göre, bir resim meydana gelir. ***Kase gözü,*** ileri organizasyonlu mürekkep balıklarındaki kamera gözün on basamağıdır. Bunun yapısı omurgalı hayvan gözüne çok benzer. Detay ve gelişimde ise doğallıkla birçok farklar vardır.



Şekil 310.1: Çeşitli göz tipleri.





Şekil 311.1: Böceklerdeki bileşik göz şeması a) Bir bileşik gözün yapısı; b) Bir ommatidiumun uzunlamasına kesidi; c) Retinula hücresinin uzunlamasına kesidi; d) Merkezi robdoma kaynamış bir rabdomerli ommatidiumun enine kesidi ör, bal arası ; e) Tek bir rabdomerli ommatidimun enine kesidi (örnek: kara sinek) (numaralar ayrı ayrı retinula hücrelerini gösteriyor) (Czihak et al'dan).

5.1.4.1. Kompleks Göz (=Bileşik Göz=Petek Göz)

Göz yapısı akrep ve böcekler gibi eklem bacaklılarda, farklı bir kurama göre gelişmiştir. Burada OMMATİD adı da verilen birçok münferit göz, biraraya gelerek bileşik veya KOMPLEKS GÖZ'ü oluşturur. Bileşik gözü meydana getiren ommatidler gözün üst yüzeyinde, bir elmasın perdahlanmış halini andırır. Bu göze FASET GÖZ de denir (*Şekil 311.1*). Bileşik gözdeki ommatid sayısı (=bileşik gözü oluşturan tek göz) su bitinde 22, kulağa kaçanda 270, kraliçe arıda 3900, işçi arıda 7500 ve matmazel böceğinde 28000'dir.

Her ommatidin 8 duyu hücresi vardır (*Şekil 311.1/d-e*). Bunlar uzun bir eksen üzerindedir. İç kısma doğru her duyu hücresi fırça gibi kıl şeklinde, yani mikrovilli denilen yapılar taşır. Bunlara RABDOM denir ve gözün en duyarlı kısmını oluşturur (*Şekil 311.1*). Burada görme renk maddesi, kamera gözün görme hücresi disklerindeki gibi birikir. Mercek (=kutikulalı kornea) ve kristal küreden oluşan bir optik organ, gelen ışını rabdomda biriktirir. Yani ommatid bir resim görmez; ama düşen ışığın türü, miktarı ve yönünü saptar. Pigment hücreleri, duyu hücrelerini komşu ommatidlerden korur (*Şekil 311.1*). Böceklerde kristal küreyi genelde 8 adet uzunlamasına uzanan ve ışığa duyarlı hücre (=retinula hücresi) sarar. Bunlar iç kısma doğru rabdomerleri oluşturur (*Şekil 311.1-e*). Retinula hücrelerinin bütün rabolomerleri ayrı ayrı bulunabildikleri gibi merkezi bir rabdoma da kaynamış olabilirler. Ommatidler birbirinden pifment hücreleri ile optik olarak ayrılır. Bileşik gözün mekansal çözme yeteneği, her bakış açısındaki ommatidium sayısı ile belirlenir. Sayı ne kadar çoksa görme o kadar iyidir.

Her ommatid baktığı yönden gelen ışığı algılar. Yani eklembacaklıların gördüğü resim, noktaların bir araya gelerek oluşturduğu mozaik resim noktalarıdır.

5.1.4.2. Kompleks Gözün Özellikleri

Kompleks göz, başın ön kısmında ve yarım küre şeklindedir. Bu nedenle her yönü aynı anda görebilir. **Oysa kamera göze sahip insanlar, sadece öne doğru görebilir. İnsan yüzü yaklaşık yarım küre şeklindedir. Bu nedenle her yönü aynı anda görebilir.** Oysa kamera göze sahip insanlar sadece öne doğru görebilir. İnsan yüzü yaklaşık yarım küre şeklindedir. Böcek, çevrenin yarım küre şeklindeki kesitinden daha fazlasını

görür. Kompleks gözün cisimleri görme yeteneği ommatid sayısına bağlıdır. Sinek ve tesbih böceklerinin ommatid sayısı az olduğu halde, matmazel böceklerinde bu sayı binleri bulur (28000 adet).

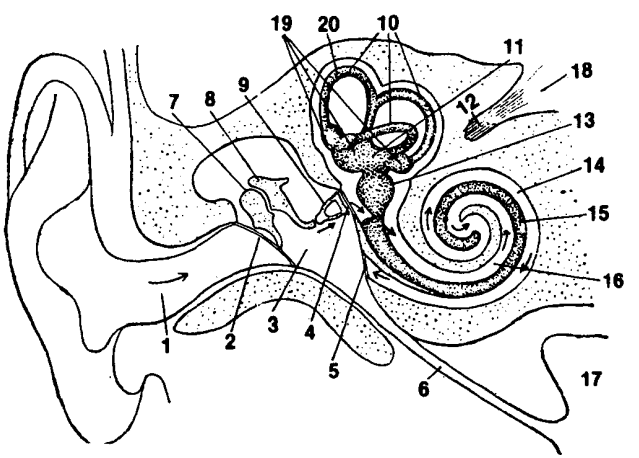
Böcek gözü, insanınkine göre daha yüksek optik çözme yeteneğindedir. Bu da bazı böceklerin çok süratli hareket etmelerine uygun düşer. Biz saniyede tek tek 15, böcekler 200 resmi tanır. Bizim gözlerimize göre, daha çok renk görürler. Biz eflatun ve kırmızı arasındaki renkleri görürüz. Böcekler kırmızı ışığı göremez. Buna kırşın bizim göremediğimiz ultraviyole ışını algılar. Ayrıca kompleks göz polarize ışığın salınım alanını kaydedebilir. Hayvanların bulutlu havalarda veya sonrasında güneşin konumunu belirleyip, ona göre yönelebilmeleri bu yüzdendir.

Böceklerin rengi algılayabildikleri ilk önce arılarda kanıtlandı. Bunların farklı spektral duyarlılıkta üç tip görme hücresine sahiptir. Bunlardan biri ultraviyole ışığa duyarlıdır. Omurgalı gözünde hiç görülmeyen, polarize ışığın salınım yönü algılama özelliği de vardır.

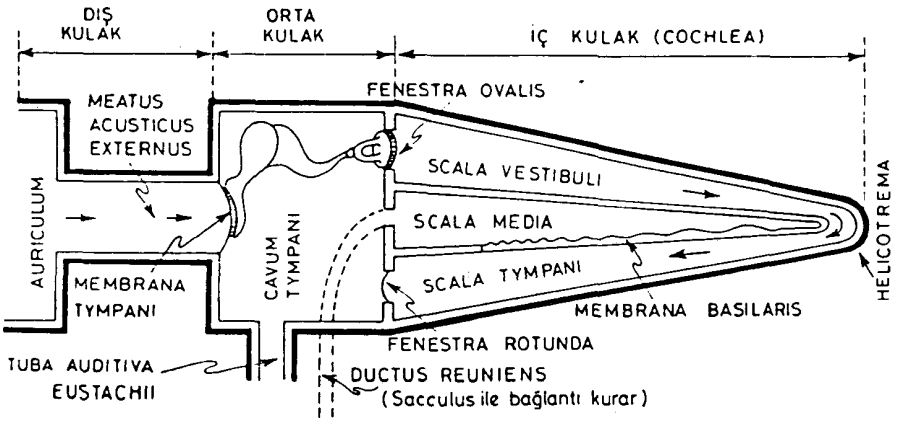
5.2. DUYMA ORGANI (=Kulak)

İşitme organı kulak, dış, orta ve iç olmak üzere üç bölgeden oluşur. Dış işitme kanalı (=kulak yolu) dış kulaktadır. Burası ses dalgalarını alır. Orta kulak işitme kemiklerini taşır ve ses dalgalarını düzenleyerek, bunları iç kulak almaçlarına gönderir. Kafatasında kemik maddesinin içine yatmış, dallı bir kanal sistemi olan iç kulak bulunur (*Şekil 312.1*). İç kulak işitme ile ilgili olan **coclea**'yı ve işitme ile ilgili olmayan **vestibular** organı, **Cohlea** ise işitme duyusunun alıcılarını taşır (*Şekil 312.1*).

Kulak zarı (=Membrana tympani), kulak yolu ile orta kulağı (=Cavum tympani) birbirinden ayırır. Kulak zarının yüzeyi insanda 55 mm^2, farede 2,2., kirpide 16, kedide 46, sığırda 86 ve gorilde 97 mm^2'dir.



Şekil 312.1: Kulağın yapısı. Dış kulak: 1. Kulakyolu, 2. Kulak zarı (=Membrana timpani). Orta kulak (=Cavum tympani): 3. Orta kulak boşluğu, 4. Oval pencere (=Penestra ovalis), 5. Yuvarlak pencere, 6. Östaki kanalı, 7. **Çekiç kemiği (malleus)**, 8. Örs kemiği **(incus)**, 9. Özengi kemiği **(stapes)**. İç kulak: 10. Yarım daire kanalları, 11. **Tulumcuk (utrikulus)**, 12. İşitme siniri, 13. **Kesecik (sakkulus)**, 14. **Scala tympani**, 15. **Dalız yolu (Scala cochlearis)**, 16. **Scala vestibuli**, 17. Geniz boşluğu, 18. Beyne giden sinir, 19. Appuller ve 20. Endolenf (kanalın içinde) (Czihak ve ark.'dan).



Şekil 313.1: Kulağın kanalları ve şematik olarak yapısı (Noyan'dan).

Kulak, labirentinin üç yay kanalı, bunun altındaki iki oda ve salyangozdan oluşur. Salyangoz birbirine paralel uzanan üç kanala ayrılır. Bunlardan üsttekine Scala vestibuli, işitme almaçlarının bulunduğu korti organını taşıyan ortadakine, Scala cochlearis (=Scala media) ve alttakine Scala tympani denir (*Şekil 313.1*). Orta kanal labirentlerle ilişkidedir. Diğer ikisi oval ve yuvarlak pencere kanalı ile orta kulağa bağlantılıdır. Orta ve alt kanal arasında BAZİLAR MEMBRAN bulunur. Bazilar mebran salyangozun başlangıcında yer alır ve uç kısma doğru genişler. Ses, dış ve orta kulağın yardımcı yapıları ile oval pencereye iletilir. Burada Scala vestibulinin sıvısı basınç dalgasını algılar. Daha sonra sesin oluşturduğu bu dalga salyangozun üst kısmına gelir ve uç kısmında Scala tympaniye tekrar geri döner. Bu da tekrar aşağıya inerek, yuvarlak pencereden orta kulağa geçer. Bazilar membran gergin olmayıp, elastik yapılı olduğu için, sesin basınç dalgasını azıltır ve hareket enerjisinin bir bölümünü, salyangozun ucuna ulaşmadan önce Scala tympaniye verir. Böylece ses titreşimi de azalır. Yüksek titreşimli sesler düşüklere göre daha çabuk azaltılır ve bunun sonucunda onların salyangozun dışına taşımaları önlenir.

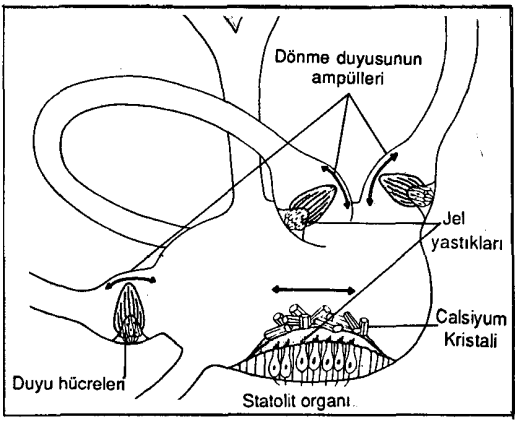
Ses etkisi altındaki iç kulak sıvısı oraya buraya hareket eder. Bazilar membran yukarıya doğru daha da genişler. Bu nedenle sesin dalga boyu, oval pencereden uzaklaştıkça kısalır, zira hareket halindeki sıvıyı dengeleyen alan büyür. Dalga boyunun azalma ve kısalması o şekilde olur ki, bazilar membran, belli ses frekansı için karakteristik olan bir noktada en büyük çıkıntıyı yapar. Bu nokta yüksek frekanslar için oval pencerenin yakınında, düşükler için ise salyangozun üstünde yer alır. Bu duyu hücreleri ve kıllarından oluşur. Bunlar bir membran tarafından tek taraflı olarak örtülür. Bazilar membranın şişmesi ile örtü membranının altındaki sıvı dışarıya doğru basılır. Böylece duyu kılları bükülür ve duyu hücreleri uyarıyı algılar (*Şekil 313.1*).

İnsan kulağının duyarlığı 16 Hz ve 20 kHz frekansları arasındadır. Köpek gibi diğer omurgalı hayvanlar daha yüksek frekanslı ultraşal sesleri algılar. Yarasa, yunus ve balinalar da yer tespiti ve avlanabilmek için ultraşal sinyalleri değerlendirir.

Böceklerin duyma organları da, membranların sesle hareket ettirilmesi ve titreşimlerin sinir hücrelerince kaybedilmesi gibi kuramların geçerli olduğu omurgalı hayvan kulağına benzer. Ama onlarda sesi algılayan yardımcı yapıların şekli başkadır. Böceklerdeki kitin boşluk ve duyma membranları vücudun farklı bölgelerindedir. Bunlar yaprak çekirgesi ve cırcır böceğinde ön ayak baldırında; tarla çekirgelerinde ilk abdomen segmentinde ve gece kelebeklerinde göğüs kısmında yer alır.

5.2.1. Hareket ve Denge Duyusu

Labirentte yer alan kanal sistemi içinde sinir hücreleri bulunur. Bunların duyu kılları da jelimsi bir yastığa oturur. Eğer kafa sallanırsa, labirent sıvısı hareketin gerisinde kalır. Bu şekilde oluşan akıntı jelimsi yastığı iter ve böylece hareket algılanır. Yay kanalları üç yönde bulunduğundan, hareketler üç yönde kaydedilir. Denge organı olarak *'STATOLİT ORGANI"* görev yapar *(Şekil 314.1)*. Bu, küre şeklindeki bir yerde ve labirentin altında bulunur. Jelli yastıktaki kalsiyum kristalleri, yani *statolit*ler kafa yana doğru eğilirse, yerçekimi etkisi ile yana çekilir. Bununla ilgili duyu sinirleri vücudun dikine olan konumunun, değiştiğini veya vücudun eğildiğini beyne gönderirler.



Şekil 314.1: Hareket ve denge duyu organları.

5.2.2. Gürültü Nedeniyle Sağırlık

Ses dalgası mekanik yolla iç kulağa iletilir. İç kulaktaki bazilar membran ses dalgasını alır. Ses tonunun yüksekliği, sesin dalga boyuna eşdeğerdir. Bazilar membran ses çok yüksek olursa oldukça büyük bir çıkıntı yapar. Hatta mekanik olarak zarara bile uğrar. Bunun sonunda sağırlık görülür. Böyle hastalıklar bir daha iyileşmez.

Bütün ses ötesi dalgaları oval pencereden, bazilar membrana geçer. Yani bazilar membranın baş tarafı en çok etki altında kalır. Bu nedenle gürültünün yol açtığı sağırlık, sesin yüksek frekanslı olması halinde ortaya çıkar.

Ses sürekli ve çok gürültülü bir makinenin çalışması şeklinde ise bazilar membran daha da etkilenir. Gürültülü müzik de duyma yeteneğini zarara uğratır.

Ses yükselticilerle, zarar yapıcı sınıra yakın bir yüksekliğe ulaşan her türlü müzik, kulakta daha önemli tahribata yol açar. Bunun dışında hoperlörden çıkan seslerin, kulaklık kullanılarak dinlenmesi de sağırlığa neden olur. Hayvanların sesi duyabilme en üst sınırı kHz olarak aşağıdaki gibidir: Yılan balığı 0.6; yunus 200; yarasa 400; tavuk 38; köpek 135; fare 100; insan 21; puhu kuşu 8; su kaplumbağası 4 ve ağustos böceğinde 20 kHz'dır.

5.3. DİĞER DUYU ORGANLARI

5.3.1. Koklama Organı (=Burun)

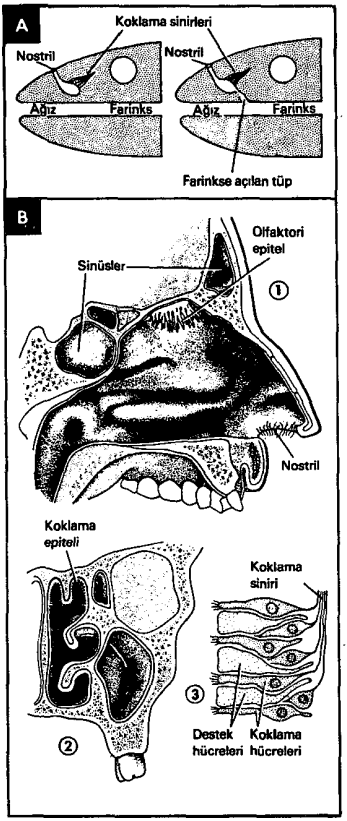
Koklama organlarının müşterek yanı, koku maddesini taşıyan ortamın koklama organınca algılanması ve mümkün mertebe çok sayıda koku maddesi molekülünün koklama hücreleri ile temas edebilmesidir. Böceklerin koku alma hücreleri antenlerdedir. Bunlar uçma esnasında havayı tarar. Balıklar da koku hücrelerini vücutlarının üst yüzeyinde taşır. Önde ağzın üstünde, içinde almaçlar bulunan iki duyu çukuru yer alır.

Birçok hayvanda örneğin ipek böceği (=*Bombyx mori*)nde seks hormonu feromon, erkek tarafından algılanır ve dişinin yeri böylece bulunur. Daha gelişmiş canlı gurubundan akbaba veya kediler besin yerlerini koku alma organları yardımı ile hemen belirler.

İnsanda ve maymunlarda koku alma organı iyi gelişmediği halde (=mikrosmatik canlılar) evcil hayvanlarda iyi gelişmiştir (=makrosmatik canlılar), diğer bazı grup canlılarda, örneğin sucul memelilerde koku alma duyusu yok gibidir (=anosmatik) (*Şekil 315.1*).

Kara omurgalılarında, aynı koku, değişik almaç hücrelerince farklı olarak algılanır. Belli bir koku bazı almaçlarca uyarılma frekansı artırılarak, bazılarınca azaltılarak değerlendirilir. Bundan belirli bir koku için özel ve tek bir almaç hücrenin saptanamamış olmasının rolü vardır. Buna göre almaçlarda çok sayıda almaç molekülü olduğu kabul edilir.

Kara omurgalılarında genellikle burnun iç bögesinin üst yüzeyi, katlantılı olması nedeniyle büyür. Burnun iç kısmındaki mukuslu koklama zarının büyüklüğü ve içerdiği almaç hücre sayısı farklılık gösterir. Bu zarın yüzeyi ve taşıdığı almaç sayısı köpekte 85 cm^2 ve $2.3.x10^8$; tavşanda 9.3 cm^2 ve $1x10^8$; insanda 2.5-5 cm^2 ve 3×10^7 ve karacada 90 cm^2 ve $3x10^8$ olarak bulunmuştur. Böylece orada yeterli sayıda duyu hücreleri yer alabilir (*Şekil 315.1*). Koku duyusunun etki mekanizması ile ilgili bilgilerimiz oldukça sınırlıdır. Koku duyarlılığının bu kadar çeşitli oluşunun nasıl ortaya çıktığı tam olarak bilinmemektedir. Çeşitli kimyasal yapılarda farklı koku maddelerinin taşınması bize koklamanın etki şekli hakkında tam bilgi vermez.



Şekil 315.1: Koklama onganları. A) Suda yaşayan ilkel omurgalı hayvanlarda burun (solda); karada yaşayan omurgalılarda burun (sağda). İlkel su omurgalılarında burun yalnız koklama ödevi gördüğü halde, karada yaşayanlarda ikincil olarak solunumda da yardımcı ödev görür.B) İnsanda burun ve koku alma epiteli, 1 ve 2. Koku alma epitelinin burun boşluğu içerisindeki durumu, 3. Koku alma epitelinden alınan kesitte hücrelerin dizilişi.

5.3.2. Tatma Duyusu (=Dil)

Lezzet hücreleri, koku alma hücrelerinden farklıdır. Bunlar ikincil duyu hücreleri olup, normal bir epitel olan lezzet tomurcuğu'nda yer alır ve gerçek lezzet organlarıdır. Balıklarda ağız içinden başka vücudun dış kısmındaki bazı bölgelerde yer alırlar (*Şekil 316.1 a-d*). karasal omurgalılarda vücut yüzeyindekiler kaybolmuştur. Memelilerde ise dilde dil papilasına bağlı olarak bulunur. Lezzet tomurcuğunda çeşitli uzunlamasına hücreler vardır (*Şekil 316.1.c*). Bunlar üst kısımda (=apikal) tomurcuğun çukur gibi içeriye çökmesi ile mikrovillus demetlerini oraya gönderir. Bazalde hücreler sinir iplikleri ile ilişkidedir.

Tat alma duyusu besin lezzetinin yemek için uygun olup olmadığını kontrol etmeye yarar. İnsanda tatlı, tuzlu ekşi ve acı gibi tat kaliteleri bulunur. Besinlerin sahip olduğu diğer

aroma farklarını koklama duyusu ile algılayabiliriz. Zaten lokmayı çiğnerken bazı koku maddesi molekülleri doğrudan doğruya burunu geçer. Bu nedenle besin maddelerinin değişik olan tadları burun tıkalı iken ya hiç algılanmaz ya da çok az algılanır (*Şekil 316.1 a-e*).

Besin maddelerinin tat kalitesini ayırdedebilme yeteneği, evrim sürecinde aşağıdaki gibi olaylanmış olabilir: Karbonhidratlı besini tatlı olarak algılayan ve bu nedenle lezzetli bulan hayvan, yaşamı boyunca bu tip besini aramakta ve böylece enerjice zengin besin maddelerini yemiş olmaktadır. Bu durum ona çevresi ile olan ilişkilerinde bir avantaj sağlar. Böylece tatlı tadı alabilme özelliği, döllere aktarılarak geliştirilir ve sürdürülür (*Şekil 316.1.e*).

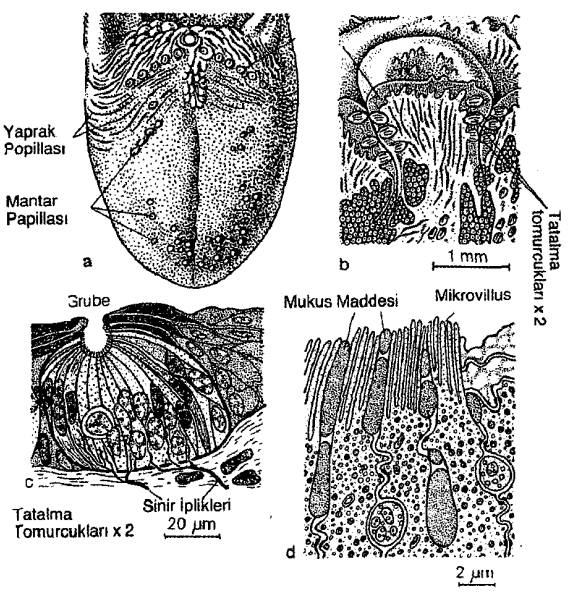
5.3.3. Kimyasal İç Uyarı

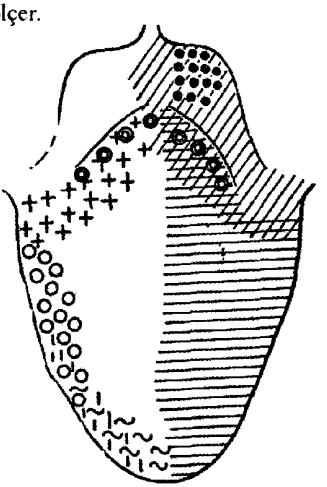
Vücudun iç kısmında ve nerede oldukları zor saptanan duyu hücreleri, bazı kimyasal uyarılara tepki gösterme yeteneği taşır. Bunlar çoğu kez tek tük hücre şeklinde bulunur. Bağırsaktaki besinin asiditesini belirleyebilirler. Böylece midenin bağırsağa gönderdiği besin miktarının oranı saptanmış olur. Damarlardaki duyu hücreleri ise oksijen ve karbondioksit miktarını tespit edebilir. Buna bağlı olarak soluk alma ve verme frekansı doğrudan doğruya ayarlanmış olur. Kan şekeri düzeyinin yüksekliği de bu duyu hücrelerinin yardımı ile açlık veya tokluk hissini sevk ve idare edebilir.

5.3.4. Akıntı Duyusu

Balık ve böcekler yaşadıkları ortamlarda oldukça hızlı hareket edebilir. Bunların sahip oldukları türe özgü hızları duyu organları tarafından belirlenir ve ölçülür. Bunun için böceklerin DUYU KILLARI vardır.

Bu duyu kılları, örneğin gözün yakınında olduğu gibi vücudun değişik bölgelerinde de bulunabilir ve hava akıntısı ile hareket eder. Bu arada, hayvanın sinir sistemi, uçma hızını ölçer.





Şekil 316.1: Memelilerde lezzet organı; a) İnsanın dili ve farklı tadları alma bölgeleri; b) Dilin üstü ve tad alma papiları; c) Lezzet tomurcuğunun kesidi; uzun hücreler duyu, diğerleri destek hücresidir; d) Tavşanın lezzet tomurcuğundaki üç hücrenin apikal bölgesi; e) Dilin tad alma bölgeleri çukur (=por) mukus maddeyle sarılmış N= tatlı; ~= Tuzlu; ++= acı; (a- Czihak'dan; b- Möricke ve Mergenthaler'den c- Bargmann'dan ve d- Lorenzo'dan e- Rheinden)

Balıklar "**yanal=lateral çizgi**"ye sahiptirler. Bu çizgi koyu renkli ve vücudun yan tarafı boyunca uzanır *(Şekil 316.2).* Yanal çizgi deri altındaki bir kanaldan oluşur. Küçük porlar vasıtasıyla dış dünyayla ilişkidedir. Kanalda, iç kulağımızda bulunan labirentteki gibi duyu kılı taşıyan jelli hücreler yer alır. Su, yüzme hareketleri ve derinin üstündeki akıntı ile kanala baskı yapar veya onun tarafından dışarıya verilirse, duyu kılları bu hareketi kolayca kaydeder.

5.3.5. Manyetik Duyu

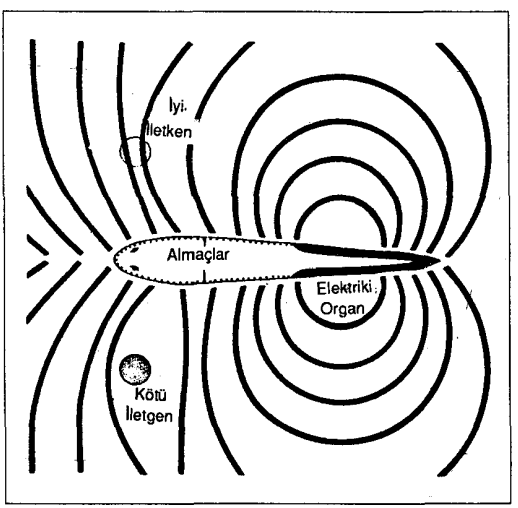
Büyük bir mıknatıs kullanılarak arı kovanı çevresinin manyetik alanı nötralize edilebilir. Bunun sonucunda arılar yönlerini bulmada güçlük çeker. Vücutlarına küçük mıknatıs yerleştirilen güvercinler de yönlerini şaşırır.

Bu durum güvercinlerin hipotalamuslarında demir iyonları taşıdıklarının bulunması ile daha da açıklık kazanmış ve böylece onların manyetik duyguya sahip oldukları anlaşılmıştır. Aynı şekilde manyetik alana tepki gösteren bazı bakteriler de *MAGNETOZOM* adlı yapılar taşır.

5.3.6. Elektriki Alanlar İçin Duyu Organı

Nil turna balığı elektiriki alanlar oluşturur. Bu alanlar turna balığının vücudunu sarar *(Şekil 317.1).*

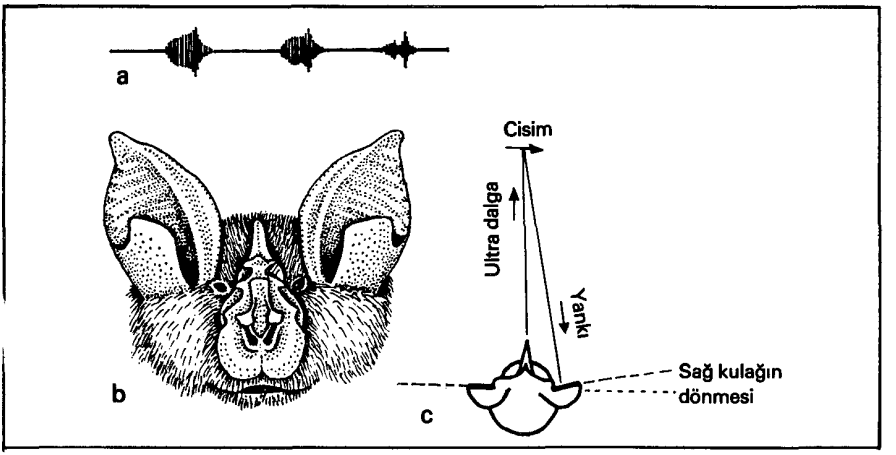
Bu alana iyi bir elektriki iletgen girerse, bu çizgiler buraya toplanır. Kötü bir iletgen ise bunları birbirinden ayırır. Bu yolla oluşan çok az orandaki değişiklik bile, duyarlı duyu organlarınca algılanır. Böylece balık yaşadığı ortamın elektriki durumu hakkında bilgi sahibi olur. Bu durum kirlenmiş bir sucul ortamda, diğer duyu organlarının görev yapamaması nedeniyle balığa önemli bir avantaj sağlar.Elektriki alanlar, değişmiş kas veya *ELEKTROSİT* de denen hücrelerce üretilir. Bir elektrosit yaklaşık 100 mV'luk bir potansiyel enerji üretebilir. Arka arkaya devreye giren bu şekildeki 6 000 adet hücre 600 mV'luk bir enerji oluşturur. Titrek yılan balığı depoladığı bu yüksek enerjiyi kullanarak avını felç eder. Nil turnası birkaç yüz Hz'lik frekansta yaklaşık 1 V'luk bir gerilim üreterek yönünü bulur. Elektriki alan üretemeyen balıklarda da, bazı duyu organları vardır. Bu organları ile diğer hayvanların elektriki alanlarını algılarlar *(Şekil 317.1).*



Şekil 317.1: Nil turnasındaki elektriki organ.

5.4. ÇEVRE VE DUYU ORGANLARI

Yarasa, balina ve yunus duyulamayan ses ötesi dalgalar yardımı ile yönlerini bulurlar. Yılanlar ise sağırdır. Bunlar, yılan oynatan fakirin flütünden çıkan sese değil, onun hareketlerine tepki gösterir. Böcekler ultraviyole ışığı görür. Ultraviyole ışığa duyarlı olan bir filmle, çiçek resmi çekilirse, normalde göremediğimiz yapıları izleyebiliriz *(Şekil 318.1)*.



Şekil 318.1: a) Bir yarasadan gönderilen ultrasonik dalgaların (İzo kHz) ossilogramı, b) Atnalı yarasanın başı, c) Uzaklığın saptanması; sağ kulak kuvvetli yansımanın geldiği tarafa yönelmiş.

Bazı hayvanlar, bizim algılayamadığımız olayları hisseder, ama kolayca anlayabildiğimiz veya algılayabildiklerimize tepki göstermezler. Ne hayvan, ne de insanlar kendilerini saran ve gerçekten var olan hakikatlerin tümü ile ilgili bilgilere sahip değildir. Ancak uygun ve yeterli organları taşıyan hayvanlar çevrelerini algılar. Evrim sürecinde, yaşam için önemli olan duyu organları gelişmiştir. İnsanlar ilave organlar geliştirip duyu organlarının işleyişine destek olmuşlardır. Bu şekilde ultraşal, ultraviyole, radyoaktivite ve kozmik ışınlar için uygun olan ölçüm aletleri yapılarak normalde algılanamayan gerçek değerler elde edilebilir. Örneğin yarasanın ultraşal alandaki işlevlerini kaydedebilir ve ölçebiliriz; ama bu hayvanın gördüğü çevreye ait resim hakkında görüş belirtmek çok güçtür. Bizim için belli bir bölgede bulunan cisimleri ışıkla değil de ses ötesi dalgaları kullanarak kaydeden bir dünya düşünülemez. Manyetik alan duyusu arılar ve kuşlarda; elektriki alan duyusu ise sadece balıklarda kanıtlanabilmiştir.

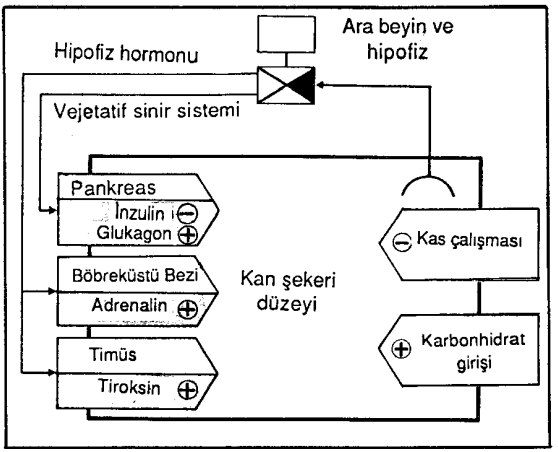
6. SİNİR SİSTEMİNDEKİ KOMPLEKS OLAYLAR

6.1. HORMON VE SİNİR SİSTEMİNİN BİRLİKTE ÇALIŞMASI

Bir tehlike nedeniyle korkan birisi korku hissi zayıflasa bile hemen sakinleşmez. Sinir sistemi tehlikeyi algılayarak bu bilgiyi değerlendirir. Bu olaylandığı anda hormon sistemi kandaki glikozu hazır vaziyete getirir. Her iki sistem de organ-

lara bilgi iletir. Aradaki fark iki sistemin kullandığı vasıtaların ayrı oluşudur. Sinir sistemi elektriki impulslarla çalıştığı halde, hormon sistemi kan dolaşım sistemi üzerinden moleküller gönderir. Bu yüzden yaşanılan heyecan, hormon molekülleri yıkılıncaya kadar devam eder. Yani sinir sistemi burada çeşitli uyarılara, çabuk ve doğrudan doğruya yanıt verme işlevinden sorumludur. Buna karşın hormon sisteminde uzun süreli etki söz konusudur.

İşteğe göre seçilen bazı işlev zincirlerinin birbirleri ile olan karşılıklı etkileşim ilişkileri bilinmektedir. Ara beyin, dış uyarılarla algılanan bilgileri büyük beyinden alır. Vejetatif sinir sistemi kaslara ve metabolik olaylara etki yapar. Çevreden kaynaklanan çeşitli olaylara hazır olma yeteneğini korumak için böbreküstü ve pankreas gibi hormon bezleri devreye girer. Bunlar, vejetatif impulslar kanalı ile metabolizma ve kan dolaşımını sevk ve idare eden hormonların salgılanması için aktive edilir.



Şekil 319.1: Kan şekeri yoğunluğu düzenleme sistemi.

Hormon salgılanmasını aktive eden özel hormonlara *SERBESTLEŞTİRME HORMONU (=Releasing Hormonu),* denir. Hipofiz hormonları seksüel işlev veya metabolik olaylardaki gibi, ya doğrudan doğruya vücudun işlevini ya da diğer hormonal bezleri etkiler. Tiroid bezi ve eşey bezleri hipofiz hormonu tarafından sevk ve idare edilir. Eşey ve tiroid bezi hormonlarına *BEZ HORMONU* denir.

Şekil 319.1'de kan şekeri yoğunluğunun düzenlenmesi ile ilgili detaylar görülmektedir. Büyüme olayı veya seksüel işlevler uzun bir süre yeterli ve normal düzeyde olmalıdır. Bu olaylarda hormon etkisi önemli bir rol oynar. Örneğin, ara beynin özel sinir hücreleri, hipofizi etkileyen hormon salgılar.

6.2. STRES VE RUHSAL HASTALIKLAR

6.2.1. Stres

Trafik kargaşasında hissetmesek bile tansiyon ve kalp atış frekansı yükselir. Trafiğin neden olduğu bu kritik durumlarda, hormon sistemi ile sinir sistemi beraberce çalışır. Simpatik sinir sistemi ve adrenalin gibi aktive edici hormonlar vücudu, dış tehlikelere karşı koruma ve onlarla uygun çalışabilmesi için etkiler. Vücudun bu olaylardan etkilenip, arzu edilmeyen bir ruhi bunalıma girmesi durumuna kısaca *STRES* denir. İnsan veya diğer canlıların da sahip olduğu bu sistem, doğada türün devamını sağlar.

Günümüz insanı çevredeki doğal tehlikeleri önceden algılar ve buna karşı önlemleri alır. Bu yüzden insanoğlu kendisini koruyan ve uygun yaşama koşulları sağlayan yapay bir dünya yaratmıştır. Aslında insanı tehdit eden hususların doğası biraz

farklıdır. Bu yapay düzende mesleki gereksinimler, ruhi sıkıntılar, trafikteki tehlikeli durumlar ve buna benzer hususlar bizi çok daha fazla ve değişik boyutta etkiler. Bu tehlikeler doğal koşullarda olanlara göre tamamen farklı olsa bile, vücudumuzun onlara tepkisi taş devri insanını andırır. Mesela tansiyonun artması, kalp atışlarının süratlenmesi, günlük sıkıntılarda artan duyarlılık, saldırı ve kaçış gibi ruhi durumlar sözkonusu olunca bunlara bedenen hazır olmadan cevap veririz. Oysa insan vücudu yukarıda belirtilen sıkıntılara sürekli olarak maruz kalmaya alışık değildir. Bu olayların süreklilik kazanması ve etkisi, sonucunda damar kramp ve tıkanmaları ile bezlerin işlevlerindeki bozukluklar ortaya çıkabilir. Bunlar dolaşım bozukluğu ve ülsere yol açar. Bu hastalıklara kısaca *MEDENİYET HASTALIĞI* denir.

6.2.2. Ruhi Hastalıklar

İnsanlar, dıştan bilinmeyen nedenlerle bunalım veya depresyona girebilir. Genellikle beynin belli bir bölümündeki organik bozukluk buna yol açar. Bu tip hastalıklara *PSİKOZ* adı verilir. Beynin karmaşık yapısı nedeniyle, hastalığın oluştuğu bölgenin tesbiti zordur. İlaç ve ameliyat bazen hafifletici etki yaparsa da, genellikle yan etkiler görülebilir. Diğer durumlarda hastalık yapan bozukluk, bazı etkili olaylara da dayanır, mesela maden ocağında yaşanan bir olay o kişinin dar alanlardan korkmasına neden olur. Böyle organik olmayan bozuklukların yol açtığı rahatsızlıklara *NÖYROZ* denir. Bu hastalıklar ilaçsız ve ameliyatsız olarak bir nevi ikna ile konuşarak tedavi edilir.

6.3. UYKU VE RÜYA

Uyku olayı vücudun dinlenmek için gereksinim duyduğu sakin hali ve pasif durumu olmayıp, sinir sisteminin karışık ve önemli çalışma şeklidir. Uyku sırasında alınan elektroensefalogram (=EEG) vasıtası ile elde edilen değişik grafikler incelenirse sinir hücrelerinin yoğun bir şekilde gerçekleştirdikleri faaliyetlerini görmek mümkün olur. Örneğin uykunun rüya görülmeyen evrelerinde *UYKU MEKİĞİ* denen tipik *EEG-GRAFİKLERİ* izlenir. Uyanıkken kontrol edilen beyin, 10 Hz'lik ve düzenli titreşime sahip alfa dalgaları gösterir. Uyku dalgaları ise 0,5-3 Hz arasında pandül hareketi yapar. Rüya evreleri ise, uyanıkken yoğun bir çalışma yapan beyinde de izlendiği gibi, düzensiz pikli çizgilerle karakterize edilir.

Uyku sırasında beynin ne zaman rüya gördüğünü dıştan belirlemek mümkündür. Gözler, kapanan kapaklar arasında kaydedilebilen, canlı hareketler yapar. Bu nedenle rüyalı uyku için *REM UYKUSU (=rapid eye movement)* kavramı kullanılır. Gözlerin uykuda iken izlenen resmi takip etmesi olasılığı vardır. Eğer test yapılan kişi REM-uyku fazında uyandırılırsa, uykuda gördüğü rüyaları hatırlayarak onlardan söz eder. Ama eğer REM-uykusunda iken uyandırılmamışsa gördüğü rüyadan söz etmez. Bebek ve örneğin köpek, kedi gibi çeşitli hayvanlar da, uykuda iken hızlı göz hareketi yapar. Bundan da onların rüya gördükleri sonucu çıkar.

Deneyde kullanılan kişiler, REM-evresinin başında iken uyandırılır, yani rüya görmeleri engellenirse, bir müddet sonra ruhi bozukluk ve hastalık belirtileri ortaya çıkabilir. Uzun süre rüya görmeleri engellenen hayvanlar bunun sonucu bir müddet sonra ölürler. Bu nedenle rüya görmenin hayati önemi vardır. Birçok uyku ilacının da REM-evresini kısmen etkilediği saptanmıştır. Bundan da ilaç kullanarak gerçekleş-

tirilen uyumanın, doğal uyuma gibi dinlendirici olmadığı sonucuna varılır. Uykunun esas önemi, gündüz etkisi altında kalınan ve bu yolla alınan bilgilerin uykuda değerlendirilmesinde ortaya çıkar. Görülen birçok rüyada günlük olayların tekrar izlenmesi de bunu doğrular. Uykunun sevk ve idare merkezleri, ana beynin belli bölgeleridir.

7. BİTKİLERDE UYARILABİLİRLİK

7.1. BİTKİLERDE HAREKET

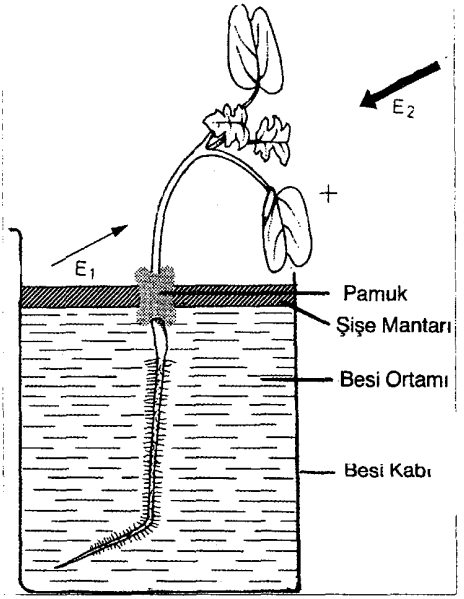
Toprağa bağımlılık, yüksek organizasyonlu bitkilerde (Cormophyta), yerel hareketi sınırlar. Ancak yumru ve sürgünlerden çıkan uzantılarda sınırlı bir hareket vardır. Zaten bu bitkilerin soyunu devam ettirebilmeleri için de tohumlarının başka bir araçla; daha çok rüzgarla, böcek ve kuşlarla, bulunulan noktalardan başka bir yere taşınması gerekir. Bununla birlikte, hareket edemeyen bitkilerin bazı organlarını, değişik ekolojik etmenlere bağlı olarak hareket ettirebilmeleri olasıdır.

Tradescantia ve *Vallisneria* gibi bazı bitkilerin hücrelerinde plazma hareketi mikroskop altında izlenir. Bu tip *PLAZMA HAREKETLERİ* proteinlerin hareketi ile yönlendirilir. Bu durum hayvan hücrelerinde de görülür. Mikroskop kullanmadan da bitkinin tamamının hareketi izlenebilir. Şerbetçiotu gövdesi, serbest olan açıktaki kısmı ile dairevi hareketler yapar. Krokus çiçekleri güneş tarafından ısıtılırsa, kısa süre sonra açılır. Bu hareketlere *BÜYÜME HAREKETLERİ* denir. Mimoza'da izlenen *TURGOR HAREKETLERİ* daha süratli olur. yapraklarına dokunur dokunmaz, hareket eder. Venüs (sineği yakalayan bitki=Dionaea) de, kendisine bir böceğin dokunması ile birlikte aniden kapanır. Dokunum uyarısı yapraktaki duyu kılları tarafından algılanır. Bunun akabinde eklem hücrelerindeki turgor değişimi nedeniyle saniyede 6-20 cm süratle kapanır. Kına çiçeği *(=Impatiens)*nde de tohum kesesine dokunur dokunmaz, kesenin patlayıp, tohumların dışarıya çıkması da turgora dayanan bir İVME HAREKETİ'dir.

Bazı bitki bölümleri de *HİGROSKOPİK HAREKET* yapabilir. *Sterliçya* çiçeklerinin uzun ve helezonik bir mahmuzu vardır. Bu helezon mahmuzlar rutubete bağlı olarak daha da döner.

İçinde Euglena ve alg bulunan bir akvaryum pencereye doğru konulursa, güneşe bakan yüzde yeşil bir renk izlenir. Burada fotosentez yapabilen hücreler güneşe doğru bir araya gelerek toplanır. *Bu şekilde belli bir yöne doğru yapılan hareketlere TAKSİS hareketleri denir.* Bunlara eğrelti ve yosunun belli cinsel uyarıcı maddelere tepki gösteren eşey hücrelerinde de rastlanır. Çok hücreli bitkilerde serbest hareket etmeyle ilgili böyle örnekler yoktur.

Uyarı yönüne bağlı olmayan hareketlere NASTİ denir. Lale veya ilkbahar çiçeğinin, çiçek yapraklarının açılım hareketleri sıcaklık ve ışığa bağlı olan nastilerdir. Yaprakların hareket yönü ise onların yapısal planında belirlenmiştir. Nastilerde tepki veren organın anatomisi ile hareket yönü belirlenmesine rağmen, bunlarda fizyolojik olarak anlamlı hareketler söz konusudur, bunun bitki için önemi büyüktür. Bu hareketlerin mekaniği ya yerel ve dönüşümü olmayan büyüme hareketlerine veya özel hücrelerdeki karışık yaprak eklemlerine bağlıdır. Bunlar Turgor hareketleri kuramına göre hareket ederler. Bu hareketler çok süratli ve geri dönüşümlüdür. Bunlarda enerji kullanır. Örnek olarak *Mimosa pudica*'daki *seismonasti* ve *fotonasti* verilebilir. Bu tropik leguminoz bitkinin yaprakları çift dizinlidir ve bu yaprakların sapının kökünde turgor eklemleri vardır.Mimoza yaprağının eklem kısımları su ile doludur. Bu, yaprağın dik durmasını sağlar. Yaprağa dokunulursa, hücre membranının geçirgenliği değişir. Bu hücrenin hacmi küçüktür ve eklem kısmı bükülür. 15-20 dakikalık dinlenme fazından sonra, su yaprakların eklem hücrelerine tekrar dolar ve onların gerginleşmesine yol açar (*Şekil 287.1*).



Şekil 322.1: Tipik bir dikotiledon bitki olan hardal (*Sinapis alba*) bitkisinde fototropizmanın olaylanması. Su kültüründe yetiştirilen bu bitkinin, gövde ekseni ışık şiddeti arasındaki farka (ΔE=E2-E1»0) pozitif olarak; yani ışık şiddetinin daha yüksek olduğu yöne doğru yönelerek pozitif olarak tepki gösterir; kökü ise aynı durumda, tersine bir tepkime yapar+; yani negatif olarak daha daha ışığın geldiği yöne doğru yönelir(-) (Noll'a göre).

7.2. BELLİ UYARILARA TEPKİLER

7.2.1. Işık Uyarısı

Bitkilerde ışığın yolaçtığı yönlendirilmiş harekete FOTOTROPİZMA denir. Bitki ışığa doğru hareket ederse, POZİTİF FOTOTROPİZMA, ışıktan uzaklaşırsa NEGATİF FOTOTROPİZMA denir.

Hardal bitkisi embriyosunun kökleri negatif fototropik olarak tepki gösterir. Işığın giremediği besi agarında bu etki kolayca gösterilebilir (Şekil 322.1). Diğer birçok bitkinin kökü, fototropik olarak tepki göstermez.

7.2.2. Sıcaklık Uyarısı

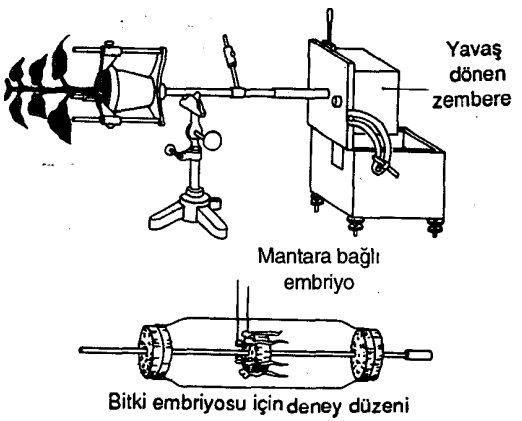
Sıcaklığın neden olduğu uyarı çiçek yapraklarının hareke-tindeki gibi belli bir aktiviteye yol açar. Bu **şekildeki yönlenmemiş hareketlere TERMONASTİ** denir. Ayrıca sıcaklık uyarısı birçok tohumun çimlenmesinde rol oynar.

7.2.3. Yerçekimi Uyarısı

Arazinin eğimine bağlı olmaksızın, gövde dikine, yani yukarıya; kök de toprakda derine ve aşağıya doğru büyür. Yerçekimine bağlı olan büyümeye NEGATİF ve POZİTİF GEOTROPİZMA adları verilir. Bitki büyümesi ile ilgili yerçekimi etkisi KLİNOSTAT denen bir alet kullanılarak deneysel olarak kanıtlanabilir (*Şekil 322.2*).

Bitki, saksısı ile birlikte paralel konumda tutulur ve bu durumda saat yönünde yavaş yavaş döndürülür. Yerçekimi bitkiye yandan eşit olarak etki edeceğinden, bitki paralel olarak büyümesini sürdürür. Bu hem genç fide hem de yetişkin bitki için geçerlidir (*Şekil 322.2*).

Bitkide fototropizmadaki gibi geotropizmada da uyarı bazı uyumsuzluklara neden olabilir. Gelincik tomurcukları aşağıya doğru sarkıktır. Ama çiçek açarsa, çiçeğin dikeldiği görülür. *Lilium martogon* (Erguvani Türk zambağı) çiçekleri asılı olduğu halde meyvaları dikinedir.



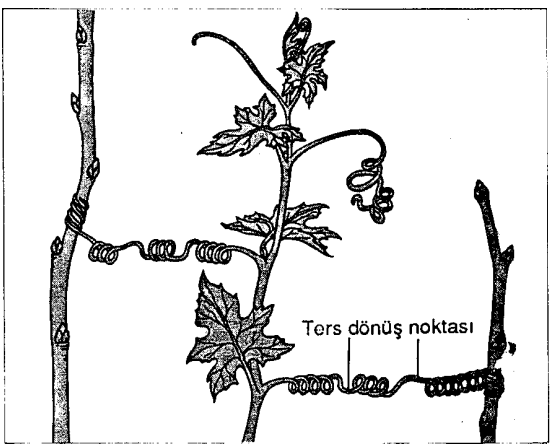
Şekil 322.2: Klinostat.

Yerçekimi uyarısının algılanmasından, hücredeki nişasta taneleri sorumludur. Bunlar hücrenin alt kısmında olup, yerçekimi tarafından buraya çekilirler. Hayvanlarda buna benzer denge organlarına statolit dendiğinden, burada da *STATOLİT NİŞASTASI*'ndan söz edilir.

7.2.4. Kimyasal Uyarı

Çiçekteki tozlaşmadan sonra, polen tozları yumurtalığın (ve böylece yumurta hücresinin) tepecik ve pistiline doğru kolayca yollarını bulur. *Bunlar kimyasal olarak yumurta hücresinden çıkarılan maddelerle uyarılır. Burada POZİTİF KEMOTROPİZMA'dan sözedilir.* Mantar miselleri de şeker veya proteinde pozitif kemotropik olarak büyürler.

Eğer zehirli madde veya toprakta çok yüksek yoğunlukta besin tuzları varsa, örneğin köklerde, *NEGATİF TROPİZMA* söz konusudur. Güneş şebnemi bitkisi (=*Drosera*)nin hayvan yakalayan yaprakları *KEMONASTİ* gösterir. Sinek yaprağa konar ve buraya yapışırsa, burada parmak şeklindeki çıkıntılarca tutulur. Bunlar daha sonra kimyasal ve mekanik uyarı ile içeriye doğru bükülür.



Şekil 323.1: Çit şalgamında yaprağın helezonik hareketi.

7.2.5. Dokunma Uyarısı

Çit şalgamı (=*Bryonia*)nın yaprak spiralleri saat zembereği gibi sarılıdır. Gelişimleri sırasında bunlar uzar ve dairevi hareketler yaparak bir yerlere tutunmaya çalışır. Bu arada bir dala tutunurlarsa dalın bulunduğu, yani dokunulan kısımda derhal ve tek yönlü bir büyüme olur. *Şekil 323.1*'de görüldüğü gibi, yaprak spiralleri dalı hemen sarar. Böylece dayanak ve bitki arasında bir destek bağı oluşur. *Dokunun uyarısına yönelik yaprak spiralinin yaptığı harekete TİGMONASTİ adı verilir.*

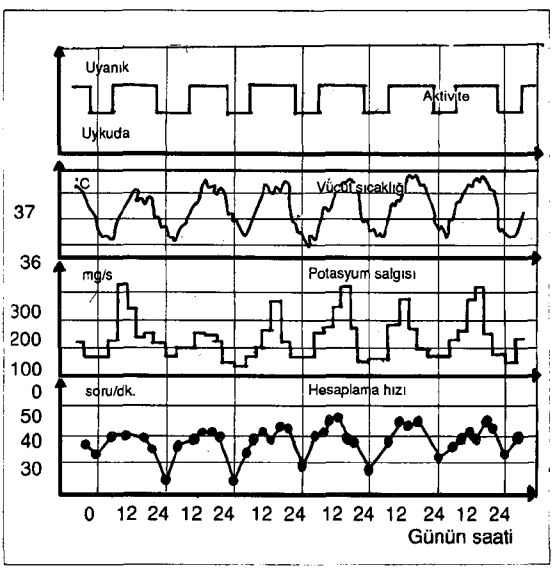
8. GÜNLÜK VE YILLIK BİYOLOJİK RİTİM

Yaşam için önemli birçok biyolojik olay, ritmiktir. Yıllık ritme bağlı olarak bitkiler yapraklanır veya daha sonra onları dökerler. İnsanda yumurta üretimi de aylık ritme dayanarak olur. Birçok hayvan ve insanda da uyuma ve çalışma gibi olayların gerçekleştiği günlük ritim de vardır. Bütün bunlar biyolojik ritim kavramı ile ifade edilir.

Gün ve yıllık periyodik olay veya ritimler, genetik olarak belirlenmiş, endogen, yani bir *İÇ SAAT*'e bağlıdır. Endogen ritmin süresi, çevre ritmi ile uyumlu bir du-

rum gösterir. Bu nedenle endogen ritim sürekli olarak dış uyarıcılarla eşgüdümlü (=sinkronize) olmalıdır. Canlının kendine özgü ritmi sabit olan dış koşullarda görülür. Örneğin Bolu Ormanlarından alınan meşe, her zaman nemli, değişik mevsimlerin izlenmediği ve ikliminin sabit kaldığı troplara dikilirse, yapraklanma ve yaprak dökme arasındaki ritim bir müddet Bolu'daki koşullara uygun gider; ama bir zaman sonra meşenin Bolu'ya ait yıllık ritmi ile ilişkisi kaybolur. Böyle endogen ritimleri tekhücrelilerden insana kadar tüm ökaryontlar gösterir. Peryod uzunluğu yaklaşık gün uzunluğu kadar (21-27 saat) olan iç ritime *SİRKADİYAN RİTİM* denir.

Max-Planck Enstitüsünde insanlarla yürütülen deneyler, insanların sirkadiyan ritminin 24-26 saat olduğunu göstermiştir. Yani bu süre bireye göre biraz değişebilir. Bunun için dışarı ile her türlü ilişkisi kesilmiş, ne radyo, ne gazete ve ne de televizyon seyretmeyen, hatta hiçbir insanı görmeden yer altında tüm konforlara sahip evlerde yaşayan insanlarla yapılan deneylerde, test insanının faaliyeti, dinlenmesi, nabız atışları, vücut sıcaklığı, kan şekeri, idrardaki potasyum miktarı vb. ölçülür *(Şekil 324.1)*. Tek tek olayların devam süresi farklı olabilir, ama toplam süre daima 24 saatten daha uzundur.



Şekil 324.1: Aynı gün ritminde deney yapılan bir insanda çeşitli olaylar.

Normal koşullarda iç ritim dış günlük ritimle uyum halindedir. İç ritmin uyumluluğunu doğu batı yönünde kıtalararası uçuşların sağlıkla ilgili herhangi bir zarar olmadan gerçekleşmesi ile açıklayabiliriz. Ama uzun süren doğu-batı yönündeki uçuş sonrasında, organizmanın yeni koşulara uyması ancak birkaç gün kadar sürer. Dış zaman belirleyicilere bağlı olarak insandaki sirkadiyan tempo istenildiği gibi değiştirilemeyip, sadece 23 saate kısaltılır veya 27 saate uzatılır.

İnsanda en güçlü zaman belirleyicinin sosyal temas olduğu saptanmıştır. Karanlıkta bile olsa, eğer insan diğeri ile temasa geçerse, günlük zaman süresini korur; ama eğer izole bir yaşam sürdürürse bireysel günlük ritmini uzatabilir veya kısaltabilir.

Sirkadian (=günlük) ritmin pratikte önemi büyüktür. Özellikle birçok ilacın etkisi, onun günün hangi saatinde alınacağına bağlıdır. İlacın ne zaman daha etkili olacağı, günlük ritmin bilinmesi halinde prospektüse yazılır. Hasta da belirtilen saatte ilacını almak zorundadır. Yoksa ilacın etki mekanizması dengesiz gerçekleşir ve ilaç faydadan çok zarara yolaçabilir.

BÖLÜM VII
EKOLOJİ

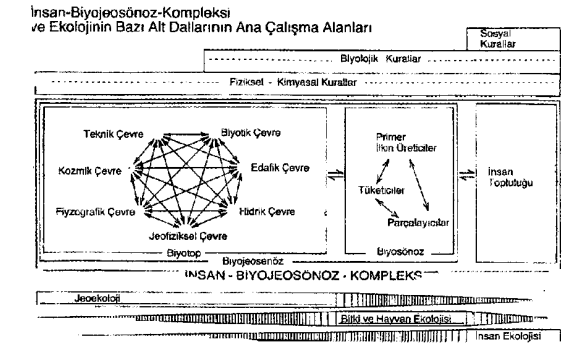
1. BİR CANLININ ÇEVRESİ

1.1. YERYÜZÜNDEKİ YAŞAMA ALANLARI

Organizmalar rastlantısal olarak dağılım gestermez. Onların bir yerde bulunmaları daha çok zaman ve mekanla sınırlı olup, o bölgenin yapılanmasına bağlıdır. Orada bulunmaları da, bulundukları ortama olan uyumları ile açıklanabilir. Organizmaların çevreye bağlı dağılımlarına uygun olarak bir organizma populasyon veya yaşama birliğinin "YAŞAMA ALANI, BİYOTOPU, HABİTATI ve bitkilerde YETİŞME MÜHİTİ" diye adlandırılır. Bu kavramlar kısmen eşanlamlı (sinonim) olarak kullanılır. Eğer bir hayvan veya bitki türünün tabiatı veya yetişme mühiti söz konusu ise bir bölgenin fiziksel, kimyasal veya meteorolojik etmenleri daha çok vurgulanıyar demektir. Oysa biyotop kullanılırsa daha çok belli bir topoğrafik alanın az çok müşterek çevre koşulları göz önünde tutuluyor demektir. Bir su birikintisinde yaşayan kurbağa, çevresindeki böcek, solucan, larva ve diğer küçük canlıları yiyerek beslenir. Yine leylek, yılan ve yırtıcı balıklar da kurbağayı yiyerek bir etkileşim ortamı yaratır. Bu yolla kurbağa yaşadığı alanda diğer canlılarla, karşılıklı ilişki içindedir.

Başka türden canlıların bir arada yaşadıkları ve coğrafik olarak sınırlanabilir olan alana YAŞAMA BİRLİĞİ veya BİYOSÖNOZ denir. Biyosönozda yaşamın olası olduğu sınırlı bölüme BİYOTOP denir. Örneğin su birikintisi veya göl kıyısı kurbağanın biyotobudur. Kurbağanın varlığı, besin ve düşmanlarına bağlı olduğu gibi, bizzat türdaşlarına da bağlıdır. Belli bir yaşama alanında yaşayan bir türün bütün bireyleri ÜREME BİRLİĞİ veya POPULASYON'u oluşturur. Kurbağanın türdaşları, avı, düşman ve parazitleri ile içinde yaşadığı su birikintisi, biyosönozun bitki örtüsü ve diğer canlılardan kaynaklanan etkiler BİYOTİK FAKTÖR'ler diye adlandırılır. Yaşama alanının iklimi ve toprak yapısı gibi etmenler ABİYOTİK FAKTÖR olarak ele alınır. Örneğin su bitkisinin büyümesi, ışığın suyun daha da derinine girebilmesini engeller. Bütün değinilen bu örnekler, biyotik ve abiyotik etmenlerin karşılıklı olarak etkili olduğunu gösterir. Biyosönoz ve biyotop birbirini etkilediği için küçük gölde işlevsel bir birlikten söz edilir. Yaşama alanı ve yaşama birliğinin bu şekilde ekolojik topluluğuna genelde EKOSİSTEM denir. Geniş anlamda Ekoloji, işlevsel ve nedensel ilişkileri organizma, populasyon ve biyosönoz basamağında ele alır. **EKOLOJİ'nin görevi de canlılar arasındaki karşılıklı etkileşim ve abiyotik çevre ile organizmalar arasındaki ilişkileri incelemekdir.** Ekolojininin dallarından **sinekoloji**, bir yaşama birliği (=biyosönoz)nde bulunan canlılar arasındaki karşılıklı ilişkileri inceler; **demekolojinin** araştırma objesi bir türün populasyonudur. Populasyon aynı türün bireyleri olup, birbirini eşeysel olarak döllerler. İşte **demokolojinin** konusu populasyondaki bireylerin karşılıklı ilişkilerini incelemektir. Tek bir bireyin, organizma olarak ekolojisini, yani organizma ile çevre etmenleri arasındaki karlılıklı ilişkilerini **autoekoloji** inceler.

Ekoloji, uğraş verilen alana göre adlandırılır. Örneğin, **Karasal Ekoloji (=Terrestirik Ekoloji) Tatlısu Ekolojisi (=Limnik Ekoloji) ve Deniz Ekolojisi (=Marine Ekolojisi).** Ayrıca **Jeoekoloji** ve **İnsan Ekolojisi** gibi araştırma objesine göre de ayırım yapılır. **İnsan-Biyosönoz-Kompleksi,** insanla çevresini paylaştığı canlılar arasındaki karşılıklı ilişkileri ortaya koyar. Şekil *325.1*'de insan, biyosönoz ve biyotop arasındaki karşılıklı ilişkiler görülmüktedir. İnsanın Biyosönoz-kompleksi ile ilişkilerinde, farklı çevre boyutları vardır. Örneğin teknik çevre, kozmik çevre, edafik çevre vd. (*Şekil 325.1*).



Şekil 325.1: İnsan. biyosönoz ve biyotop arasındaki ilişkiler (Schubert'den).

Ekoloji aşağıdaki temel sorunlara yanıt arar.

a) Bitki ve hayvanların abiyotik ve biyotik faktörler ile çevrelerine bağımlılığı nasıldır?

b) Ekosistemdeki canlılar besin maddelerini ve enerjiyi nereden bulmaktadır?

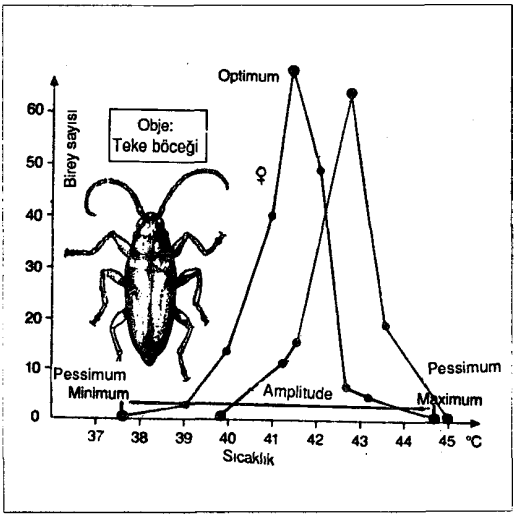
c) İnsanoğlu ekosistemi nasıl ve ne biçimde değiştirmiştir? Kendisi için bunların sonuçları nelerdir? İnsanoğlu bu dezavantajlı koşulları nasıl değiştirip yararlı hale getirmelidir (getirir)?

Ekosistemler farklı büyüklükte olabilir. Göl, orman, nehir, bataklık, çöl ve deniz çeşitli büyüklükteki ekosistem örnekleridir. Birçok ekosistem benzer iklim ve oluşum tarihi nedeniyle daha büyük birimleri oluşturur. Bunlar dış görünümleri itibarı ile birbirine benzer ve benzer işlevsel ilişkilerle karekterize edilir. **BİYOM** adı verilen böyle birimler, örneğin tropik yağmur ormanları; tundralar, okyanus ve çöller. **Ekosistemlerin tamamına, yani yaşamın mümkün olduğu yeryüzü parçasına BİYOSFER denir.** Biyosferin sınırı ekstrem bölgelerde bazı canlıların görülmesine engel olur. Örneğin gökyüzündeki yaşam yukarıya doğru havanın soğukluğu, O2 noksanlığı ve UV-ışını ile sınırlanır. 18 km yüksekliğe kadar tek hücreliler tesbit edilmiştir. Canlılar karada ancak birkaç metre derinliğe girer. Bununla birlikte petrol bakterileri 4000 m derinlikte bile yaşar. Suda tüm basamaklarda, hatta 10 400 m derinlikte, örneğin Filipin Çukurluklarında, derin deniz organizmaları yaşar.

1.2. ÇEVRE ETMENLERİNİN EKOLOJİK DEĞERLİLİĞİ

Laboratuvar koşullarında çeşitli sıcaklık basamaklarında tutulan böceklerden çoğunun belli bir sıcaklıkta yoğun olarak biriktiği görülür. Bu sıcaklık basamağı *TERCİH BÖLGESİ*'dir. Bir çevre etmeni bakımından, canlı için uygun olan bu basamağa *OPTİMUM* denir.

Bazı hayvanların belli sıcaklık basamaklarından kaçındıkları da görülür. Bir çevre faktörünün etkisi, belli sınırlayıcı değerlerin altında ve üstünde ise canlı bu değerler altında veya üstünde yaşayamaz. Bu kritik değerlere *MAKSİMUM ve MİNİMUM* denir. Bunlar bir organizma türünün, belli bir çevre faktörüne bağlı olan *HOŞGÖRÜ ALANI*'nı sınırlar. Bir türün belli bir çevre faktörüne bağlı olarak büyüyüp ürediği koşulların bulunduğu alan *EKOLOJİK POTENZ (=GELİŞEBİLİRLİK)* diye adlandırılır. Bu hoşgörü bölgesinde optimum, minimum ve maksimum diye adlandırılan noktalardır *(Şekil 326.1)*. Bunlardan yararlanarak bir çevre faktörünün organizmaya olan etkileri belirlenir. Burada etmenin ekolojik değerliliğinden söz edilir. Bu değer bir türün biyosferde nerede yaşayabileceğini tayin eder.



Şekil 326.1: Bir organizmanın fizyolojik hoşgörü alanı ve ekolojik amplitudesi (Stugren'den).

Bu örnekte dikkat edilecek bir husus da organizmaya doğada laboratuvardaki gibi tek bir etmenin değil, çok sayıda ekolojik faktörün etki yapacağıdır.

Genel olarak çeşitli çevre faktörleri için hoşgörü grafikleri çizilebilir. Hoşgörü sınırı dar olan türlere *STENÖK* geniş olanlara *EURYÖK* denir. Tatlı suda yaşayan turna balığı suyun tuz yoğunluğu bakımından, stenök bir türdür. Yumuşak elyengeci euryök olup, hem tatlı hem de tuzlu suya dayanır.

Biyotik etmenler bakımından da canlılar farklı hoşgörü değerlerine sahiptir. Domuz ve sıçan her şeyi yer. Diğer hayvanlar ise besin seçicidir. Örneğin Çin'deki Panda, sadece belli bambu türlerinin yeni süren gevrek yapraklarını yiyebilir.

Bir canlının yaşadığı alan, onun için en uygun ekolojik koşulların birlikte olduğu bölgedir. ÇEVRE FAKTÖRÜ ETKİ KURAMI çerçevesinde, bir türün belli bir bölgedeki yoğunluğu, optimumdan en uzak olan bir etmen tarafından saptanır, buna PESSİMUM-KURAMI da denir. Örneğin bazı çöllerdeki besin tuzları ve sıcaklık koşulları, bitki yetişmesi için çok optimumdur; ama suyun çölde olmayışı bitkinin yetişmesini engelleyen en önemli faktördür (*Şekil 326.1*).

1.3. İKLİM FAKTÖRLERİ

Bir ekosistemin şekillenmesinde en önemli rolü İKLİM (=KLİMATİK) ETMENLERİ oynar. İklim denince belli bir bölgedeki yıllık hava değşimleri anlaşılır. İklim belli bir boylam için günümüz koşullarında sabittir. Hava durumu birkaç gün veya haftalık dönem hakkında iklim değişimlerini bize verdiği gibi, günlük, hatta saatlik (yağış, güneşli hava gibi) hava değişimlerini de belirtir. İklimin çeşitli bileşenleri kendilerini karşılıklı olarak etkilediği gibi, birbiri ile bağımlıdırlar.

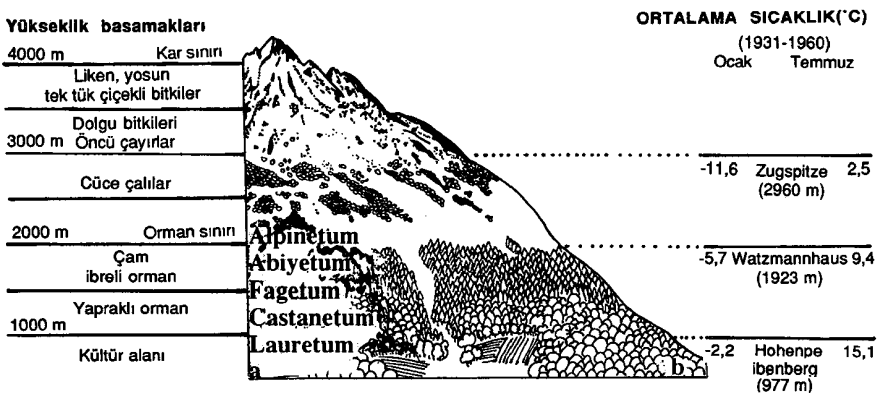
1.3.1. Sıcaklık

Yeryüzüne gelen güneş ışığının büyük bölümü, sıcaklık olarak etki yapar. Işık etkisi sıcaklık etkisi ile bağlantılıdır. Bu sıcaklık yayılımı canlıların çoğunda yaşam için en önemli rolü oynar.Yeryüzüne dakikada 134000 lükslük ışık gelir. Bunun 1cm2'deki enerji miktarı 8,37 jouldür. bunun da ancak %50'si yer kürenin yüzeyine ulaşır. Diğer kısmı ise geriye yansıtılır. Yer küreye ulaşan güneş ışınının da geriye yansıması oranları farklı ekosistemlerde değişiktir, örneğin bu oran su yüzeyinde %3-10, ormanda %5-20, uzun süre yerde kalan kar örtüsünde %40-70 ve yeni yağan karın oluşturduğu örtüde %75-95'dir.

Orta Avrupa'da yaklaşık 70 fenolojik bahçe vardır. Buralarda meyva ağacı, kültür ve diğer bitkilerin mevsimsel değişimleri incelenir. Filizlenme, çiçek açma ve meyva verme tarihleri izlenir. Bu gelişim olayları esas itibarıyla sıcaklığın etkisi altındadır. Böylece çeşitli mevsimlere girildiğine ait bilgiler bu bitkiler izlenerek elde edilir. Orta Avrupa'da, örneğin ilkbahar başlangıcı olarak ELMANİN ÇİÇEK AÇMASI kabul edilir. Bu tip fenelojik gözlemler tarım kesimi için önemlidir. Örneğin tohum atma zamanının tesbitinde böyle gözlemlerden yararlanılır.

Sıcaklığın doğal bitki örtüsünü ve vejetasyonun yükseklik basamağına göre nasıl şekillendiğine özgü ilk gözlemler, Ekoloji Bilminin kurucularından olan büyük Alman doğa bilimcisi Alexander von Humboldt (1669-1759) tarafından yapılmıştır. Bizzat kendisinin yaptığı gözlemlere dayanarak çizdiği resimlerle Güney Amerika'nın ön önemli dağının, yüksekliğe bağlı olarak bitki örtüsünün nasıl değiştiğini ortaya koymuştur. Aynı durumu 2500 m yüksekliğindeki Uludağ / Bursa'da ve 4000 m'lik Alpler'de de görebiliriz. Her iki dağda da bitki örtüsü yükseklik ve sıcaklığa göre farklılık gösterir (*Şekil 327.1*).

Uludağı görenler bilir, belli yüksekliklere çıkıldıkça karşımıza büyük bir tabela çıkar. Bu tabelalar o yükseklikte hakim bitki grubunun ismiyle anılır. Örneğin 200 m (NN = deniz seviyesi) ye kadarki bölümde özellikle defne (Laurus nobilis), zeytin (*Olea oleander*) gibi sert yapraklı ağaçlar bulunur. Buraya **Lauretum Zonu** denir. 500 m(NN) yüksekliğe çıkınca başta kestane (Castanea sativa) ve karaçam (*Pinus nigra*) izlenir. Bu zona **Castanetum** denir. 800-1000 m (NN) arasında doğu kayını (*Fagus orientalis* ve meşe türleri izlenir, Bu zona **Fagetum** denir. 1000 m (NN)'den sonra kara çam ve 1200 m(NN) civarında Uludağ gökna (*Abies bornmülleriana*) yer alır, 1400 m (NN) lerede bodur ardıç, (Juniperus nana) görülür. Bu bölüm orman sınırı olan 2000 m'ye kadar devam eder ve **Abietum Zonu** adını alır. Orman tarafından 2500 m yükseklikte Alp rejyonun orman sınırından sonraki yapıyı andırır bir vejetasyon görülür (*Şekil 327.1*). Alpler'de şu zonlar görülür: **Yapraklı** ağaç, karışık orman, ibreli orman, bodurağaç zonu,



Şekil 327.1: Vejetasyonun yükseklige bağlı olarak a. **Uludağda** ve b. **Alpler**'de şekillenmesi

çalı fundalığı, mer'a yosun ve liken tabakası zonu. Bu zonlu yapı yüksekliğe bağlı olarak azalan sıcaklığa göre şekillenir. Bunun dışında **UV ışını, su miktarı, buharlaşma, hava basıncı ve rüzgar bu tabakalaşmada etkilidir.**

İbreli ağaçlar yapraklılara göre soğuk bölgelerde daha çok yaşar. Zira bunlar soğuğa daha dirençlidir. Sibirya'da olduğu gibi -70°C'ye kadar olan düşük sıcaklıklarda yaşamlarını sürdürürler. Tropların birçok bitkisi ise soğuğa dayanıksız olup 5°C altındaki sıcaklıklara bile dayanamaz.

Çeşitli bölgesel sıcaklık zonları vardır. Bunlardan en önemlileri:

a) Ekvatoryal Sıcaklık Zonu: Tüm yıl süresince dengeli ve yüksek bir sıcaklık hüküm sürer (ortalama aylık sıcaklık +24 - 28°C arasında değişir.)

b) Tropik Sıcaklık Zonu: Yıllık sıcaklık değişimleri çok büyüktür; ancak don olayı çok seyrektir.

c) Subtropik Sıcaklık Zonu: Sıcaklık sapmaları çok fazladır, don olayı çok sık ve geceleri olur. Gündüzleri sıcaklık çok artabilir.

d) Temperal Sıcaklık Zonu: Sıcak mevsimler yanında çok soğuk mevsimler de görülür. Don olayına gündüzleri de rastlanır. Donlar denizden uzaklaştıkça ve kuzeye doğru artar. Güney yarı kürede bu zon yoktur.

e) Polar Sıcaklık Zonu: Sıcaklık genelde 0°C'nin altındadır. En sıcak ayın ortalaması +10°C'nin altındadır.

Aktif bir yaşam için ortalama sıcaklık hoşgörü değerleri şöyledir: Minimum, suyun donma noktası olan 0°C'dir. Maksimum ise vücudun proteinlerinin sıcaklığa dayanma gücüne bağlıdır. Proteinlerin çoğu 50°C üzerindeki sıcaklıklarda yapılarını değiştirirler, yani inaktif olurlar.

Hoşgörü alanı içinde metabolik olaylar ve buna bağlı olarak yaşam olayları sıcaklığın 10°C artırılması halinde iki-üç misli süratlenir. Burada **RSS kuralı (Reaksiyon Sürati-Sıcaklık kuralı)** söz konusudur. Bu ilişki vücut sıcaklığının, dış çevre sıcaklığına bağlı olduğu organizmalar için önemlidir. Bunlara örnek olarak böcek, sürüngen, amfibi ve balık gibi vücut sıcaklığı değişken olan, yani POİKİLOTERMAL canlıları verebiliriz. Kertenkele poikilotermal bir hayvandır. Dışarıdaki sıcaklık düşüp kanının sıcaklığı azılırsa, kerkenkele uyuşur. Vücut sıcaklığı belli bir derecenin altına düşerse reversibl (=dönüşü mümkün) SOĞUK HAREKETSİZLİĞİ'ne girer. Kertenkele donmanın olmadığı bir yuvada kışı bu durumda geçirir. Vücut sıcaklığı daha da düşerse hayvan SOĞUK ÖLÜMÜ ile ölür. Poikilotermallerde sıcaklık hoşgörü basamağı belli bir dereceyi aşacak şekilde yükselirse SICAKLIK ÖLÜMÜ olur.

Poikilotermal canlılar da gelişimleri için belli bir sıcaklık toplamına gereksinim duyarlar. Bu sıcaklık toplamı aşağıdaki formülle hesaplanabilir: $K=T\ (t-t_0)$

K= her tür için ayrı olan sıcaklık sabitesi;

T= belli bir sıcaklıktaki gelişme süresi;

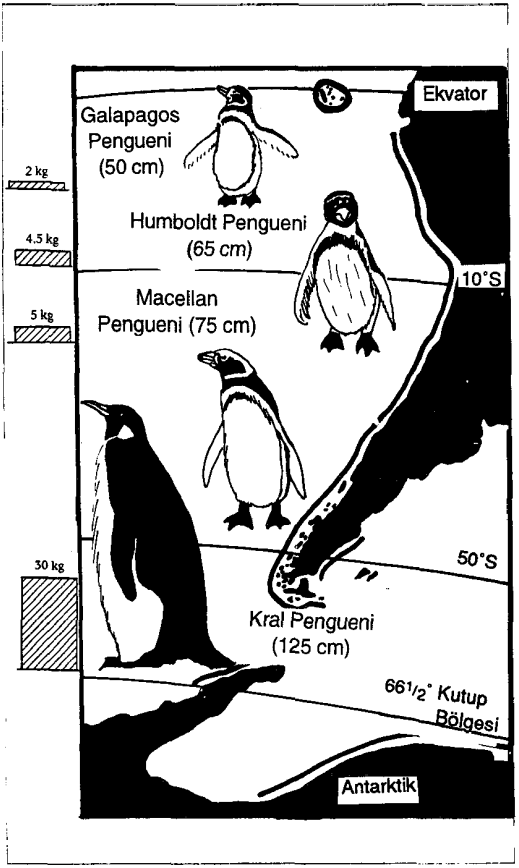
t_0= bir türün gelişim sıfır noktası. Bu sıcaklıkla birlikte gelişim başlar.

t= gelişim sıfır noktası üzerindeki sıcaklık

$$t_0 = t_1 - \frac{T_2(t_2 - t_1)}{T_1 - T_2}$$

T_1, T_2, t_1 ve t_2 değerleri deneysel olarak belirlenir. Bunlardan t_0 hesaplanır.

Kuş ve memeli hayvanlar gibi *HOMOİOTERMAL* canlıların vücut sıcaklığı büyük ölçüde dışardaki sıcaklığa bağlı değildir. Bunlar vücut sıcaklıklarını sabit tutabilir. Vücut sıcaklıkları 36°C (insanda), 41°C (kuşta)dır. Bunlar yüksek oranda sıcaklık ürettikleri için büyük miktarda besine ihtiyaç duyar. Bu nedenle bunların yayılışı besinin olup olmamasına bağlıdır. Çok iyi işleyen mekanizmalar vasıtası ile sıcaklığı düzenlerler. Bu düzenleme yeterli olmazsa, yani vücut sıcaklığı 20°C-15°C'ye inerse *SOĞUK ÖLÜMÜ* görülür.



Şekil 329.1: Dört penguen türünün karşılaştırması ve yayılış alanları (BERGMANN kuralı).

1.3.1.1. İklimle İlgili Ekolojik Kurallar

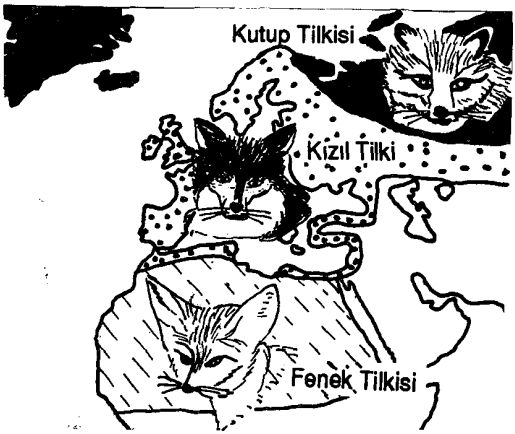
Bir zoolog olan CARL BERGMANN,homoiotermal hayvanların soğuk bölgelerde yaşayan türlerin veya akraba türlerinin, sıcak bölgelerde yaşayanlara göre daha iri olduğunu saptadı *(Şekil 329.1)*.

Geyik, kurt, yaban domuzu ve penguen gibi homoiotermal canlılar bunun için iyi birer örnektir. Sıcaklık kaybında hayvanın vücut yüzeyi iyi bir ölçüttür. Halbuki metabolik işlevler ve sıcaklık üretiminde, hayvanların vücut hacmı önemlidir. Büyüklük artışına bağlı olarak hacım m^3 ($V=4/3\pi r^3$), yüzey ise m^2 ($F=4\pi r^2$) olarak artar. Bu nedenle iri hayvanlar hacımlarına oranla küçük yüzeyleri nedeniyle daha düşük oranda vücut sıcaklığı kaybeder. Bu hayvanlar böylece iklimi soğuk olan bölgelerde daha kolayca yaşayabilirler. Bu kurala *BERGMANN KURALI* denir. Buna göre büyüklüğü 1 m'den daha iri olan kral penguenleri Antartika' da, en küçük tür olan Galapagas penguenleri ise Ekvatora yakın bölgelerde yaşar. Tilki, geyik ve yaban domuzu da aynı şekilde İskandinav ülkelerinden yurdumuza doğru küçülür.

İkinci kural olan ALLEE KURALI'na göre soğuk bölgelerde yaşayan homoiotermal hayvanların kulak, kuyruk ve burun gibi sivri vücut uzantıları, sıcak bölgelerdeki akraba türlere göre sivri olmayıp kütleşmiştir *(Şekil 330.1)*. Kütleşen organlar üzerinden gerçekleşen sıcaklık kaybı en düşük seviyeye indirilmektedir.

Üçüncü Kural GLOGER KURAMIDIR. Bu kurama göre iklimi soğuk ve yüksek coğrafik boylam bölgelerinde yaşayan hayvanlar, sıcak bölgelerde yaşayanlara göre daha az pigmentlidir (örneğin kutupayısı, kartavşanı, karbaykuşu vd.). Bu özellik adı geçen hayvanların karda kolayca saklanmalarını mümkün kıldığı gibi, UV ışınlarına karşı derinin geçirgenliğini elverişli hale sokar.

Dördüncü Kural RENSCH'in kıl uzunluğu kuramıdır. Kıl uzunluğu ve yoğunluğu soğuk iklimlerde daha fazladır.



Şekil 330.1: Çeşitli bölgelerde yaşayan tilki türlerinin kafa yapıları, Kuzey Afrika'nın sıcak çöl bölgesinde yaşayan fenek, ılıman zondaki kızıl tilki ve arktik zondaki kutup tilkisi (yaz kahve, kış beyaz) (ALLEE ve GLOGER Kuramı).

1.3.1.2. Kış Uykusu

Mevsimsel değişime bağlı sıcaklık sapmaları, hayvanlarda çeşitli uyum mekanizmaları doğurur. Bunda besin azlığından zarar görmeme olgusunun sağlık nedeniyle önemi vardır. Birçok değişken vücut sıcaklığına sahip hayvan türü, doğuştan dondan zarar görmeyecekleri yerleri arar ve bulup kendilerini korur. Bu nedenle canlıların çoğu yumurta, tırtıl veya krizalit olarak kışı geçirir. Homoiotermal memeli hayvanlar (sincap, ayı) kış uykusuna yatar. Böylece kışın uzun süre bir dinlenme uykusuna dalarlar. Bu dönemde metabolik olaylar, temel enerji bütçesi düzeyine iner. Arada bir uyanıp, daha önce taplanan besini yer ve tekrar uykuya dalarlar. Kış uykusunda vücut sıcaklığı, büyük ölçüde normal değerde tutulur. Bu durumdaki canlılarda yaşam işlevleri minimum düzeydedir. Kış uykucularında kirpi, sansar, yediuyur ve yarasa bu dönemde vücut depo yağını kullanır ve kışın uyanıp biriktirilen besinleri yerler. Kış uykusuna hazırolma, gün uzunluğuna bağlıdır ve hormonal olarak aktive edilir. Kış uykusu olgusu evrimsel süreçte oluşmuş genetik bir özellik taşır. Kışuyurlarının vücut sıcaklıkları +5°C azalır. Vücut sıcaklığı dış koşulların kötüleşmesi nedeni ile daha da düşerse, kış uykusundan uyanılır. Kış uykusundaki canlıların kalp atışı ve soluk alıp verme frekansı da değişir (*Tablo 330.1*).

Tablo 330.1: Kış uykusunda bulunan bazı memeli hayvanlardaki kalp atış frekansı ve soluk alıp verme faaliyeti

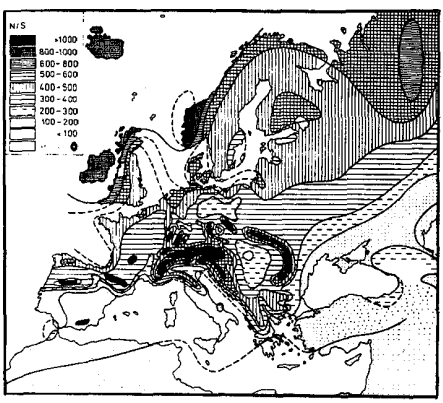
	Kalp Atışı (dakikada)		Soluk Alıp Verme (dakikada)	
	Uyanık iken	Uykuda iken	Uyanık iken	Uykuda iken
Sansar	80	5	30	0.2
Kirpi	320	21	50	1
Gelincik	378	5	200	4

1.3.2. Su

Su, tüm organizmalar için en önemli çevre etmenidir. Yaşam olayları ya doğrudan ya da dolaylı olarak ona bağlıdır. Tüm metabolik olayların önemli bir parçasıdır. Susuz bir yaşam düşünülemez.

Karasal yaşama uyum sağlamış canlıların önemli bir bölümü yağmur, kar ve buzdan su ihtiyacını karşılar. Yağışın dünyadaki dağılımı ise farklıdır. Bu durum hava akımlarına bağlıdır. Burada rüzgar sistemi, yağışın dengesiz dağılımından sorumludur.

Yağış (=Y) ve buharlaşma (=B) arasındaki ilişki, (Y/B) ekosistemlerin oluşumunda etkilidir. Eğer yağış miktarı buharlaşmaya göre daha fazla ise su fazlası var demektir, bu tip alanlara **humid bölgeler** denir. Ama buharlaşma oranı gerçek yağışdan daha fazla ise **arid bölgeler** söz konusudur (*Şekil 330.2*).



Şekil 330.2: Türkiye ve Avrupa'da yağış (=Y)/buharlaşma (=B) katsayısı Y/B (Walter'e göre değiştirilerek).

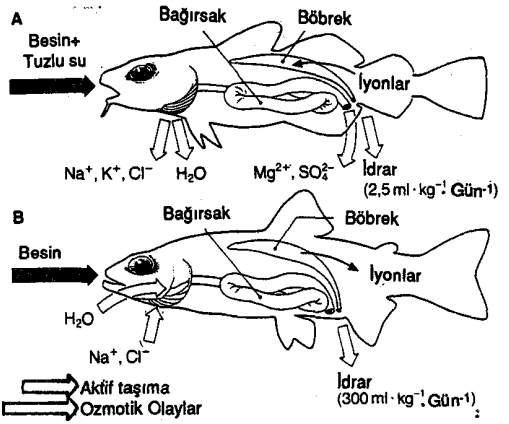
Bir biyolog; "Balıklar su içmek zorunda mıdır?" sorusuna açıkca cevap veremeyecektir. Zira o, önce tatlı ve tuzlu suda yaşayanları ayırt etmelidir. Denizde yaşayan kemikli balığın kan yoğunluğu, içinde yaşadığı suya göre daha düşüktür. Ozmotik basınç düşüşü nedeni ile balıklar sürekli olarak su kaybeder. Onlar bu kaybı bir günde vücut ağırlığının %4-8'i kadar tuzlu suyu içerek dengeler. Sudan tuz iyonlarını alır ve bağırsak ile solungaçları üzerinden dışarıya verirler. Su içmesi engellenen deniz balıkları ölür.

Tatlısu balıkları ise yoğunluğu vücut sıvısına göre daha az olan bir ortamda yaşar. Bu nedenle ozmotik su sürekli olarak vücuda girdiğinden, balık da bunu atmak zorundadır. Bir günde üretilen idrar miktarı vücut ağırlığının 1/3'ünü bulur. Tatlısu balıkları deri üzerinden ve idrarla tuzu dışarı atar, bunun yerine solungaçları ile aktif iyon alırlar.

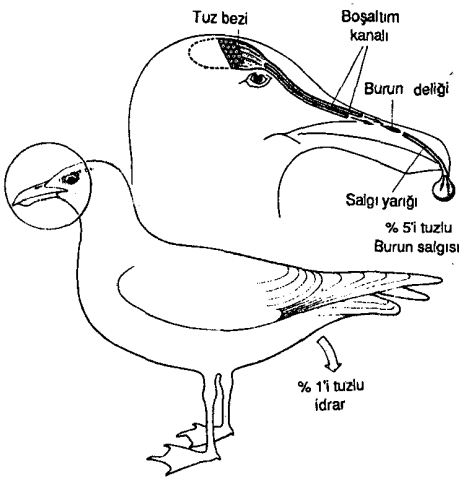
Ozmotik düzenleme ile hem deniz hem de tatlısudaki kemikli balıklar, vücut sıvılarının yoğunluğunu sabit bir değerde tutma yeteneğindedir (*Şekil 331.1*)

Deniz balıklarındaki benzer bir durum, deniz zonunda yaşayan bazı karasal hayvanlarda da izlenir. Deniz kuşları yedikleri besinle birlikte tuz da alır. Gümüşi martı fazla tuzu özel bir tuz bezi ile salgılayarak (*Şekil 331.2*) dışarı atar.

Vücut sıvısı ozmotik değerinin korunması, canlı için hayati önemdedir. Karasal hayvanlar buharlaşma ve salgılama kanalı ile sürekli olarak su kaybeder. Hayvanlar bu duruma az çok uymuştur. Deniz kıyılarında, özellikle med-cezir zonunda yetişen bazı çiçekli **tuzcul bitkiler (Halofit)**, topraktaki tuzu kökleri o kadar fazla alırlar ki, suyu alma kapasiteleri, toprak çözeltisinin altına düşer. Böylece dokularındaki iyon içeriğini yaprakları ile tuz salgılayarak veya etcil kısımları incelterek düzenlerler. Buna benzer bir durum da ışığa uyumda izlenir. Denizin 200 m derinliklerine kadar girebilen kırmızı algler sadece fizyolojik olarak oradaki düşük ışık entansitesine uymayıp, aynı zamanda kromotoforlarındaki kırmızı renk maddesi ve denizde çok kısa dalgalı ışığa rağmen, fotosentez yapabilirler.



Şekil 311.1: Balıklardaki ozmoregülasyon(=ozmotik düzenleme) (A. Deniz balığı; B. Tatlısu balığı).



Şekil 311.2: Gümüşi martıdaki tuz bezinin işlev ve yapısı.

1.3.2.1. Kurak Ortamda Yaşayan Hayvanlar

Kertenkele, yılan veya böcekler su kaybından en çok nasibini alır; zira yaşadıkları alanda su eksikliği vardır. Buharlaşmayı engelleyen vücut örtüsü örneğin pul, plaka veya kıl ve suca fakir salgılama ürünleri sayesinde, bu hayvanlar su kaybını en aza indirir.

1.3.2.2. Nemli Ortamda Yaşayan Hayvanlar

Kurbağa, sümüklü böcek ve birçok toprak organizmasının, buharlaşmaya karşı koruyucu bir mekanizması yoktur. Bunlar yaşadıkları ortamın nemine ihtiyaç duyar ve vücutlarının yüzeyi ile su alır.

1.3.2.3. Bitkilerin Su Bütçesi

Hayvanlar hareket ederek su kaynaklarına ulaşabilir. Bitkiler bulundukları ortam suyuna muhtaçtır. Yosun ve liken gibi, değişken nemli bitkilerin su içeriği çevre rutubetine göre değişir. Bunlar genelde kuraklığa karşı dayanıklıdır. Gerçi su kaybının fazla olması halinde metabolizma faaliyeti düşer; ama onlar ölmezler. Bitkiler çeşitli yaşama alanlarına bağlı olarak değişime uğramışlardır *(Tablo 332.1)*.

Tablo 332.1 : Bitki tipleri ve ortama uyum özellikleri

Bitki Tipi	Yaşama Alanı	Anatomik Morfolojik Uyum Özellikleri
Hidrofit (Su bitkileri)	Sulak alanlar	Yaprak: Stoma açıklığı genelde yok; yüzen yaprakların üst yüzeyinde olup epidermis çeperleri çok incelmiştir.
Hygrofit (Islak yer bitkileri)	Herdem Islak alanlar	Yaprak: Büyük ve ince, çoğu kez stomalar çıkıntı yapmış. Gövde ekseni: İletim demetleri zayıf gelişmiştir. Kök: Genelde çok zayıf gelişmiştir.
Tropofit (Değişken bitkiler)	Islaklığı değişken	Yaprak: Kurak dönemlerde odunlu bitkilerde, yaprak dökülür, otsularda toprak altı organları korunur. Gövde ekseni: sağlam, iyi gelişmiş iletim demetleri bulunur. Kök: İyi gelişmiştir.
Xerofit (Kurak bölge bitkileri)	Sıcak kurak bölgeler	Yaprak: Yaprak yüzeyi küçülmüş, epidermis ve kutiküla kalınlaşmış; stomalar içe gömülü. Gövde ekseni: Güçlü iletim demetli. Kök: Çok iyi gelişmiş.

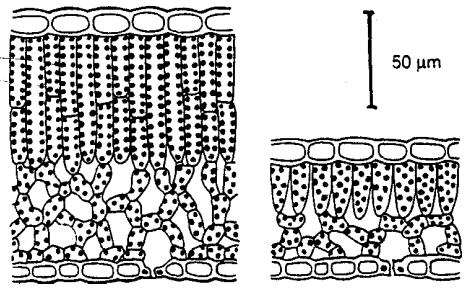
1.3.3. Işık

İlkbaharda günün ışıması ile birlikte önce ev kızılkuyruğu, karatavuk, daha sonra çalıkuşu, büyük baştankara ve ispinoz gibi bazı kuş türleri ötmeye başlar. Kuş türlerinin sahip olduğu bu *KUŞ SAATİ* ışıkla birlikte aktive edilir. Her kuş türü ancak belli bir aydınlıkta, yani gün ışıması şiddetine göre ötmeye başlar. Gece aktif *geniş kanat yarasa*nın da davranışı ışık şiddetinin etkisindedir. Hayvanlar, akşamleyin, belli bir günbatımı dönemiyle birlikte uçar. Işığın ekolojik önemi, onun canlı dünyasının fotosentez yapabilmesi için enerji kaynağı olmasıdır. Işık ayrıca bitkinin yapısını da etkiler. Kayının dış taç kısmında küçük ve kalın *IŞIK YAPRAĞI* bulunur. Tacın iç kısmındaki yapraklar büyük ve ince olup bunlar *GÖLGE YAPRAĞI*' dır. Tacın içinde zayıflayan ışık burada yaprak dokusunun içine gire-

mez. Yaprak yüzeyinin büyümesi daha fazla ışık tutmaya ve böylece daha iyi fotosenteze neden olur (*Şekil 33.1*).

Bir bitki topluluğuna gelen ışık yaprağın yoğunluğuna, konumuna ve yapısına bağlıdır. Yapraklanma yoğunluğu, yaprak yüzey endeksi (=YYE) ile ifade edilir.

$$YYE = \frac{\text{Yaprak Yüzeyinin Toplamı}}{\text{Toprak Yüzeyi}}$$



Şekil 333.1: Kayında gölge ve ışık yaprağı.

Kışın yaprağı dökülmüş bir ormanda ışığın %80'i toprağa geçer, yapraklanmanın başladığı ilkbaharda ve yaprak dökülmesinin görüldüğü sonbaharda, ışığın %30-40'ı, yaprak yoğunluğunun en fazla olduğu yaz mevsiminde ise bu ışığın %10'u toprağa geçer.

Işık birçok bitkinin çiçek açma zamanını etkiler. DARI ve PİRİNÇ kısa gün bitkileridir. Bunlar ancak uzun süren (12 saatten fazla) karanlık dönemi atlatırlarsa çiçek açar. Uzun gün bitkilerinin, örneğin tahıl türleri, çiçek açması için belirli bir kritik gün uzunluğuna ihtiyaç vardır. Işık burada, FOTOPERYOT ile yani aydınlık ve karanlığın günlük değişimi ile etkili olur.

Hayvanların gelişiminde de fotoperiyodik ritmin önemi vardır. Lahana kelebeği tırtılı günde 15 saatten fazla ışık alırsa, kısa süren bir krizalit döneminden sonra ergin kelebeğe dönüşür. Bu kelebeklerin yumurtalarından yaz mevsiminin geç dönemlerinde tırtıllar çıkar ve 15 saatlik ışığa maruz kalır. Böylece bunlar kışlayan krizalitlere gelişir.

1.4. GÖSTERGE (=İndikatör) BİTKİLERİ

Tuzcul bitkilere daha çok kıyı bölgesi ve çeşitli çöllerde rastlanır. Herhangi bir yerde tuzcul bitkilerin bulunması, oranın tuz içeriği hakkında bize bilgi verebilir. Bu yüzden bunlara GÖSTERGE BİTKİLERİ denir. Işık için de gösterge bitkileri vardır. Örneğin ekşi yonca tipik bir GÖLGE BİTKİSİ olup, ışıksız yapraklı ağaç ormanı zemininde yetişir. Bu bitki en yüksek fotosentez faaliyetini gün ışığının %10'unda bile yapar. Çöl, step ve yüksek dağ bitkileri ise sadece gün ışığının tamamını alırlarsa yaşayabilirler, bunlara IŞIK BİTKİLERİ denir. Maden cevheri içeren topraklarda yetişen bitkiler bulunur. Böyle "ağır metal bitkileri" bir metalin belli bir bölgede olup olmadığını bize gösterir. Örneğin bakır yosunları, sadece bakır içerikli toprakta bulunur.

Dağ lalesi veya Manisa lalesi gibi diğer bitkiler, nötralden bazik karaktere kadar tepkime gösteren kalkerli zeminde yetişir.

Bir türün belli bir bölgede görülmesinde çevre faktörlerinin topluca etkin olduğunu gözden uzak tutamayız. Bir bölgede, herhangi bir ekolojik etmen değişirse, diğer faktörler de bundan etkilenir.

1.5.BİYOTİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ

1.5.1. Bitkiler Arasındaki Rekabet

Toprak ve yerel iklim açısından uygun ve benzer isteklere sahip bitkiler bir topluluğu oluşturur. Bunlar arasında devamlı bir rekabet vardır. Çabuk büyüyen türler ışığı daha iyi kullanır ve diğerlerine gölge yaparak onların yokolmasına neden olur. Bir bitki türünün rekabet yenteneği, kalıtım faktörleri ve çevre koşullarına bağlıdır. Bir bitki türünün çoğalma, yayılma ve ortamda kendini kabul ettirme yetenekleri kalıtsaldır. Bitkiler arasındaki rekabette sıcaklık, su ve toprak gibi çevre faktörleri büyük önem taşır.

1.5.1.1. Çoğalma Yeteneği

Bu, tohum sayısının çokluğuna bağlıdır. Tohum sayısı ölerek yok olan bireylerden daha fazla olmalıdır.

1.5.1.2. Yayılma Yeteneği

Bu yetenek, tohumun ne kadar uzağa taşınabileceği ile ilişkilidir. Tohum ne kadar hafif ve çoksa, o kadar kolayca yayılır ve bu arada uygun bir yetişme yeri bulma olasılığı artar.

1.5.1.3. Kendini Kabul Ettirme Yeteneği

Bir türün bulunduğu bölgede ne kadar uzun süre barınabilip yaşayabilmesi de çok önemlidir. Yıllık bitkiler o bölgede sadece bir vejetasyon dönemi yaşayabilir. Bunların çoğu ilkbaharda çimlenir, sonbaharda ölür. Çokyıllıklar yıllarca yetişme alanlarını korur.

Bitkiler için biyotik faktörler olarak hayvanları da sayabiliriz. Bu hayvanlar örneğin arı gibi, bitkinin tozlaşmasını sağlar, ya da kargalar gibi, tohumları taşıyarak bitkilerin uzaklara yayılmasına yol açar.

2. CANLILAR ARASINDAKİ İLİŞKİLER

2.1. TÜRİÇİ İLİŞKİLER

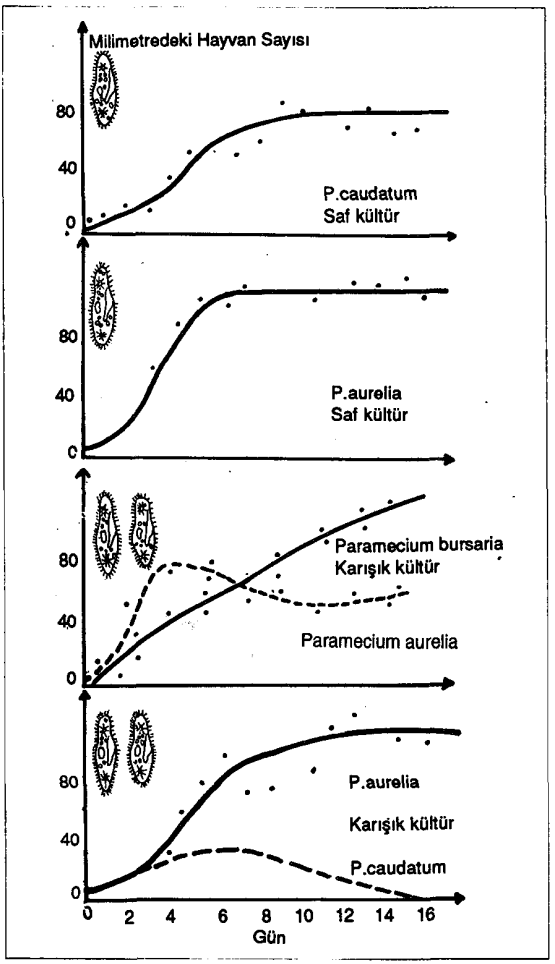
Erkek ipek böceği, dişi seks hormonu *BOMBİKOL*'ü, 10^{16} hava molekülünde bir molekül hormon olsa bile tanır. Hafif rüzgarda bir km uzaklıktan Bombikolün uyarıcı etkisi vardır.

Hayvanlar aleminde uyarıcı sinyal maddesi veya *FEROMON* adı verilen birçok madde bilinir. Bu maddeyi salgılayan birey türdaşlarını uyarır. Böylece tür içindeki bireyler arasında, karşılıklı ilişkiler görülür. Seksüel uyarı maddelerinin yanında, alarm, işaretleme ve iz maddeleri türiçi haberleşmede kullanılır. Termit ve karıncalar yollarını kendilerinin anlayacağı, türe özgü bir madde ile işaretler.

Türiçi haberleşme sadece bu maddelerle olmaz, aynı zamanda türe özgü uyarıya yol açan renk, şekil veya hareketlerle de olur.

Türdaş bireyler arasındaki ilişkilerden en belirgini sevgililer, ana baba ve çocuklar arasında olanıdır. *KULUÇKA BAKIMI* kavramı ana-baba ve yavrular arasındaki ilişkileri belirlemede kullanılır. Bu tip ilişkilere örnek olarak yuva ve yavru bakımı ile yavru beslenmesi verilir.

Ana-baba ve yavrular arasındaki ilişkiler uzun süre korunursa *"HAYVAN BİRLİĞİ"* oluşur. Böyle bir birliğin üyeleri birbirlerini ayrı ayrı tanırsa *BİREYSEL HAYVAN BİRLİĞİ*'nden söz edilir.



Şekil 335.1: Türler arası rekabet (Terliksi hayvan türleri arasında).

Karga uyku toplulukları ve göçmen kuş *ANONİM BİRLİK*'lerinde ise bireyler birbirlerini tanımayabilir.

Böcek topluluğu üyeleri büyük ölçüde birbirine bağlıdır. Zira burada çok karışık bir iş ayırımı vardır. Bir populasyonun bireyleri arasında genel olarak biyotik ve abiyotik faktörler bakımından, bir rekabet vardır. Bu rekabet besin, yer ve eş için olabilir. Yani türiçi veya *INTRASPESİFİK (=REKABET)* söz konusudur. Omurgalı türlerinin çoğu, türdaşlarına karşı korudukları bir *MİNİMAL YAŞAMA ALANI*'na sahiptir.

2.2. TÜRLERARASI İLİŞKİLER

Terliksi hayvan bölünerek çoğalır. *Paremecium aurelia* ve *Parameciun caudatum'un* gereksinimleri, kültür koşullarında aynıdır. Bu iki tür, ayrı ayrı kaplarda tutulursa belli bir zaman sonra her mililitre kültür ortamında belli sayıda ürer. Aynı kültür ortamında 16 gün sonra bu iki türden sadece *P. aurelia* hayatta kalır. Bu durum herhangi bir düşman organizma etkisi veya zararlı bir maddenin salgılanması sonucu ortaya çıkmaz. Daha çok *P. aurelia* populasyonunun daha hızlı büyümesinden kaynaklanır. Bu tür *P. caudatum*'un besinini yiyerek onun büyümesini engeller. Yani burada besin temini için türler arası veya *İNTERSPESİFİK REKABET* vardır. Anlatılan deney *REKABET REDDİ* kuramını gösterir. *Buna göre aynı ve çok benzer ekolojik gereksinime sahip türler, yan yana yaşayamazlar.*

P. aurelia, P. bursaria ile aynı kültüre konursa, besin rekabetine rağmen, her iki tür de hayatta kalır. Bu iki tür sunulan çevre koşullarını farklı şekilde değerlendirir. *P. aurelia,* kültür sıvısının üst bölümünde kalıp oradaki bakterileri yer. *P. bursaria* ise taban kısmındaki bakterilerle beslenir. Böylece bu durumda *REKABETTEN KAÇIŞ* olayı görülür. *Bu kuram farklı türlerin aynı yaşama alanında birlikte yaşayabilmelerinin temelidir (Şekil 335.1).*

2.2.1. Avcı ve Av İlişkisi

Av çeşitli yöntemlerle yakalanır. Örneğin akrep ve örümcekler avlarını salgıladıkları zehirli maddelerle uyuşturarak avlar. Ya da ağ yapan örümcekler gibi, av ağlara takılarak yakalanır veya av yarasalardaki gibi geceleyin sesötesi dalgalarla algılanır. Karınca aslanının larvası kumda hazırladığı huni biçimindeki bir tuzağın tabanında gizlenir ve avını bekler. Av huni tuzağına girerse, onlara kum tanecikleri fırlatarak dengelerini bozar. Böylece avın huninin içine doğru kaymasına yol açar ve onu avlar. İki tür arasındaki olası ilişkiler *Tablo 336.1*'de görülmektedir.

Avcılar, avların organik bileşikleri ile beslenen heterotrof organizmalardır. Avcının avını yakalamak için geliştirdiği yöntemlerin benzerlerini, av da avcıdan kurtulmak için uygular. Av avcıyı dişler, vurur veya bir salgı salabilir. Bunların hepsi **aktif koruma yöntemleridir**. Daha yaygın olan **yöntemler pasif olanlardır**. Bunun için, kaplumbağanın kavkısı veya kirpinin dikenli vücut örtüsü gibi koruyucu mekanizmalar geliştirilir. Bitkilerde diken ve acı tat hayvanların onları yemesinden korur.

Tablo 336.1 : İki tür (A ve B) arasındaki olası ilişkilerin özelliği ve ayrımı. += Olumlu (pozitif) bir ilişkiyi; -= Olumsuz (negatif) bir ilişkiyi; 0= Ne olumlu ne de olumsuz katkılı bir ilişkiyi ifade ediyor.

A'nın B'ye Etkisi	B'nin A'ya Etkisi	İlişki Türü
-	-	Rekabet
+	+	Birlikte yaşama (=Simbiyoz)
+	-	Avcı-av, asalaklık
+	0	Kommensallik
-	0	Amensallik
0	0	Nötrallik

2.2.2. Koruyucu Mekanizmalar

*"Avcı-av ilişkisi"*nde bir dizi koruyucu etkin giysi geliştirilir. Optik bakımdan etkili şekil, renk ve hareket özellikleri, pasif koruma yolu olarak gizli saldırgana karşı kullanılır.

Birçok hayvan doğal çevrelerinin dış görünüşüne uyar. Kar baykuşu, kar tavşanı ve buz ayısı beyaz renkleri ile ortamda gizlenirler. Renk değiştirebilen hayvanlar, örneğin yassı balıklar, bulundukları yöreye uyup gizlenir. Gizlenmenin özel şekli *TAKLİT GİYSİSİ*'dir. Bu canlılar bulundukları yöredeki cisimleri taklit eder. Örneğin Geometridae tırtılları küçük dal parçalarını andırır.

Gizlenme giysileri saklanmayı sağlarken, vücudun dikkati çeken şekillerle donatılması da avcıya karşı koruyucudur. Böcekcil kuşlar kelebeklerin kanatlarındaki göze benzer şekilleri görür görmez, korkarak kelebeği yemez. Yani kelebekler *KORKUTAN BİR GİYSİ*'ye sahiptir.

Uçuç böceğinin rengi kuşların onu yemesini engeller. *Avcılar deneyimle, benzer şekildeki avları yemeden çekinir, buna İKAZ GİYSİSİ denir.*

2.2.3. Mimikri

Bir sinek türünde olduğu gibi, korumasız bazı hayvanlar yırtıcı ve iğnesi zehirli eşek arısına çok benzer. Burada evrim sürecinde, eşek arısının bir taklitçisi oluşmuştur. Eşek arısını avlamak için edinilen olumsuz deneyim nedeniyle, ondan çekinen avcı düşmanlar, sinekten de çekinir. Bu olaya *MİMİKRİ* denir.

Afrika ve Güney Amerika'nın kelebeklerindeki mimikri çok iyi bilinir. Burada zararsız türler lezzetsiz türleri taklit eder. Kötü lezzetli olanlarla yapılan deneyim nedeniyle, böcekcil kuşlar da aslında lezzetli olan taklitçileri yemekten kaçınır. Mimikrinin özel bir şekli de engerek yılanlarında görülür. Engerek yılanları çok zehirli, zehirli ve az zehirli türleri kapsar. Bu üç grup birbiri ile akraba değildir; ama hepsi kırmızı sarı-siyah halkalıdır. Burada hangi türlerin gerçek, hangi türlerin taklitçi olduğu bilinmez. Gerçek engerekler çok zehirlidir. Bunlar avını hemen öldürür. Hem gerçek engerek hem de zehirsiz olan taklitçi yılanlar üçüncü grup (az zehirli engerek) yılan türünü taklit eder. Engereği taklit eden karayılan az zehirlidir. Avcılar kırmızı sarı-siyah bandlılığa sahip yılanlardan kaçınır. Bu durum az ve çok zehirli taklitçiler yüzünden ortaya çıkar. Orta derecede zehirli olan yılan grubu burada taklit edilendir.

Bazı taklitçi hayvanlar avcıdır. Deniz şeytanı adlı bir balık türü sırt yüzgecini kamçı gibi uzatarak avını avlar. Kamçının ucu solucan şeklindedir ve avcının ağzı önünde hareket eder. Kendisi gizli olarak denizin tabanında oturur. Bu uzantıları solucan sanan balıklar avcı balığın avı olur. Zoka balığı derin denizlerde de yaşar. Bunlardaki uzantının ucunda bir elektrik organı vardır. Bu da av olan organizmaları uyarır.

Taklit Zoka balığındaki gibi avı yanıltıcı ise *AGRESİF (=SALDIRGAN) MİMİKRİ* vardır.

2.2.4. Parazitlik (=Asalaklık)

Bağırsak solucanı, sivrisinek ve pire *PARAZİT* olup ya geçici ya da devamlı olarak bir konukçuda yaşar.

Parazit başka bir canlının organik maddeleri ile beslenir ve ona zarar verir. Bunda bir taraf için *fayda (+)*, diğer taraf için ise *zarar (–)* söz konusudur *(Tablo 336.1)*. Bu nedenle *parazitliği (+/–)* işareti ile gösterebiliriz. Parazitler konukçularına göre daha küçüktür. Parazitlik hayvanlar aleminde çok yaygındır. Hayvan türlerinin 1/4'ü parazitik yaşar. Vücut içindeki parazitliğe *ENDOPARAZİTLİK (=İÇ PARAZİTLİK)* denir.

Organizasyonu yüksek bitkiler arasında parazit olanların sayısı çok azdır. Ökseotu çok yaygın bir *YARI PARAZİT*'tir, zira yaprakları fotosentez yapabilir. Ökseotu bitki dokusuna girer ve oradan su, tuz ve muhtemelen belli organik maddeleri alır.

Birçok parazit türü de insanda yaşar. Örneğin insan biti vücudun dışında yaşayan tipik bir *DIŞ PARAZİT (=EKTOPARAZİT)*'tir. Parazitlere de parazit olan canlılar vardır. Bunlara *HİPERPARAZİT* adı verilir.

Parazitler insanda çeşitli rahatsızlıklara neden olur. Parazitlerin salgıladığı zehirli metabolitler sağlığı tehdit eder. Tablo 338.1'de önemli asalak türleri ve onların ara ve asıl konakları görülmektedir.

Tablo 338.1 : Önemli bazı asalak türleri ara ve asıl konakları

	asalaklar	*arakonak(lar)*	*asıl konak(lar)*
tekhücreliler	tripanozom (*Trypanosoma gambiense*)	çeçe sineği (*Glossina palpalis*)	insan
	plazmodyum (*Plasmodium falciparum*)	sivrisinek (*Anopheles* türü)	insan
	amipler (*Entamoeba histolytica*)		insan
	kabuklubitgiller (*Eimeria perforans*)		tavşan
yassısolucanlar	büyük karaciğer kelebeği (*Fasciola hepatica*)	tatlısu salyangozu (*Limneidae truncatula*)	koyun
	küçük karaciğer kelebeği (*Dicrocoelium dendriticum*)	salyangoz karınca	koyun
	bilharzia (*Schistosoma hoematobium*)	akciğerli yumuşakça (*bulla*)	insan
	tenya (*Taenia saginata*)	sığır	insan
	bottriyosefal (*Diphyllobothrium latum*)	kabuklu balık (*Cyclops* türü) turna=bekleme konağı (nadiren)	insan
ipsisolucanlar	syngamus (*Syngamus trachea*)	yersolucanı (istemli konak)	tavuksular
	ekvator filariası (*Loa loa*)	sığırsineği (*Chrysops* türü)	insan
	bağırsaksolucanları (*Toxocara canis*) (*Trichuris muris*) (*Parascaris equorum*)		köpek kemiriciler at
	cüceiplikkurtları (*Dioctophyme renale*) (*Strongyloides stercoralis*) (*Metastronylus elogatus*)	balık yersolucanı	köpek kunduz insan domuz
	oksiyürler (*Oxyuris equi*) (*Enterobius vermicularis*)		at insan

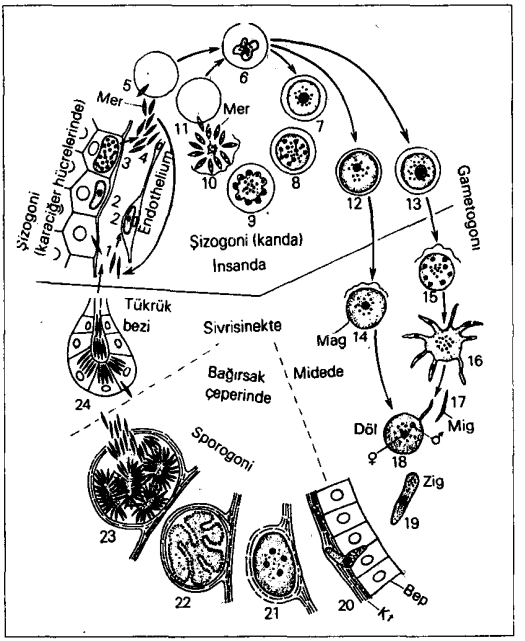
2.2.4.1. Sıtma (=Malaria)

Ellili yıllarda Dünya Sağlık Örgütü (=WHO) nün denetiminde başlatılan sıtma ile savaş kampanyası sonucu sıtmanın kontrol edildiği sanılıyordu. Sıtma bugün özellikle yurdumuzun bazı bölgelerinde tehlikeli bir artış gösteriyor. Bütün dünyada yılda 200 milyon insan sıtmaya yakalanır. Sıtma nedeniyle ölenlerin sayısı da milyonlarla ifade edilir. Ölenlerin büyük bölümünü 5 yaş ve altındaki çocuklar oluşturur.

Sıtma endoparazitik yaşayan PLAZMODYUM'la olur. Bunlar SPOROZOYİT olarak ANOFEL sivrisinek türlerinin tükürüğü ile sokma sırasıda aşılanır. 30 dakika içinde sporozoitler kanla insan karaciğerine girer. *Orada BÖLÜNME (=ŞİZOGONİ) ile çoğalır(Şekil 339.1). Tek bir sporozoitten 10000 MEROZOYİT oluşur.* Bunlar kana girer ve her biri bir alyuvara arız olur. Bundan sonrada eş zamanlı bir bölünme olur ve alyuvarlar patlar. Aniden serbestleşen parçalanma ürünü, **malaria** için tipik olan yüksek ateşe neden olur. Bunun yanında kan azalması, kalp ve dolaşımda yetmezlik görülür. Alyuvarlardaki şizogoni tekrarlanır. *Malaria tertiona*'da, üç gün ateşinde çoğalma süresi 48 saati bulur ve her üç gün de bir alyuvarların patlaması tekrarlanır. Birçok defa olaylanan bu şizogoniden sonra, ayrı ayrı *merozoitler alyuvarlarda eşeysel olarak farklı formlara dönüşür. Bu GAMETOSİT'ler anofel dişisinin tekrar sokması ile taşınır ve sivrisinek bağırsağında eşey hücrelerinin bir araya gel-*

mesi (=GAMOGONİ) olaylanır. Zigottan sporogoni ile enfeksiyonu yapan SPOROZOİT'ler oluşur ve tükrük bezine aktarılmayı bekler. Böylece hastalık yapıcının gelişim çevrimi tamamlanır.

Dünya genelinde sıtmanın yaygınlaşmasının önemli nedenlerinden birisi de, hastalık yapıcının, hastalığa karşı kullanılan klasik tedavi ilacı *KİNİN* ve kinin benzeri sentetik ilaçlara direnç kazanmasıdır.



Şekil 339.1: Döldeğişimi (*Plasmodium*'da). 1. Sivrisineğin sokmasıyla sporozoyitler karaciğer ya da endotel hücrelerine girer, 2. Parazit büyür, 3. Şizogoni, 4. Serbest hale geçen merozoyitler (Mer) tekrar karaciğer ve endotel hücrelerine girerek çoğalırlar, 5. Merozoyitler alyuvarların içerisine girer, 7-10. Alyuvarlarda şizogoni ile çoğalırlar, 11. Merozoyitler tekrar alyuvarlar içerisine girerler, 12. Makrogametositler, 13. Mikrogametositler, 14. Sivrisineğin midesinde makrogametlerin oluşumu, 15-16. Sivrisineğin midesinde mikrogametlerin oluşumu, 17. Mikrogametin olgunlaşması (mig) (küçülmesi), 18. Döllenme (Döl): ♀ (dişi), ♂ (erkek) çekirdek, 19. Zigot (Zig), 20. Zi-gotun bu epitel içinde büyümesi ve çekirdeklerinin çoğalması, 22. Epitelin bir balon gibi şişmesi ve çekirdeklerin plazma içerisinde yüzeye sıralanışı, 23. Sporozoyitlerin kapsülü terkedişi, 24. Sporozoyitlerin sivrisineğin tükrük bezine gelişi ve oradaki hücrelerin içine veya tükrük salgısı boşluğuna yığılışları. Düz çizgi, farklı konaklardaki devreleri ayırır; kesik çizgi sivrisinekteki gelişim devrelerinin farklı bölgelerde meydana geldiğini gösterir (Kühn'den)

2.2.5. Kommensallik ve Simbiyozluk

Akbabalar sürekli olarak yırtıcı hayvanların peşinden giderek, onların yemek artıklarından yararlanır. *Farklı türler arasındaki ilişkiler, bir türe fayda sağlıyor, yani (+), diğer türe ne fayda ne de zarar veriyorsa, yani (0), bu durumda KOMMENSALLİK'ten, yani (+/0) ilişkisinden söz edilir.* Benzer ilişkilere bitkilerde de rastlanır. Tropik orkide gibi epifitler, bitkilerde yetişir ve böylece ışığı iyi kullanır. Bu ilişkiden konukçu bitki hiç bir zarar görmediği gibi fayda da sağlamaz (+/0) *(Tablo 336.1).*

Eğer farklı türler arasındaki bu ilişkiler sürekli korunan bir birliğin kurulmasına ve karşılıklı yarar esasına dayanırsa, yani her iki tarafa yararlı (+/+) ise, böyle bir ilişkiye SİMBİYOZLUK denir. Örneğin bazı kuş türleri, manda derisindeki sinek, kene gibi ektoparazitleri yiyerek beslenir. Böylece manda, bir yandan kendi parazitlerinden kurtulur (+), kuş da beslenir (+). Bu durumda bir *TEMİZLİK SİMBİYOZLUĞU*'ndan söz edilir *(Tablo 336.1).*

Bitkilerin yaklaşık % 80'inin kökünde mantar bulunur. Mantar ağı kökü sarıp, toprak ve kök kabuğu arasında bir bağ oluşturur. Mantar miselleri ile bu yüzey 100-1 000 kat büyür. *Mantar yeşil bitkiye mineral ve özellikle fosfat ve azot bileşikleri*

verir (+). Mantar ve yeşil bitki arasıdaki bu ilişkiye MİKORRHİZA denir. Özel bir simbiyotik ilişki likenlerde görülür. Bunlar, yeşil algler veya siyanobakte (=mavi alg)rin bir mantarla müşterek yaşamı ile oluşur. Burada klorofil içeren yeşil alg, fotosentez yaparak organik madde üretir ve mantarın bu ihtiyacını karşılar (+), bunun yanında mantarın miselleri ile topraktan aldığı su ve besin tuzlarını yeşil alg kullanır (+). Bu ilişki o kadar düzenlidir ki sonuçta oluşan likenler çok ekstrem koşullarda bile yaşamlarını sürdürür. Likenler havadaki zararlı maddelere karşı çok duyarlıdır; hava kirlenmesinin denetim ve kontrolünde *BİYOİNDİKATÖR* olarak kullanılır.

Selüloz yıkan bakteriler geviş getiren ve diğer herbivor (=otcul) canlılar için hayati önem taşır. Bunlar konukçularının sindirim sisteminde optimal koşullarda yaşar (+), diğer yandan konukçunun beslenebilmesini sağlar (+).

Hayvan ve diğer organizmalar arasındaki ilişkiler özet olarak *Tablo 340.1 ve 341.1*'de verilmiştir.

Tablo 340.1 : Hayvan ve diğer organizmalar arasındaki ilişkiler

İlişki şekli hayvanlar ve:			
Mikroorganizmalar	Probiyoz	:	Mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklar (böcek, virüs ve bakteriler).
	Simbiyoz	:	Beslenme simbiyozu (Böceklerin organlarındaki bakteriler, memeli hayvanlardaki bağırsak bakterileri).
Bitkiler	Probiyoz	:	Fitofagi (odun, yaprak, tohum gibi kısımların yenmesi). Mimeze (bitki kısımlarını taklit) Gal oluşumu
	Antibiyoz	:	Bitkilerin zoofagisi (Etcil bitkiler) Bitkilerin koruma mekanizması (reçine salgılama gibi)
	Simbiyoz	:	Bitki ve hayvanlar alemindeki büyük simbiyozluk. Tozlaşma ve tohumu yayma. Karınca bitkileri (besine karşılık koruma sağlama) Böceklerde mantar oluşumu.
Hayvanlar	Probiyoz	:	Zoofagi (yırtıcı=predatorlar). Parazitlik (Besin yuva, yaşama yeri, taşıma parazitliği) Kommensalizm Mimikri (Güçlü hayvanları taklit)
	Antibiyoz	:	Yırtıcıların avı olarak hayvanlar. Kommensallerin ve parazitlerin konukçusu olarak hayvanlar
	Simbiyoz	:	Endosimbiyoz (Termit/Kamçılı hayvan, Geviş getiren/silli hayvan)
	Ektosimbiyozlar	:	(Öküz balıkçılı/öküz, karınca/yaprak biti)
	Sosyalilişkiler	:	Evlilik, Ebevyn/Çocuklar birlik ve cemiyetler
İnsan	Probiyoz	:	Hastalık yapıcılar (Malarya Trişin Ektoparazitler/(Sivrisinek, tahta kurusu) Kommensaller (Tenya; ev faresi)
	Antibiyoz	:	İnsan besini olarak hayvanlar Soyu tüketme Zararlarla savaş Yaşama alanlarının yok edilmesi veya daraltılması
	Simbiyoz	:	Hayvan yetiştirme ve bakımı

Tablo 341.1 : Türler arasındaki başlıca ilişki tiplerine ait örnekler

ilişki tipi	*örnekler*
avlama/avlanma	uğurboceği/yaprakbiti
	atmaca/serçe
	sinekkapan (etçil bitki)/sinek
tüketim	alakarga/meşepalamudu
	patatesböceği/patates
yağmacılık	göçmen çekirge/tropikal ürünler
rekabet	aslan/pars
	turnabalığı/levrek
forezi	yapışkanbalık/köpekbalığı
destek edinme	epifit orkide/tropikal ağaç
araç olarak kullanma	yengeç/denizşakayığı
birlikte yaşama	porsuk/tarla sıçanı
ortakçılık	karıncalar/tespihböcekleri
	midye/pinnotheres
	ev faresi/insan
ortakyaşama	Afrika balıklavuzu/Cape balcıl porsuğu
	orkide/yabanarısı
	suyosunu/mantar (liken)
asalaklık	aspergillus/güvercin
	kene/köpek
	tenya/insan
kölecilik	köleci karınca/diğer karıncalar
yetiştirme	karınca/yaprakbiti
	insan/koyun
üretme	termitler/mantarlar
	insan/buğday

Probiyoz: İncelenen hayvana avantaj verme; **Antibiyoz:** Karşıt canlıya avantaj verme; **Simbiyoz:** Her iki ortağa avantaj sağlama.

Mimez: Görünümün taklit edilmesi veya bitki veya hayvana bir avantaj sağlamak için koku salgılanarak düşmandan korunma (Örnek: Bir kelebek tırtılının daha rahat beslenebilmesi için kendisini bir dala benzeterek düşmanlarından korunması).

Mimikri: Mimezin özel bir durumudur. Güçlü veya yırtıcı düşman için, kötü tadı olan bir hayvanı taklit etme (Örneğin: Bir nevi sineklerin eşek arılarını taklit etmesi).

Predatör (Avlama-Avlanma): Yırtıcı kendi gelişimi için çok sayıda avı yiyerek beslenir.

Parazit (Asalaklık): Gelişimi için tek bir konukçuya gereksinim duyar. **Endoparazit** konukçunun vücudunun içinde yaşar; **Ektoparazit:** dışında yaşar (Örneğin: Bit, pire); **Geçici parazitlik:** Konukçudan belli bir zaman beslenir (Örnek: Bit); **Sürekli parazitlik:** Gelişimini o konukçu üzerinde tamamlama. **Hiperparazitlik:** Diğer parazitler üzerinde ikincil, hatta üçüncül parazit olarak yaşama, parazitin paraziti (takinler); **Soliter parazitlik:** Tek bir parazit bireyinin bir konukçu üzerinde yaşaması. **Greger parazitlik:** Bir konukçunun üzerinde çok sayıda parazit bireyinin yaşamasına denir. **Multiparazitlik:** çok sayıda parazit türünün aynı anda, aynı konukçu üzerinde yaşamasıdır (Örneğin: Bit, pire); **Kuluçka paraziti:** Bir başka kuş türünün yavruları yerine guguk kuşunun kendi yavrularını baktırıp, büyütmesine denir. **Taşıma paraziti:** Akarlarda olduğu gibi bir konukçuya tutunarak yer değiştirmesidir buna "**FOREZİ**"de denir.

Komensallik: Birlikte besini paylaşmak, vücudun atıklarını örneğin vücudun içinde bağırsak kurtları, dışında ise bitin aynı canlı üzerinde yaşamasıdır.

Simbiyozluk: İki farklı organizmanın karşılıklı çıkarları için bir arada yaşamasıdır. Ökse otu tohumuyla beslenen, ökse otu ardıç kuşunun tohumların etli kısımlarını yediği, geriye kalan esas tohumu da başka yerlere taşıyarak ökse otunun yayılmasını sağlaması gibi.

Eş Oluşturma: Kısa süreli (ötücü kuşlardaki gibi); uzun süreli (ördeklerdeki gibi); monogam (=tekeşlilik) (Örnek: Kuğu kuşları); poligam (=çokeşlilik) (Örnek: Geviş getirenler).

Ebevyn-Döl İlişkileri: a) Kuluçkaya bakma onunla temas etmeden veya b) Temas ederek olur, bu ya ebevyn-aile (ana/baba) etkisi ile olur (Örnek: Kaz); anne-aile (Örnek: Ayı); baba-aile (Örnek: Keklik) etkisiyle gerçekleşir.

Monospesifik birlik: Martıların kuluçka kolonileri; kurtların avlanma birliği gibi.

Heterospesifik birlik: Bir meradaki koyun, keçi ve sığır birlikleri veya kuşların göç için oluşturdukları göç birlikleri.

3. POPULASYONLAR

3.1. POPULASYONLARIN GENETİK TEMELLERİ

3.1.1.Populasyonların Gen Havuzu

Tek bireylerin yaşamı kısadır, oysa populasyon uzun süre yaşar. Populasyonun devamlılığı genetik ürünün; yani genlerin dölden döle nakline bağlıdır. Bir populasyonun gen havuzu denince, tüm bireylerin kalıtım etmenlerinin tamamı anlaşılır. Yerel populasyonların bireylerinin çiftleşme olasılıkları aynıdır. Yine yerel populasyonlar arasında bireylerin göçmesi ile bir gen akışı olur. Ancak aynı ekolojik nişi paylaşan, farklı türlerin gen havuzu arasında hiçbir bağlantı yoktur. Populasyonların genetik yapılarını değiştiren en önemli etmenler olarak a) **Mutasyona uğrayabilirlik**, b) **Doğal seçilim (=seleksiyon)**, c) **Gen akışı (=Göçle=migrasyon)** ve d) **Genetik sürüklenmeyi** verebiliriz. Genetik metaryallerin her türlü kalıtsal değişimi mutasyon olarak ifade edilir. Bu değişim gende ise **gen**; koromozomlarda ise **kromozom mutasyonları** söz konusudur.

3.1.1. Populasyonların Gen Havuzu

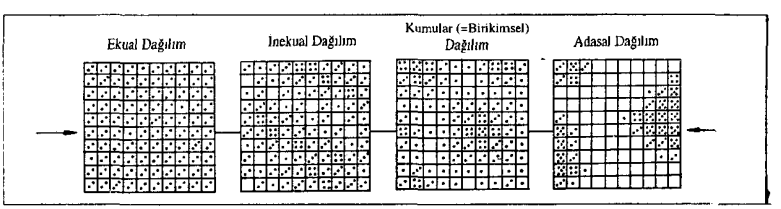
Her hücrenin kromozom sayısı değişirse **Genom Mutasyonu** olur. Tüm bu mutasyonlar kendiliğinden Evrimin temel maddelerini oluşturur.

3.1.2. Bir Populasyonun Bireylerinin Alandaki Dağılımı (=Dispersiyon)

Dispersiyon denince, bir popülasyonun bireylerinin belli bir alandaki yayılışı anlaşılır. Bu yayılış eşit bir şekilde ise buna "**ekual dağılım**" denir. Bu durum doğada görülmez. Daha çok eşit olmayan dağılım; yani **"inekual dağılım"** yaygındır. Bazı önemli ve uygun ekolojik verilerin çok olduğu bölgeler bireylerin çoğu tarafından yeğlenirse, orada bir birikme olur. Bu şekildeki dağılıma **"Kumullar ve adasal dağılım"** denir. Örneğin bireyler besinin optimal olduğu noktaları yeğler (*Şekil 342.1*) Bir populasyonun bireylerinin yayılışının bilinmesi özellikle zararlı türlerde önemlidir. Böylece alanın tamamı yerine o zararlının daha yoğun olduğu bu adacıkta savaş yöntemleri uygulanarak bunlar yok edilir. Bu nedenle adasal yayılışın bilinmesi önemlidir. Bunlar bir bakıma **mikropopulasyondur.**

3.2. BİR POPULASYONUN BÜYÜKLÜĞÜ VE GELİŞMESİ

Bir yaşama alanındaki organizmanın çok sayıda örneği vardır. Tek birey başlıbaşına türün varlığının koruyamaz. Bir türe ait tüm bireyler yaşama alımındaki çoğalma birliği, yani populasyonu oluşturur. Populasyon büyüklüğü ise türe ait bölgedeki bireylerin sayısı ile ölçülür. Populasyonun



Şekil 342.1: Bir populasyondaki bireylerin yayılışı (Schwerdtfeger'den).

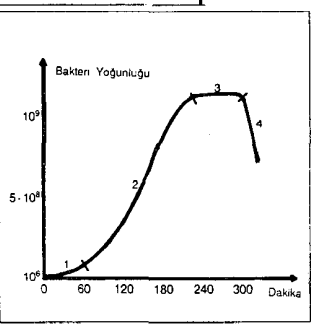
yoğunluğu belli bir alandaki türün bireylerinin sayısıdır. Populasyon kavramı aşağıdaki üç tanıma dayandırılır:

a) Bir ekosistemdeki organizmalar türlere göre sınıflandırılır, ve her populasyon kendi gen havuzunu taşır. Populasyon ekolojisi türlerin ayrımı sorunu ile uğraşır.

b) Populasyonlar az veya çok bireylerden oluşur. Aslında bir populasyon başlangıçta tek bir bireyden meydana gelir.

c) Populasyonların zaman ve mekansal devamlılığı olup diğer populasyonlardan belirgin bir şekilde ayrılır.

Doğada tür populasyon yoğunluğunun üst ve alt sınır yoğunluğuna dikkat edilir (*Şekil 342.2*). Populasyonlar birey sayısı. doğum ve ölümle değişen dinamik sistemlerdir. Bir popülasyonun büyümesini bakteri kültürü ile açıklıyabiliriz: Bakteriler bölünerek çoğalır. Hücre sayısındaki artış bir grafikle gösterilebilir. Zamana göre bakteri sayısının verildiği bir büyüme eğirisi böylece elde edilir (Şekil 342.2)



Şekil 342.2: Bakteri (Vibrio natrigens) populasyonunun büyümesi. 1. Başlangıç dönemi. Hücreler bölünmeye başlıyor (Besin alınması ve enzim sentezi), 2. Çoğalma dönemi: Populasyon çığ gibi büyüyor, 3. Durgunluk dönemi, 4. Gerileme dönemi (oluşandan daha çok bakteri yok olmaktadır) (Linder'den).

Örneğimizde doğum oranı 1'dir, çünkü her dölde 1 000 bakteriye karşılık yeni 1 000 adet bakteri oluşmakta, yani 1 000/1 000 = 1 olmaktadır. Bölünmeden sonra, her 1 000 bakteri için 100 tane ölürse, ölüm oranı 100/1 000 = 0,1 olur. Bu koşul altında büyüme oranı 0,9'dur. Gerçek büyüme (dN), iki misli olma süresinde (dt = 20 dk) ki birey sayısı, mevcut bakteri sayısı (N)'nin ürünü ve büyüme oranından (r) elde edilir: dN/dt = r.N. Bu bir sonraki dölde N+N.r = N (1+r), ikinci dölde N (1+r) + N (1+r).r = N $(1+r)^2$ ve n'ci dölde N $(1+r)^n$ bireydir. Bu eşitlik İngiliz ekonomisti **MALTHUS**'un geçen asırda açıkladığı eksponensiyel büyüme kuramı ile açıklanır. Eksponensiyel büyümedeki patlamayı andıran artış aşağıdaki örnekle açıklanabilir. İki katına çıkma süresi 20 dakika olan bir bakteri, 132 döl, yani 44 saat sonra 2^{132} (=5.10^{39}) döle sahip olurdu. 10^{12} adet bakteri yaklaşık 1 gr'dır. Buna göre bu bakteri, yerkürenin ağırlığı (=5,973.10^{27} gr) kadar bir kütle oluştururdu.

Oysa birçok örnek, değişmeyen bir eksosistemde sınırsız çoğalmanın olamayacağını gösterir. Populasyonun artışı ile birlikte, bu artışı engelleyen faktörler de çoğalır. Bunlardan besin ve yaşama alanının büyüklüğü önemlidir. Populasyonların büyümesini sınırlayan etmenlerin tamamı, *EKOSİSTEM KAPASİTESİ (=K)* ni belirler. Bu kapasite çevreye bağlıdır: Bakterili sıvı daha büyük bir kaba konur ve yeni bir besin eklenirse, populasyon büyümeyi sürdürür. Ta ki daha büyük bir K değeri olan yeni bir denge durumu oluşsun.

Yani büyüme birey sayısının (=N), K değerine yaklaştığına bağlıdır. Bu da aşağıdaki büyüme eşitliği ile ifade edilir:

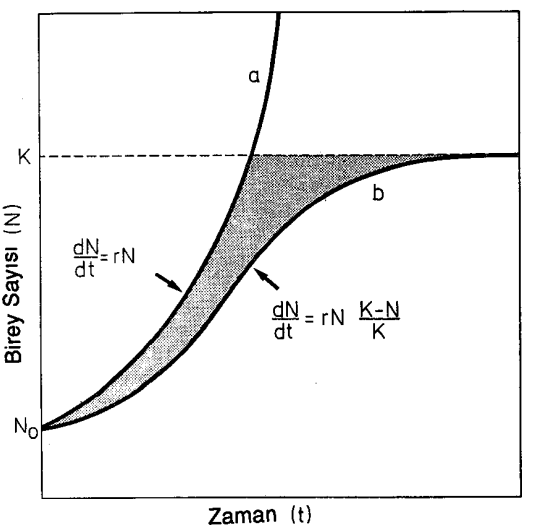
$$\frac{dN}{dt} = r \,.\, N \,.\, \left(\frac{K-N}{K}\right)$$

Eğer N, 0'a yakınsa

$$\frac{K-N}{K} = \frac{K-0}{K} = 1$$

formülü geçerli olup, eksponensiyel büyüme vardır. Ama eğer N, K'nin değerini alırsa

$$\frac{K-N}{K} = \frac{0}{K} = 0$$



Şekil 343.1: Populasyon gelişimi modeli. a) N= N_0e^{rt} ilişkisine göre eksponensiyel büyüme (sınırlayıcı etmenler devre dışı olduğu durumda). b) Lojistik büyüme, K sınırlayıcı kapasitede populasyon büyümesi gözlenen populasyon için veriliyor. Eğer büyüme hızının N'si dN/dt'yi direkt; ekosistemin sözkonusu kapasitesini (K-N) ters orantılı olarak etkilediği düşüncesinden hareket edilirse, N= K/1+K-No/No e^{-rt}) fonksiyonu ile açıklanır. Bunun isminin logaritma veya mantık (=logik) sallıkla ilişkisi yoktur. No, t= 0 iken birey sayısı; r: Populasyonun büyüme oranı.

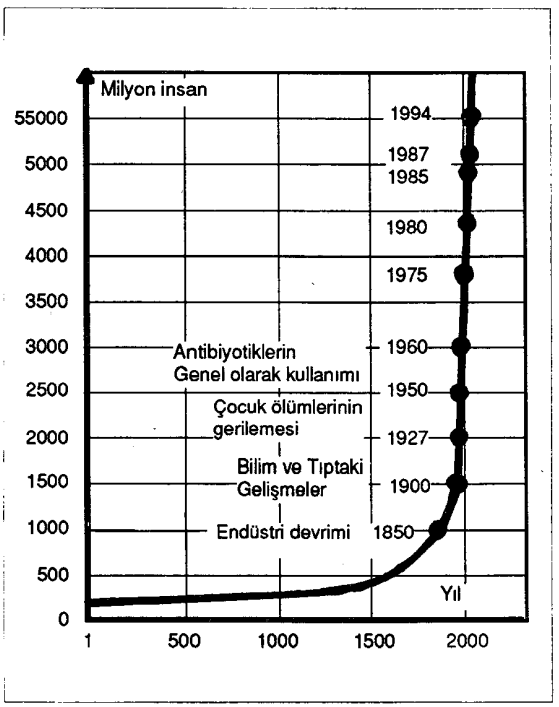
Tablo 344.1 : a) Dünya nüfusunun artışı; b) iki kat olma süresi ve büyüme oranı

a)		b)	
Yıl	Milyar İnsan	İki Katına Çıkma Süresi	Büyüme Oranı
MÖ. 8000	0.05	1650	0.042
MS. 1650	0.5	200	0.35
MS. 1850	1	80	0.875
MS. 1930	2	45	1.56
MS. 1975	4	35	2
MS. 2010	8		

olur ve büyümenin olmadığı bir denge durumu ortaya çıkar. Doğada N, K değerinin üzerine çıkabilir. Bu durumda K–N/K faktörünün işareti negatiftir; yani birey sayısı sürekli azalır ve populasyondaki büyüme negatif olur. Bu kitle halinde üreyen bir zararlı kelebek türü tırtıllarının (örneğin Sünger örücüsü **Limantria dispar**) besin bulamaması sonucu ölmesi örneğinde izlenir. Doyum noktasına ulaşmış populasyon büyümesine *LOJİSTİK BÜYÜME* denir. Bu S- şeklindeki bir grafikle gösterilir *(Şekil 343.1).*

Ekosistem kapasitesi çeşitli çevre etmenlerine bağlıdır. Bu durum deneysel olarak kanıtlanabilir. Laboratuvar koşullarında unböceğini belli bir miktarda besinle besleyelim, yaklaşık üç ay sonra, populasyon belli bir sayıya ulaşınca, büyüme durur. Ancak yeni besin ilavesi ile populasyondaki artış devam eder.

3.2. DÜNYA VE TÜRKİYE NÜFUSUNUN ARTIŞI



Şekil 344.1: Birinci yüzyıldan beri insan nüfusundaki artış.

İnsan nüfusundaki artışı yüzyıllık peryotlarla incelersek, bunun diğer organizmalara göre farklı olduğu anlaşılır. Her saniye 3, günde 250 bin kişi artan dünya nüfusuna, her yıl 100 milyon insan eklenir. İnsan nüfusunun artış oranı sürekli büyürse buna uygun olarak nüfusun iki misli olması için gerekli zaman (=ikiye katlama zamanı) da daima kısalmaktadır. İki kat olma süresi miladi takvim başlangıcında 1 000 yıl iken, bu süre 1980'de 34 yıla inmiştir *(Tablo 344.1).*

İnsan populasyonundaki bu artış *SÜPER EKSPONENSİYEL* bir seyir gösterir. Bu nedenle insan nüfusu 2 000'li yıllara doğru 7 milyar sınırını aşacaktır *(Şekil 344.1).*

İnsan nüfusunun artış grafiğindeki sürekli büyüme ölüm oranının azalması ile ilgilidir. Buna sağlık, beslenme ve sosyal yaşam etkindir. Özellikle tıp, hastalıklarla savaşta önemli aşamalar kaydetmiştir. Ayrıca koruyucu hekimlik (=proflaksi) de gelişmiştir. Ortalama insan ömrü de böylece artmıştır: Örneğin bu yaş 1650'de 30 yıl ve 1870'de 36 yıl iken, bugün yurdumuzda 65, Avrupa'da 72 yıldır.

Nüfus artışı yaşama alanlarını olumsuz yönde etkiler. Açlık, ham madde azalımı ve çevre kirlenmesi o kadar arttı ki, insanlığı tehdit eder boyutlara ulaştı. Nüfus artış hızının üretimin fazla olduğu bölgelerde az oluşu, nüfus artış dağılımının düzenini de bozar. Hindistan, Bangladeş ve Pakistan gibi ülkelerde, nüfus artışı yüksek, üretim az olduğu halde, Avrupa ülkelerinde nüfus artışı az, fakat üretim fazladır. Bugün Dünya Bankası verilerine göre 1 milyar yetersiz beslenen insan, 500 milyon insan ise heran açlıkla karşı karşıyadır.

2 000'li yıllarda doğum oranı belki düşecek ve büyüme eğrisi bir müddet yatay seyredecektir; ama nüfus bugünkünden daha fazla artacaktır, yani yılda 100 milyon sınırı aşılacaktır. Bu sınır 1975'te 75 milyondu. Bu artışın % 90'ını da şimdiki gibi en fakir ülkelerde olacaktır.

Sonu 0 ve 5 ile biten her 5 yılda yapılan nüfus sayımlarına göre yurdumuz 1927-1990 sayımlarındaki nüfus artışını *Tablo 345.1*'de görebiliriz. İlk sayımda km²'ye düşen nüfus yoğunluğu 18 iken, 1990 sayımına göre bu sayı 4,1 misli artmış ve 74'e ulaşmıştır. 1927'de 13 milyon olan nüfusumuz 1960'da iki misli olmuş ve 27 milyona varmıştır. 1960'dan 1990'a kadar geçen 30 yılda elliyedi milyona ulaşmıştır. Bu sayının asrın sonunda 70 milyonu bulacağı sanılmaktadır. Halen 61 milyon nüfusuyla ülkemiz, dünya ülkeleri arasında 16. sırada olup, toplam dünya nüfusu içindeki oranı % 1.10'dur. Nüfus açısından Avrupa'da Almanya'dan sonra ikinci olan Türkiye, binde 2 nüfus artış hızına sahiptir. Bu artış dünya ortalama nüfus artışı olan binde 1,8'den fazladır. Avrupa ülkelerinde nüfus artışı ortalama binde-0,3'tür. Ulaşılan ortalama yaş bizde ve İran'da 67, ABD'de 76, Japonya'da 79'dur.

Her saniyede 20 çocuk doğan ülkemizde, konuyla ilgili bu sayfaların okunması sırasında harcanacak 10 dakikalık sürede 30 çocuk doğmuş olacaktır. Bu oran sürdüğünde nüfusumuz 2020'de 100 milyonu aşacaktır. Oysa esas olan nüfus çokluğu değil, kaliteli insan sayısı çokluğudur.

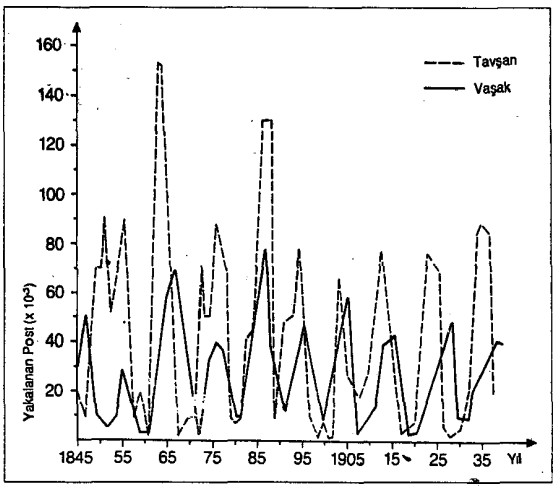
Tablo 345.1 : Türkiye Nüfusunun Sayımlara Göre Dağılımı ve Nüfus Yoğunluğu

Sayım Yılları	Nüfus	Km²'ye düşen nüfüs
1927	13.648.270	18
1935	16.158.018	21
1940	17.820.950	23
1945	18.790.174	24
1950	20.847.188	27
1955	24.064.763	31
1960	27.754.820	36
1965	31.391.421	41
1970	35.605.176	46
1975	40.347.719	52
1980	44.736.957	58
1985	50.664.458	65
1990	57.000.000	74
1998	**63.000.000**	**81**

Ülkemizdeki şehirleşme oranı da hızla artmaktadır. Bu oran 1938'de % 23,5 iken, 1985'de % 53'e ulaşmıştır.

3.3. POPULASYON YOĞUNLUĞUNUN DÜZENLENMESİ

Kanada'da 90 yıl boyunca vaşak ve kar tavşanı postlarının kaydı yapıldı. Bazı yıllarda vaşak, bazı yıllarda da tavşan postunun daha fazla olduğu görüldü. Buradan populasyon büyüklüğü ile ilgili şöyle bir sonuç alındı ve görüldü ki, tavşan postunun fazla olduğu yılları vaşak postunun fazla olduğu yıllar izliyor *(Şekil 346.1)*.



Şekil 346.1: Kar tavşanı ve Kanada vaşağında periyodik populasyon dalgalanmaları.

Matematikçi VOLTERRA 30'lu yıllarda ideal bir model yardımı ile *populasyon sapmalarını* analiz etti. Bu sonuçlar *VOLTERRA'NIN 1. KANUNU* diye açıklandı: "Avcı ve av yoğunluğu diğer sabit koşullarda da periyodik sapma gösterir. Bu arada avcı ve avın populasyon büyüklüğündeki artış maksimum dönem olarak kayabilmektedir.

Matematik model ve buna uygun bilgisayar programında, avcının sadece bir avla beslendiği ve avın da yalnız bir düşmanı olduğu, yani gerçeğe uymayan basit bir modelden hareket edilir. Sapmalar aşağıdaki ilişkiyi gündeme getirir. Avın çoğalması → Avcının çoğalması → Avın azalması → Avcının azalması → Avın artması vs. Bu karşılıklı mekanizma, birey sayısının periyodik olarak değişmesine neden olur. *Bu sapmalara rağmen avcı ve avın ortalama populasyon büyüklüğü uzun sürede korunur. Bir populasyonun ortalama değerlerinin sabit olışu VOLTERRA'NIN 2. KANUNU'dur (Tablo 347.1).*

Laboratuvar deneyleri, arazi gözlemleri ve kar tavşanı ve vaşak örneği de VOLTERRA MODELİ'ni doğrular. Analizler avcı-av sistemlerinin matematik modeli doğadaki populasyon sapmaları açıklamaya yetmez. Örneğin kar tavşanı populasyonun, vaşak tarafından kontrol edildiği yanlıştır. Kar tavşanı populasyonu daha çok, 9-10 yıl aralıklı sapmaları, vaşak populasyonunun bulunmadığı bölgelerde bile gösterir. Bu sapmaların nedeni tam ve açık olarak açıklanmamıştır. Vaşak populasyonu ise tavşan populasyonundaki sapmaya bağlı olarak 10 yıllık bir seyir gösterir.

Tablo 347.1 : Bir Hayvan Türünün Populasyon Yoğunluğu

Yoğunluğu bağlı Sınırlayıcı Etmenler		Populasyonu Düzenleyici Büyüklükler		Düzenlenen Büyüklük	Yoğunluğa Bağımsız Sınırlayıcı Etmenler
Düşman Sayısı	–	Doğum Oranı	+	Populasyon	– Kötü İklim
Sosyal Stres	–	Dış Göç	+	Yoğunluğu	Etkisi
Türdaş Rekabeti	+	Ölüm Oranı	–	+	– Türlerarası
Besin, Yaşama Alanı					Rekabet
vd. Rekabetler	+	İç Göç	+		

\+ ne kadar çok olursa ..... o kadar artar
ne kadar çok olursa ..... o kadar azalır.
– ne kadar çok olursa ..... o kadar azalır.
ne kadar çok olursa ..... o kadar artar.

3.3.1. Yoğunluğa Bağlı Faktörler

Tropik yağmur ormanının birçok bölgesinde olduğu gibi insan etkisinin olmadığı bir ekosistemde, biyosönozun bileşimi uzun yıllar hemen hemen değişmez. Çeşitli populasyon etkisi faktörlerinin sapmaları nedeniyle, populasyon büyüklüklerini ekosistemin kapasitesi uygun olarak durdurur. Yani *BİYOLOJİK BİR DENGE* kurulur.

Fazla değişim göstermeyen bir ekosistem, kendi kendini düzenler. Bu arada yoğunluğa bağlı faktörlerin rolü büyüktür. Eğer bir populasyonun birey sayısı ekosistemin kapasite değeri üzerine çıkarsa, besin noksanlığı izlenir. Bunun sonucunda ölüm oranı artar. Böylece azalan populasyon için besin fazlası ortaya çıkar. Bu da doğumun artmasına neden olur. Belli bir besin miktarının etkisi, populasyon büyüklüğüne bağlıdır. *Bu yüzden besin, YOĞUNLUĞA BAĞIMLI BİR FAKTÖR'dür.*

Buna benzeyen ve düzenleyici rolü olan diğer bir etmen de ekosistemin sunduğu alandır. Birey sayısının artışı alanı daraltır. Bu yüzden *YER BAKIMINDAN SIKIŞMA FAKTÖRÜ*'nden söz edilir *(Tablo 347.2).*

Tablo 347.2 : Populasyon Yoğunluğunu düzenleyen Yoğunluğa Bağımlı ve Bağımsız Etmenler

Yoğunluğa Bağımlı Etmenler	Yoğunluğa Bağımz Etmenler
İntraspesifik Rekabet:	İklim:
Besin Miktarı	Işık
Sıkışıklık Etmeni	Sıcaklık
Yaşama Alanı Tesisi	Nem
Hayvan Göçleri	Rüzgar
Yamyamlık	Toprak
	Besin Kalitesi
Türe Özgü Düşmanlar:	Spesifik Olmayan Düşmanlar:
Yırtıcılar	
Parazitler	Diğer avı tercih eden yırtıcılar
—	
Salgın Hastalıklar	Salgın Olmayan Hastalıklar

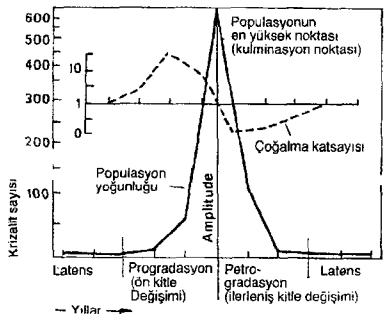
Yoğunluğa bağlı faktörler, yüksek populasyon yoğunluğunda yavaşlayan bir büyümeye yol açar.

3.3.2. Yoğunluğa Bağlı Olmayan Etmenler

Soğuk kış mevsimi hem düşük hem de yüksek populasyonlu yaban hayvanı nüfusunu olumsuz yönde etkiler. Diğer iklim koşulları da populasyon büyüklüğüne bağımlı olmaksızın bir türün nüfusunu değiştirir. Burada yoğunluğa bağlı olmayan etmenlerden söz edilir. Besin kalitesi ve yaşama alanının toprak türü bu faktörlerdendir.

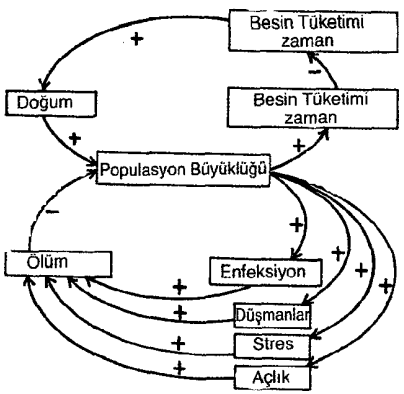
3.3.3. Kitle Değişimi (=Fluktuasyon)

Tarla faresi populasyonunda 3-4 yılda bir, ha'ra 2-3 bireyden 700'e kadar çıkan artış görülür. Bu kitle artışı yaşama alanını küçültür ve baskı faralerde hormonal bozukluklara yol açar ve sürekli uyarılmış halde tutar. Bunun sonucunda bir stres hormonu olan ADRENALİN üretilerek, aktivite artırılır. Stresin bir başka sonucu ise dişinin sterilleşmesi, erkeğin artan saldırganlığı ve kannibalizm (=yamyamlık)dir. Bunlar populasyonun çökmesine neden olur. Bazı bireyler hayatta kalır ve populasyonu tekrar tesis eder. Fare populasyonunun kitlesel değişimi, yoğunluğa bağımlı etmenlerle aktive edilir. Bu, avcı populasyonu sapmalarından etkilenmez. Diğer hayvan türlerinde de kitle üremesi olayı zaman zaman ortaya çıkar. Örneğin meşeliklerde meşe bükücüsü (**Tortrix viridana**) ve ladin ormanlarında, örneğin Doğu Karadeniz'de Posof'ta büyük soymuk böceği (**Dendroctonus micans**)nde belirli aralıklarla kitle değişimi olur (*Şekil 348.2*)



Şekil 348.1: Panoliss fflammea adlı zararlı bir kelebeğin kitle değişim (=*Gradasyon*) eğrisi (Schwerdtfeger'den).

Kitle değişimi, bir populasyondaki birey sayısının dölden döle değişmesidir. Buna zamana bağlı olarak değişim ya da **fluktuasyon** denir (*Şekil 348.1*) Fluktuasyonun özel şekli olan **gradasyonda**, bir zararlı türünün kitle yoğunluğunun artması söz konusudur. Bu durum özellikle tarım-ormancılık alanlarında çok iyi incelenir ve ona göre zararlılarla savaşılır. Gradasyon süresinde öyle bir an gelir ki, zararlı böcekler yiyecek besin bulamaz; bu nokta, zararlının populasyonunun ulaşabildiği en üst düzey olup **kulminasyon noktası adını alır**. Bu noktaya ulaşılınca populasyonun kendi kendini yoketme olgusu devreye girer ve populasyonda azalma başlar. Bu azalma eğilimi söz konusu olursa **retrogradasyon**, çoğalma eğilimine **progradasyon** ve zararsız normal düzeye **latent düzey** adı verilir. Farklı gradasyon tipleri vardır: a) **Permanent Gradasyon**: Sürekli olarak kitle halinde üreyen ve yoğunluğu yüksek olan türlerde izlenir, örneğin elma örücü kelebeği (*Lacpeyresia pomonella*), lahana kelebeği (*Pieris brassicae*); b) **Temporer Gradosyon**: Belirli aralıklarla yüksek yoğunluğa ulaşan zararlı populasyonlarında izlenir. Örneğin; altın kıçlı kelebek (**Euproctis chrysorrhoea**), Tarla faresi (*Micratis arvalis*); c) **Latent Gradasyon:** Bu tip grodasyona sahip türler, hiç bir zaman zararlı olma düzeyine ulaşmaz, örneğin mısır bükücü kelebek (*Pyrausta nubilalis*).



Şekil 348.2: Populasyon büyüklüğünü, doğum ve ölümle düzenleyen etki mekanizmalarının şeması. (+) ve (-) olumlu ve olumsuz nedensel ilişkileri gösteriyor. Her durumda olumsuz bir geri çevrim söz konusudur (Jacobs'dan).

3.4. ZARARLILARLA SAVAŞ

Eğer üretilen besin maddesi miktarı artırılamaz; üretim bölgesel olarak dengeli olmaz ve üretim fazlası programlı dağıtılmazsa, şu anda açlıktan ölme tehlikesi altındaki 500 milyon ve çeşitli beslenme bozukluğu çeken 1.5 milyar insana, daha milyonlar eklenecektir. Bilindiği üzere üretimin 1/3'üne yakın bir kısmı zararlılarca yokedilir. Doğal ekosistemlerde karşılıklı düzenleyici ilişkiler nedeni ile zararlılarca yokedilir. Doğal ekesistemlerde karşılıklı düzenleyici ilişkiler nedeni ile zararlıdan söz edilmediği halde, türce fakir yapay yetişme bölgelerinde kendini düzenleme yeteneği zayıflamıştır. Monokültürlerde (=tek bitki türünden oluşan bölgeler) ise sadece bazı bitki ve hayvan türleri optimal beslenir. Bu nedenle buralarda bir zararlı kolayca kitle halinde çoğalır ve ekonomik zararlara neden olur. Zararlılarla savaş bu yüzden tüm insanlığın sorunudur. Zararlılarla yapılan her türlü savaşın amacı ya onu tamamen ortadan kaldırmak ya da zararını en az düzeye indirmektir. Bu durumda zararlılarla savaş 3 şekilde yapılır. **1. Fiziksel, 2. Kimyasal, (ikisi birden TEKNİK SAVAŞ)** ve **3. Biyolojik Savaş.**

3.4.1. Teknik Savaş

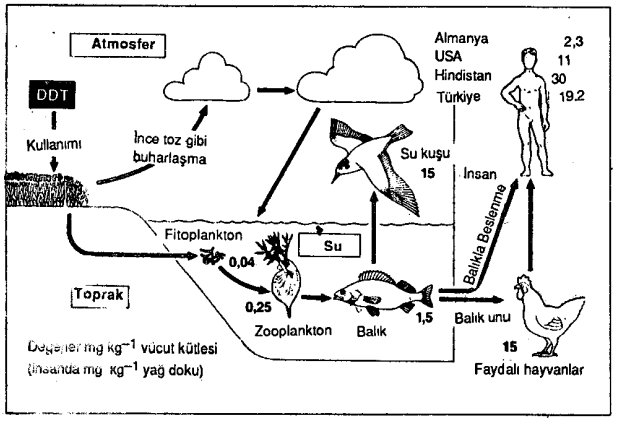
3.4.1.1. Fiziksel Savaş Yöntemi

En eski yöntemler olmalarına rağmen, günümüzde sık sık tatbik edilir. Mekanik usulle, zarara uğramış dal (örneğin çam ve meşe keseböceği, **Tahaumatopoea pityocampa** ve **T. processionea**) keseyle, yumurta kümeleri (halka örücü, **Malacosoma neustria**) ve hastalıklı dallar toplanarak imha edilir. Kabuk böceklerine karşı tuzak ağaçları ve kabukları kullanılır. Çevre şartlarını bozacak, örneğin toprakta kışlayan bir böceğin krizalitlerinin bulunduğu saha, su altında tutularak böcekler öldürülür. Ayrıca ambar zararlılarıyla elektromanyetik enerjiden faydalanılarak savaşılır.

3.4.1.2. Kimyasal Savaş Yöntemi

Zararlılarla savaş tatbiki ekolojinin önemli bir alanıdır. Burada zararlı öldürücü olarak PESTİSİT kullanılır. Pestisitler kullanım objesine göre adlandırılır: Zararlı böceklere karşı kullanılanlara *İNSEKTİSİT,* bakterilere karşı *BAKTERİSİT,* mantarlara karşı *FUNGİSİT,* akarlara karşı *AKARİSİT* ve yabani otlara karşı kullanılanlara *HERBİSİT* denir. Bugün yurdumuzda zararlılara karşı kullanılan kimyasal sayısı 600-700'ü bulur. Kimyasallar ilk dönemde tezek, kükürt ve anorganik maddeler halinde kullanılmıştı. Kükürt halen üzüm küfüne karşı kullanılmaktadır.

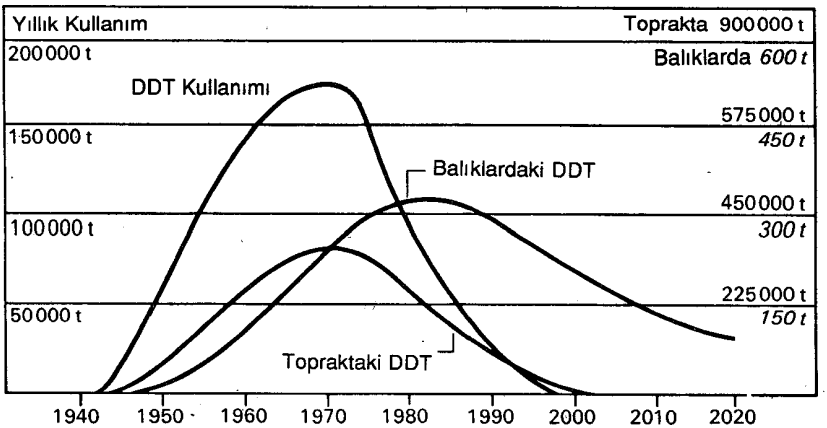
İsviçre'li **PAUL MÜLLER** 1940'lı yıllarda bulduğu DDT (*Dichlor-Diphenyl Trichlorethan)* nin de dahil olduğu *sentetik organik madde*ler devri başladı. Organik zehirler *mide, dokunum* ve *solunum zehirler*ine ayrılır DDT'nin keşfi ile ilk zamanlarda sıtma etkeni Anofel larvalarının kökü kazındı. Üretimi çok ucuz olan bu ilaç, özellikle tarım sektöründe, çığ gibi artan bir şekilde kullanılmaya başlandı. Özellikle II. Dünya Savaşı sonrası DDT'ye kurtarıcı gözüyle bakıldı. Bu durum onun olumsuz yan etkileri alınıp, zamanla insanda kanser yaptığı anlaşılıncaya kadar sürdü. Özellikle doğadaki yıkımının uzun sürdüğü, yıkılsa bile yıkım ürünlerinin de zehirli olduğu, canlıların yağ dokusunda biriktiği; besin zinciri ile ikinci canlılara kolayca geçtiği ve sürekli birikip hastalık ve anormal doğumlara yol açtığı anlaşılınca, birçok ülkede yasaklandı. Yurdumuzda da resmen 1975 yılında üretim ve kullanımı yasaklandı; ama halen çeşitli ürünlerde kalıntılarına, örneğin anasütü ve hayvan sütünde rastlanmakta, mutajen (=kanser yapıcı) ve kanseri aktive edici özelliği tartışılmaktadır. DDT'den en çok nasibini alan kuşlardır. ABD'lerinde karaağaç zararlısına karşı kullanılan DDT, binlerce narbülbülü (**Erithacus rubecula**)nün ölümüne neden olmuştur. Ayrıca toprak solucanlarına biriken DDT ardıç kuşlarını zehirleyip öldürmüştür. Yurdumuzda da her yıl yanlış ilaç kullanımı nedeniyle sayıları 500'lere varan insan ölmekte veya binlerce insan zehirlenmektedir. Birçok ülkede DDT yasağı olmasına rağmen, DDT'ye okyanus sularında bu gün bile rastlanır *(Şekil 350.1 ve 350.2).* Bu bile onun yıkımının ne kadar uzun sürdüğünü gösterir.



Şekil 350.1: DDT'nin besin zincirindeki birikimi.

Günümüzde kimyasalların üretiminde onların iyi bir şekilde yıkılabilir olmasına sıcakkanlılara zarar vermemesine ve az miktarda kullanılıp çok etki yapıcılığına dikkat edilir.

PİRETHROİD'ler etkin maddesi krizantem çiçeğinden elde edilen bir insektisit grubudur. Bunlar daha çok pamukculuk sektöründe ve klasik kimyasalların miktarını onda bire indiren bir oranda kullanılır.



Şekil 350.2: Yerküre ve biyosferdeki 1940'den beri DDT'nın kullanımı ve yayılışı

Bazı gelişmelere rağmen, kimyasalların kullanımı doğal çevrede çok kötü sonuçlar doğurur. Kullanımlarının ekonomik boyutu da büyüktür. Bugün sırf kimyasallara harcanan para yılda yaklaşık çeyrek trilyon lirayı bulur. Bunun yanında kimyasalların bilinçsiz kullanımı ölüm, zehirlenme ve anormal doğumlara neden olur. İlaç kullanımının hemen akabinde satışa sunulan sebze ve meyvalar da tehlike arz eder. Çok iyi yıkayıp soymadan meyva yenmemelidir. İlacın en son kullanımından sonraki *BEKLEME SÜRESİ* genelde iki hafta olmalıdır. Bu sürede ilacın kalıntı miktarı en az düzeye iner. Pestisitler sadece zararlıya değil, onunla aynı yaşama alanını paylaşan ve zararsız olan ve hatta yararlı olan türleri de tamamen öldürür; kolayca suya oradan da balıklara geçer. Poikilotermal balık bu kimyasalları homoiotermal hayvanlardaki gibi vücut sıcaklığı ile yıkamadıkları için, en çok onlar zarar görür.

Bütün bu olumsuzluklar EKOLOJİK SAVAŞI gündeme getirir. Bu iki türlüdür:

3.4.2. Ekolojik Savaş

3.4.2.1. Kültür Yöntemi

Bunlar çevre veya doğanın bir nevi yeniden şekillendirilmesidir. Ama amaç, söz konusu zararlıya elverişsiz yaşam alanı tesis etmektir. Böylece zararlının çoğalması önlenir ve zarar düzeyi azaltılır. Uygun yetişme alanı seçimi, gübreleme ve toprak işleme gibi noktalar dikkate alınarak zararlıdan korunmak mümkün olur.

Zararlılara dayanıklı ırkların yetiştirilip kullanılması da koruyucu (=proflaktik) bir yöntemdir. Çeşitli virütik hastalıklara dirençli patates ve pas mantarına dayanıklı tahıl ırklarının seçimi, bunun için verilebilecek en iyi birer örnektir. Monokültür tesisi yönteminden şiddetle kaçınılmalıdır. Çeşitlilik gösteren bir biyotopta canlı varlığı ve doğal tüketiciler boldur. Monokültürlerde böyle bir durum olmadığı için, zararlı, kısa zamanda çoğalma imkanı bulur. Bu nedenle kültür yöntemlerinin en önemli amaçlarından biri de yaşama alanını çeşitlendirip zararlı yoğunluğunu kontrol eden faktörleri yaratmaktır.

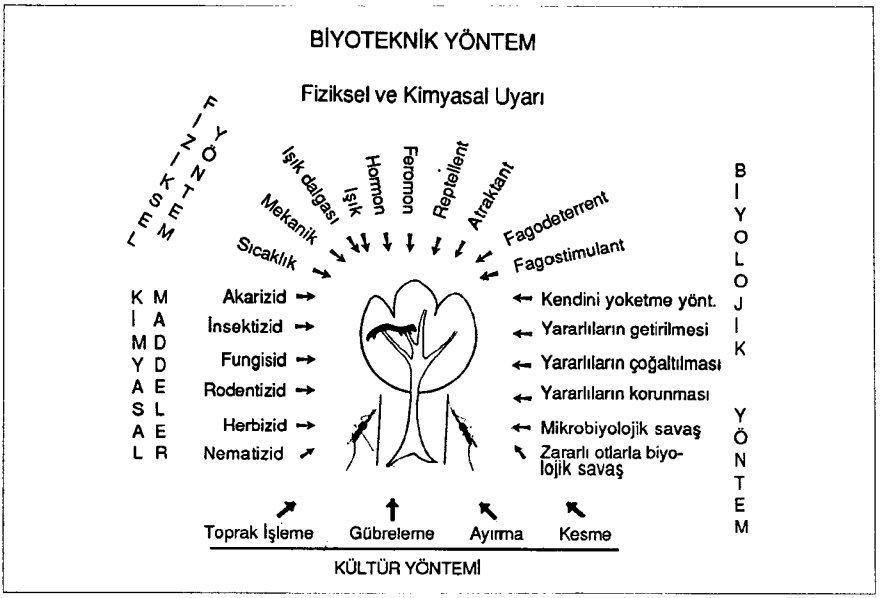
3.4.2.2. Biyolojik Savaş

Zararlılarla kimyasal savaşın, çevrede yol açtığı olumsuz sonuçlar görülünce ona alternatif bir yöntem olarak zararlının populasyonunu ekonomik zarar sınırı altında tutmaya dayanan *BİYOLOJİK SAVAŞ* yöntemleri bulundu. Biyolojik savaşın bir metodu, zararlıyı özel olarak yokeden canlıyı, yani onun düşmanını geliştirmeye dayanır.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Sen Jose kalkanlı meyva biti Amerika'dan Avrupa'ya taşındı. Meyva ağaçlarına arız olarak onları emen ve emerken de zehirli bir madde salgılayan bu bit meyva ağaçlarına önemli zararlar verdi. Zarar, Amerika'da Sen Jose bitinin paraziti getirilerek kontrol altına alındı.

Biyolojik savaşta başka bir yöntem de hastalık yapıcı bir bakteri olan **Bacillus thurigiensis**'in preparatlarının zararlılara karşı kullanılmasıdır. Bu bakteri sadece zararlı kelebek tırtıllarını yok eder, faydalı böcek, örümcek ve arı faunasında zarar yapmaz. Bu yöntem daha çok *ENTEGRE BİTKİ KORUMASI* çerçevesinde kullanılır *(Şekil 352.1)*. Bu yöntemden çeşitli metotlar kombine edilir ve böylece zararlının ekonomik olmayan zarar düzeyinde tutulması sağlanır. Bunun için zararlının populasyon dalgalanmaları uzun süre izlenir. *Zararlı ile biyolojik savaşta , MASRAF-FAYDA analizi yapılır.* Özellikle meşe gibi sürgün yapan yapraklı ağaç ormanlarında bazen zararlıyla savaş masrafları yüksek olabilir. O zaman mücadeleden vazgeçilir.

Bu anlatılan yöntemlerden başka bugün çok kullanılan bir başka yöntem de *BİYOTEKNİK YÖNTEM*"dir. Bu yöntemde sentetik hormon ve eşey hormonu *(=feromon)* kullanılır. Yapay olarak üretilen bu hormonlardan deri değiştirme döneminde etkili olan ve *DİMİLİN* adı verilen hormonla birçok zararlıda başarılı olunmuştur.



Şekil 352.1: Entegre bitki korumada zararlılarla savaş yöntemleri (Franz ve Krieg'den).

Hormon deri değiştirme mekanizmasını bozup, eski derinin hayvanın vücudundan atılmasını engeller. Gelişemeyen tırtıl zamanla ölür. Sentetik olarak elde edilen eşey hormonları tuzaklarda kullanılır. Oraya gelen zararlı da tuzakta yakalanır ve imha edilir.

4. EKOSİSTEMLER

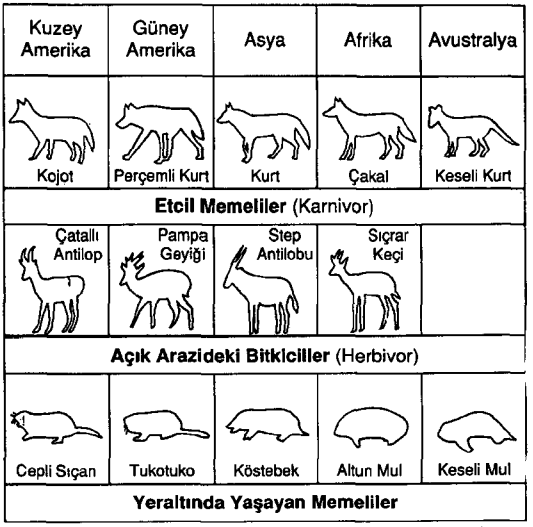
4.1. EKOLOJİK NİŞ

Tropik yağmur ormanı tür çeşitliliği ile dikkati çeker. Ama kerkenez, şahin ya da benzeri hiçbir yırtıcı kuşu bu orman üzerinde uçarken izleyemeyiz. Yerdeki sık bitki örtüsü onların avlarını görmesini engeller. Yani tropik yağmur ormanı, avını yerde yakalayıp beslenen yırtıcı kuşlara beslenme ve dolayısıyla yaşama imkanı vermez.

Anadolunun farklı yaşama alanlarında çeşitli canlılar yaşar. Bundan anlaşılan şudur; bir ekosistemdeki biyotik ve abiyotik etmenlerin çok yönlü etkileşmesi oradaki yaşamı mümkün kılar. Organizma böyle planlı bir bölgede yaşarsa, *kendisi için bir EKOLOJİK NİŞ oluşturur. Yani aynı şekilde ve benzer organizmalarla beslenen iki türün aynı planlı bölgede yaşaması mümkün olmaz. Birinden biri orayı terk etmek zorunda kalır. Genellikle de güçsüz olan tür, planlı bölgeyi terkeder.*

Aslında ekolojik niş kavramı bir alanı belirlemeyip organizma ve çevresi arasındaki karşılıklı ilişki sistemini ifade eder.

Ekolojik nişi bir türün ekosistemdeki mesleği olarak ifade edebiliriz. Niş oluşturma özel beslenme şekli, belli sıcaklık isteği, özel yaşama alanı ve benzer koşullarla gerçekleşir. Bir ekosistemde ne kadar çok niş imkanı (=planlı bölge) varsa, eko-



Şekil 353.1: Birbirine eşdeğer ekolojik nişler (Linder'den).

sistem tür bakımından o kadar zengindir.

Bir ekosistemde tüm iş kadroları (=planlı bölgeler) optimal olarak her zaman işgal edilmez. Bu yüzden oraya yeni gelip diğer türlere zarar vermeyen türler çoğalarak sağlam bir populasyon oluşturur. Avusturalya'da hiç bulunmayan tavşanın orada yaygınlaşması ve Amerika Teksas kaktüslerinin Akdeniz Bölgesinde yetişmesi bu bakımdan birer örnektir.

Yeryüzünün çeşitli kıtalarında geniş alanlarda abiyotik ve biyotik koşulları birbirine benzer bölgeler vardır. Bu yüzden *ekolojik plan* bölgelerinde bir eşdeğerlik söz konusudur. Örneğin Güney Amerika, Afrika, Asya ve Avusturalya'da tropik yağmur ormanları, step ve çöller vardır. Kıtaların jeolojik gelişimine bağlı olarak, hayvan ve bitkilerin kendilerine özgü evrimi, benzer ekolojik nişlerin farklı türlerle işgaline yol açmıştır *(Şekil 353.1)*.

4.1.1. Aynı Yaşama Alanının Farklı Kullanımı ile Niş Oluşturma Olanakları

Bu olanakları aşağıdaki örneklerle açıklayabiliriz:

A) Aktivite zamanının farklı olması sonucu yeni niş oluşturma; örneğin yırtıcı kuş ve baykuşlar.

B) Besin bakımından niş oluşturma:

a) Özellikle akraba yırtıcı hayvan türlerinde olduğu gibi, *farklı irilikte besin yenmesi.* Yırtıcı hayvan türlerinin farklı büyüklükte oluşu, farklı büyüklükte av veya besin alınmasına yol açar: Örneğin:

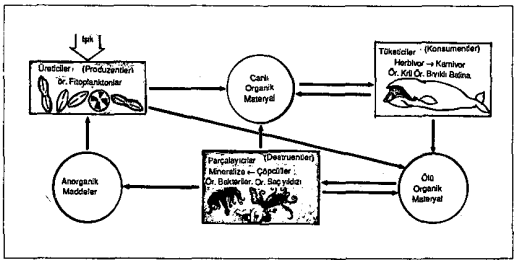
Tilki (küçük) Kurt (büyük)
Atmaca (küçük) Doğan (büyük)

b) *Besin aramanın farklı bölgelerde olması;* örneğin büyük baştankara besininin çoğunu yerde ve ağacın iç tacında aradığı halde, mavi veya çam baştankarası dal ucunda arar.

c) *Parazitlerin konukcu vücudunun belli bölgelerine özelleşmesi;* örneğin insanda kafa biti, giyim eşyası biti ve eşeysel organ biti gibi.

C) Sıcaklığa bağlı olarak niş oluşturma: *Planaria alpina* derenin suyunun soğuk olduğu üst kısımda, *Planaria gonocephala* derenin orta ve alt kısmında nişini oluşturur.

D) Çiftleşme davranışı bakımından niş oluşturma; çiftleşme ve yavru bakı-



Şekil 354.1: Ekosistemde madde akışı.

mından farklı zamanlarda oluşur; örneğin bu, çeşitli deniz kırlangıçlarında farklı olmaktadır.

Aynı bölgeyi paylaşan iki tür arasında rekabet vardır. Rekabet yeteneği fazla tür, diğerini alt edip onun yararlanacağı nişi işgal eder. Beslenme ve yaşama istekleri farklı türler ancak aynı nişi kullanabilir.

4.2. EKOSİSTEMDEKİ BESLENME İLİŞKİLERİ

Antartika denizinde *FİTOPLANKTON → KRİL → SAKALLI BALİNA* arasında bir besin zinciri vardır. Bu ilişki aşağıdaki gibi genelleştirilir: *YEŞİL BİTKİ → HERBİVOR (=Bitkisel Besinlerle beslenen)→KARNİVOR (=Hayvansal besinlerle beslenen).* Kril penguen ve deniz öküzü tarafından da yenir. Fitoplankton ise sadece krilin değil aynı zamanda balıkların da besinini oluşturur.

Organizmalar arasındaki beslenme ilişkileri ekosistemdeki madde akışını belirginleştirir. Bu madde akışı vasıtası ile canlılar abiyotik çevre ile ilişkidedir. *Her ekosistem işlevleri farklı üç organizma grubuna sahiptir:* Bunlar şöyle sıralanır:

4.2.1. Üreticiler (=Produsentler)

Bunlar anorganik materyali işleyerek organik madde üretir. Burada esas unsur *FOTOSENTEZ* olayıdır. Bunlar ilk üretici bitkiler olup, diğer canlıların beslenmesi için organik besin yapar.

4.2.2. Tüketiciler (=Konsumentler)

Bunlar üreticilerin yaptığı organik maddeyle beslenir. Primer tüketiciler, yani bitkisel besinle beslenen (=Herbivor)ler ve sekonder tüketiciler, yani etcil (=Karnivor)ler diye iki gruba ayrılır.

4.2.3. Parçalayıcılar (=Destruentler)

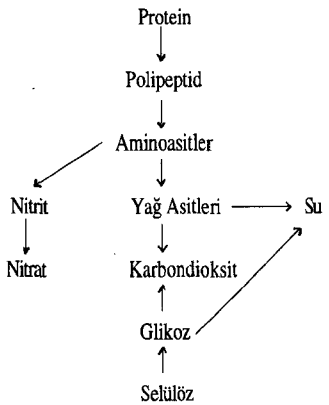
Ölü ve atık organik maddelerin ekosistemde yıkım ve parçalanmasını *(Tablo 355.1)* üstlenen canlılardır. Çöp ve atık, örneğin *leş ve pislik yiyicilere SAPROVOR denir,* ama bunlar da bizzat organik madde salgılar. Mantar ve bakteri gibi canlılar organik maddeleri anorganik bileşiklere yıkar. Bu bileşikler tekrar kullanılmak üzere biyomasa katılır. Böylece parçalayıcıların devreye girip işleve katılması ile ekosistemdeki madde akışı da tamamlanır *(Şekil 354.1)*

4.3. MADDE ÇEVRİMİ VE ENERJİ AKIŞI

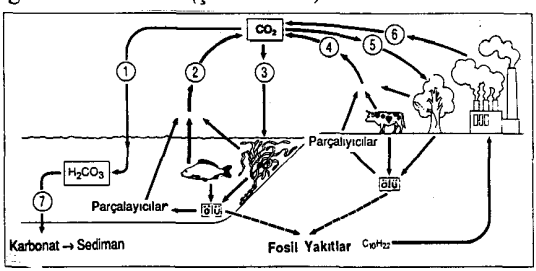
4.3.1. Karbon Çevrimi

Organik bileşiklerin çoğu karbon içerir. Organizmaların en önemli C kaynağı,

Tablo 355.1: Parçalayıcıların besin maddelerini biyolojik olarak yıkması



hava ve sudaki CO_2'dir. CO_2 fotosentezle ototrof canlılara bağlanır. Solunum ve diğer yıkım prosesleri ile biyomasdaki CO_2 tekrar serbestleşir. Bu şekilde oluşan biyolojik karbon çevrimi dengelenir. Bununla birlikte son yıllarda fosil yakıtların fazlaca kullanımı ve insanın diğer müdahaleleri sonucu, havadaki CO_2 miktarı her geçen gün daha da artar *(Şekil 355.1).*



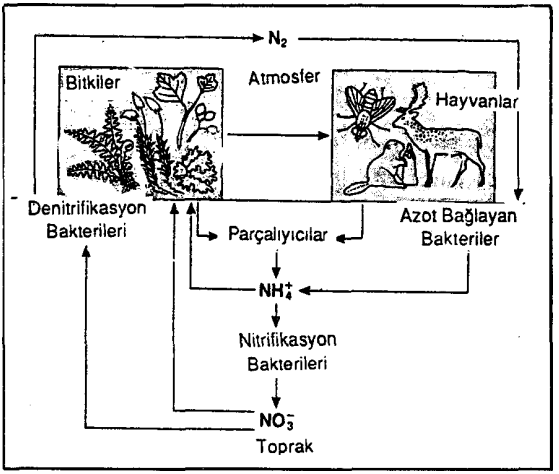
Şekil 355.1: Karbon çevrimi.

Bitkiler N çevriminde de ototrof organizma rolünü oynar. Bunlar anorganik nitrat iyonunu diğer N bileşiklerine dönüştürür. Hayvanlar ve diğer N heterotrof organizmaları, besinle aldıkları bu organik maddeye muhtaçtır. Destruentlerle organik atıkların parçalanmasında özellikle amonyum iyonu serbestleşir. Bu, nitrifikasyon bakterileri tarafından nitrat iyonuna dönüştürülür. Böylece N çevrimi tamamlanır. Biyosferde *DENİTRİFİKASYON*la bir bakteriyel olay olur. Bu, toprak ve sudaki azot miktarını artırır. Nitrat iyonu birçok canlı için kullanılamaz olan moleküler azota indirgenir *(Şekil 356.1).*

4.3.2. Yumru Bakterilerin Azotu Bağlaması

Eğer yonca, acı bakla ve diğer baklagillerden herhangi birinin kökü kazılırsa, küçük kabartılar görülür. Bunlar kök yumrusu olup hücrelerinde *RİZOBİOM* cinsi endosimbiyotik bakterilere sahiptir. Ayrıca bu bakteriler havadaki moleküler azotu bağlar ve konukçunun kullanımına sunar. Bitki ise onlara fotosentezle organik madde sağlar.

Bitkiler nitrata ihtiyaç duyar. Çiftçi yumru bakterileri ile bitki arasındaki bu simbiyotik ilişkiye, ara besin olarak baklagillerden fiğ vs. ekerek yararlanır. Bu ka-



Şekil 356.1: Azot çevrimi.

nalla azot kazancı yılda ha'ra 300 kg'ı bulur. Biyolojik olarak bu yolla üretilen, azot fiksasyonu, suni yolla elde edilen sınai N gübresinden daha çoktur.

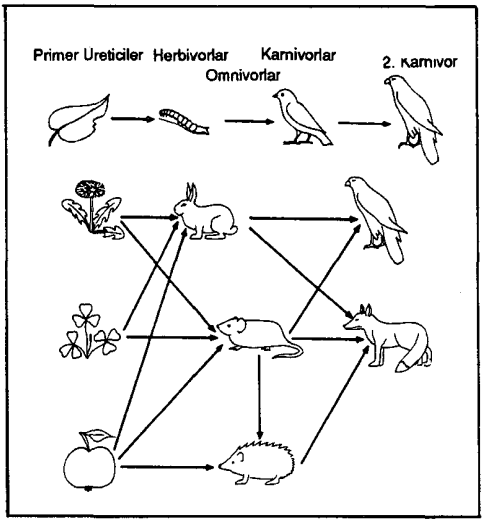
4.4.EKOSİSTEMLERDE ÜRETİM

Ekosistemin madde ve enerji bütçesini tesbit için tüm organizmaların biyolojik kütleleri saptanır. Bu en basitinden kilogramdaki canlı ve kuru kütlenin ölçülmesi ile olur. Organik madde yakılabileceğinden ve bu arada her ağırlık birimi için belli bir sıcaklık serbestleşeceğinden, biyolojik kütledeki enerji içeriği kilojul olarak verilebilir. Örneğin 1 gr bitkisel kuru kütle 16 500- 21 000 kJ'a, 1 gr hayvansal kuru kütle ise 20 500-25 000 kJ enerjiye eşdeğerdir.

İnsan eli değmemiş bir ekosistemde, abiyotik ve biyotik etmenler belli değişimler dışında uzun yıllar sabit kalır. Bu değişmezliğe rağmen ekosistemde sürekli madde değişim ve enerjiye dönüşüm gibi dinamik olaylar olur. Bu dinamizm için esas koşul enerjice zengin organik bileşikler şeklinde biyomas üretimidir. Belli bir zamanda ve alanda üretilen yeni biyomas *BÜRÜT PRİMER ÜRETİM* olarak ifade edilir. Bitkilere gelen güneş enerjisinin ancak % 1-3'ü kullanılır. Bitkisel üretimin bir bölümü bizzat bitki tarafından kullanılır. Geri kalanı ise bitkinin büyüme ve depolamasına harcanır. Bu, ekosistemin tüm canlılarının enerji ve madde ihtiyacını karşılar. Bitkilerin ürettiği bitkisel biyomasın korunan bölümüne *NET PRİMER ÜRETİM* denir. Bu tüketicilerin primer besin kaynağını oluşturur. Yeryüzünde bitkilerin ürettiği net primer üretim $1{,}54.10^{11}$

Tablo 356.1: Ekosistemlerdeki Net pirimer üretim

Ekosistemler	Alan (%)	Net Primer Üretim (Kuru Ağırlık) gr/m2 Yıl	Alan Miktarı 10^{12} kg/yıl
Kıtalar:	29.2	730	109.0
Tropik Ormanlar	3.9	2000	40.0
Ilıman Kuşak Ormanları	2.4	800	9.6
Savanlar	2.9	700	10.5
Yarı Çöl	3.5	70	1.3
Çayırlık	1.7	500	4.5
Kültür Alanı	2.8	650	9.1
Okyanuslar:	70.8	15.5	55.0
Kıyı Zonu	5.3	350	9.5
Açık Deniz	65.1	125	41.5
Atöl. Sığ. Su	0.4	2000	4.0
Toplam Yerküre 510.10^6 km2		320	164.0



Şekil 357.1: Orman kenarındaki bir çalılıkta izleyebileceğimiz bir besin zincirinden örnekler. Birçok halkalar son organizmaya bizi götürür (*tilki, yırtıcı kuş, yılan*) Besin zincirleri arasındaki bağlantılar, besin ağını oluşturur (Rensing'den).

ton kuru kütle olarak bitkisel biyomastır. Net üretim çok hızlı büyüyen bir yıllık türlerde çok büyüktür *(Tablo 356.1).*

4.4.1. Besin Zinciri ve Besin Ağı

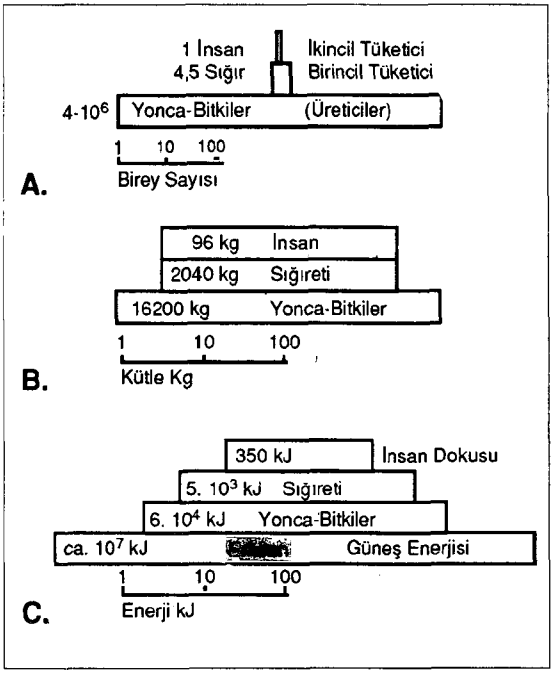
Madde akışı ve enerji dönüşümü besin zinciri kanalı ile gerçekleşir. Bir gencin tamamen etle beslenmesi halinde yılda 4,5 dana yiyeceği hesaplanmıştır. 4,5 dana ise 4 000 m^2'lik, yaklaşık 5 milyon yoncanın yetiştiği alandaki besini yiyerek beslenir. Besin zincirini oluşturan birimleri şu şekilde ifade edebiliriz: *Yonca → Dana → İnsan.* 5 üyeli bir besin zinciri de şöyle olabilir: *Elma ağacı → yaprak biti → uçuç böceği larvası → karabaş ötleğen kuşu → yuva yırtıcısı olarak saksağan.* Bir tür, parazitleri ele almazsak, birçok türü yiyerek beslenir. Böylece besin zincirlerinden oluşan bir besin ağı oluşturulur *(Şekil 357.1).* Bu basamaklar bir piramidi andırır. Değerler, bir besin basamağından diğerine doğru azalır. Eğer biyomas veya üretim temel alınırsa *EKOLOJİK PİRAMİD*'ler elde edilir. Besin zinciri ile madde akışı daima enerji akışı ile ilişkidedir. Bu enerji güneş ışınından elde edilir ve sadece yeryüzüne gelen kısmının % 1'i brüt primer üretim için fotosentezde kullanılır. Bu yeşil alan ekosistemi için, mera bitkilerinin her m^2'de günde 70 kJ enerji bağladığı anlamına gelir. Fotosentez üretiminin bir kısmı solunumla kullanılır. % 60'ı çöp olarak dışarıya atılır.

Ekosistemde tam dönüşümünden sonra brüt primer üretim, canlıların kullanmayacağı sıcaklığa dönüşür. Bu nedenle ekosistemler dışarıdan gelen enerjiye bağımlıdır *(Şekil 358.1.1).*

4.5. ORMAN EKOSİSTEMİ

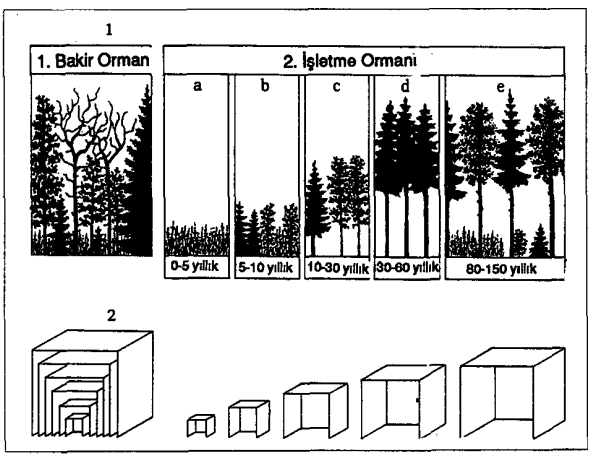
4.5.1. Ormanın Yapısı ve Gelişimi

Orta Avrupa ve ülkemiz doğal ormanlarında, ibrelilerin oynadığı rol azdır. Zamanla kullanma ihtiyacı nedeniyle doğal orman yapısı değiştirilerek diğer orman şekileri ortaya çıkmıştır. Baltalık ve korulu baltalık ormanı, yakacak odun ihtiyacını karşılar. Bu ormanlarda her 10-20 yılda bir, yapraklı ormanın bir kısmı kesilir. Kesilen gövdeden çıkan sürgünler, zamanla *direklik ormanı* oluşturur. Bunların en iyi gelişenleri korunursa, korulu baltalık ormanı tesis edilmiş olur. Bu ormanlar da iyi korunup bakılırsa *tohumluk orman* veya *koru ormanı* gelişir. Buradaki ağaçların



Şekil 358.1: Ekolojik piramidin üç farklı tipinin, bir besin zinciri ile şematik olarak gösterilmesi. A- Birey sayısı; B- Biyolojik kitle piramidi; C- Enerji piramidi.

kesilip, yerlerine yenilerinin dikilmesi gerekir.



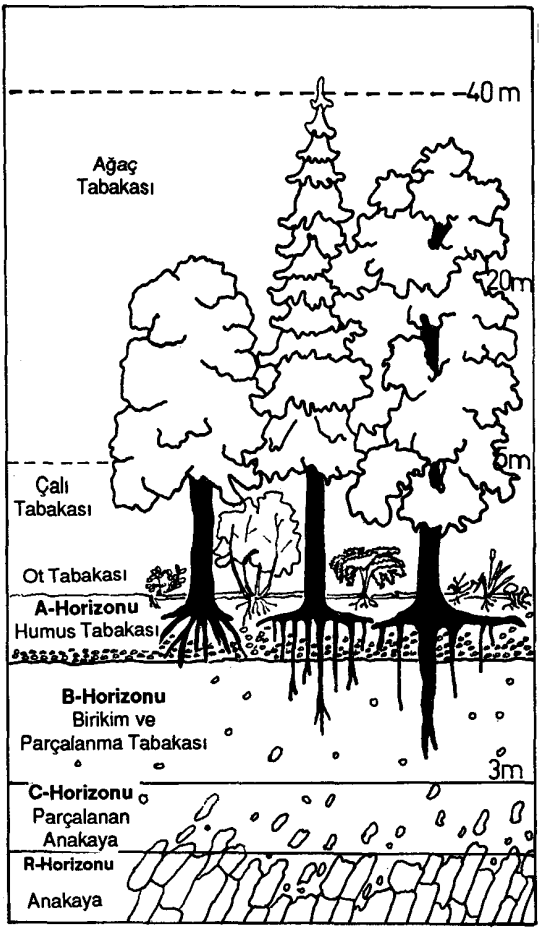
Şekil 358.2. Bakir ve işletme ormanını karşılaştırılması. 1) Bakir ormanda her yaş ve sınıftan bitki vardır. 2) İşletme ormanında ise belli yaşlarda ağaçlar bulunur.

bazıları artımın olmadığı ve *İDARE MÜDDETİ* denen sürenin bitiminde belli bir plan dahilinde kesilir. Her ağaç türünün idare müddeti farklıdır.

Çeşitli gereksinimler için doğal karışık ormanın ihtiyacı karşılayamadığı anlaşılınca, son 100 - 200 yılda, iyi gelişen ve ekonomik değeri olan türler seçilerek, monokültürler kurulmuştur. Avrupa'da bu şekilde saf ladin ve çam ormanları geniş alanları kaplar.

Gerek yurdumuz, gerekse Avrupa'daki ormanların flora ve faunası incelendiğinde, bakir ormanların, işletme ormanına göre daha zengin olduğu görülür. *Şekil 358.2*'de bakir orman ve işletme ormanındaki yaş sınıfları işletme şekilleri; yani belli bir alana dikilip yetiştirilen orman ağaçlarının belli bir süreç (idare müddeti) geçtikten sonra

Ama bir sürü tehlike bu monokültürleri tehdit eder. Örneğin kar ve fırtına devriği ile orman yangını monokültürlerde çok kötü sonuçlar doğurur. Ayrıca bu tip ormanlar çeşitli zararlı böcek türlerine en iyi beslenme imkanı verir. Tek düze ekosistem özelliği gösteren bu ormanlar, doğal tüketiciler, yani böcekcil kuş ve diğer böcekcil hayvanlara optimal yaşama imkanı vermez. Bu nedenle, doğal düzenleme mekanizması da zararlılara karşı yetersiz kalır. Özellikle kabuk böcekleri bu tip ormanlar-



Şekil 359.1: Ormanın ve toprağın tabakalı yapısı.

da önemli zararlar yapar. Bütün bunlardan başka asit yağmurlarından en çok etkilenen ormanlar da monokültürlerdir. İklime uygun olarak şekillenen birçok orman tipi vardır.

Karışık doğal ormana benzeyen orman tesisi, uzun sürede en ekonomik olanıdır. Böyle ormanlarda iyi bir tabaka yapılaşması görülür *(Şekil 359.1)*. Bu tabakalaşma ne kadar çeşitli ve güçlü olursa, ekolojik plan bölgeleri de, o kadar zengin olur. Bu durum ise zengin tür topluluklarını ve beslenme zincirlerini oluşturur. Oldukça tekdüze olan kayın ormanında 4 000 bitki (3 000 mantar ve 2 000 tohumlu bitki türü) türü ve 7 000 hayvan (bunların 5 200'ü böcek) türü yaşar.

4.5.2. Ormanda Madde Dönüşümü

Ormanın üretimi gövde, dal ve yaprak gibi topraküstü kısımlarındaki artımdan oluşur. Bu, ormanın yaşı ve bileşimine bağlı olarak yılda hektara 9 ile 16 t arasında kuru kütledir. Kuru kütle denince su alındıktan sonra geriye kalan *BİYOMAS (=biyolojik kütle)* anlaşılır. Artımın yaklaşık 4-6 tonu her vejetasyon dönemi sonunda toprağa verilir. Ölen bu maddeler topraktaki destruentlerin besinidir. Biyomasın parçalanmasına birçok toprak organizması katılır. Bunlardan toprak solucanı düşen yaprağı alıp parçalayan ilk canlılardan biridir. Bir ha yapraklı orman toprağında 250 000 toprak solucanı bulunur. Biyomasın bir bölümü de toprak organizmalarınca yüksek moleküllü bir organik madde olan *HUMİN*'e dönüştürülür. Bu ise *HUMUS*'u meydana getirir. Başka bir kısmı mineralize olur. Bu arada anorganik besin serbestleşir. Bunu da bitkiler kök sistemleri üzerinden tekrar alırlar. Bunlar üreticiler tarafından yeni organik madde üretiminde kullanılır. Madde döngüsü böylece sona erer.

4.5.3. Ormanın İşlevleri

Ağaç hammaddesi olarak ormanın rolü büyüktür. Bunun dışında insanlarımıza iş imkanı verir. Yurdumuzun 77 056 192 hektar olan genel alanında ormanlık alan 20 199 296 hektar olup bu da ormanlarımızın yurdumuz genel alanının % 26'sını oluşturması demektir. Bu alanın % 44'ü (8,9 milyon ha) verimli (genel alana oranı % 11,4), % 56'sı (11,3 milyon ha) verimsizdir. Ormancılık sektörünün milli gelir içindeki payı binde 17,5'dir. Yurdumuzda ortalama 28 milyon m^3 yakacak odun üretilir. Yurdumuz ormanlarının % 55'i yapraklı, % 45'i ibreli ağaç ormanıdır. Orman ekonomik işlevleri yanında, bir dizi ekolojik görevi de üstlenir. Örneğin toprak erozyununu önler. Ağaçların sık kök sistemi ile bir arada tutulan toprağın akıp gitmesi engellenir. Özellikle meyilli arazilerde bu durum önemlidir. Böylece ani yağışlarda üst toprak kayıp gitmez. Orman toprağı porları ve ağacın kök sistemi ile yağışı biriktirir ve bilahare kullanır. Bu şekilde 1 m^3 orman toprağı 200 lt su depolar. Orman toprağının suyu tutması sonucu, nehir ve denizlere çamur ve birikinti geçmez ve su baskınları büyük ölçüde önlenir. Dağlık bölgelerde, örneğin Uludağ'da, orman çığ tehlikesini de engeller.

Ormanlar yerleşim alanlarına yakın bölgelerde *Su Koruma Bölgesi* olarak da önemlidir. Orman toprağının depoladığı su doğal olarak filtrelenir ve zararlı maddelerden arınarak kısmen taban suyuna geçer. Buradan iyi ve kaliteli içme suyu kazanılır. Orman üzerinden buharlaşma ile çıkan su kütlesi nedeniyle, orman çevresinin nem ve sıcaklığını etkiler ve dengeler. İlaveten orman ağaçlarının fotosentez etkisi havanın O_2 ce zenginleşmesini sağlar. Böylece temiz, nemli ve sağlıklı bir orman havası temin edilir.

Orman büyük yüzeyi ile havadaki zararlı maddeleri çeker. Bu filtrasyon ile ormandaki zararlı madde depolanması açık araziye göre 20 kat fazladır. Ormanın bu özelliği ise zararlı maddelerden çok etkilenmesine neden olur.

Ormanın bir başka önemi ise dinlenme ve rekreasyon özelliğidir. Ormanlar göllerle birlikte en önemli gezme ve piknik yapma alanlarıdır. İstatistiklere göre her orman, yılda 168 kişiye rekreaktif hizmet sunabilir. Büyük alanlı orman bölgeleri turizm ve konaklama amaçlı olarak doğal park adı altında korunur. Bugün yurdumuzda bu şekilde koruma altına alınmış 32 adet MİLLİ PARK vardır. Bunların genel toplam alanı 900.000 ha'dır. Gelişmiş ülkelerde korunan alanlar ülke yüzölçümünün %5-7'si kadar olmalıdır. Türkiye'de bu oran sadece %1 dolayındadır. Ayrıca av koruma ve üretme alan sayısı 83 olup, 1.5 milyon hektarlık sahayı kapsar. Yurdumuzdaki ormaniçi dinlenme alanı sayısı ise 338'dir.

Ormanın insana sunduğu bu çok yönlü fayda, onun zamanla zarar görmesine neden olmuştur. Buralarda piknik sonrası çöplerin, şişe ve cam kırıklarının gelişigüzel terkedilmesi, ormanın varlığını tehdit eder. Bunun dışında, insanımızın hala ormanı bilinçli kullanamama sonucu işlediği suç sayısı son 14 yılda 33 494 adedi bulmuştur. Bunlar ormaniçi yerleşme ve ormanda otlatma ile ilgili suçlar olup ormandaki açmalar da bu suçlara dahil edilebilir. Ayrıca bilinmeden, bazen de kundaklama amacı ile bilinçli bir şekilde atılan bir kibrit ya da yanan bir izmarit binlerce hektarlık orman alanının çok kısa sürede yanıp kül olmasına yol açar. Ormanla birlikte, ormanda yaşayan fauna da yok olur. Orman yangınları, ortalama sıcaklığın en yüksek ve rutubetin en düşük olduğu aylar olan haziran-ağustos arasında çok artar. Bu şekilde 1977-87 döneminde yurdumuzda çıkan orman yangını sayısı 14 091 adet olarak belirlenmiş olup, bu yolla 8 263 210 m^3 odun emvali yok olmuştur. Yanan or-

manlık alan 158 870 bin ha'dır. Yangın olan ormanlık alanların derhal ağaçlandırması yapılır. Bu amaçla 1982-88 yılları arasında toplam 3,5 milyon ha alan ağaçlandırılmış ve yanan bu bölgelerin bir an önce tekrar ormanlaşmasına çalışılmıştır.

4.6. ASİT YAĞMURU VE ORMAN ÖLÜMÜ

Yetmişli yılların başında Orta Avrupa ülkeleri ve özellikle Almanya'da göknarlarda bazı hastalık belirtileri izlendi. Bu belirtiler, diğerlerinden farklıydı. Daha sonra aynı belirtiler ladinde görüldü. Seksenli yılların başında bu hastalığa yapraklı bitkilerde de rastlandı.

Hastalanan göknarlar önce, ilk 12 yıllık sürgünlerini kaybeder. Dökülen ibreler nedeni ile taç kısmı açılmaya başlar. Artım kaybı görülerek, üstte leylek yuvasını andıran taca dönüşüm olur. Bunun akabinde taç ölür ve ağaç da kurur.

Ladinde ise hastalık önce 6-10 yaşlı sürgünlerde, kuvvetli ibre kaybı ile başlar. İbre kaybı tepenin açılmasına ve daha fazla ışığın girmesine neden olur. Sonuçta da ağaçlar ölmeye başlar. Çamda da ilk 4 yıllık sürgünler atılmaya başlar ve taç her geçen gün biraz daha fazla ölüme yaklaşır.

Bu hastalık, çok sayıda faktörün birlikte etki yapması ile ortaya çıkar. Özellikle SO_2, N oksitleri, ağır metaller ve Ozon gibi hava kirleticileri de yardımcı etmen olarak kabul edilir. Bunlar yaprakta kuru veya ıslak birikinti olarak toprağa geçer.

Havadaki bu zararlı maddeler, ibrelilerde stomaları koruyan mumsu örtü ve kutikulayı kaplar. Daha sonra rahatça bitkiye girerek hücre çeperi ve organellere zarar verir. Fotosentezin bloke edilmesi hücre ile dokuyu öldürür. Stoma dengesinin bozulması ile sadece buharlaşma artmaz, aynı zamanda yaprağın içerik maddeleri de yıkanır. Özellikle magnezyum, kalsiyum ve iz elementleri bundan daha çok etkilenir ve bitkinin besin bütçesinin dengesi bozulur.

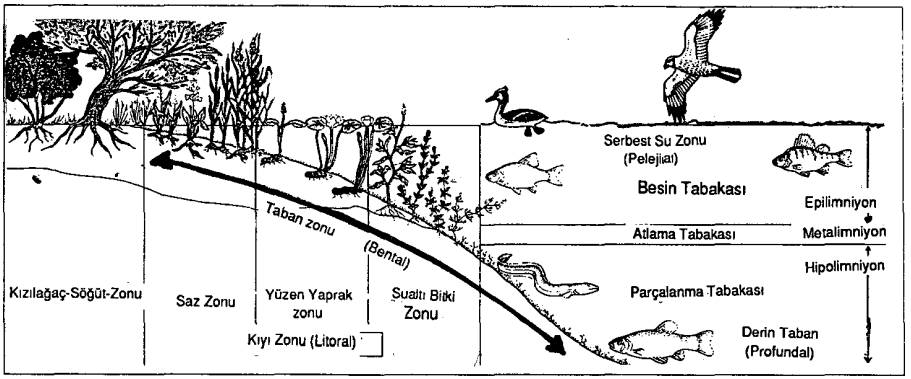
Bitkiler sadece yapraklardan değil, zemin vasıtası ile de zarara uğrar. Bazı hava kirletici maddeler, yağmurla aside bağlanır, bunun sonunda *ASİT YAĞMURU* oluşur. Asidin toprağa geçişi ile toprağın asit miktarı artar. Asitlenmenin artışı ile topraktaki zehirli metal iyonları serbestleşir. Örneğin alüminyum iyonları bu yolla bitkilerin ince kök sistemine zarar vererek, su ve besin alımını engeller ve bitki kurumaya başlar.

4.7. GÖL EKOSİSTEMİ

4.7.1. Gölün Tabakalı Yapısı

Her göl üretim biyolojisi açısından ışık ve sıcaklık ilişkileri nedeni ile yatay ve dikey olarak kısımlara ayrılır. Fotosentez yapabilen bitkilerin bulunduğu tabaka "BESİN TABAKASI"dır. Işığın az veya hiç olmadığı bölümde fotosentez olmaz. Bu bölgeler bir gölün "PARÇALANMA ZONU"nu oluşturur. Buradaki canlıların besinlerinin büyük bölümünü üstteki besin tabakasından gelen artıklar oluşturur. Her iki tabaka birbirinden, bir dengeleme yüzeyi ile ayrılır.

BENTHAL de denen *ZEMİN BÖLGESİNDE* suyun sığlaştığı yerdeki *KIYI* veya *LİTORAL ZON* beslenme tabakasıdır. Zengin bitki kuşağı üretim zonunu ifade eder. En alttaki ışıksız derin zemine *PROFUNDAL* denir. Buraya *PARÇALANMA TABAKASI* adı verilir. Kıyı bölgesinin gölün serbest su bölgeleri, yani *PELEJİAL* zon izler. Buradaki tabakalanmada sıcaklığın yanında ışık da rol oynar. Işığın girebildiği zona *EPİLİMNİON* denir. Epilimniyondaki ışık ilişkileri, besin tabakasının ne



Şekil 362.1: Göldeki yaşama alanları.

kadar olacağını tayin eder. Burada yüzer fitoplanktonlar üreticiler olarak izlenir. Besince zengin göllerde 5 m derinliğe kadar, üreticiler için yeterli ışık vardır. Işık yeşil bitkiler için büyümeyi sınırlayan bir etmendir.

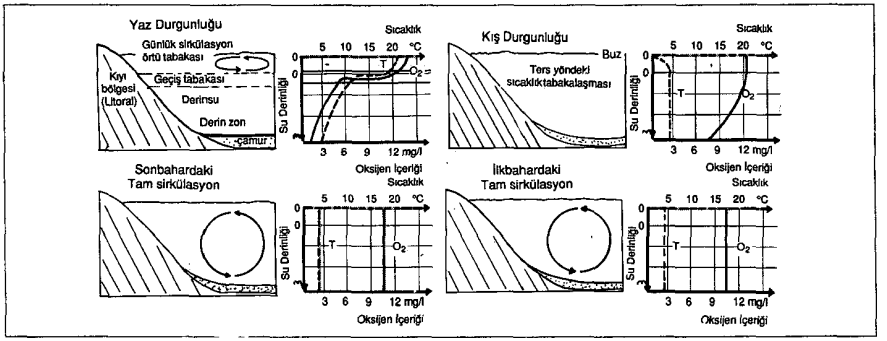
Epilimniyonu *HİPOLİMNİON* izler; ama ikisi arasında bir geçiş tabakası veya *METALİMNİON* bulunur. Bu tabakada O_2 miktarı ve sıcaklık aniden düşer. Hipolimnion ağır derin sudan oluşur ve ışık almayan parçalanma tabakasına aittir. Burada suyun sıcaklığı +4°C'nin biraz üstündedir. Suyun yoğunluğu da en yüksektir. Bu tabakayı da derin zemindeki *PROFUNDAL* izler, bu da parçalanma tabakasına dahildir.

Göl dikine ve yatay tabakalanması ile birçok canlıya yaşama imkanı verir ve zengin ekolojik nişler oluşturur. Bir göl ekosisteminde yaklaşık 5 000-6 000 hayvan türü yaşar. Çeşitli biyotoplardaki farklı biyosönozlar arasındaki karşılıklı ilişkiler, göl ekosisteminin tamamını oluşturur. Gölde, türlerin artış ve azalışının uzun sürede ortalama bir değerde bulunduğu "**biyolojik bir akıcı denge**" vardır *(Şekil 362.1)*.

4.7.2. Göldeki Sirkülasyon Hareketleri

Göldeki yaşama, ışıkla birlikte sıcaklık da etki yapar. Suyun yoğunluğu + 4°C' de en yüksektir. Hem soğuk hem de sıcak suyun yoğunluğu az olduğu gibi ağırlığı hafiftir. Suyun sıcaklık kapasitesi fazla ve iletimi azdır. Sıcaklık su hareketleri ile nakledilir. Gölün yüzey suyu, güneş ışınlarıyla ısıtılırsa ısınan su hafifler ve daha soğuk ve ağır olan suyun üzerinde yer alır. Çeşitli derinliklerde sıcaklık ölçümleri yapıldığında, suyun sıcaklığının yukarıdan aşağıya doğru yavaş yavaş düşmediği görülür. Üstteki hafif ve alttaki ağır suyun sınırında bir atlama tabakası yani *METALİMNION* vardır. Burada sıcaklık birkaç m sonra çok kuvvetli olarak düşer. Değişken olmayan tabakalanma nedeniyle yüzey suyu ile derin su arasında bir değişim olmaz. Bu duruma *YAZ STAGNASYONU (=DURGUNLUĞU)* denir. Gündüz ve gece arasında sıcaklık farkları nedeniyle, yaz durgunluğu sırasında üst su tabakalarında yer değiştirme olur ve sıcaklık-oksijen oranları büyük ölçüde dengelenir *(Şekil 363.1)*.

Yüzey suyu sonbaharda soğur ve alttaki aynı sıcaklık ve yoğunluktaki su tabakalarına doğru hareket eder. Rüzgar da çeşitli su tabakalarını karıştıran sirkülasyon (=dönme) hareketlerini destekler. Bu duruma *TAM SİRKÜLASYON* denir. Oksijence zengin, CO_2 ve besince fakir yüzey suyu ve O_2'ce fakir, CO_2 ve besince zengin de-



Şekil 363.1: Bir göldeki mevsimsel sıcaklık ve oksijen ilişkileri. a. Yaz durgunluğu, b. Sonbahar tam sirkülasyonu, c. Kış durgunluğu, d. İlkbahar sirkülasyonu (Linder'den).

rin su arasında değişim olur. Sıcaklık daha da düşerse yeni bir tabakalanma oluşur. Artı 4°C'den daha soğuk olan yüzey suyu veya buz, sıcak derin su üzerine yerleşir. Hipolimnion bütün yıl boyunca dengeli ve +4°C'lik bir sıcaklığa sahiptir. Derin bir göl, düşük sıcaklıklarda bile donmaz ve içindeki canlılar böylece yaşayabilir.

Üstteki buzun erimesi ile ısınan yüzey suyu dibe iner ve yeni bir sirkülasyon olur. Rüzgarın yolaçtığı akıntılardan sonbahardakine benzer tam sirkülasyonlar, ilkbaharda da yüzey suyunun derin su ile yer değiştirmesine yol açar.

4.7.3. Gölde Madde Çevrimi

Alglerin fotosentezle ürettiği organik madde, hem kendileri hem de diğer canlılar için besin kaynağıdır. Zooplanktonlar algleri yer. Bunlar tüketicilerin ilk basamağını, yani primer tüketicileri oluşturur ve bitkisel maddelerin bir bölümünü kendi vücutlarının yapımı, diğer kısmını da enerji kazanımı için kullanırlar. Besin zinciri etcil segonder konsumentler üzerinden ve yırtıcı balıklara, yani *SON TÜKETİCİLER*'e kadar devam eder. Göldeki besin zinciri, besin ağını oluşturur.

Gölde üretilen biyomasın tamamı besin zinciri veya doğrudan doğruya parçalayıcılara aktarılır. Organizmaların yıkım olayları yanında otolitik parçalanma prosesleri de vardır. Otolizden, ölen organizma hücrelerindeki enzimler sorumludur. Bunlar daha sonra difüzyonla suya geçer ve üreticiler tarafından tekrar besin maddeleri olarak kullanılır. Organizma kalıntıları bakterilerin besini olur ve onlarca anorganik maddelere parçalanır. Parçalanma olayı kısmen epilimnionda olur, yani üreticiler için yeni besin maddesi olarak kullanılır duruma gelir. Bu çevrim kısa sürede biter. Ölen bitki ve hayvanların büyük kısmı, hipolimnionda, parçalanma tabakasında ve profundal bölgede yıkılır. Burada oksijen oranı, yıkım olaylarının oksidasyon veya redüksiyon olarak mı olaylanacağını belirler.

4.7.3.1. Azot Dönüşümü

Oksijence zengin, koşullarda ölen canlıların proteinleri, onları yıkan mantar ve bakteriler kanalı ile amonyum iyonu, CO_2 ve H_2O'ya kadar giden bir dizi ara basamakta yıkılır. Amonyum *NİTROSOMONAS* cinsi bakterilerle *NİTRİT*'e, nitrit de *NİTROBAKTER* cinsi bakterilerle *NİTRAT* iyonlarına kadar okside olur. Olayın tamamına *NİTRİFİKASYON* denir. Burada serbestleşen enerji, kemosentetik olarak

aktif olan bakterilerce, organik bileşiklerin sentezinde kullanılır. Besini zengin göllerde, oksijen kullanılan bu olaylar nedeni ile O_2 tamamen tüketilebilir. Bu nedenle gölün ölümünden söz edilir. Bu yüzden gölde olan olaylar oksijence fakir veya oksijensiz ortamda gerçekleşen indirgenme olaylarıdır. Burada, örneğin nitrat iyonları, diğer bakteri gruplarının faaliyeti ile amonyum iyonlarına veya moleküler azota indirgenir.

4.7.3.2. Kükürt Dönüşümü

Oksijensiz protein parçalanmasında amonyum iyonuyla birlikte H_2S de oluşur. Bu da aerob koşullarda *Thiobacillus, Beggiatoa* ve *Thiothrix* gibi kemootrof bakteriler tarafından sülfat iyonlarına okside olur. Anaerob koşullarda, sülfat iyonları tekrar H_2S'e indirgenir.

4.7.3.3. Karbon Dönüşümü

Su sisteminde, O_2 noksanlığında solunumla serbestleşen CO_2, kemosentetik olarak aktif olan bakterilerce *METANA* dönüştürülür.

4.7.3.4. Fosfor Dönüşümü

Organik maddeden serbestleşen fosfat iyonları, su sistemindeki Fe (III) iyonlarına kimyasal olarak bağlanır. Böylece çözünemeyen Fe (III) fosfat oluşur. Bu, su sisteminin sedimentlerinde tesbit edilir. Sudaki O_2 içeriği düşerse, çözünemeyen Fe (III) fosfat, çözünebilen Fe (II) fosfata indirgenir.

4.7.3.5. Mineralizasyon

Ölen canlılar ve boşaltım ürünleri madde döngüsünde parçalanır. *Yüksek moleküllü organik maddelerden, düşük moleküllü anorganik maddelere olan dönüşüme MİNERALİZASYON* denir. Mineralizasyonun son ürünü olarak CO_2, Nitrat, Sülfat ve Fosfat iyonları açığa çıkar. Bunlar üreticilerce tekrar besin maddesi olarak kullanılabilir. Anaerob yıkımında H_2S, amonyak ve metan oluşur. H_2S ve amonyak canlılar için oldukça güçlü zehirlerdir. O_2'in olmayışı halinde, ölen organizmalar kısmen parçalanır ve böylece su tabanında çürük madde çamuru oluşur.

İdeal durumda yapım ve yıkım dengededir. Daha sonra üretilen herşey tekrar mineralize olur ve sirkülasyon hareketleri ile madde döngüsüne gönderilir.

4.8. DENİZ EKOSİSTEMİ

4.8.1. Denizin Bölümlere Ayrılması

Denizler, yeryüzünün birbiri ile bağlantılı en büyük ekosistemini oluşturur. İç suların yüzölçümü % 1 olduğu halde denizlerin yüzölçümü, yer kürenin % 71'ini oluşturur.

Bu büyük yaşam alanı, kaba olarak açık deniz, yani *PELAJİAL* ve deniz zemini, yani *BENTHAL* olmak üzere ayrılır. Bu bölgeler, yine dikine ve yatay alt bölümlere sahiptir. Diğer yandan karasal yamaç serbest su ile birleşir. Dikine olarak 100 m derinliğinde az çok ışığın girdiği *ÖFATİK ZON (=EPİPELAJİAL)* ve bunu izleyen ışıksız kısım, yani *AFOTİK ZON (=ABİSSAL)* bulunur.

Deniz zemini de *LİTORAL* ve *SUBLİTORAL ZON*'a ayrılır. Bundan bir yandan kıyı, diğer yandan da delta bölgesinin kara kenarına kadar olan kısmındaki zemin bölgesi anlaşılır. Bunu karasal yamacın 3 000-7 000 m derinliğe kadar inen kısmı izler. Derin deniz çanağı, denizin en büyük kısmıdır. Burası tüm yüzeyin 5/7'sini içine alır ve yeryüzünün yaklaşık yarısını kapsar.

4.8.2. Yaşama Alanı Olarak Deniz

Tuz, besin maddesi, sıcaklık, ışık ve su hareketleri, denizin yaşama koşullarını belirleyen, abiyotik faktörlerdir. Denizlerin ortalama tuzluluğu % 0,35'dir. Sıcaklığın azalması ile deniz suyunun yoğunluğu artar. Böylece soğuyan yüzey suyu dibe çöker. Su yüzeyi donsa bile, sıcaklığa bağlı bu sirkülasyonlar durmaz; ama sadece yavaşlar. Tatlı suda görülebilen değişmeyen (=stabil) bir kış durgunluğuna (=stagnasyon) denizde rastlanmaz. Buna karşın yaz stagnasyonu, yani sıcak suyun soğuk tabaka üzerinde bulunması durumu deniz suyunda da görülür. Tropik bölgelerdeki bu ilişkilere bütün yıl boyunca rastlanır.

Rüzgar, med-cezir ve yoğunluk farkı ile oluşan su akıntıları kompleks bir sistem oluşturur. Su akıntılarının oluşumunu, basit olarak aşağıdaki gibi açıklayabiliriz: Ekvatorun yakınındaki rüzgarlar, kıtalar ve yerkürenin dönüşü istikametinde yüzey suyunu yönlendiren ekvator akıntılarını, kuzeye veya güneye taşır. Su kütleleri orada soğudukça soğur ve deniz dibine çökerek tekrar derin su akıntısı şeklinde ekvatora doğru geriye akar.

4.8.3. Denizde Yaşayan Organizmalar

Soğuk ve besince zengin üst düzeyde fitoplanktonlar yüksek oranda primer üretim yapar. Açık suda yaşayıp, hareket etmeyen veya çok zayıf hareket eden organizmalara genel bir kavram olarak *PLANKTON* denir. Bunlar pasif olarak suyun akıntı ve hareketleri ile taşınır.

Denizcil fitoplanktonlar kalkerli alg ve dinoflagellatlardan oluşur. Zooplanktonlardan yengeçler zooplankton kütlesinin % 70'ini oluşturur. Yaşam sikluslarının tamamını açık suda geçiren planktonların 30 000 türü vardır. Oklu solucan, kanatlı salyangoz ve yengeç larvaları, salyangozlar, halkalı solucanlar ve deniz kirpileri deniz planktonlarındandır.

Denizde yaşayan omurgalı hayvan ve mürekkep balıkları *NEKTON*'ları oluşturur. Nekton denince, denizde akıntıya karşı hareket edebilen canlılar anlaşılır. Yaklaşık 20 000 balık türü nektondur.

Plankton ve nektonlar besin zinciri ve ağı ile birbirine bağlıdır. Yıkımda ortaya çıkan besin maddesi derindeki suyun yükselmesi ile üretimin olduğu bölgeye gelir. Üretimin çok zengin olduğu bu tip sucul alanlara örnek olarak Kuzey Denizi'ni verebiliriz. Dünya denizlerinde, elde edilen yıllık 60 milyon ton ürünün 3 milyon tonu, balık, midye ve istridye olarak Kuzey Denizi'nden elde edilir.

Diğer deniz bölgeleri, biyolojik olarak bir çöle benzer. Örneğin okyanusun orta bölgeleri, ekvatorun kuzeyi ve güneyi, ışık ve sıcaklığın iyi olmasına rağmen üretimsiz çöller gibidir.

4.9. YENİ EKOSİSTEMLERİN OLUŞUMU

4.9.1. Volkanik Olarak Oluşan Bir Adanın Canlılar Tarafından İlk Defa İşgali

İzlanda'nın güney kıyısında 1963 yılında bir denizaltı volkanının faaliyeti ile 280 ha'lık Surthsey adında volkanik bir ada oluştu. Bu adanın canlılar tarafından işgalini başından beri izlemek mümkün oldu. Rüzgar ve deniz akıntıları ile kuşlar adaya ilk organizmaları getirdiler. Bunlar çıplak olan bu volkanik adaya yerleşen *ÖNCÜ (=PİYONİER) TÜRLER*'di *(Tablo 366.1)*.

Tablo 366.1: Surthsey Adasındaki Öncü Organizmalar

Bitki ve Hayvan Türleri	Yıllara Göre Türlerin Sayısı	
	1969	1972
Siyanobakterileri	6	11
Yosun	7	72
Liken	—	10
Amip	3	9
Radyolerler	—	2
Yuvarlak Solucan	—	3
Yüksek Organizasyonlu Bitki Türleri	3 (Deniz hardalı, Kanarya otu ve Kıyı Çavdarı)	1987'de 23

Öncü bitkilerde "klorofil a" hakimdir. Yüksek dönüşüm oranı ile primer üretimi sağlar. Siyonobakteriler gibi diğer organizmalar da "N" bağlar. Bunlar daha sonra adaya gelen bitkiler için önemli "N" kaynağıdır. Adaya yerleşen bitkiler de, diğer canlıların yerleşimine imkan verir.

Bir ekosistemde belli bir zaman sürecinde bitki ve hayvan birliklerinin görülmesine *SUKSESYON* denir. Bir ekosisteme ilk defa yerleşilmesine de *PRİMER SUKSESYON* denir. Bu çeşitli ara dönemlerden geçip *SON* veya *KLİMAKS DÖNEM*'e ulaşılır. Klimaks canlı birliği çevre koşullarının değişmemesi şartı ile stabil bir yapı gösterir. Bunu doğada bir gölün karalaşması olgusunda izleyebiliriz.

4.9.2. Bir Gölün Suksesyon Dönemleri

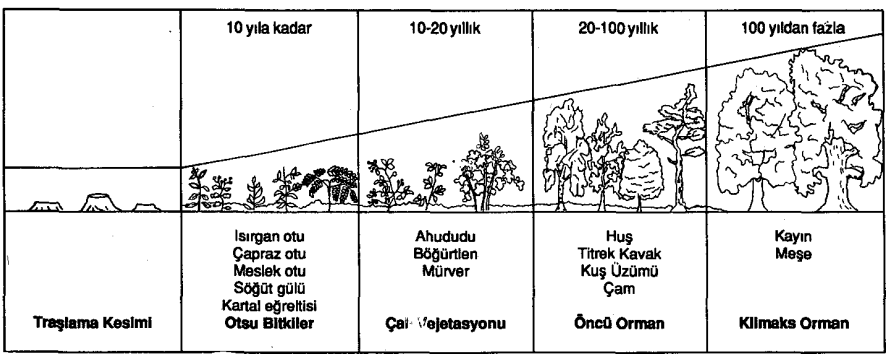
Göl ekosisteminde suksesyon dönemlerinin ayrı ayrı izlenmesi ilginçtir. Göle dış akıntılarla organik ve mineral maddeli çamur gelirse, zamanla göl çanağının düzleşmesine neden olur.

Ayrıca böyle besince zengin *ÖTROF GÖL*'ün kıyı ve epilimnion kesiminde, hipolimnion ve bentalde tekrar yıkılandan daha fazla besin üretilir. Suyun zemindeki O_2 yoğunluğu o kadar geriler ki sadece anaerob parçalanma olur. Bu arada çürümüş çamur tabakası yaygınlaşır. Bu olaylar gölün *KARALAŞMA DÖNEMİ*'ne geçişine neden olur.

Zamanla titrek kavak, kızılağaç, bataklık huşu ve söğüt gibi öncü bitkiler yerleşir. Bunlar ışıklı bitki örtüsünü oluşturur. İç tarafta alt kısım bitkileri olarak ot, eğrelti ve yosun izlenir. Bu şekilde oluşan bitki birliğine *BATAKLIK ORMANI* denir. Bu gölün, karalaşmasının son veya klimaks dönemidir. Yağmurun bol olduğu bölgelerde bataklık ormanı *İLERİ BATAKLIK DÖNEMİ*'ne geçer.

4.9.3. Traşlama Bölgesinin İşgali

Üzerindeki ağaçları tamamen kesilen (=traşlama kesimi) bir orman parçasının yerinde önceki orman ekosistemine ait olmayan, çeşitli hayvan ve bitki türleri izlenir. Traşlamada alanın tekrar işgali *SEGONDER SUKSESYON* için iyi bir örnektir *(Şekil 367.1)*.



Şekil 367.1: Bir ormanda traşlama kesiminden sonraki suksesyon dönemleri.

Yerleşim bir yıllık otlarla başlar ve çok yıllık otlarla devam eder. Isırgan otu, çapraz otu, çayır gülü, kartal eğreltisi ve çeşitli ot türleri, traşlama alanındaki ilk karekteristik bitki topluluklarını oluşturur. Daha sonra çalı vejetasyonu gelir. Huş, titrek kavak, kuş üzümü ve çam öncü bitki olarak ilk ormanın temelini atar. Büyüyen ormanlarda ölene göre daha fazla biyolojik kütle üretilir. Genellikle bu dönemde bitki ve hayvan türü sayısı, çeşitli ekolojik nişin varlığına bağlı olarak, çok yüksektir. Orman doğal koşullar altında büyümeyi sürdürürse kayın ve meşenin dominant ağaç türü oldukları izlenir. *Biyolojik kütle bu ormanlarda, belli bir yaştan sonra artıma rağmen, büyümez. Bu durumda orman kendisinin KLİMAKS DÖNEMİ'ne ulaşır.* Bu son durumda hayvan ve bitki populasyonları karşılıklı ve çevre ilişkileri ile birbirine bağlanır ve böylece devamlı yapılar oluşur. Bu devamlılık uzun yaşayan çok yıllık donimant türlerle desteklenir. Bu durumda ormanda biyolojik bir *AKICI DENGE* tesis edilir.

İnsanın işlettiği ormanlarda klimaks döneme ulaşılamaz. Artımı düşen bir ormanın *İDARE MÜDDETİ* dolmuş, yani ürün vermeye hazır yaşa gelmiştir. Bu durumda orman belli teknik ve kurallar çerçevesinde bir yandan üretime açılır, diğer yandan gençliğin takviyesi sağlanır. Üretim yaşı, yani idare müddetinin dolması, ağaç türüne göre faklıdır. Bu yaş, örneğin Karadeniz Bölgesi ladin-göknar ormanlarında 80-120 yıl, kayın ormanlarında 100-130 yıl ve meşe oranlarında 180 hatta 300 yıl kadar olabilir.

İşletme ormanı, yani üretim yapılan ormanlardan başka turizm, estetik ve halkın sağlık ihtiyacı için tesis edilen *KORUMA ORMAN*'larında üretim, yani ekonomik yarar düşünülmez, sadece rekreasyonel amaçlar göz önünde tutulur.

4.9.4. Suksesyon ve Ekosistemde Madde Üretimi

Orman suksesyonuna doğru gelişimde madde üretimi de ona göredir. Başlangıçta fotosentezle madde üretimi (brüt primer üretim=$Ü_B$) çok hızlıdır. Bitki ve hayvanlarca, yapılan solunum (=S)la madde yıkımı da sürekli olarak artar. Ama bu $Ü_B$'ye göre daha yavaş olur. Bu yüzden üretim fazlası (net üretim $Ü_N=Ü_B-S$) ortaya çıkar ve biyoması çok çabuk artırır. Bu heterotrof organizmalarca gün geçtikçe daha iyi kullanılır, ta ki madde yıkımı ile fotosentezle madde yapımının aynı olduğu klimaks durumuna gelinsin. Artık biyomas bundan sonra artmaz.

Eğer insanoğlu ekosistemi kullanırsa, net primer ürününün bir bölümünü besin veya enerji kaynağı olarak sarfeder. Böylece o suksesyonun ilk dönemlerinde, ürünün en büyük kısmına sahip olur. İşte bu dönemler, örneğin uzun süreli kuraklık veya sellerle kolayca zarar görür. Ekolojik dengeyi büyük oranda korumak için, sabit yapılı ve klimaksa yakın ekosistemleri tahrip etmemek gerekir. Bu durumda ürün kaldırmadan vazgeçilmelidir. Bunun için de *aynı kökü taşıyan EKOLOJİ ve EKONOMİ* arasında bir uyum ve anlaşma zorunludur. Buna iki şekilde ulaşabiliriz:

a) Söz konusu bölgenin tamamında, yaşama alanının ekolojik kalitesi ve ürün miktarı arasında tam bir denge sağlanmalıdır.

b) Mevcut alan yüksek verimli ve korunması gerekli bölgelere ayrılmalıdır. Ama bir ekosistemi geniş klimaks alanları ile koruyabilmek için, korunacak alanın birçok küçük ve değişik suksesyon basamaklarını da içerecek şekilde olması gerekir. Tür çeşitliliği ancak bu şekilde korunabilir.

5. KİRLENME

5.1. TOPRAK KİRLENMESİ

Toprak ormancılık ve ziraatcilikte temel üretimin yapıldığı alandır. Orada birçok organizma yaşar. Toprak, anorganik parçalar, çözünen organik ürün ve *EDAFON* denen toprak organizmalarından oluşur. Toprak organizmaları organik atığı humusa ve mineralize olmuş besin maddelerine parçalar. Toprağın porlu kısmında yer üstündeki bitkilerin saçak kökleri yayılır ve topraktaki mineral tuzları alır.

Tarımda toprağın uzun süre ve yoğun bir şekilde ve daha çok ekonomik yanı düşünülerek kullanılması, toprağın vasfını bozar ve birçok soruna yol açar. Birleştirilen alanlarda az sayıda kültür bitki türü monokültür olarak yetiştirilince zararlı böcek tehlikesi arttığından, pestisit kullanımı da yoğunlaşır. Pestisitler yararlıları da yok ettiğinden zararlılarla savaş biyolojik yoldan yapılmalıdır. Zira bunlar bir yandan toprakta birikerek onun yapısını ve kalitesini bozarken, diğer yandan besin maddesi kanalı ile de insana geçerek zarar yapar.

Topraktan akarak giden mineral tuzlarını takviye için "gübre" kullanılır. Yalnız mineral gübreler toprağın kalitesini bu kez daha da bozar. Çiftliklerdeki büyükbaş hayvanlardan çıkan *GÜBRE ŞERBETİ* azot miktarını daha da artırır. Bunlar boş tarlalara getirilip nitrat miktarı da artırılır. Besin ve içme suyu ile insana geçen nitrat, ağız ve midede bakteriler kanalı ile kısmen *NİTRİT*'e dönüşür. Bunlar besindeki *AMİN*'lerle kanser yapıcı *NİTROMİSİN*'lere değişir ve insanda önemli rahatsızlıklara neden olur.

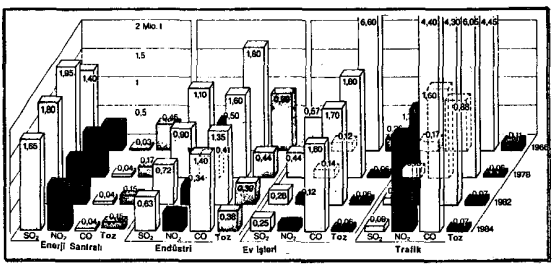
Toprak, hava kirlenmesi ile de tehdit edilir. Örneğin uzun sürede *AĞIR METALLER* toprakta birikir. Toprağın yapısına giren ve toprakla karışan bu ağır metallerin zamanla serbest kalacağından korkulur. *ASİT YAĞMURU* yalnız topraktaki asit miktarını artırmaz, aynı zamanda ağır metalleri etkileyip, zamanla onları açığa çıkarır.

Besin maddesi ile ana sütüne geçen ve yağ dokuda depolanan birçok pestisit kalıntısı ve ağır metal bulunmuştur. Bunlardan *HEXACHLORBENZOL* ve *LİNDAN* çok tehlikelidir. Bu maddeleri içeren kimyasalların kullanımı yasaktır. Ama yağ dokuda depolandıkları için bunları kadmiyum ve kurşun gibi ağır metallerle birlikte ana sütünde görmek mümkündür. Yine besinde poliklorürlü *BIPHENYLE* gibi endüstride yumuşatıcı ve transformotor sıvısı olarak kullanılan kimyasallar da yağ dokuda depolanır ve ana sütüne geçer.

5.2. HAVA KİRLENMESİ

5.2.1. Asit Yağmurları

Artan sınayileşme ve yaşama standardı katı, sıvı ve gaz şeklindeki artık ve atıkların üretimine ve atmosfere gönderilmesine yol açtı. Bu çöpler havanın kirlenmesine neden oldu. Eğer zararlı maddeler hayvan, bitki, insan ve taşınmazlara zarar verecek veya bu zarara neden olacak yoğunlukta havaya atılırsa *BİR HAVA KİRLENMESİ*'nden söz edilir *(Şekil 369.1)*.



Şekil 369.1: Havanın kirlenmesine yol açan etmenler.

Havayı kirletici maddelerin zararları, insan sağlığını tehdit eden düzeye ulaşır. Hava kirlenmesinin milli ekonomiye getirdiği olumsuzluk yılda trilyonlarca lira düzeyindedir.

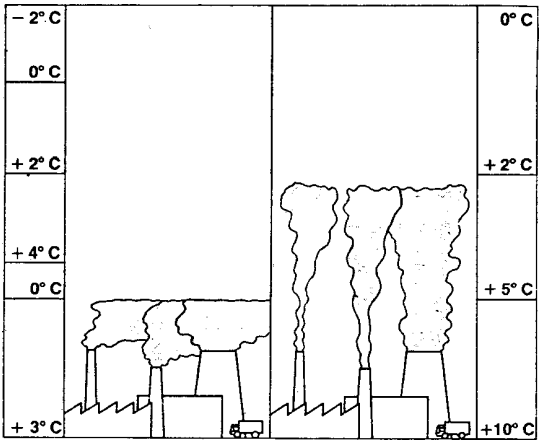
SO_2 gibi atık gazlar havanın nemi ile temas edince aside dönüşür. Bu da *ASİT YAĞMURU*'na yol açar. Asidite derecesi olarak alınan pH değeri, asit yağmurlarında artar ve 3-4 arasındadır. Doğal pH değerinin 5,6 olduğundan hareket edilirse, asit bakımından yüksek olan yağmurdaki asidite miktarının 100 misli arttığı görülür. Asit yağmuru korozyonla (=aşınma) eşyalara, diğer yandan da toprak ve suya olumsuz etki yapar.

5.2.2. Hava Kirlenmesinin Lokal Etkileri

Bir insan günde 26 000 kez solur. Bu durum hava kirlenmesinin insan sağlığı için ne kadar önemli olduğunu gösterir. Trafik, endüstri, enerji santralları ve yaşama alanlarının ısıtılmasından kaynaklanan hava kirletici unsurlar, çevremizde önemli kirleticilerdir.

Yerleşim alanlarının üzerinde oluşan sis bulutları güneş ışımasının bir bölümünü ve özellikle ultraviyole kısmını emer. UV ışını eksikliği güneşin hastalık

yapıcıları yok etme özelliğini azaltır ve deride D vitamininin oluşumu engellenir. *Bazı büyük şehirler* (Ankara, Bursa, Denizli, İstanbul) *coğrafik konumları sonucu duman (=smoke) ve sis (=fog)in karışımı ile oluşan "SMOG"un etkisi altındadır. Smog kış aylarında yüksek hava basıncında normal hava tabakalarına karşı, hafifçe ısınan havanın, ağır ve soğuk hava tabakaları üzerinde birikmesi ile oluşur. Havanın bu tabakalı yapısı İNVERZİYON'u yapar.*



Şekil 370.1: Normal ve inveziyonlu (solda) hava koşullarının karşılaştırılması.

İnverziyon varken üst ve alt hava tabakaları arasında hiç sirkülasyon olmaz. Havadaki inversiyon durumu uzun sürerse eksoz gazları, kalorifer ve fabrika bacalarından çıkan sağlığa zararlı maddeler zemine yakın hava tabakalarında birikir *(Şekil 370.1).* Bu maddeler özellikle kalp, damar ve solunum yolları hastalarında öldürücü etki yapar. *Smog sonucu solunum zorluğu, baş ağrıları ve bulantı görülür. Küçük çocuklarda da boğmaca türü öksürük ve soluk alamama gibi tehlikeli durumlar izlenir. Bu hastalığa YALANCI KUŞPALAZI denir.* Hatta smoğa bağlı ölüm olayları da görülmüştür. Örneğin ellili yıllarda bu nedenle Londra'da 5 500 kişi ölmüştür. Havadaki zararlı maddelerden SO_2 ve diğer bazı maddelerin Dünya Sağlık Örgütünün hoşgördüğü değerleri aşarsa, *SMOG ALARMI* adı altında bir dizi önlemler alınır. Böylece *AKCİĞER KANSERİ* ve *SOLUK BORUSU KANSERİ* ne de yol açan maddelerin etkinliği azaltılmış olur. Egzos gazında bulunan kanserojen maddelerden *BENZİPİREN* smoglu havada çok etkilidir. Smog alarmı alınırken, araçların kullanılmaması; kaloriferlerin yakılmaması; fabrikaların bacalarına filtre takılması gibi önlemler gündeme gelir. 1989-90 kışında, gerek Ankara ve gerekse Bursa'da bu tip ikinci dereceden önlemlere sık sık başvurulmuştur.

Hava sigara dumanı ile de kirlenir. Bundan sigara içenlerin yanında içmeyenler de zarar görür. Bu yüzden kapalı ve umuma açık yerlerde birçok ülkede sigara içme yasağı uygulanır.

Sağlığa zararlı havanın etkisini azaltabiliriz. Bunun için kurşunsuz benzin ve katalizatör kullanılma; ısınma, merkezi sistem ve elektrikle ya da doğal gazla yapılmalı; fabrika bacalarına % 98-99 randımanlı elektrofiltre takılması zorunlu tutulmalı; yeşil kuşak ağaçlandırılmasının artan bir şekilde sürdürülmesi; şehir merkezinde eski evlerin yıkılıp yeni yerleşim birimlerinin kesinlikle açılmaması; bunun yerine ulaşım sorunu olmayan banliyö yerleşim düzenine geçilmesi; kitle ulaşım vasıtalarının artırılıp yeraltı geçiti, tramvay ve benzeri sistemlerin getirilmesi ve geliştirilmesi gibi önlemleri sayabiliriz. *Sağlıklı bir toplum sağlıklı ve zararsız havayı soluyan bir toplumdur kuralını, her yerde geçerli kılmak hepimizin görevi olmalıdır.*

5.2.3. Hava Kirlenmesinin Genel Etkileri

Fosil yakıtların yoğun kullanımı ve bakir ormanların yakılması sonucunda atmosferde 1850 yılında 280 ppm olan CO_2 miktarı bugün 335 ppm'e çıkmıştır. Bilgisayar model hesaplamalarına göre 2030 ve 2080 yılları arasında havadaki CO_2 miktarı iki misli, yani 500 ppm olacaktır. Yerküreden yansıyan sıcaklığın geri tutulması CO_2'nin önemli bir özelliğidir. Bu *SERA ETKİSİ*'ne neden olur. CO_2 miktarının iki katına çıkması model hesaplamalarına göre çok yaygın, yöresel; ama atmosferin farklı bir şekilde ısınmasına neden olacaktır. Bu sıcaklık artışı 1,5-4,5 kelvin kadar olabilecektir. Kanada ve Rusya'nın tarım için bugün kullanmadığı bölgelerde tahıl yetiştirilebilecektir; ama günümüzün *TAHIL AMBARI* diye bilenen bölgeleri de kuruyacaktır.Yerkürenin buz örtüsü azalacak ve buna bağlı olarak deniz seviyesi yükselerek taşkın ve seller görülecektir. Bu şimdiye kadar okyanusların yüksek sıcaklık kapasitesi ve yüksek CO_2 depolama özelliği sayesinde büyük ölçüde engellenmiştir. *İKLİM DEĞİŞMELERİ*'nin ileride olup olmayacağı toz birikimi, bulut, nem ve atık gaz yüzünden atmosferin geçirgenliğinin azalması ve diğer etmenlere bağlıdır.

5.2.4. Havayı Kirleten En Önemli Maddeler

5.2.4.1. Kükürtdioksid (SO_2)

SO_2 kömür ve petrol ürünlerinin yanması ile oluşur. Kükürdün SO_2 ve SO_3'e oksidasyonu ile su buharı havada kükürt asitlerini oluşturur. Bunlar da asit yağmurlarına neden olur.

$$2SO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

Havadaki kükürt asitleri tarihi mermer taşları hatta bronz heykeller gibi metallere de etki yapar.

5.2.4.2. Karbonmonoksid (CO)

Taşıt ve ısıtma sistemlerindeki yanıcıların, tam yanmaması ile oluşur. CO hemoglobin ile bağlanarak O_2 naklini bloke eder. Çok az miktarı bile organların işlevini engelleyebilir.

5.2.4.3. Azot Oksitleri (NO, NO_2)

Her türlü yanma işleminde ve özellikle taşıt trafiğinde oluşur. Azot oksitleri solunum organlarına zarar verir. Sinir zehirleri olup orman ölümlerinde de etkilidir.

5.2.4.4. Tozlar

Endüstriyel kaynaklı olup bacalardan çıkar. Bunlar civa, kadmiyum, kurşun gibi zehirli maddeleri; is, asbest ve diğerlerini içerir. Gözlere zarar verir, akciğer kanserine yol açar ve deride döküntü yapar.

5.2.4.5. Hidrokarbonlar (Benzipiren ve Dioksin)

Araba yakıtları ve ısınma sistemlerindeki madde ya da ara kimyasal madde olarak oluşurlar. Bunlar kalıtsal hastalıklara ve kansere neden olabilir.

5.2.4.6. Klor-Flor-Hidro-Karbonlar

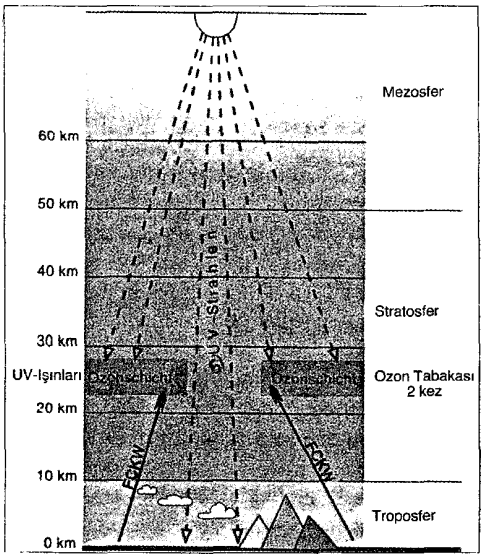
Bunlar sprey kaplarında ve buzdolabı imalinde kullanılır. Ozon deliğine neden olurlar (*Şekil 372.1*).

5.3. OZON TABAKASINDAKİ DELİKLER

Atmosferin 20 km ve 50 km yükseklikleri arasında stratosferde bulunan ve yüksek oranda ozon içeren tabakaya OZON TABAKASI denir. Ozonun yoğunluğu 35 km'de en yüksek olup 55 km'den sonra hemen hemen kaybolur. Ozon yeryüzünde hemen bozulur. Ozon 310 nm dalga boyundan küçük UV ışınlarını soğurarak ısı enerjisine dönüştürür. Böylece yeryüzünde canlılara ölümcül etki yapacak UV ışınlarının aşağıya inmesi ozon moleküllerince engellenir. Bu nedenle ozon tabakasında sıcaklık artar. Ozonun az olduğu 20-30 km'de sıcaklık -50°-70°C'ya kadar düşer.

Atmosferin en alt tabakası olan troposferde, insana zararlı olan ozon gazı, **stratosferde** insan, hayvan ve bitkilerin hayatını koruyucu bir rol oynar (*Şekil 372.1*). Yetmişli yılların ortalarına doğru ozonun bozulduğu saptandı. Yoğunluğunun bölgesel ve mevsimsel koşullara bağlı olarak değiştiği belirlendi. Buna göre kuzey yarımküresinde ozon yoğunluğunda 1969-86 arasında %1.7-3 arasında azalma olmuştur. Bu azalma stratosferin 40 km'sinden sonra %3-9'u bulur. 1986 yılında Antartika'da MC MURDO gözlem istasyonunda yapılan ölçümlerden 28 Ağustos'da 18 km yükseklikteki ozon miktarı çok yoğun iken, 18 Ekim'de bu tabakanın tamamen yok olduğu belirlendi. Bu şekilde oluşan delik Amerika Birleşik Devletleri'nin yüzeyi kadar olup sürekli büyümektedir.

Güney kutbunda OZON TABAKASI'nda delik olduğuna özgü ilk haberler 1986 yılında bütün dünyaya duyuruldu. Bu OZON DELİĞİ Antartika'da kış mevsiminin sona erdiği dönemde meydana geldi. Güneş ışının güçlendiği Kasım ayında ise tekrar kayboldu. Gözlemin yapıldığı yılı izleyen son yıllarda, bu deliğin gittikçe büyüdüğü saptanınca, alarm çanları çalmaya başladı. Ozon kuşağı O2 moleküllerini oksijen atomlarına parçalayarak güneşin UV ışınlarını büyük ölçüde tutar. Bunlar O2 molekülleri ile OZON'a (=O3) yükseltgenir. Ozon kuşağı olmadan yerkürede yaşam mümkün olamaz. Ozon miktarının çok az oranda azalması bile insanda *DERİ KANSERİ*'ne neden olabilir.



Şekil 372.1: Ozon deliğinin oluşumu

Azalan ozon miktarına yol açan en önemli etmen olarak *KLOROFLOR HİDROKARBON*'lar kabul edilir (*Şekil 372.1*). Bunlar *SPREY KUTULARINDA* ve *SOĞUTUCULARDA* kullanılır. UV ışını bir kloroflor hidrokarbon molekülünden bir klor atomu ayırır. Bu ise bir nevi zincirleme reaksiyonda 10 000'den daha fazla Ozon mokleküllünü tahrip eder. Montreal Sözleşmesi (Eylül 1987) uyarınca kloroflor hidrokarbon üreten ülkeler üretimi birkaç yıl içinde düşürmek zorundadır. Bunun sonucu olarak, klorflor hidrokarbon üretimi USA, Kanada, İsveç ve Norveç'de şu anda yasaklanmış olmasına rağmen, dünya genelinde yılda 700 000 t bu maddeden atmosfere salınmaktadır. Burada tüketici vatandaşlara önemil görevler düşer. Sprey kullanımına son vermek ve tükecinin bunları kullanmaması en iyi yoldur.

5.4. SU KİRLENMESİ

İnsanoğlu sulak alanları çeşitli şekillerde kullanır. Yeraltı ve yüzey suyundan içme ve kullanma suyu elde edilir. Kullanım suyundan endüstri ve tarımda da yararlanılır. Bu yolla her iki su çeşidine de atık maddeler girer. Atık maddeler çeşitlidir. Bu hususta Ren Nehri çok iyi incelenmiştir. Ren nehrinde 50 000 çeşit madde olduğu ve bunun 2 000'inin belirlendiği bilinir.

Su sistemini tehdit eden bozucu faktörler 5 grup altında toplanır:

1. GRUP: Bu gruba, kolayca yıkılan maddeler girer. Burada bakteriyel olarak parçalanabilir organik maddeler, örneğin dışkı ve evsel atıklardaki maddeler söz konusudur.

2. GRUP: Endüstri kökenli atıklarda görülen, zor yıkılan organik, daha çok halojenli, zincir ve halka şeklindeki hidrokarbonlar bu gruba girer.

3. GRUP: Bu gruba, örneğin fosfat yataklarından çıkan tuzlar girer.

4. GRUP: Çok zehirli ağır metal bileşiklerini içeren Galveniz atölyeleri ve dabakhane işletmelerinin atık suları bu gruba girer.

5. GRUP: Soğutuculardan çıkan sıcaklık, zarar yapıcı olarak bu gruba girer.

Nehirlerin kirlenen suları denize karışır ve denizi daha da kirletir. Hava, nehirler kanalıyla ya da doğrudan atılarak veya tasfiye havuzlarındaki çamur ve çöplüklerle 1984 yılında 970 000 t azot, 123 000 t fosfor, 31 000 t çinko, 6 000 t klor, 7 800 t kurşun ve 840 t kadmiyum bileşiği Kuzey Denizi'ne girmiştir. Petrol eldesi için işletilen 50 platform ise denizin daha da kirlenmesine yol açmıştır.

5.4.1. Su Kalitesinin Saptanması

Belli organizmalar suyun kirlilik derecesi hakkında fikir verir. Bunlara İNDİKATÖR ORGANİZMA denir. Bunların yardımı ile suyun kalitesi belirlenebilir. Bu biyolojik bulgular fiziksel ve kimyasal araştırma yöntemleri ile desteklenir. BİYOKİMYASAL ve KİMYASAL OKSİJEN GEREKSİNİMİ'nin tayini bu yöntemlerden yalnızca ikisidir. Biyokimyasal oksijen gereksinimi ile bakterilerin kirleticileri oksidatif olarak kullandığı oksijen miktarı ölçülür.

Kimyasal oksijen gereksinimi, kirli suya, örneğin potasyum dikromat gibi bir oksidasyon maddesi ilavesi ile tayin edilir. Organik kirleticinin yıkımında su sisteminde eksilen O_2 miktarı oksidasyon maddesinin kullanımından hesaplanır. Bu metodla sudaki bakteriyel olarak değiştirilemeyen organik madde belirlenir.

Biyolojik ve fiziko-kimyasal verilere ve kirlenme derecesine dayanarak su sistemi 4 "KALİTE SINIFI"na ayrılır: 1. kalite sularda kirlilik ya hiç yok veya çok azdır; 2. kalite sularda kirlilik orta derecededir, 3. kalite sularda kuvvetli ve 4. kalite sularda çok kuvvetli kirlenme vardır.

5.4.2. Kendi Kendini Temizleme Gücü (=Ötrofi, Besince Zenginlik)

Bir su sistemi, bakterilerin yıkabileceği atık suyun, çok az miktarda ilave edilmesi halinde, bütün organik içerikli maddeleri mineralize edebilir. Buna onun *KENDİ KENDİNİ TEMİZLEME GÜCÜ* denir.

Atık su ilavesinde, besin sunumu nedeniyle bakteriler ve diğer atık su organizmaları kitle halinde çoğalır. Oksijen miktarı ise artan yıkım nedeniyle azalır. Böylece kuvvetli bir oksijen tüketimi olur. Oksijenin olup olmamasına bağlı olarak anaerob veya aerob olan parçalanma, göldeki madde döngüsüne benzer şekilde olur. Açığa çıkan fosfat ve azot bileşikleri algler için önemli besinlerdir. Bunlar alglerin çoğalma ve büyümesini hızlandırır. Nehirin aktığı yönde yıkılabilir kirletici maddeler az çok parçalanır ve böylece kirlilik nisbeten azalır ve su kalitesi iyileşir.

Kendi kendini temizleme ile işlenebilecek atık sudan daha fazlası su sistemlerine geçer. Özellikle fosfor ve nitratlı evsel atıklar çok fazla besin maddesi içerdiklerinden *ÖTROFİ* denen bir olaya neden olurlar. Ötrofik sularda bakteriler tarafından yapılan parçalanma işlemi ileri düzeydedir.

Serbestleşen mineral tuzlar da alglerin büyüyerek *ALG ÇİÇEĞİ* oluşturmalarına neden olur. Agler ölürse, parçalayıcılar daha çok O_2 kullanır ve böylece diğer canlıların solunumu için gereken O_2 tamamen biter. Bu şekilde su sistemi *DENGESİNİ KAYBEDER.*

Kendini temizleme gücünün aşıldığı nehirlerde, yalnız ileri tekniklerle *İÇME SUYU* kazanılabilir. İçinde 50 000'den daha fazla kimyasal bileşiğin olduğu tesbit edilen Ren Nehri suyundan, 22 milyon insan için içme suyu kazanılır.

5.4.3. Su Kirlenmesi ve Enfeksiyon Tehlikesi

İnsan ve hayvan kaynaklı tüm metabolik atıklar (=fekal maddeler) enfeksiyona neden olabilir. Hatta bu lağım suları arıtma basamaklarından bile geçirilse tehlike azalmaz. Hastalık yapıcı bakteri ve virüslerden başka bu sular tenya ve bağırsak solucanlarının yumurtalarını da içerir. Lağım sularının karıştığı dere ve her türlü su sistemi salgın hastalıklara neden olur. Buralarda yıkanmak tehlikeli olduğu gibi, bu sularda balık üretimi ve hatta sulama bile olmamalıdır.

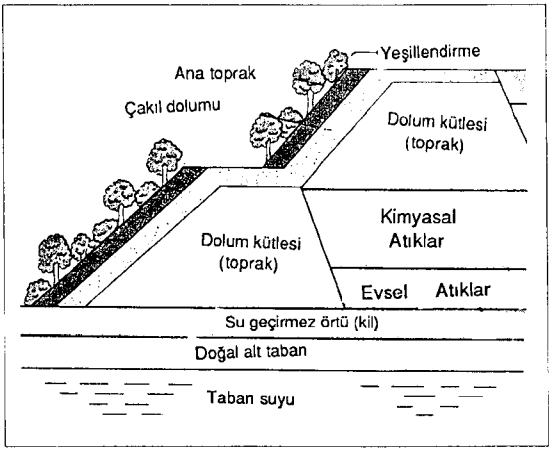
Enfeksiyon hastalığı yapıcılarının yaşama süresi doğal sularda sıcaklık, güneşlenme, O_2 içeriği ve diğer sucul organizmaların etkisine bağlıdır. Bazı organizmaların aylarca bu sularda yaşayabildiği bilinir. Her enfeksiyon, hastalığa yol açmayabilir. Bunun için hastalık yapıcının miktarının belli bir düzeye, yani minimum enfeksiyon dozuna ulaşması gerekir. Bu doz tifüs ve paratifüsde yaklaşık 10^5 ve kolerada 10^8 bakteridir. Bu hastalık yapıcıların arıtma tesislerinde yokedilmesi, suyun klor veya ozonla muamelesi ile mümkündür.

5.5. ÇÖP İZALE (= Yok Etme) ve SORUNLARI

Toplumumuz çok kısa sürede büyük miktarda çöp üretir duruma gelmiştir. Bir defa kullanıp atma toplumu olma yolundayız. Paketleme ve bir kez kullanım daha da arttığı için, ortaya çıkan çöpün yok edilmesi önemli bir sorundur. Önceleri çöp şehir çöplüklerine hiç bir önlem alınmadan konurdu. Bu nedenle, özellikle büyük şehirlerde çok sayıda çöplük vardı. Tesis edilen çöplüklerin, çevreyi kirletici ve hastalık yapıcı noktalar olmaması için önlemler alınmalıdır. Bu önlemler şöyle özetlenebilir:

5.5.1. Tekniğe Uygun Depolama

Çöp depolarının alt kısmının balçık veya ton (=kil) gibi suyu geçirmeyen maddelerden yapılması gerekir *(Şekil 375.1)*. Böylece zehirli maddelerin taban suyuna



Şekil 375.1: Tekniğe uygun olarak çöp depolanması.

girmesi önlenir. Deponun iç kısmında parçalanabilir organik madde bulunur ve burada bakteriyel parçalanma gerçekleşir. Sonuçta açığa çıkan gazın yarısı metan, diğer yarısı ise en azından 300 bileşikten oluşur. Gazlar çöplüklerin ağaçlandırılmasını zorlaştırır. Zira kök civarındaki O_2'ni dışarıya çıkarır.

5.5.2. Kompostlama

Çevreyi koruyarak çöpten kurtulmanın en iyi yöntemi *KOMPOSTLAMA*'dır. Daha çok evsel atıkların izalesinde kullanılır. Ayıklanıp çeşidine göre ayrılmış çöp, temizleme çamuruna karıştırılır ve sürekli hareket eden bir tankta 24 saat boyunca bakteriyel olarak parçalanır. Bunun akabinde altı haftalık depolamada bakteriyel yıkım kompost oluşuncaya kadar sürer.

5.5.3. Çöpün Yakılması

Çöpün hacmi, yakıldığında % 80-90 oranında küçülür. Yakma sonucunda enerji ve sıcaklık elde edildiği gibi oluşan gazlar çevrede yeni sorunlar yaratır. Bu nedenle çöpün yakılması tavsiye edilmez. En ileri filtrasyonlu tesisler bile zehirli gazları tutamaz. Yanma sonunda çok zehirli olan *DİOKSİN* ve *AĞIR METAL*'li kül geride kalır. Bu maddeler *özel çöp* olarak ayrıca çok iyi izole edilmiş özel depolara konulmalı ve gözetim altında tutulmalıdır.

5.5.3.1. Özel Çöpün İzalesi (=Giderilmesi)

Her yıl birkaç milyon tonu bulan özel çöpün izalesi önemli problemler doğurur. Her türlü pil, civalı bileşik hastane atıkları, zehirli atıklar ve eski yağın izalesi zordur. Bazı özel çöpler çocuklarımızın geleceğini tehdit eder. Bu özel çöpün çeşitli adlar altında örneğin sanayi atığı, yakıt maddesi vs. şeklinde ikinci ülkelere, bu arada Türkiye'ye ve üçüncü dünya ülkelerine ihraç edilmesi doğru bir davranış değildir ve yasaktır. Özel çöpe radyoaktif kalıntılar da girer. Bu nedenle önlemler alarak bu atıkların yeraltında depolanması gerekir. Yoksa başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara ve ölü çocuk doğumlarına yol açar.

5.5.4. Geri Kazanım (=Recycling)

Çöpten, kullanılabilir maddelerin ayrılması çok sık uygulanan bir yöntemdir. Bu geri kazanım yöntemine *RECYCLİNG* denir. Endüstrinin birçok dalında kullanılır. Federal Almanya'da 1982 yılında recycling ile % 47 kurşun, % 42 bakır, % 30 aluminyum, 4 milyon t eski kağıt geri kazanıldı ve üretimde tekrar kullanıldı; 500 000 t kullanılmış yağdan, 300 000 tonu tekrar işlenir hale sokulmuştur. Aynı şekilde 700 000 ton eski cam tekrar kullanılmıştır.

Daha az çöp üretip çevreyi daha az kirletmede her vatandaşın yapması gereken bazı görevleri şöyle sıralayabiliriz:

a) Birkez paketleyip atma yerine çok kez paketleme yöntemi tercih edilmelidir;

b) Evde kullanılan kağıt ve cam kullanıma tekrar sunulmalıdır;

c) Özel çöpleri, örneğin ilaç, pil, çözme ve temizleme maddeleri, cila ve boya atıkları, pestisit kalıntısı özel çöp torbalarında saklanmalı ve ilgililere verilmelidir.

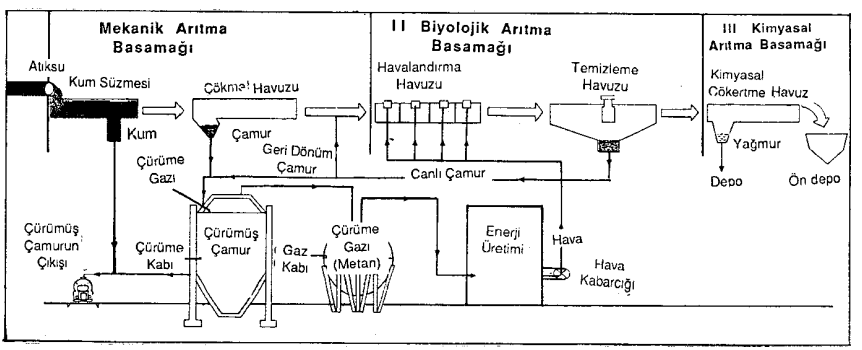
d) Recycling ürünleri tercih edilmelidir.

5.6. ATIK SUYUN TEMİZLENMESİ

Atık suyun temizlenmesi birkaç basamakta gerçekleşir:

5.6.1. Mekanik Temizleme Basamağı

Suyun akışı istikametinde inşa edilen süzgeçte, atık sudaki bütün kaba maddeler tutulur ve oradan uzaklaştırılır. Bunun akabinde kum havuzunda atık suyun sürati öyle azaltılır ki, kum tanecikleri dibe çöker. Bunu izleyen *ÖN TEMİZLEME HAVUZ*unda hız daha da azalır ve böylece kirli olan kaba maddeler zemine birikir. Dibe çöken çamur, çamur çekici ile zaman zaman, biriktirme kabına itilir ve pompalarla oradan uzaklaştırılır. Bu mekanik temizleme yöntemi ile atık su dolu kirli maddelerin % 20-30'u uzaklaştırılabilir *(Şekil 376.1)*



Şekil 376.1: Arıtma tesisi: Mekanik arıtma basamakları; çöpü tutan kafes mekanizması; kum yakalayıcı, ön arıtma havuzu.

5.6.2. Biyolojik Temizleme Basamağı

Biyolojik temizlemenin esası doğadaki mikrobiyolojik aerob yıkımdan yararlanmaktır. Bakteriyel yıkım ya "**damlatma cihazlarında**" ya da havalandırmalı mekanizmalı "**canlı çamur havuzlarında**" olur.

Damlatma cihazlarında kırıntı şeklindeki lav cürufu gibi havaya dayanıklı materyal üst üste yığılır. Atık su yavaşça lav cürufundan akıp gider, hava ise alttan boşluklu alanlardan girer. Cürufta yerleşen canlı birliği ilk planda 3. kalite sudaki organizmalardan oluşur. Bu organizmalar arasında bakteri yanında, bakterilerle beslenen protozoalar da bulunur.

Canlı çamur havuzlarında atık su uzunlamasına havuzlara gönderilir ve buraya havalandırma cihazları yüzeyden hava pompalar. Atık sudaki pislikler havuzda yüzen,

bakteri kümelerince emilir ve yıkılır. Biyolojik arıtmada atık sudan 10-12 saatte biyolojik olarak yıkılabilir, organik maddenin % 90'ı işlenir. Çamur ve temizlenmiş atık su karışımı son arıtma havuzuna pompalanır. İlk arıtmada olduğu gibi ağır çamur, zemine çöker ve daha sonra toplayıcılarla depolara iletilir. Bu çamurun bir bölümü canlı çamur havuzuna geri gönderilir. Böylece yeni gelen atık suya bakteri aşılanır. Temizlenen atık su ön depo olarak görev yapan su sistemine gönderilir.

5.6.3. Kimyasal Arıtma Basamağı

Gerçi biyolojik olarak arıtılan atık suda bakterilerce yıkılabilen maddeler artık yoktur; ama daha anorganik yıkım ürünleri bulunur. Bunlardan en önemlileri "Fosfat, Nitrat ve Sülfat"lardır. Bu maddeler ön depoda ötrofiye neden olacaklarından, uzaklaştırılır. Örneğin fosfatlar, son arıtma havuzuna ilave edilen demir (III)-klorid veya alüminyum sülfat gibi çökeltme maddeleri kullanılarak toplanırlar. Zor çözünen demir (III) veya alüminyum fosfat meydana getirilir. Nitratların uzaklaştırılması çalışmaları sürdürülmektedir. Bakterilerin nitratı, nitrit ve azot oksitleri üzerinden moleküler azota indirgedikleri denitrifikasyon havuzlarını kullanma yöntemi deneme halindedir.

5.6.4. Çamur Arıtma İşlemi

Ön ve son arıtma havuzlarındaki arıtma çamuru, çoğu kez diğer bir muameleye tabi tutulur. Örneğin arıtma çamuru çürüme kulelerinde metan mayalanmasına tabi tutulur. Su sisteminin çürüme çamurundaki, metan bakterileri anaerob koşullarda, çamurun organik bölümü parçalanır. Metan bakterilerinin etki optimumu 30°C olduğundan, arıtma çamuru sık sık ısıtılır. 20-30 günde metan bakterileri arıtma çamurunun yarısını yıkar. Ayrı olarak oluşan çürüme gazının % 70'i metan ve % 30'u CO_2 dir.

5.7. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

Gürültü, nüfus artışı ve ilerleyen teknikleşme (trafik, makine vs.)nin bir sonucudur. Gürültünün kuvvetinin rahatsız edici olup olmaması bireysel olarak farklıdır. Bu yaşa, sağlık ve duyarlı olma durumuna bağlıdır. Doğal gürültü, rüzgar, fırtına, dalga çarpması makine gürültüsüne göre daha az tehlikelidir.

Gürültünün subjektif algılaması ölçülemeyip, ses dalgalarının basıncı ölçülür. Gürültü ile savaş herkesin sağlığını ilgilendiren bir olgudur. Bunun için az gürültü ile çalışan motorların üretim ve geliştirilmesi, işletmelerde gürültüyü asgariye indirme, ana caddeler boyunca gürültüyü önleyici tedbirler alma akla gelen ilk önlemlerdir.

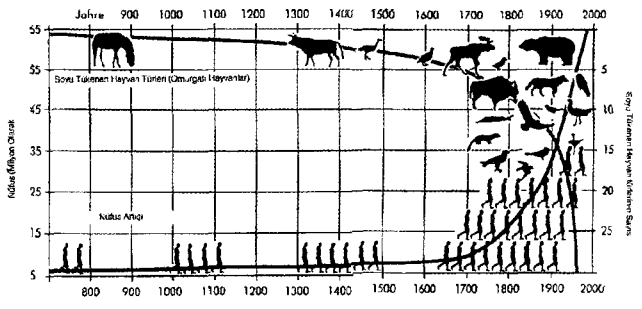
Örneğin radyo, hoperlör, televizyon, çim kesme makineleri ve telsiz kullanırken başkalarının rahatsız edilmemesine dikkat edilmelidir. Aynı sorunlarla birgün kendimizin karşılaşacağını düşünüp bilinçli olarak hareket etmek herkesin görevidir.

6. KORUMA

6.1. DOĞA KORUMA

İnsanoğlu çevreyi kullanırken ekolojik yapı ve ilişkileri çok az önemser. Yani doğanın kendi doğal koşullarının geçerli olduğu yapısı, insanoğlunca kendi çıkarları doğrultusunda şekillendirilir. Örneğin bataklık ve sulak alanlar kurutulur, dere ve nehir yatakları kazılır; tarla kenarındaki çit ve çalılıklar, arazi büyütülecek diye ortadan kaldırılır. Böylece bitki ve hayvanların yaşama alanları daralır veya yok edilir. Bu yüzden birçok bitki ve hayvan türünün nesli tükenmiş ya da tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Bu olumsuzlukların temelinde, insanoğlunun sürekli olarak artan nüfusu önemli rol oynar. *Şekil 378.1*'de insanoğlunun nüfus artışı ile doğal canlıların soylarının tükenme eğilimi arasındaki ilişki görülmektedir. İkibinli yıllara doğru artan nüfusa bağlı olarak, soyu tükenen diğer canlıların tür sayısı da artmaktadır (*Şekil 378.1*).

Birçok ülkede, bitki ve hayvan türlerinin populasyon düzeylerinin ne durumda olduğunu belirlemek için KIRMIZI LİSTELER hazırlanır. Bunların görevi soyu tehdit altındaki, bitki ve hayvan türlerini belirlemektir. Bu amaçla Almanya, Avusturya, İşviçre vd. Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, yurdumuzda da bitki ve hayvan türleri için kırmızı listeler hazırlanmaktadır. Bu listeler da bazı kriterler, uluslararası kulanımda olduğu gibi, gözününde tutulur. Bu kategoriler şöyle sıralanır.



Şekil 378.1: İnsan nüfusunun artışı ve türlerin ortadan kalkma eğilimi 1. Soyu Tükenen Hayvan türleri (Omurgalı Hayvanlar), (Kaule'den).

A GRUBU: Bu gruptaki hayvanlar yurdumuzda çoğalır.

B GRUBU: Bu gruptakiler, yurdumuzda çoğalmaz, beslenme ve transit göçleri sırasında, kışın ve göç mevsimi yurdumuzda izlenir. Bu gruplar alt gruplara ayrılır:

A.1.1. Soyu tükenen hayvan türleri bu gruba girer. Daha önce yurdumuzda yaşayan ama şimdi soyu tükenmiş olan Asya fili, yaban öküzü, yaban eşeği, aslan, çitah, Anadolu Leoparı, yılanboyun kuşu ve kelaynak soyu tükenen örneklerdir.

A.1.2. Soyu tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan türler bu gruba girer. Bunların nüfusları gözlendikleri çeşitli bölgelerde ancak 1-25 çifttir. Bunlara vaşak, sansar, ceylan, yaban koyunu ve keçisi, kunduz, Akdeniz foku, mersin balığı ve 28 kuş türü girer. Bu gruba giren kuş türlerine örnek olarak toy kuşu, mezgeldek, urkeklik, sülün, turaç, dağ horozu, kadı kuşu, bağırtlak, dikkuyruk ördek, uhu, uludoğan, balık kartalı ve gri yalıçapkınını verebiliriz.

A.2. Grubu, büyük tehlike altındaki türleri içerir. Bunların izlendikleri bölgelerdeki populasyonları 26-50 çifttir. Deniz kaplumbağası, bozayı, kurt ve hatta tilki ile 62 kuş türü bu gruba girer. Kuş türlerine örnek olarak karabatak, pelikan, suna, şah kartalı, kınalı keklik, üveyik ve akbaba türlerini verebiliriz.

A.3. Grubundaki türler tehlike altında olup nüfusları 51-250 çifttir.

A.4. Grubuna giren türler, gizli bir tehlike altındadır, nüfusları 251 çiftten daha yüksektir. Bu türler, çevredeki değişim bu hızla gider ve doğa tahribatı artarsa, tehlike altına girerlar.

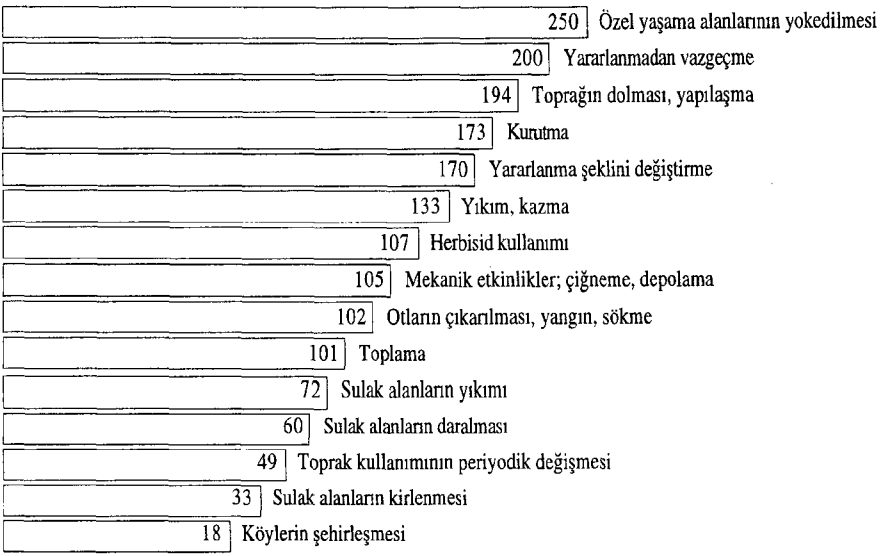
Bitki türlerimizden soyu tükenme tehlikesi altında olanlara şu örnekleri verebiliriz: Kardelen, kış boynuzotu, adasoğanı, güzel kırlalesi, kraltacı, sahlep, zambak ve birçok lale türü. Orta Avrupa'da tahribe uğrayan bitki türleri sayısı *Tablo 379.1*'dedir.

Çevre ve doğaya saygı, sevgi insanın kendi türünün devamını sağlar, yoksa bir gün farkında olmadan kendi sonunu hazırlar. Yeni bir türün oluşması 15-20 bin yılda gerçekleşir. Bu, türün ölümünün ne denli önemli olduğunu, somut bir şekilde izah etmeye yeter.

6.1.1. İlaç Etki Maddesi Olarak Canlılar

Bitki ve hayvanların ortadan kalkması ile ilaçların müessir maddelerinin ana kısmı da yok edilir. Kullanılan ilaçların %50'sinin müessir maddesi bitkilerden elde

Tablo 379.1 : Çeşitli nedenlere bağlı olarak azalan bitki türlerinin sayıları



edilir. Yabani bitkilerin ilaç sanayiinde kullanılan içerik maddelerinin ancak % 10'u incelenebilmiştir.

6.1.2. Genetik Rezerv (=Biyogenetik Rezerv) Olarak Canlı Varlıklar

Yararlı bitki ve hayvanların kultivasyonu ve sağlıklı olarak kullanılması için genetik potansiyel, ölen her türle birlikte azalır. Yeni kultivasyonlardan yabanıl türlerin çaprazlanması her geçen gün daha fazla önem kazanır. Günümüzde sadece 20 kültür bitkisi ve 9 yararlı hayvanı kullanabiliyoruz.

6.1.3. Biyoindikatör Olarak Canlılar

Türlerin azalması insan için alarm olmalıdır. Türlerin ölümü ekosistemin kararlılığını tehdit eder. Canlılar kendi aralarında ve sistemin kendisi ile ilişkidedir. Bazı türlerin ölümü, diğer türlerin ölümünü de hızlandırır. *Bir tek bitki türünün neslinin son bulması sonucunda, 10-20 hayvan türünün de nesli tehlikeye girer, zira hayvan türleri bitkiye ekolojik olarak bağımlıdır.* Böylece ekosistemin devamlılığı kaybolur. Bitki ve hayvanlar yararlı maddelere veya zararlı madde kombinasyonlarına karşı, insana göre daha duyarlıdır. Bunlar insanın geç farkettiği çevre değişimlerine yol açar. Böyle değişimler geçmişte olduğu gibi ileride de çevre felaketi olarak görülecektir. Günümüzde görülen orman ölümü bu hususta bize bir alarmdır. Burada zararlı maddelerin yıllarca etkili oluşu sonucunda, doğanın nasıl aniden bozulduğunu görürüz. İnsanoğlu sadece kendi geleceğini garantilemekle kalmamalı, zararların muhtemel nedenlerini ortadan kaldırarak, onları durdurmalı ve önlemelidir.

6.2. DOĞA KORUMANIN ETİK (=TÖRESEL) VE ESTETİK (=GÜZELLİĞE DAİR) NEDENLERİ

İnsanoğlu etik görüş açısından sadece kendisi ve gelecek döller için değil, aynı zamanda doğayı paylaştığı diğer canlıların yaşamını sürdürmeleri için de sorumluluk duymalıdır.

Aynı şekilde insanın yaşamının sağlıklı olması kendi çevresinin estetik görünüşüne de bağlıdır. Sadece bozulmamış yaşama alanları, tür çeşitliliği ile bu görevi yerine getirir.

6.2.1. Koruma Alanları

Milli Parklar, Orman ve Çevre Kanunu'na göre bazı doğal alanlar mutlak koruma kurallarına tabidir. Buralarda koruma önlemleri vardır ve doğayı bozucu her türlü davranış yasaktır. Ormancılık ve ziraatçilik yapılamaz. Yurdumuzda bu şekilde mutlak koruma altına alınan ve milli park kapsamına giren 23 doğal alan vardır. Bu alanların doğrudan doğruya çevresinde avlanma ve yerleşim yasaktır. Manyas Kuş Gölü gibi evrensel boyutlu milli parkların 15-20 km'lik çevresinde sınayileşmeye ve oraları besleyici akarsuların kirletilmemesine dikkat edilmelidir. Kuş Cenneti Avrupa Konseyi A-Diplomasına sahip nadir bir doğal alan olup, burası ve çevresinde yaptığımız gözlemlere göre 270 kuş türü saptanmıştır. Milli Park alanları, bir ülke yüzölçümünün en az % 5-10'unu kaplamalıdır.



Şekil 380.1: Koruma alanlarını gösteren tabela



Şekil 380.2: Çevre koruma amblemi

Doğa korumacılar, koruma alanları etrafında *TAMPON BÖLGE* tesisini ister. Burada kimyasalların kullanılması yasaktır. Böyle alanların mümkün mertebe birbiri ile ilişkili olmasına ve bir ağla bağlanmasına dikkat edilir.

Koruma alanlarını gösteren tabelada bir yırtıcı kuş resmi vardır *(Şekil 380.1)*. Çevre koruma sembolü de *Şekil 380.2*'de görülmektedir.

6.2.2. Çevre Koruma Alanları

Buralar çeşitlilik, kendine özgü yapısı veya çevre güzelliği ve özellikle dinlenme alanı oldukları için korunur ve ürün elde etmeye izin verilmez *(Şekil 380.1 ve 380.2)*.

6.2.3. Doğal Parklar

Buralar, doğa ve çevre korunması yanında dinlenme ve turizm amaçları nedeniyle korunur.

6.2.4. Doğal Abideler

Tek başına duran çok yaşlı bitkiler doğal abide olarak korunur. Bu bölgelerde avlanmaya, ürün kaldırmaya izin verildiği için tehlike altına girerler.

6.2.5. Sahildeki Yaşam Alanları

Doğal olarak insanın etkin olmadığı alanlar gün geçtikçe azalıyor. Sahiller de bu alanlara dahildir. Bu alanlarda med-cezir olayları gerçekleşir, yani 6 saat ara ile su yükselir ve çekilir. Bu bölgelerde yaşayan canlılar, oranın koşullarına uyum sağlar ve daha çok toprağı kazıp orada yaşar. İç su kıyıları da önemlidir.

Bu bölgeler yeryüzünün en verimli yaşama alanlarıdır. 1 cm^2'lik sahil zemininde 1 milyon alg yaşar. 1 m^2'lik zeminde 50 000 salyangoz veya 40 000 yengeç veya binlerce yuvarlak solucan ve midye bulunur. Bu zengin besini balık ve kuşlar kullanır. Buralarda birçok balık türü yavrusu büyür. Ayrıca yılanbalığı dişisi, deniz akrebi veya yağ balığı yaşamının tamamını burada geçirir. Bunun dışında binlerce su kuşu bireyi, örneğin kaz, ördek ve bekazin transit göçleri sırasında veya kışın burada görülür. Göksu Deltası, Sultansazlığı, Eber Gölü vd. buna iyi bir örnektir. Ayrıca Homa Dalyanı da önemli bir sulak alandır. Buralarda yaşayan canlıların çeşitliliği, bu alanların mutlaka korunmasını gerektirir.

7. RADYOEKOLOJİ

Radyoekoloji, bitki ve hayvanların radyoaktif maddelerle ve özellikle de fiziko-kimyasal ve fizyolojik kurallar ile onların madde çevrimi içine alınma ve birikmesi gibi karşılıklı ilişkileri araştırır. Mümkün olduğunca çok organizma veya organizma birlikleri ve dış koşullar da dikkate alınarak, doğal ve yapay *RADYONUKLİD* lerin örneğin K-40, Toryum-232 vd. gibi, karasal ve sucul ekosistemlerdeki canlılara olan etkileri araştırılır.

Radyoaktif ışının etkilerinin biyolojik yayılım mekanizmasında görülmesi yanında, ayrı ayrı organizma, populasyon ve yaşama birliklerine yaptığı etki daha da önemlidir. Radyoaktif ışına duyarlı ekosistemin üyeleri ve nihayet insana yaptığı etkilerin önemi çok daha büyüktür.

7.1. RADYONUKLİDLERİN ABİYOTİK DAĞILIMI

Bugün yüksek aktiviteye sahip atık maddeler kapalı kaplarda saklandığı halde, orta ve düşük aktiviteli gaz ve atıksu ve diğer sınayi atıkları seyreltik halde biyosfere gönderilmektedir. Bu şekilde kontrol dışı havaya gönderilen radyonüklidler atmosferde çok hızlı ve geniş bir şekilde yayılır. Bu maddelerin difüzyon, sedimentasyon ve özellikle hava ve sudaki akıntılarla, dünyanın her tarafına gitmesi mümkündür. Atmosferde olaylanan sirkülasyon hareketleri, bu maddelerin orada eşit bir şekilde yayılmasını engeller. Yerüstünde yürütülen atom bombası denemeleri bunu doğrular.

Gaz şeklinde atmosfere gönderilen yıkım ürünleri, beta parçalanması nedeniyle elektriki olarak yüklenir. Bu da onların kolayca "AEROSOLE" birikmesine yol açar. Aynı şekilde rüzgarın etkisi ile radyoaktif kum ve toz da çeşitli yönlere doğru dağılır. Sedimentasyona uğrayan veya yağmurla yıkanan tanecikler de bu yolla atmosfere geçer. Radyom-226, Plutonium-239 gibi yarılanma süresi uzun olan radyonüklidlerde bu mekanizmanın önemi çok büyüktür.

Nükleer enerji ve teknik kullanan kuruluşlardan atılan radyoaktif gazların yayılışını önceden söyleyebilmek için çeşitli yardımcı maddeler geliştirilmiştir; ama bunların pratikte kullanımı başarılı olamamıştır. Yerel ve zamana bağlı olan farklı meteorolojik koşulların olmasının da gösterdiği gibi, bu maddelerin yayılışını tam ölçmelerle vermek mümkün değildir. Oysa bu ölçümlerin çok dikkatli ve duyarlı bir şekilde yapılması zorunludur.

Topraktan giren radyoaktif akıcı maddeler, taban suyu kanalı ile yüzey suyuyla temasa geçer. New York'taki West Valley işleme tesislerinde, katı atıklar toprağa gömülmüştür. Çevredeki nehirlerin % 15-20'sinin radyoaktivitesi bu depodan kaynaklanmaktadır. Bu şekilde nehirlere geçerek biriken birçok kimyasal madde ile birlikte radyoaktif maddeler de denizlere geçmiş olur. Bunlara ilaveten deniz tabanındaki radyoaktif mezarlıklardan da bazı maddeler doğrudan denize geçer. Okyanusların sabit tabakaları olmadığı anlaşıldıktan beri, yüksek aktiviteli atıkların büyük oranda denizlere depolanmasından kaçınılmakta ve yüksek radyotoksik atıkların derin kuyularda saklanma yoluna başvurulmaktadır.

Bütün bu olumsuzluklara ve uluslararası yaptırımlara rağmen, deniz ve nehirlerdeki düşük ve orta aktivitedeki atık maddelerin gün geçtikçe artması, insanın kendi kendinin sonunu hazırladığı anlamına gelir. Etrafı denizlerle çevrili olan yurdumuzun radyoaktif atıkların depolanmak istendiği bir mezarlık olmaması için, hepimizin çok dikkatli olması ve bilinçlenmesi gerekir. Yakın çevremizde, radyoaktif madde kullanarak işletime açılmak istenen reaktörlerin faaliyete geçirilmesini önlemek her doğaseverin görevi olmalıdır. Zira doğada daha henüz el bile sürülmemiş ve tehlikesiz olan birçok enerji kaynağı bizleri beklemektedir.

6.2. RADYOAKTİVİTE KİRLİLİĞİ

Canlılar potasyum, kalsiyum, uran ve radon gibi doğal radyonuklidler ve onların parçalanma ürünlerinin yerden ışınlanması ve kozmik yüksek ışınların etkisi altındadır. İnsan tarafından yapay olarak tesis edilen ışın kaynakları, çekirdek patlamaları ve reaktörler, tıp ve araştırmalarda kullanılan röntgen aletleri ve radyoaktif maddeler, bunlara ilave edilebilir. Işın kaynakları, parçacık ışını veya elektromanyetik dalgalar ya da her ikisini birden yayabilir. Parçacık ışınları olarak alfa (helyum çekirdeği), beta (elektronlar) ışınları, proton ve nötron ışınlarını sayabiliriz. Elektromanyetik ışınlara ise röntgen ve gama (UV-ışınları gibi) ışınları dahildir. Işınlar hücredeki DNA ve diğer moleküllere olumsuz etki yapar ve tehlikeli olur. Bu ise hücrelerin ölümüne veya kanserleşmesine yol açar.

Işın etkisi hücredeki moleküllerin iyonize olmasına dayanır. Böylece mutasyonlar ortaya çıkabilir ve hücreler ölür. Işınların etkinliği çeşitli birimlerin yardımı ile gösterilir.

a) Radyoaktif bir maddenin aktivitesi *BEKUEREL (=Bq)* olarak ifade edilir. 1 Bq, bir saniyedeki çekirdek yıkımına eşdeğerdir.

b) Işın enerji akımı olarak da ifade edilebilir. Çeşitli atom çekirdekleri parçalanmalarında ışını farklı enerji şeklinde açığa çıkarır. 1 kg'lık bir kütle 1 joullük ışın enerjisini emerse, ışığın enerji dozu 1 J/1 kg'dur.

c) Işının canlıya etkisi sadece her kütle birimi tarafından emilen enerjiye bağlı olmayıp aynı zamanda ışının çeşidi de onu emen organa bağlıdır.

Örneğin belli bir enerji dozuna sahip alfa ışını daha yüksek enerji dozlu beta ışınının hücreye yaptığı etkinin aynısını yapar (biyolojik eşdeğerlik = ekuivalenz). Eşdeğer doz, enerji dozu ve değerlendirme faktörünün ürünü olup Sievert (Sv)le ölçülür. Röntgen ve beta ışınları için değerlendirme faktörü 1'dir. Çeşitli kaynaklardan çıkan ışınların etkinliği *Tablo 383.1*'de görülmektedir.

7.2.1. Işınların Biyolojik Etkisi

Hücredeki moleküllerin zarar görmesine dayanır. Bu farklı olabilir. Hücre döllenme yeteneğini yitirmemişse ya ölür ya da geçici olarak bozulur. Eğer bölünebilen hücreler etkilenirse, DNA'da bozulma olur ve mutasyona yol açar. Bu arada kan hücreleri de değişir. Işınlar bağışıklık sistemini de bozar. Bağırsakta ana hücrelerin ölümü ile yaklaşık 10 gün süreyle mukus derisinin yenilenmesi engellenir. İshal ve bağırsağın kanaması ölüme yol açar. Bu ışınlanma, hastalığının ana belirtisi olup, kısa süren 1-2 Sv dozlu bir ışınlanmada izlenir. 2-6 Sv'lik ışınlanma birçok durumda görülür. 6 Sv'den itibaren ışınlanma ölüme yol açar.

İnsan embriyosunda organ taslak hücrelerinin zarara uğraması sonucunda çeşitli anamoliler görülür. Vücut hücrelerindeki somatik bir mutasyon, hücrelerin kanserleşmesine neden olur. Kanser hastalığı da bir yıl sonra ortaya çıkar. Kanser hücrelerinin oluşmasında ışınların dozu etkilidir.

Tablo 383.1 : Çeşitli ışın kaynaklarının yol açtığı ışınlanma kirliliği. Işınlanmaya maruz kişi için maksimum hoşgörü dozu 50 μ Sv/yıldır.

Kömür ve maden galerisinde		1-20 μ Sv/yıl
Televizyon, endüstri ürünleri	yaklaşık	10 μ Sv/yıl
Kolsaatindeki ışıklı rakamlar		0,3 μ Sv/yıl
Büyük yükseltilerde uzun süren uçuşlar		20 μ Sv/yıl
Nükleer enerji santrallarının çevresi		0,2 μ Sv/yıl
Nükleer enerji santrallarındaki çalışma bölümlerinde		2 μ Sv/yıl

8. ÇEVRE EĞİTİMİ

8.1. ÇEVRE DİSİPLİNLER ÜSTÜ (=MULTİDİSİPLİNER BİR BİLİM DALIDIR)

Çevre olgusu ve günümüzde onun karşılaştığı sorunlar ve tehlikeler gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de de güncellik kazanmış ve birçok biyolojik tartışmanın odak noktası olmuştur. Bu bağlamda çevre dersi ilköğretim ve orta öğretim programlarına konulmuştur. Çevre dersinin ayrı bir ders olarak okutulması uygulaması, bildiğimiz kadarıyla hiçbir gelişmiş ülkede yoktur; ancak bu uygulama yurdumuzda hala sürdürülmektedir. Bu uygulamanın bir an evvel kaldırılması gerekmektedir. Bilindiği üzere çevre ile ilgili konular disiplinler üstüdür. **Bu nedenle bu konuların tüm diğer dersler içerisine harmanlanıp irdelenerek verilmesi gerekir. Çünkü bu dersin genç bellekleri sınıf geçme stresine sokacak bir biçimde verilmesi, onları çevre konularına karşı duyarsız yapacaktır. Doğru olan çevre dersinin kapsamına giren konuların başta Biyoloji, Kimya, Fen Bilgisi, Din Bilgisi, Fizik ve hatta Matematik gibi derslerin içine entegre edilmesi,** gençlerin bu konulara duydukları ilgi ve sorumluluk bilincini artıracaktır.

Her dakika 14 hektar tropik ormanın yok edildiğini; her yıl Kıbrıs Adası büyüklüğünde bir toprak kütlesinin **EROZYONLA** Anadolu'dan denizlere taşındığını düşünen ve buna karşı ne gibi önlemeler alınması gerektiği hususunda kafa yoran gençlere gereksinim duyulmaktadır. Bu da gençlerin **"ÇEVRE KORUMA BİLİMİ"** ile eğitilmeleri sayesinde mümkün olacaktır. Çevre eğitimi öğrenciye çevre bilinciyle hareket edip, doğasını ve yaşadığı yerküreyi koruma bilinciyle gözetmesine yol açacaktır. Doğayı bozmadan bir bireyin nasıl hareket etmesi gerektiğini çevre eğitimi konuları öğretir. Çevre tahribatının önlenemeyen boyutu öğrenciler için kişisel olarak öğrenilmesi olanaksız olan bir olgudur. Çünkü bunlara yol açan nedenleri daha önceki kuşaklar ortaya çıkarmış; uzun dönemde de bunların oluşturduğu olumsuzluklardan günümüz gençleri nasibini almışlardır. Örneğin bitki ya da hayvan türünün soyunun tükendiğini görmek kısa vadede mümkün olmayabilir. Bu sonuç daha önceki yanlış uygulamalar sonucunda ortaya çıkmış olabilir. Yine ölümcül olan dioksinin kokusu yoktur ki koklanarak bu zehirli madde algılanabilsin; çeşitli kirleticilerin (=emisyonlar) örneğin, aerosoller görülmezler; gama ve radyoaktif ışınlar hissedilmez ve asit yağmuru kokmaz, ancak bunların yolaçtığı çevre bozucu sonuçlar uzun vadede doğanın yok edilmesine ve doğada yaşayan canlıların soylarının tükenmesine neden olur. Görüldüğü gibi bir önlem almak için çevremizin kalitesini algılayabilme yeteneğimiz o kadar gelişmemişitir. Ancak iş işten geçtikten sonra zararlar kendimize yansıdıktan sonra durum ortaya çıkacaktır. Buna karşın ozon sorunu ve nedenlerini; orman ölümlerini, hava kirliliği nedeniyle ölümleri, birçok türün soyunun tükenmesini algılamak mümkündür. Bu nedenle çevre sorunlarına bizzat neden olmaktan kaçınmamız gerekir. Bu da bireylerin aile ocağından başlayarak uygun ve yararlı bir **ÇEVRE EĞİTİMİNDEN** geçirilmesiyle mümkündür.

BÖLÜM VIII
DAVRANIŞ

1. DAVRANIŞ BİYOLOJİSİ BİLİMİNİN METODLARI

1.1. HAYVAN DAVRANIŞINI ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Etoloji ya da Davranış Bilimi, hayvanların davranışını, onların amaç ve nedenlerini araştırır. Etolojinin kavram sistemi, gözlemlenen davranış şekillerine dayanır. Merak, öğrenme ve oyun gibi günlük yaşamda kullanılan kavramlar sadece bilimsel amaçlı olarak gelişmez. İhtiyaçlara cevap verecek şekilde de ele alınır. Dış etkilere veya iç koşullara bağlı olarak bir davranış şekli olabilir. İnsanı sokan bir arıya olan tepkime davranışı, bir dış davranıştır. Uykudan uyanma ise bir iç koşullu davranıştır.

Bir de doğuştan veya genetik kökenli davranış şekilleri vardır. Burda genlerin denetiminde olan ve merkezi sinir sisteminin devreye girmesi ile bir davranış yapılır. Bir çocuğun doğar doğmaz, herhangi bir dış katkı olmadan nefes alıp vermesi bunun için iyi bir örnektir. Daha bebeğin ana rahminde iken solunum için tüm organları gelişmiştir ve anne kanından O_2 gereksinimi karşılanmaktadır. Oysa doğar doğmaz göbek bağı ayrılınca, kendisi O_2 almak zorundadır. Tamamen gelişmiş bir solunum sistemi devreye girerek, doğuştan olan soluk alıp-verme tepkisini göstermiştir. Organizmanın da soluk alıp verme için yeterli bir şekilde oluşturulmuş olması genetik bir olgudur. Doğuştan olan bir davranış, doğar doğmaz, soluk almadaki gibi hemen devreye girmeyebilir. Örneğin ipek böceği ipek örmeye ancak kokonda erişkin bir tırtıl olarak başlar. Yani bu davranış sonradan öğrenilmiş olmayıp, genetik olarak programlanmıştır. Deneyime bağlı davranış ise bireyseldir.

Amerika'da Davranış Bilimi karşılığı olarak **Behavior** kullanılır. Davranış Bilimci SKINNER'in yanılma ile doğru yolu bulma konusunda yaptığı deneyler davranış bilimine önemli katkılar sağlamıştır. Bunun sonucu olarak davranış psikoloji ve pedegojiyi de etkilemiştir. Davranış kavramının **"ETOLOJİ"** adı altında kullanıldığı Avrupa'da özellikle **TINBERGEN** ve **LORENZ**'in temsil ettiği **Klasik Etolojik Görüş** önem kazanmıştır. Aynı yazarlar **Karl v. FRİSCH**'le beraber Karşılaştırmalı Etolojinin bilim dalı olarak kabulünü sağlamış ve 1973 yılında Tıp Nobel Ödülünü almışlardır.

DAVRANIŞ BİYOLOJİSİ veya *ETOLOJİ* (=ethos: töre, adet, davranış) bilimi , biyolojinin en önemli dallarından biridir. Hayvanların morfolojik ve fizyolojik özellik ve yeteneklerinin önemi, onların niçin kullanıldığı bilinirse, kendiliğinden ortaya çıkar. Bunun önemi ise özellikle bu asrın başında ortaya çıkmıştır. Bu yüzden etoloji, biyolojinin en genç dallarındandır. Bunda, yöntem zorluklarının çokluğu ve karşıt sonuçların eldesi ve objektif değerlendirmelerin kolay olmayışının rolü büyüktür.

1.1.1. Doğadaki Gözlemler

İngiliz biyoloğu JANE GOODALL'ın hayvan davranışı inceleme yöntemi ilginçtir. Araştırıcı doğada serbest yaşayan maymun gruplarını izlemeyi ve diyalog kurmayı denemiş ve bazı günler maymunların arkasından 20 km yürümüştür. Tanzanya Milli Parkı Gombe'de, zamanla maymunlar ona alışmış ve saldırmamışlardır. Araştırıcı her birey için tuttuğu kayıtlara dayanarak, onların nasıl davrandıklarını ortaya koymuştur. Toplanan bu bilgi ve kayıtların yer aldığı listelere *ETOGRAM* adı verilir.

Tek bir kişinin girişimi ile başlatılan bu çalışma 20 yılı geçkin bir süre sonra, çok sayıda araştırıcının katıldığı grup araştırmasına dönüşmüş ve hala sürdürülmektedir. Bunun dışında birçok araştırıcı, bugün doğal koşullarda gözlemlerini yürütür.

1.1.2. Araştırmalarda Kullanılan Aletler

Hayvan davranışı analizi için sadece basit gözlemler yetmez. Davranış şekilleri çok süratli ve karışık olan hareket veya hareket dizileridir. Bu yüzden, insan gözünün tam olarak onları izlemesi mümkün olmayabilir. Çekilen filmlerle bu hareketler tesbit edilebilir ve tekrarı yapılabilir. Özel film teknikleri kullanarak, yavaş çekimlerle süratli hareketler yavaşlatılır. Yavaş çekimle elde edilen film kareleri yan yana getirilerek, hareketin olaylanması daha anlaşılır ve izlenebilir şekle sokularak, hayvanın davranışı hakkında fikir sahibi olunur.

Hayvanların doğal davranışlarında değişmeye neden olmamak için film makinasının saklanması ve hayvanların da ona alışması şarttır. Morötesi ışıkla hayvanların karanlıktaki davranışlarını filme almak mümkündür.

Birçok hayvan oyuk ve toprağın altında yaptıkları yollarda yaşar. Bu hayvanların toprakaltı yaşamları düzenlenen yapay setlerde filme alınır ve gözetlenir. Çekilen filmler "Hayvanlar Alemi" adı verilen programlarda gösterilir. Bir türün bireyleri birbirine çok benziyorsa, işaretlenir. Hareket edilen alanlar arasındaki mesafe kuş göçlerindeki gibi olabilir. Bu durumda, göçen bireylere mikrovericiler monte edilerek uzun göç esnasındaki davranışları izlenir. Verici, hayvanın doğal davranışını etkilememelidir. Hayvan davranışı, duyu organı ve sinir sisteminin ortak çalışması ile şekillenir.

1.1.3. Laboratuvar Deneyleri

Hayvan davranışları laboratuvar koşullarında da incelenir. Bunun için hayvanlar yapay koşullarda tutulur ve gözlenir. Buradan elde edilen sonuçlar tartışılarak doğal yaşamı temsil edip etmedikleri üzerinde durulur. Yapay koşullardaki hayvanların davranışları da bozulabilir. Elde edilen sonuçlar gerçeği yansıtmayabilir. Ayrıca, labora-

tuvar koşullarında deney hayvanlarının önemli bölümünün öldüğü gerçeği de gözden uzak tutulmamalıdır. Ancak bu koşullarda kazanılan sonuçlar doğal koşullarda elde edilenleri tamamlayıcıdır.

1.1.4. İzolasyon Deneyleri

Birçok kuş türünün, türe özgü ötüş şekli vardır. Bunun doğuştan ya da sonradan kazanıldığı araştırılabilir. Kuluçka makinalarından elde edilen civcivlerle, doğal koşullardaki türdaşları temas etmez; ama bunlar, türe özgü davranış şekli gösterirlerse, bu davranış şeklinin genetiksel olarak programlanmış olduğu sonucu çıkar.

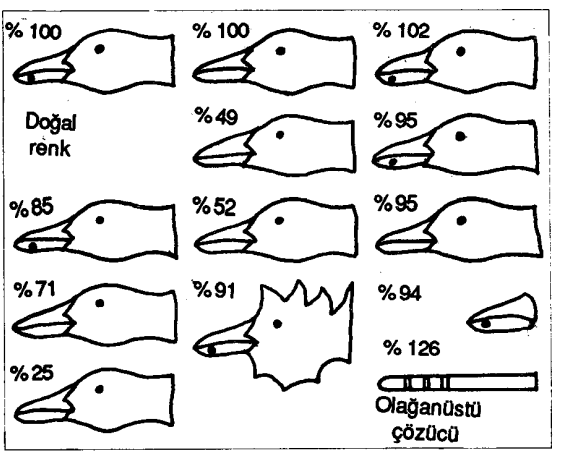
Bu şekilde izolasyon deneylerine, insanla ilişkisi olmadan ve herhangi bir medeniyet vasıtası ile temas etmeden büyüyen Kaspar Hauser adlı çocuğun anısına *KASPER-HAUSER DENEYİ* denir. İzole maymunlarda davranış bozukluğu görülür. Bu nedenle, hayvanlara ait tutsak koşullarda elde edilen davranışla ilgili bulgular, doğal koşullar için kullanılmamalıdır. Bu yüzden izolasyon deneyleri tutsak iken bile doğal davranabilen bireylerle yapılır.

1.1.5. Atrap Deneyleri

Gümüşi martı, sarı gagası ucunda kırmızı bir leke taşır. Yumurtadan çıkan yavrular ana-babanın gagasına vurup ondan besin ister. Yavruları gagaya vurmaya iten etken nedir? Bunun için atrap deneyi yapılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir: Yavrulara çeşitli renkteki alçı modeller gösterilmiş ve yavruların gagalama sayıları belirlenmiştir. Lekeli gagalar yavrular tarafından gagalanır. En fazla gagalamaya kırmızı renk yol açar. Burada kafanın renk ve şeklinin önemi yoktur. Bazı atrap kafaları, doğal kafa modelinden daha fazla gagalanır. Bunlara *normalüstü atrap*lar denir *(Şekil 387.1).*

1.2. İNSAN DAVRANIŞ BİYOLOJİSİNİN METODLARI

Davranış şeklinin doğuştan, ya da sonradan kazanıldığı izolasyon (=ayırma, tecrit) deneylerinde obje olarak insan kullanılmaz. Bu nedenle insanın doğuştan olan davranış şekilleri açık ve basit bir şekilde kanıtlanamaz. Bununla birlikte genetik payın insan davranışında ne kadar olduğu belirlenebilir.



Şekil 387.1: Genç martılarla yapılan atrap deneyi.

1.2.1. Süt Bebekleri

Bebekler, doğuşun hemen sonrasında mimik ve dokunum hissi arasında ilişki kurabilir. Yüz ifadelerini taklit eder, refleks ve sesi algılar. Bütün bu davranış şekilleri genetik bir program gereği yapılır.

1.2.2. Kör ve Sağır Doğan Çocuklar

Doğuştan kör ve sağır çocuklar gördükleri ve duyduklarını taklit ederek öğrenemez. Ancak bazı davranışları, ana-babalarının tepkisinden öğrenip, yüz ifadelerinden ve dokunarak bazı sonuçlar çıkarırlar. Kolları olmayan, kör ve sağır çocuklar da sağlıklılara benzer davranış ve yüz ifadesi gösterir.

1.2.3. Kültür Karşılaştırması

I. EIBL-EIBESFELDT çeşitli kültürdeki insanları araştırdı. Onların gülme, selam verme, hayret, flört ve hakaret gibi benzer davranış şekilleri gösterdiğini belirledi. Araştırıcı grup oluşturma ve hiyerarşi gibi davranışları tesbit etti ve filme aldı.

1.2.4. İnsan-Hayvan Karşılaştırması

Hayvan davranış biyolojisi, insan davranışının araştırılmasına yardımcı olur. Gerçi hayvanın davranış şeklinden, insanınki hakkında bir sonuç çıkarmak mümkün değildir; ama hayvan-insan karşılaştırması insanın davranış şeklini incelemede, araştırma için ipuçları verir. Birçok puma ve insan benzer durumlarda güleryüz veya kızgınyüz ifadesi gösterir. Çeşitli kültürlerden insanlarla, primatlar arasındaki böyle benzerlikler, ortak kalıtsal yapıdan başka nasıl açıklanabilir ki?

2. DOĞUŞTAN DAVRANIŞ

2.1. DOĞUŞTAN OLAN DAVRANIŞIN KALITIMI

Nisan ayında doğan; annesiz yaşayan tarla faresi ağustos ayında aniden besin depolamaya başlar. Fare bu dönemde, soğuk ve besin bulmanın zor olacağı kışı, henüz bilmez; ama besin depolar ve kışı geçireceği bir oyuk yapar. Toprak oyuğun kış donundan korunmak amacını taşıdığını da bilemez, çünkü henüz donu ve etkisini yaşamamıştır. O halde besin deposu yapımı ve besin depolama doğuştan var olan davranış şekilleridir. Bunlar evrim sürecinde mutasyon ve selekisyonla gelişmiştir. Genetik olarak tesbit edilen davranış şekilleri mutasyonlarla değişimlere uğramış ve burada özellikle çevre etkilerinin rolü olmuştur.

Bireysel öğrenmede her birey deneyim sahibi olur. Bu ekonomik olmayan ve çok yorucu bir olaydır. Besin biriktirip kışa hazırlık yapmayarak açlıktan ölen bir fare veya kobay için artık çok geçtir. Evrim sürecinde öğrenilen davranış şekilleri türün tüm bireyleri tarafından, daha başından itibaren doğru olarak uygulanır.

İnsanlarda da doğuştan davranış şekilleri vardır. Kör ve sağır doğan insanda bu durum izlenebilir. Bu şekildeki çocukların yüz ifadeleri (=mimik), sağlıklı çocuklardaki gibi gülme ve ağlamaya benzer. Bu yüz ifadelerinin öğrenilmesi olanaksız ise nasıl olur da böyle bir benzerlik söz konusudur? Erişkinlerdeki karışık doğuştan davranış şekillerini anlayabilmek için değişik bölgelerde ve kültürlerde yetişmiş insanların karşılaştırılması gerekir. Örneğin tüm dünyadaki çeşitli

kültürlerden olan erişkinlerin selamlarını saniyenin onda biri bir sürede kaşlarını yukarı çekerek verdikleri belirlenmiştir. Gerçi bu durum selam verme işlevinde kaş kaldırmanın tamamen doğuştan olduğunu belirtmiyor; ama yinede bir fikir veriyor ve aksi kanıtlanıncaya kadar da iyi bir örnek olarak kullanılabilir *(Şekil 389.1).*

2.2. İÇGÜDÜSEL DAVRANIŞ

Örümceğin ağını örmesi, kuşun yuvasını yapması, ağustos böceğinin tahrik ötüşü, toy ve mezgeldeğin kur dansı gibi olaylar, içgüdüsel davranış örnekleridir.



Şekil 389.1: Bali Adası, Avrupa ve Naika yerlileri (Güney Amerika)'nda göz selamı. Kirpikler yaklaşık 1/6 saniye de tik varmışcasına yukarı kaldırılır (E.-Eibelsfeldt'ten).

İçgüdüsel olaylar doğuştan olup, türe özgüdür. Bunlar reflekslere göre daha çeşitli ve karışıktır. Örneğin kuşların belli dönemde kur yapması, eşini bulmuşsa revir teşkili ve yuva yapması içgüdüsel olaylardır. Halbuki refleksler mevsime bağlı değildir. Birçok içgüdüsel olay reflekslerin aksine keyfi olarak arka arkaya yapılmaz.

2.2.1. Sirkadian Periodik

Günlük süreçle ilişkili olarak birçok canlı aktif ya da inaktiftir. Burada daha çok da zaman belirleyiciler rol oynar, güneşin doğuşu ve batışı gibi (fizyolojik saat).

Bu iç fizyolojik saat yardımı ile bazı canlılar belli saatlerde belirgin bir işi yapmayı öğrenir. Örneğin arılara belli saatlerde besin verilirse, onlar buna alışır ve yeni besini o saatte almaya gelirler. Arıları uçakla başka bir bölgeye götürseniz dahi, oranın zamanına, değil (en azından ilk günler), halen daha önce bulundukları yere ait ve işleyen kendi iç saatlerine göre hareket ederler.

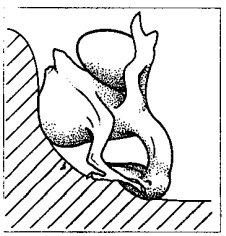
2.3. TELEONOMİ

Kuş göçü ve kış uykusu gibi içgüdüsel olaylar amaca yönelik, anlamlı ve etkilidir. *Genetik olarak tesbit edilmiş olayların, anlamlı ve amaca uygunluğuna TELEONOMİ* denir. Bu olaylar evrim sürecinde gelişmiş olan bedeni uyumlardır.

2.4. İÇGÜDÜSELOLAYLARIN OLAYLANMASI

2.4.1.Olaya Hazır Olma (Güdülenme)

Yırtıcı hayvanlar, ancak içuyum ve motivasyon halinde avlanır. Güdülenme, açlık, hava koşulları ve hormonal olaylar gibi çok sayıda iç ve dış etmenle saptanır. Avlanan büyük bir avın yakalanıp yenmesi ile motivasyon gücü azalır. Başarısızlık ise avlanma eğilimini artırır.



Şekil 390.1: Yumurtasından çıkalı birkaç gün olan, guguk kuşu yavrusu konukçunun (esas yuva sahibinin) yumurtasını yuvadan atıyor.

Guguk yavrusu, yumurtadan çıkar çıkmaz, yuvanın esas sahibinin yumurta; hatta varsa yavrularını derhal yuvadan dışarıya atar *(Şekil 390.1)*. Bu doğuştan olan bir tepkimedir. Yuvaya yapay bir yumurta konsa, onun da geleceği, yukardakinden farklı olmaz; ama bu olay yumurtadan çıkmayı izleyen ilk günlerde olur. Daha sonra genç guguk yavrusu, yuvadaki hiçbir şeye o kadar yoğun tepki göstermez. Yine uyarı vardır; ama tepki gücü azalmıştır. Yani dış koşullar aynı kalmış; ama iç koşullarda değişme olmuştur.

Arı kovanına yaklaşırsanız bekçi arılar sizi hemen sokar. Aynı arılar birkaç gün sonra çiçek tozu aramaya gidince, ancak onu sıkıştırırsanız sizi sokar, yoksa hiç bir şey yapmaz.

2.4.2. Appetens Davranışı (İsteksel Davranış), İçgüdüsel Son Olgu

Aç ve avlanmaya hazır hayvanlar, artan motorik ve duyarlı aktiviteye sahip olup appatens davranışı gösterir. İçgüdüsel davranışın üç olgusu vardır. Bunların ilki yönlendirilmemiş arama veya appetens davranışıdır. Bu davranışta harekete geçirici obje veya appetens davranışıdır. Bu davranışta harekete geçirici obje veya eşle karşılaşılmadığı sürece aksiyon yoktur. Bu gerçekleşir gerçekleşmez ise amaçlı yaklaşım veya yönlendirilmiş appetens davranışı başlar. Eğer hayvan amacına ulaşırsa üçüncü bölüm başlar. Burada işgüdüsel son olgu, Ör. kazanılmış besinin yenmesi veya çiftleşme olaylanır. Her üç davranış basamağı, kural olarak iç koşullara bağlıdır; ama farklı uyarıcılardan etkilenir.

Bazı içgüdüsel davranış şekilleri sadece appetens davranıştan oluşur. Kuş göçü yönlendirilmiş bir appetens davranışı olup, belli coğrafik bölgelere yapılır ve göç amacı, o bölgeye ulaşılınca sona erer *(Şekil 391.1)*.

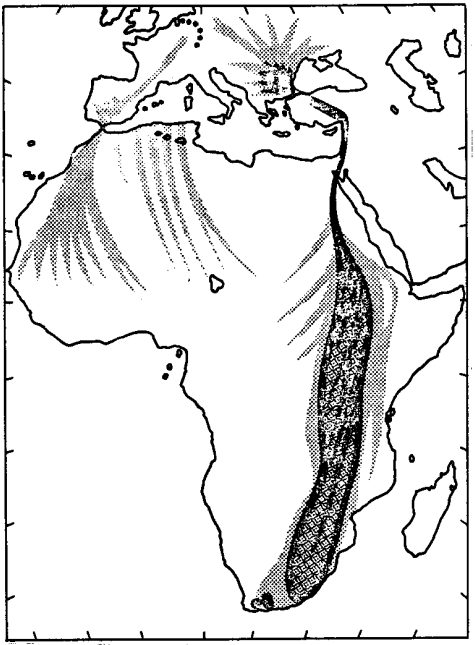
2.4.3. Çözücü, Harekete Getirici

Sadece belli bazı objeler, yırtıcının avını yakalamasına yol açar. Bu objelere "**çözücü veya harekete geçirici**" denir. Bundan kaynaklanan ve hayvanı etkileyen uyarıya *ANAHTAR UYARI* denir. Atrap deneyleri ile anahtar uyarı tesbit edilir. Nar-bülbülü **(Erithacus rubecula)**, rakiplerinin kırmızı göğsünü göstermesi ile uyarılır. Kırmızı bir tüy demeti bile onda saldırı davranışını harekete geçirir.

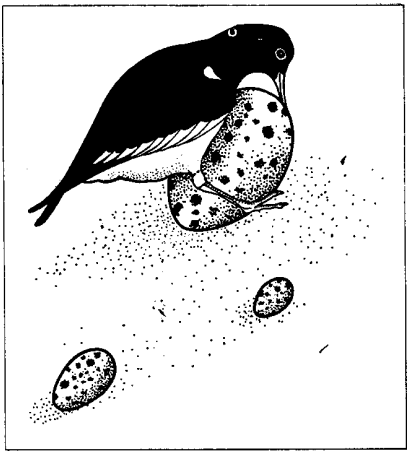
2.4.4. Doğuştan Uyarım Mekanizmaları (=DUM)

Beynin belli bir bölümü, çok sayıdaki uyarıcıdan sadece "**anahtar uyarı**" etkisi yapanı seçer ve ona uygun davranır. Beynin bu işlevsel bölümüne "DUM" adı verilir. Bunun nasıl olduğu hakkındaki bilgilerimiz azdır.

Doğuştan olan birçok davranış şekli çok basit uyarı ile harekete geçer: Bazı hayvanların dişileri sinyal feromonu (=uyarıcı seks hormonu) salgılar. Bu madde erkeğin dişiyi bulmasına yardım eder. Ör. İpek böceği (*Bombyx mori*) salgıladığı **Bombycol** adlı seksüel uyarı maddesi ile erkeği uyarır. Bu madde bir kimyasal anahtar uyarı



Şekil 391.1: Bacağa takılan halka bulgularından yararlanılarak belirlenen beyaz leyleğin göç yolları. Anadolu, İberik Yarımadası ile birlikte en büyük leylek göç yolu üzerindedir. Anadolu'dan göçenler Mısır, Doğu ve Güney Afrika'ya gidip, orada kışı geçirir. İlkbaharda da aynı rotayı izleyip Anadolu üzerinden tüm Avrupa'ya giderler (Schüz'den).



Şekil 391.2: Normalüstü bir atrap yumurtanın, deniz saksağanının (*Haematopus ostralegus*) kendi yumurtasına yeğlenmesi. Yerde yuvalanan kuşlarda, yuvanın dışındaki yumurtayı yuvarlıyarak yuvaya taşıma hareketi, doğuştan olan bir davranış şeklidir (Tinbergen'den).

maddesidir. Bu bir bakıma doğuş uyarım mekanizmasını harekete geçirici maddedir.

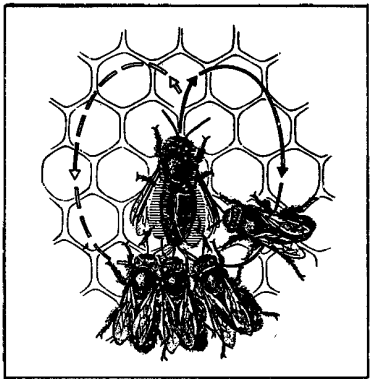
İçgüdüsel davranışı harekete geçiren ve biyolojik eşdeğer uyarıcı olmaksızın, uyarıma yol açan cisimlere **Atrap** denir. Bazen atraplar (=model) doğal çözücülerden daha etkili olabilirler. Bunlara normalüstü Atrap denir *Şekil 391.2).*

2.4.5. Hareket ve Kalıtsal Olarak Düzenlenmiş Sonolgu

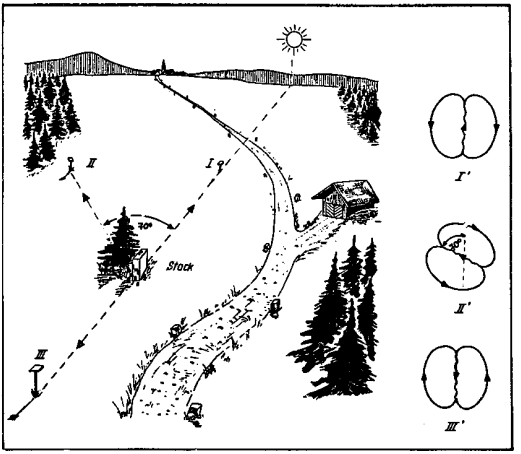
Dıştan tanınır tepki, çözücünün yol açtığı, bir hareket olgusudur. Buna "KALITSAL DÜZENLİ SONOLGU" denir. Bundan önce yönlenme hareketi veya "TAKSİS" yapılarak hayvan, bitirici hareketi (=sonolgu) uygulayacağı en uygun konuma gelir.

2.4.6. Denge ve Konum Belirleme (=Oryantasyon)

Eğer hayvanlar sakin ve hareket halinde iken belli bir yerde duruyor iseler, bunun temelinde düzenleme mekanizması yatar. Duyu organları, merkezi sinir sistemine vücudun konumunun yer çekimine veya ışığa uygun olmasını haber verirler. Merkezi sinir sistemi de en uygun olanı yerine getirir.



Şekil 392.1: Besin kaynağı bulduktan sonra bir işçi arının peteğin dik yönüne doğru kıç dansı etmesi. Arı abdomenine, kıçını bir oraya bir buraya hareket ederek dans hareketi yaptırır. Onu izleyen diğer işçi arılar bu davranışdan, besin kaynağının yön ve uzaklığı ile ilgili bilgi edinirler (v. Frisch'den).



Şekil 392.2: Yatay bir petek yüzeyine, kıç dansı ile yön bildirimi I. Dans motiflerinin kıç hareketi ile (I'nde daha büyük ölçekte yukarıya doğru gösterilmesi, hedef nokta; yani besinin olduğu yer güneş istikametindedir. II. Hedef burada güneş yönünün solunda 70°'lik bir açıdadır; kıç hareketi (II) buna uygun olarak 70° sola doğrudur; yukarıya doğru olan istikametten hesaplanır, III. Hedef güneş yönünün aksi tarafındadır; kıç hareketi (III') aşağıya gösteriyor (v. Frisch'den).

Hayvanlar normal konumlarda, örneğin hareket ederken sırtlarını yukarıya dönerler; bununla birlikte sırtüstü yüzücüler(*Notonecta*) ve bazı hayvanlar sırtüstü hareket ederler; bunlarda konum tepkimesi ters olmaktadır.

Eğer bir canlı bir amaca yönelik veya bir tehlikeden kurtulmak için hareket ederse, burada farklı iş söz konusu olabilir. Bunun için bazı örnekler verilir:

a) Hareketin süratinin uyarının gücüne bağlı olmasına **kinezis** denir.

b) Uyarının içeriğine bağlı olarak, amaçsız dönme tepkimesi olursa buna **fobotaksi** denir.

c) Dolaylı ya da dolaysız olarak algılanan amaca yönelim, Ör. **fototaksi, kemotaksi** ve **jeotaksi** (bunların hepsi pozitiftir).

d) Dolaylı ve dolaysız olarak algılanabilen verilere karşı dönüş, Ör. **fototaksi, kemotaksi** ve **jeotaksi** şeklinde adlandırılır (bunlar negatiftir).

e) Algılanan uyarı yönüne doğru vücudu geçici olarak 0° ve 180°'lik farklı bir açıda tutmaya **Menotaksi** denir.

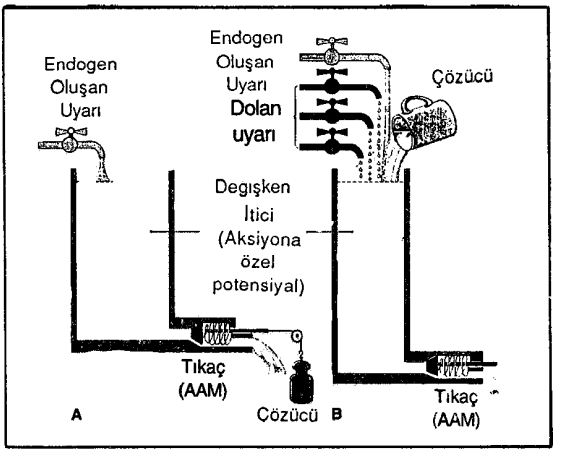
d) **Güneş pusulasıoryantasyonu (=yer belirleme)**: Yeryüzünde belli bir hareket yönünü güneş ve iç saatin yardımı ile belli bir açıdaki hareketle belirleme ve ona göre konumlanma (oryente olma)'dır. Bu hareket öğrenilerek yapılabilir. Karıncalar besin kaynağına giden ve gelen yolun yönünü öğrenirler. Bal arıları oğul uçuşunda güneşe vücutları ile yaptıkları açıya öğrenerek bunu dans hareketleri ile arkadaşlarına bildirirler. Bu hareketler yer çekim yönüne belli bir açıda yapılır *(Şekil 392.1ve Şekil 392.2)*. Bu nedenle aynı besin kaynağına gelen bir arı, her saat esnasında, saat yelkovanına karşı 15°'lik bir açı ile dans açısını değiştirir.

Güvercin, köpek, kedi ve diğer bazı hayvanlar yaşadıkları yerden uzaklaştırıldıkları halde, tekrar orayı bulabilir. Buradan, onların duyuları ile iki bağımsız yer kordinatını bilmeleri gerektiği sonucu çıkar; yoksa geri dönmeleri mümkün olamazdı.

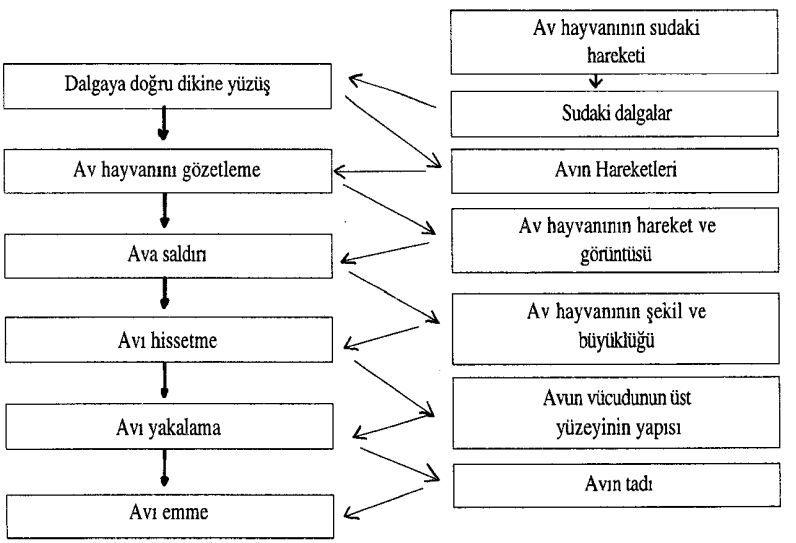
2.5. İÇGÜDÜSEL DAVRANIŞIN İTİLİMİ

2.5.1. Harekete Hazır Olma

Kafeste tutulan erkek kuş, hiçbir dişi kuş görmemesine rağmen ilkbaharda kur yapar. Bu davranış itilim enerjisi sadece dış etkilerle değil içte de üretilir ve "İSTEKSEL DAVRANIŞ"a yol açar. Zamanla kur davranışı daha da belirgin olur. Çiftleşmeye hazır bir dişi de yakında olmadığından sonolgu (=bitirici hareket) hareketi, yani çiftleşme olmaz. Bu yüzden de itilim bastırılır. Çiftleşme davranışı objeler tarafından aktive edilir. Sakalar da bu şekilde, doğal koşullarda çiftleşmediği kanarya dişisi ile çiftleşir. Benzer davranış avlanmada da izlenir. Çok acıkmış tilkiler kurbağa ve böcek avlar. Evdeki kediler yün yumağına pusuya yatarak



Şekil 393.1: K. LORENZ'e göre hidrolik içgüdü modeli.



Şekil 393.2: Sırtüstü yüzücülerinin avlanma davranışı. Hareket zinciri

sanki avıymış gibi atlar. Daha şiddetli olarak bir hareketi yapmaya hazır olunursa, içgüdüsel davranış anahtar uyarı olmadan "BOŞABOŞALIM HAREKETİ" şeklinde kendini gösterir.

2.5.2. İçgüdü Modelleri

İç uyarım, uyarı dalgasının çöküşü olguları modellerle açıklanabilir. Bunun için K. LORENZ "HİDROLİK İÇGÜDÜ MODELİ"ni kullanır. Altında yaylı bir tıkaç (**doğuştan uyarma mekanizması**) bulunan su kabı (**içgüdü merkezi**), su (**spesifik enerji**) ile doldurularak suyun yavaş yavaş dışarıya akışı (**içgüdü hareketi**), sadece tıkacın açılıp kapanması ile olur. Tıkaç bir ağırlık (**çözücü uyarı anahtar uyarı**) ya da tıkacı iten su miktarı (**spesifik enerji miktarı**) ile açılıp kapanır. Su sütunu yükselirse tıkaç açılır (**boşaboşalım hareketi**) *(Şekil 393.1)*.

İçgüdü hareketlerinin diğer özellikleri yeni bir modelle açıklanır. İçgüdüsel hareketi doğrudan doğruya çözen, harekete hazır hale getiren ve artıran uyarı dikkate alınır. Av yakalamak için gerekli itilim algılanır. Bu şekildeki uyarılara "DOLMUŞ UYARI" denir. Yeni modelde, çözücü, dolmuş uyarı ve iç (endogen) itilimler aynı şekilde su sütununa etki yapar. Eski modelde hareketi çözücü tıkaca, farklı şekilde etki yapılmıştır.

2.5.3. Üzerinden Atlamalı Hareket

Gücü eşit iki horozun yaptığı döğüşte öyle bir an vardır ki, horozlar birbirine saldırmaz ve kaçmaz. Her ikisi de toprağı gagalar ve besin arama hareketi yapar; ama beslenmez. "ÜZERİNDEN ATLAMA HAREKETİ" denen bu davranış şöyle açıklanır: Her iki hayvanda saldırganlık ve kaçma davranışı aktive edilir. Her iki davranış şekli de birbirini inhibe eder. Böylece ikisinde de inhibe edilen beslenme davranışı serbestçe uygulanır; ama tam anlamıyla gerçekleşemez.

2.5.4. Hareket Zincirleri

Bir dizi içgüdüsel hareket, hareket zinciri şeklinde etki yapar *(Şekil 393.2)*. Her hareket sonrakini aktive eder. Tüm hareketler anahtar uyarı ile aktive edilir.

Eğer bir olgu eksikse, zincir bu noktada kopar.

2.5.5. Belli Bir Şeyi İfade Etme (=Ritual) Davranış Hareketleri

Bu tip hareketlerde belli bir amacı yerine getirmek için kullanılır. Bunlara ritualler de denir. Ritualler çeşitli şekillerde olur.

Örneğin bir kuşun yaptığı bu hareketlerin çeşitli elemanlardan oluştuğu bilinir; kafanın, bacağın, kanat ve kuyruğun hareketi. Böylece kuş bu hareketlerle bir mesaj verir. Bunların güdüleyici işlevi de vardır. Örneğin bir köpeğin kuyruğunu sallaması, genelde kabul edildiği gibi bir sevinç ifadesi olmayıp, yürümeyle ilgilidir. Bu hareketlerin anahtar uyarı değeri de vardır.

2.6. İÇGÜDÜNÜN SIRALANAMI (=Hiyerarşisi)

2.6.1. Hareketler

Kuluçkaya yatan gümüşi martı zamanının çoğunu kuluçkada geçirir. Yuva dışındaki yumurtaları içeriye alır ya da çevirir. Tüylerini temizler, arada bir ayağa kalkıp yuvada tepinir. Bütün bu ve benzeri hareketler içgüdüsel hareketlerdir.

2.6.2. Hareket Kompleksleri

Bazı hareketler kendi başlarına aktive edilmez. Diğer hareketlerle birlikte bir sıra halinde ortaya çıkar. Toplama-nakletme-yuva materyelinin yerleştirilmesi-yağlama-tarama gibi. Birbirine bağlı bu hareketlerin etkisinden anlamlı olaylar çıkar. Bunlara *hareket kompleksleri* denir. Kompleksin tamamı dış uyarılarla aktive edilir. Yuvadaki ıslanma veya kirlenme nedeniyle oluşan değişiklik, yuvanın yeniden yapımına yol açar. Hareket kompleksi, hareket zincirinden ayrılır. Bu hareketlerin herbirinin kendi çözücüsü vardır. Martılar kuluçkada iken yuva yapmaz veya bunun tersi olur. Her iki hareket kompleksi birbirini inhibe eder.

3. KAZANILMIŞ DAVRANIŞ

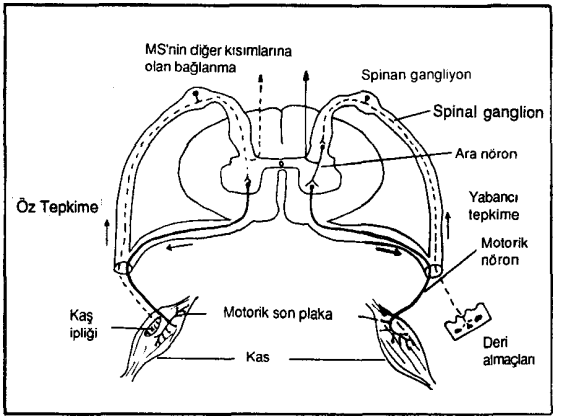
3.1. ZORUNLU VE İHTİYARİ ÖĞRENME

Yaşayıp soyunu sürdürebilmek için birçok hayvan belli hareketleri öğrenmek zorundadır. Penguen, gru ve zebralar yavrularını yüzlerce birey arasından tanır. Yuva yolunu da öğrenmelidirler. İlk uçuşunda kapalı kaba konup çevresini göremeyen bal arısı serbest bırakılırsa, kovanını bulamaz. Hayatta kalabilmeyi sağlayan veya tüm hayati öneme sahip hareket ve öğretiler *"Zorunlu (=obligatorik) öğrenme"*dir. Zorunlu öğrenmeyi, öğrenilen davranıştan ayırt etmeliyiz. Öğrenilen davranış avantaj getirir; ama kesinlikle hayati öneme sahip olmayabilir. Örneğin bazı arkadaşlarının yaprağı sünger gibi kullanıp avlanma hareketini öğrenmemiş bir maymun da beslenip yaşamını sürdürür. Gelincik, içgüdüsel olarak genç kuşların ötüşlerine tepki göstermez. Ama birçok gelincik, yavru sesi duyduğu kuş yuvalarını arar. Bu davranışı öğrenmeyen gelincik daha az kuş yavrusu yakalar; ama bu durumdan besin çokluğu nedeniyle rahatsız olmaz; çünkü yeterli besini bulur. Böyle, yaşam için mutlaka gerekli olmayan öğrenme olaylarına *"ihtiyari (=fakultatif) öğrenme"* denir.

3.1.1. İçgüdüsel Öğrenme Bariyeri (=Engeli)

Kumarısı dişisi fundalıkda kazdığı çukura yavruları için felç ettiği tırtılları getirir. Her tırtıla bir yumurta bırakır. Yumurtadan çıkan larvaları getirilen tırtılları yer. Anne yavrularının gelişimini ve besin rezervini kontrol eder. Besinin az veya çokluğuna ve larvaların gelişmişlik durumuna göre yeni tırtıllar getirilir. Kum arısının bu yavru bakımı içgüdüsel bir davranış olup zorunlu (=obligatorik) öğrenme sonucudur. Her arı, nerelere çukur kazdığını öğrenir. Oyuğun yolunu genelde uçarken, yeni bir tırtıl taşıyacaksa, yürüyerek bulabilir. İçinde değişik yaşta larvalar bulunan, çok sayıda yuvası vardır. Arı, sabahları tüm yuvalarını kontrol eder ve besin rezervine göre besin getirir.

Görüldüğü gibi kum arısının bu davranışında içgüdüsel ve öğrenilmiş davranış şekilleri içiçedir. Buna İÇGÜDÜ-ÖĞRENME BARİYERİ denir. İçgüdüsel davranışın genetiksel programındaki boşluklar, öğrenme sayesinde tamamlanır.



Şekil 396.1: Öz ve yabancı tepkimede, tepkime yayının basitleştirilmiş şeması. Enine kesilmiş omurilikteki uyarıların hareket yönü.

3.2. TEPKİME (=REFLEKS)

Yoğun ve etkin bir uyarı, belli bir tepkimeye yol açar. Gerçi bazı hafif uyarılar algılanabilir; ama hiçbir tepkimeye yol açmayabilir. Mutlak uyarıda ise uyarının duyu almaçları ile iletimi sonucu bir tepkimeye neden olunur. Mutlak uyarının etkisinden sonra bir refleks yayı üzerinden iletilen davranış şekline mutlak tepkime denir. Tepkimeler öz ve yabancı tepkime diye adlandırılır. Öz tepkime için en klasik örnek, doktorun diz kapağına lastik bir çekiçle vurması ile ayağın derhal yukarıya kaldırılması verilir. Vurma ile dört başlı baldır kası etkilenir ve kısa süreli gerilir. Uyarı ile harekete geçen uyarımlar kas ipi ile ilgili sinir hücresi üzerinden omuriliğe gönderilir. Burada başka sinir hücrelerinin katılımı olmadan, sinir hücrelerindeki uygun uyarı oluşumu için doğrudan doğruya gönderilirler. Oraya gelen uyarımlar kas ipliklerinin kasılması ve diz kapağı tendonlarının yardımı ile ayağın kısa süreli havaya doğru kalkmasına neden olur. Bu tepkime biyolojik bir olgudur. Böyle bir tepkimeye öz tepkime denir. Zira duyu organı (kas iplikleri) ve olayın gerçekleştiği organ (kasılan kas iplikleri) aynı kasda bulunur *(Şekil 396.1)*.

Tepkime yayından da görüleceği gibi sensorik sinir hücresi (=afferent nöron) (=uyarı olunca omuriliğe doğru iletiliyor) ve motorik sinir hücresi (=efferent nöron) (=uyarı omurilikten uzaklaşır) arasında sadece bir aktarım noktası, yani sinaps vardır. Bu nedenle öz tepkimelere, monosinaptik tepkime denir.

Yabancı tepkimeler, efektörde bulunmayan duyu hücreleri tarafından algılanamayan uyarı ile harekete geçer. Çıplak ayakla sivri bir taşa basarsak, ayağımızı derhal yukarı çekeriz. Bu olaydaki tepkime yayı, öz tepkimedekinden çok daha karmaşıktır. Çünkü uyarı bir ya da daha fazla sinir hücresi hareket veya aranöronlar üzerinden sensorikten motorik nörona nakledilir. Bu nedenle yabancı reflekse (=tepkime) daha çok sayıdaki sinaps katıldığı için polisinaptik (=çok sinapslı) tepkime de denir. Her iki tepkime *Tablo 397.1*'de karşılaştırılmaktadır.

Tablo 397.1 : Öz ve yabancı tepkime arasındaki önemli farklar

Özellik	Öz Tepkime	Yabancı Tepkime
Sinaps Sayısı	bir tane (=monosinaptik)	çok sayıda (=polisinaptik)
Tepkime süresi	kısa, değişmez	uzun, uyarı şiddetine bağlıdır.
Tepkime yolu	ayrılmıştır	Uyarı şiddetine bağlı olarak küçük veya büyük omurilik bölümleri üzerinden uyarının yazılımı.
Uyarı birikimi	azdır	belirgindir.
Yorgunluk	çok az	belirgindir.

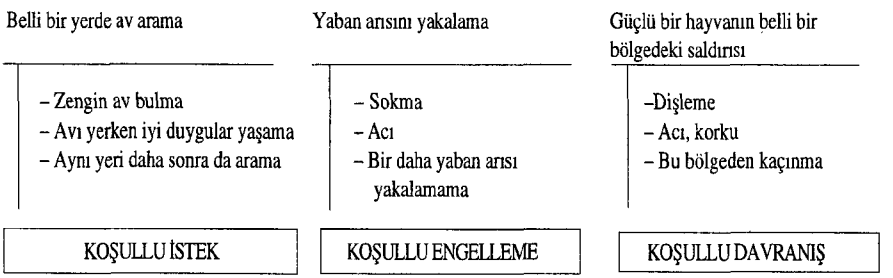
3.2.1 Şartlı Reaksiyonlar (=Tepkimeler)

Rus fizyoloğu I. PAWLOW yüzyılın başında temel bir öğrenme olayı keşfetti. Et parçası gösterdiği köpeklerin buna salya akıtarak tepki gösterdiğini gördü. Deneyinin başka bölümlerinde et parçası gösterirken bir de zil çaldı. Köpek zil sesine ne önce, ne de sonra tepkime göstermişti. Bu iki uyarı aynı anda verildiğinde hayvanın salyasının aktığını gördü. Akabinde hayvanın sadece zil sesine de salya akıttığını izledi. *Burada, ikinci dereceden uyarıya, yani ete tepkime gösterilmişti. İşte bu davranış şeklini PAWLOW, ŞARTLI REFLEKS olarak adlandırdı.*

Belli bir yerde avlanıp birşeyler yakalayan tilki, avlanmak için buraya sık sık uğrar. Sarı çiçekte çok, mavide de hiç çiçek tozu bulamayan arılar, daima sarı çiçeğe uçar. Hayvanların istekli davranışı (appetens davranış), normalde yönlenmemiş bir arama olup, olumlu deneyimlerle değişir ve deneyime bağlı olarak yönlenir. Öğrenmenin bu şekline *KOŞULLU İSTEK OLUŞUMU* denir. Genç ve deneyimsiz yırtıcı hayvanları bilmeden yakaladıkları yaban arısı veya bal arısı sokar. Bunlar ileride acı ve zarar veren bu hareketlerden kaçınıp *KOŞULLU ENGELLENME* oluşturur.

Başka köpeğin revirine girip saldırıya uğrayıp dişlenen bir köpek, oraya bir daha girmekten kaçınır. *Olumsuz deneyimler sonucu oluşan böyle öğrenme davranışına ŞARTLI DAVRANIŞ denir.* İzole bıldırcın erkeği, dişisini görür görmez kur yapmaya başlar. Ona kısa süre önce çok sık bir ses dinletilmişse, onun sadece bu sese tepki gösterip kur davranışı yaptığı izlenir. Bu davranış şartlı reflekse benzer. Daha önce nötral olan uyarıya içgüdüsel bir hareket yapılır. Bu tip öğrenmeye *ŞARTLI İÇGÜDÜ*'nün oluşumu denir.

Bu öğrenme davranışlarının temelinde, iyi veya kötü algılamaların o anda yürütülen hareketlerle birleştirilmesi olgusu yatar. Bu hayvanlar önce öğrendikleri hareketleri belleklerine kaydeder. Sonraki algılamaları da yenileri ile ilişkiye getirir. Bu durumda önceki program değiştirilerek, değişmiş program depolanır *(Şekil 398.1)*.



Şekil 398.1: Şartlı tepkimelerin oluşumu ile içgüdüsel hareketlerin değişimi.

3.3. ŞARTLI AKTİVİTELER

Hemcinslerini görmemiş bir sincaba ilk defa fındık verildiğinde fındığın sağına soluna bakar kontrol eder ve inceler. Kontrol 10-15 dakika sürer. Böylece fındığın en ince ve kırılabilir kısmı belirlenir. Açılan delik genişletilir ve fındık içine kolayca ulaşılır. Bu arada sincap, fındığı en kolay nasıl kemirip, açması gerektiğini ve bunlardan hangisi ile kısa sürede daha başarılı olacağını da görecek ve sonraki fındık kırma işleminde o yöntemi tercih edecektir. Benzer öğrenme deneylerinden en ünlüsünü B. F. SKINNER yaptı. SKINNER kendi adını verdiği bir kutuda, öğrenme araştırması yürüttü. SKINNER kutusuna konulan deney hayvanları kısa zamanda kutuyu koklayıp, dokunarak içindeki cisimleri tanır. Kutudaki kol ve tuşlara da rastlantı sonucu dokunur. Bunun sonucu yem kabı yemle dolar. Acıkınca bu kollara dokunur ve beslenirler. Bu öğrenme sonucu olan bir olgudur. SKINNER kutusunda gösterdikleri başarıları nedeniyle öğrenme olgusunu açıklama deneylerinde sıçanlar kullanılır.

SKINNER kutusundaki hayvanlar, yaptıkları hareket sonucu ödüllendirilince, bunlar da *ŞARTLI AKSİYON (HAREKET)* meydana getirilir. Bu nedenle durumu öğrenirler. Yani yapılan hareket ve uyarı arasında bir uyum ve doyum oluşur. Bu yüzden de hayvan bu hareketleri öncelikle uygular.

Bu şekilde öğrenilen hareketler, içgüdüsel hareketlerin istemli davranış veya sonolgu hareketleri şeklinde algılanmasına neden olabilir. Diğer davranış sistemlerinden, rastlantı sonucu yürütülen hareketler yeni bir işleve yol açabilir.

3.4. BASIMLAMA (=BAĞLANMA)

3.4.1. Objeye Bağlanma (=Basımlama)

Yumurtadan yeni çıkan ördek ve kaz palazları, önlerinde hareket eden ve ses çıkaran herşeye doğru koşar. Palazlar anneleri ile doğrudan kontağa girmek ister. Memnuniyetini de ses çıkararak belirtir. Anneleri ile ilgili, doğuştan bir bilgileri yoktur. Anneleri yerine başka bir hayvan, insan ya da herhangi bir şeyi koyabildikleri deneysel olarak açıklanabilir. Yumurtadan çıkana annesi diye bir cisim gösterilirse o cismi, annesi olarak algılar. Bu objeyi sonradan gördüklerinde de anneleri olarak kabullenir. Yani palazlar annelerinin görüntüsüne bağlanır. Bu olaya *İZLEME BAĞLANMASI* denebilir. Bunda da *OBJE BAĞLANMASI*'nın her çeşidindeki gibi, hangi uyarının, doğuştan olan davranış şeklini aktive edeceği bellidir. İnsana bağlanan ör-

dekler sadece onun arkasından gider; tavuğa bağlananlar ise tavuğu izler. Deneyler, yeşilbaş ördek palazlarının yumurtadan çıkıştan sonraki ilk 36 saat içinde, herhangi bir cisme bağlandıklarını gösterir. Bağlanmanın en belirgin olduğu dönem yumurtadan çıkışın ardından gelen 13. ile 16. saatlerdir. Bağlanmanın olduğu bu döneme *DUYARLI FAZ* denir. 36 saat geçtikten sonra yavruların anneleri yerine başka bir cisme bağlanmaları mümkün değildir.

Birçok ördek türünde dişi, erkeği türe özgü tüy renginden tanır ve onlarla çiftleşir. Oysa erkekler kendi türlerine özgü doğuştan bir algıya sahip değildir. Akraba türlerinin birbirine benzeyen bireylerini ayırt edemez. Erkek yeşilbaş ördek 8-10 haftalık iken eşeysel olarak basımlanır. Eşeysel olgunluğa girmeden önceki duyarlı dönemde bağlandıkları ördeklere kur yaparlar. Bu basımlamaya *SEKSÜEL BAĞLANMA* denir. Ama genelde ördeğin eş seçimi sadece basımlama ile olmayıp, doğuştan çözücü mekanizma ile de belirlenir.

3.4.2. Motorik Basımlama (=Bağlanma)

İspinoz, türe özgü bir ötüşe sahiptir. Ama gençken, başka bir kuş türünün sesini öğrenirse, daha sonra onun gibi öter. Hayvanlar bir davranış ve hareketi öğrenebilir. Bu şekildeki basımlamaya *MOTORİK BASIMLAMA* denir. Yani obje ve motorik basımlama aslında birbirinden ayrılır.

3.5. ALIŞKANLIK VE TAKLİT

3.5.1. Alışkanlıkla Öğrenme

Otomobil yolculuğunda yol kenarında ağaç veya telefon direklerinde duran şahinleri görürüz. Şahinler araba sürücüleri ve arabalardan zarar gelmeyeceğini öğrenmişlerdir. Bu yüzden yola yakın yerlerde avlanır, hatta çiğnenmiş hayvanlarla beslenirler. Aynı şekilde sayfiye yerlerinde bisikletle gezen kişilere alışan su kuşları onlardan kaçmaz, ancak bisikletteki hızını azaltırsa oradan uzaklaşırlar. Çevre koşulu ve olayların çoğu, içgüdüsel hareketleri aktive etmediğinden hayvan için önemi yoktur; ama hayvan o olayları algılar.

3.5.2. Taklitle Öğrenme

Birçok maymun türünde yavrular, yemek yiyen annelerinin hareketlerini taklit eder. Yavrular kısa zaman sonra annenin yediği bitkilerle beslenir. Bunun için anne ile çocuk arasında yakın bir bağ olmalıdır. Taklitle beslenme alışkanlıkları oluşur, bunlar *GELENEK ve GÖRENEK* olarak adlandırılır.

Hayvanlarda izlenen gerek taklit, gerekse gelenekle öğrenme davranışları, insanlardakine çok benzer. Onlarda da deneyim ve gelenekler döle aktarılır. Ama gelenek insandakinin aksine, objeye bağlıdır.

3.6. HAFIZA VE ÖĞRENME DURUMLARI

3.6.1. Hafıza (=Bellek)

Hayvanlar çevredeki bilgileri duyu organları ile algılar. Bilgi depolaması, kısa sürer. Bu bilgiler birbiri ile ilişkiye sokulur. Kısa sürede elde edilen bu bilgiler mevcut durumun değişmesi ile unutulup gider. Bu bilgilerden ancak çok az bir kısmı *orta dereceli bilgi depolama* olarak bellekde kalır. Düşman ve besinle ilgili bilgileri bel-

leklerinde tutarlar. Bu orta süreli bilgilerden, ancak çok önemli olanlar uzun süre hafızada korunur.

3.6.1.1. Kısa ve Uzun Süreli Bellek ve Onun Fizyolojik Temeli

Bazı bellek içerikleri (=engram); kısa bir öğrenme sürecinde öğrenilse bile yaşam boyu unutulmaz. Öğrenmede, alınan bilgiler hemen uzun süreli belleğe girmeyip, önce geçici şekli ile depolanır. Elektroşokla hafızadaki bilgilerin önemli bir bölümü silinebilir. Uzun süre bellekte bilginin saklanması bilgi taşıyıcı moleküllerin varlığına bağlanmıştı. Ama bu kesin değildir. Daha çok fizyolojik bilgi depolayıcı öge olarak sinapslar düşünülür.

Eğer bir hayvan dressur (=talim yaptırma)'la bazı hareketleri öğrenirse, bunların tekrarlanmaması halinde unutulduğu görülür. Eğer yeniden öğretide, eski ödül veya ceza uygulanmazsa, öğretinin unutulması daha hızlı olur. Buna **ekstinksiyon** denir. Bizzat unutma ve ekstinksiyon için çok sayıda fizyolojik mekanizma düşünülebilir.

3.6.2. Öğrenme Durumları

Üç boyutlu bir labirentte fare ve sıçanın öğrenme yeteneği test edilir. Farenin sıçana göre daha çok hata yaptığı izlenir. Ama farenin öğrenme yeteneğinin az olduğunu söylemek yanlıştır. İki boyutlu labirentlerde yapılan deneyler daha iyi sonuç verir. Sıçanlar, yaşadıkları yeri bulma bakımından çok yeteneklidir. Onlar birçok ayrıntıyı belleklerinde uzun süre tutabilir. Bu şekilde kısa sürede öğrenilen ve uzun süre akılda tutulan hareket ve bilginin depolanmasına *ÖĞRENME DURUMU* denir. Bunlar doğuştan olup türe özgüdür. Bunu geliştirmek mümkündür. Bu, özellikle güvercinlerde başarılır. Posta güvercinleri uçtukları rotayı uzun süre hafızalarında tutabilir. Güvercinler bu özelliklerinden yararlanılarak uzun yıllar boyunca haberci olarak kullanılmıştır.

3.6.3. Öğrenme Evresi

Öğrenme her dönemde aynı değildir. Bu basımlama için de bir ölçüdür. Av köpekleri ve kör köpeklerde öğrenmenin yaşa bağlı olduğu bilinir. Öğrenmenin en yoğun olduğu evre gençlik dönemidir.

4. OMURGALILARDA DAVRANIŞIN HORMON FİZYOLOJİK KOŞULLARI

Hormonlar bir organizmanın büyümesi, metobolik olayları ve çiftleşmesinde rol oynar. Yani canlının işlevsel mekanizmalarını harekete geçirerek, onlar arasındaki eşgüdüm (=koordinasyon)'ü sağlayıp, çevresel verilere uyumu olası kılar. Bir hayvanın davranışı da çok yönlü olarak hormonların etkisindedir. Belli hormonların hayvanın davranışına nasıl etki yaptığı üç yolla belirlenir:

a) Davranış ve endokrin (=iç salgı bezleri) aktivite arasındaki bağıntı ortaya konulur;

b) Endokrin organları dışarıya çıkarılan canlıların davranışını gözlemek;

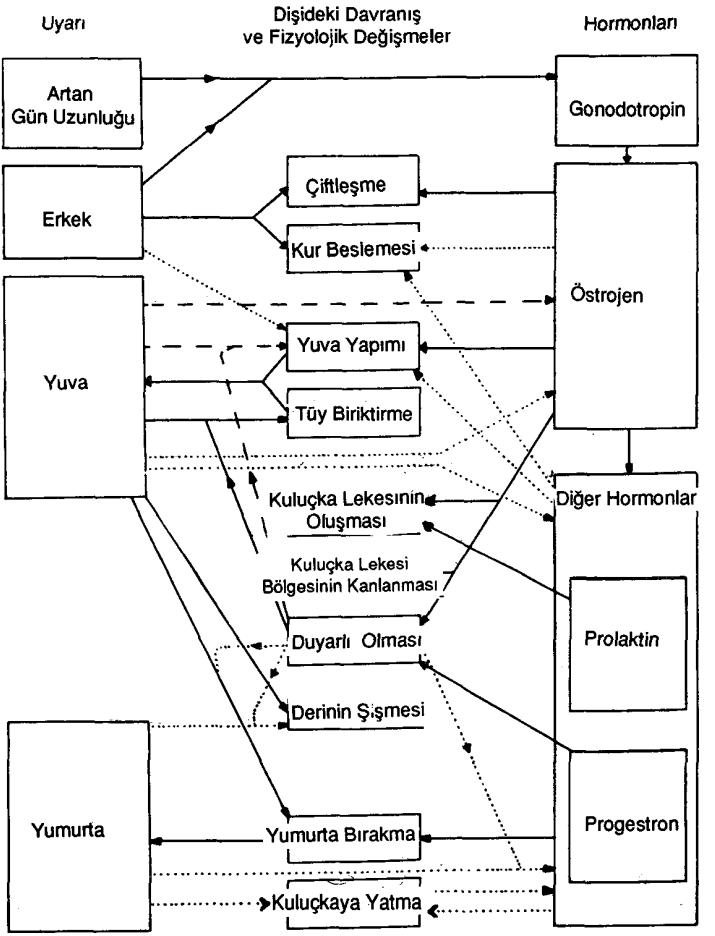
c) Hormon tedavisinin etkisini gözlemek.

4.1. HORMON ETKİ ŞEKİLLERİ

Hormonlar sinir sisteminin gelişimini etkiler. Genotipik eşey belirlemesi dışında, erkek üreme hormonu **Testosteron,** erken gelişim basamaklarında merkezi sinir sistemini etkiler ve erişkin hayvan olunca, onun daha çok erkek veya dişi birey gibi davranıp davranmayacağını belirler.

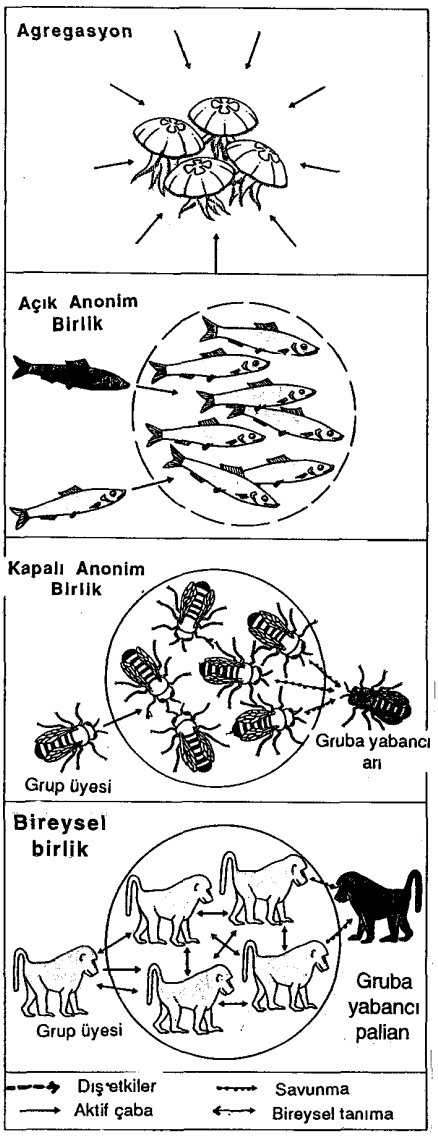
Davranışı harekete geçiriciler oluşturulur. Testosteron varsa, o organizma erkek, yoksa dişi birey özellikleri geliştirir. Sekiz haftalık bir horoz iğdiş edilirse, horoz için belirleyici olan büyük ibik gelişmez ve ötüş durur.

Sinir sistemine hormonların etkisi ile davranış farklılaşmaları olur. Hormonların en etkili olduğu mekanizma, merkezi sinir sistemindedir. Hormonların hepsinin özel merkezi etkisi yoktur. Bazıları tepkimeye hazır olmayı artırabilir. Bunun için en



Şekil 401.1: Döllenme sırasında, kanarya dişisindeki dış uyarı, hormonal durum ve çeşitli fizyolojik ve davranış tepkimeleri arasındaki ilişkiler. Düz çizgiler: olumlu etkiler; kesik çizgiler; olumsuz etkiler. Noktalı çizgiler: varsayılan ilişkiler (Hinde'den)

iyi örnek **adrenalin**'dir. Fareden etkilenen bir kedinin uyarılıp tepki göstermesi, derhal böbreküstü bezinin adrenalin salgılaması ile ilişkilidir. Bunun sonucunda göz bebekleri genişler, kalp atışı ve kan şekeri artar ve bağırsak faaliyeti azalır. Tüm bunlar tepkime ve saldırganlık yetisini artırır. Aynı durum kendisini tehlikede hisseden insanda da izlenir.



Şekil 402.1: Sosyal birlikler.

4.2. DIŞ UYARI, HORMONLAR ve DAVRANIŞ

Hormonların çeşitli davranış şekillerine yolaçtıklarına değinildi. Dış uyarılar da hormon salgılanmasını artırır. Normalde dış uyarılar ve hormon salgılanması ile çeşitli fizyolojik ve davranış tepkimeleri arasında oldukça karışık ilişkiler vardır. Omurgalı hayvanın hormon sistemine dış uyarının etkisi sinir sistemi ve duyu organları sayesinde olur. Burada hipofizin rolü fazladır. Çeşitli hormonların birlikte etkisi ile kanaryalarda fizyolojik ve davranış tepkimeleri görülür (Şekil 401.1). Resmin sağındaki hormonlar ortaya çıkış sırasına göre olup, **gonodotropin** bir hipofiz hormonudur ve ovaryuma etki ederek orada, dişi eşey hormonu **östrojenin** oluşumunu uyarıyor. Daha sonra ovaryumda oluşan başka bir hormon progestrondur. **Prolaktin** de hepofizden çıkar. Şekildeki tüm olaylar kısmen birbiri ardısıra, kısmen de yanyana olaylanır. Buradan da rahatça hormon etkisi ve davranış biçimi ilişkisi görülebilir.

5. İNSAN VE HAYVANDA DAVRANIŞ ŞEKİLLERİ

5.1. SOSYAL DAVRANIŞ

Birçok hayvan türü çiftleşme veya bir rastlantı sonucu bir araya gelir; ama onlara herhangi bir şekilde bağlanmazlar. Birçok böcek, akrep ve örümcek türü yalnız yaşar. Bunun dışında aşağıdaki gibi ortak yaşama şekilleri de vardır *(Şekil 402.1)*.

5.1.1. Agregasyon

Denizanaları dalgalarla bir koya toplanır. Kelebekler ve bazı böcekler karanlıkta bir ışık kaynağına birikir. Bu arada hayvanların birbiri ile hiçbir sosyal bağlılığı söz konusu değildir. Bu şekilde özel çevre koşulları ile oluşturulan rastlantıya bağlı olan toplanmalara veya birlikteliğe *AGREGASYON* denir.

5.1.2. Anonim Birlik

Birçok balık türü, örneğin ton balığı veya hamsi, büyük sürüler halinde yaşar. Balık sürüsündeki bireyler birbirini tanımaz. Bu yüzden bu sosyal gruplara *ANONİM BİRLİK* denir. Balıklarda her birey yeni bir sürüye dahil olabilir ve *AÇIK ANONİM BİRLİK* oluşturur. Kovana giren yabancı bir arı kovana özgü kokuyu taşımadığından derhal kovulur. Bir kutuda yabancı kovana konan arıya kovanın kokusu sindiği için kovanın sahibi arılar onu kovmaz. Üyelerinin bireysel özelliklerinden çok, grubun özelliğini taşıyan yabancı türdaşlar hemen tanınır ve gruba kabul edilmezler. Buna *KAPALI ANONİM BİRLİK* denir.

5.1.3. Bireysel Birlik

Birçok memeli ve kuş türünde grup üyeleri birbirini tanır. Hiyerarşik bir düzen vardır. Yabancı bireylerin gruba girmesi engellenir. Kapalı anonim birliktelikteki gibi, iç ve dış göçler nedeniyle, grupta artma ve azalma olur. Bu genetik bakımdan da gereklidir.

Sıçanlar grupta birlikte yaşar ve gruba ait bireyler birbirini kokuları ile tanır, sever ve güçleri ile ilgili bilgiye sahiptir. Sıçan grubunun sosyal yapısı kapalı anonim birlikten, bireysel birliğe geçiş şekli için çok iyi bir örnektir.

5.1.4. Sosyal Davranışın Değeri

Karga ve sığırcıklar gruplar halinde yaşar. Böylece tek olanlara göre, kendilerini düşmanlarına karşı daha kolay korur. Bazen kendilerinden kat kat güçlü yırtıcı kuşları bile sindirip korkuturlar. Özellikle grup halinde yaşayan yırtıcı memeliler daha iyi ve kurnazca avlanır. Grup davranışı genetik olarak belirlenir, ama oldukça değişken ve uyumludur. Birçok hayvan, örneğin pavianlar, yem yeterli ise grup halinde, az ise tek tek veya küçük aileler halinde toplanır.

5.2. HABERLEŞME

5.2.1. Yüz İfadesinin İşlevi

Dişlerini gıcırdatıp gösteren köpekler, arkadaşlarına bir objeyi savunacaklarını bildirir. Türdaş, bu davranışının ne anlama geldiğini bilir ve ona göre hareket eder. Hayvanlar böylece haberleşir.

5.2.2. Bilgi Verme İşlevi

Ağaçkakan yavruları yuvaya gelen ana-babaya yem dilenme sesi çıkarır ve aç olduklarını belirtir. Düşmanı için başka bir ses çıkarıp ana-babalarını haberdar ederler. Civcivleri gezdiren tavuk, yem bulursa onlara seslenir ve beslenmelerini sağlar. Bunlar haberleşmenin bilgi verme işlevidir.

5.2.3. Gösterme İşlevi

İşçi arılar zengin besin kaynağının yer ve yönünü arkadaşlarına gösterir. Bu besin kaynağı yaklaşık 100 m uzakta ise *ÇEMBER DANSI* yapılarak olur. Dans eden birey, besin kaynağına özgü bir koku getirir. Bu koku yardımı ile besin kaynağının yeri bulunur. Besin kaynağı daha uzakta ise *KIÇ DANSI* ile işaret edilir *(Şekil 392.1 ve 392.2)*. Bu arada güneş ve yem kaynağı arasındaki açı, kovandaki dikine açı büyüklüğü kadardır. Besin kaynağına olan uzaklık, kıç dansı figürlerinin dakikadaki sayısı ile bildirilir. Arılar fazla olan uzaklıkları yavaş kıç dansı ile gösterir.

Arılar *İÇ SAAT* ile güneş konumunun değişmesini de saptayabilir. Karşı rüzgar, dik yamaç ve engelli yollar da belirlenebilir.

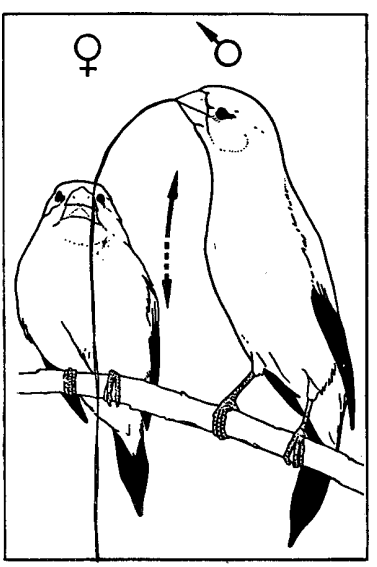
Cüce karga gibi bazı kuşlar, düşmanlarına saldırır gibi yaparak, onları yuvaları ve dolayısı ile yavrularından uzaklaştırır. Burada haberleşme bir *GÖSTERİ İŞLEVİ*'ne dönüşür. Bu kanalla bir yandan da yavrulara düşmanla ilgili gerekli bilgiler aktarılmış olur.

Haberleşme, karşıtı olan bir olaydır. Yeni bilgilerin taşınımı için yapılan hareketlere *İFADE HAREKETLERİ* denir. Bunların uygulanması belli durumlarda doğuştan olur.

5.3. SEKSÜEL DAVRANIŞ

Döl üretme evrim mekanizması içinde yaşamda kalabilmek gibi büyük önem taşır. Yavru yapmak için anatomik ve fizyolojik özeliklerin, seksüel davranış şekilleri ile uyumu şarttır. Seksüel davranış hayvanların çoğunda, diğer davranışların üzerinde yer alır. Kızışan hayvanlar günler, hatta haftalarca birşey yemez. Özellikle erkek bireyler ağırlıklarının % 30'unu kaybeder. Seksüel bakımdan hazırlıklı bireyler, eşini canı pahasına korur.

5.3.1. Eşeysel (=Seksüel) Farklılık (=Dimorfizm)



Şekil 404.1: Muhteşem ispinozun erkeğinin dişiye kuru (Grüninger'den)

Sülün erkeğinin dış görünüşü dişiden farklıdır. Renkli ve dikkat çekici tüyler taşır, dişilerinki donuk ve dikkati çekmez. Geyik erkeği boynuzu ile dişiden ayrılır. Pavian erkeği, köpek dişleri, renkli yüzü ve eşey organını gösterir. Erkekler belli dönemlerde özel organları geliştirir. Birçok ötücü kuşta yalnız erkek öter. Birçok böcek ve memeli, türe özgü koku maddesi salgılar. Türün erkek ve dişisini belirleyen doğuştan olan davranış şekil ve organlarına *SEGONDER (=İKİNCİL) EŞEY ÖZELLİKLERİ* denir. Bunlara, eşey kromozomları yol açar. Erkek ve dişi bireyler farklı ise *EŞEY DİMORFİZMİ*'nden söz edilir.

5.3.2. Kur Davranışı

Sülün erkeğinin uzun ve güzel kuyruk tüyleri dişiyi uyarır. Dişiyi uyarımda başka yollar da vardır. Örneğin ötücü kuşlar öter, ağaçkakanlar gagaları ile trampet vuruşu yapar; muhteşem ispinozların erkeği ise gagasında tuttuğu sapı dişinin önünde sağa sola sallar *(Şekil 404.1)*. Böcek ve memeliler bir nevi tahrik edici

madde salgılar. Bu *KUR DAVRANIŞI*'nın ilk evresidir. Karşı eş, uyarı davranışına türe özgü bir davranışla tepkime gösterir. Bunu da kur hareketlerinin diğer olayları izler. Bütün sürüngen ve balıklarda eşler çiftleştikten sonra ayrılır. Birçok kuş türünde kuluçka bakımı eşleri birbirine bağlar.

5.4. YAŞAMA ALANI VE SAHİP OLMA DAVRANIŞI

5.4.1. Revir (=Teritoryum)

Hayvanların yaşamaları için gerekli herşeye sahip oldukları bölgelere *REVİR* ya da *TERİTORYUM* denir. Hayvanlar bu alanı kendi malı olarak kabul eder ve orayı, her ne pahasına olursa olsun, korur. Yırtıcı kuşların reviri içinde bir "*KORUMA BÖLGESİ*" vardır. Onlar burada hiçbir şekilde av yapmaz. Bazı ötücü kuşlar bunu bildikleri için, yırtıcı kuşun yuvasının hemen yanıbaşına yuva yapar. Memeli revirleri uyku bölgesi dışında belli beslenme, su içme, depolama, pisleme, yıkanma ve post temizleme noktalarına sahiptir.

Belli bir reviri tutan vaşak, kobay ve benzeri hayvan orada kendi türdaşlarına bile tahammül etmez. Çiftleştikten sonra, revirden dişiyi, hatta büyüyen yavruları bile kovarlar.

Birçok kuş türünde eşler belli bir reviri korur ve uzun yıllar burada yaşarlar.

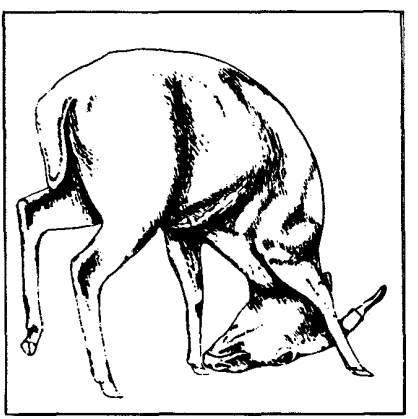
Kokarca, kurt ve paviyanlar *GRUP REVİRİ* kurar. Burası grupça işgal edilir ve korunur.

Belli amaçlar için kullanılan kuluçka, av, kur ve uyuma revirleri vardır. Martı ve penguen gibi koloniler halinde kuluçkaya yatan hayvanlarda, küçük olan revir bir *BİREYSEL ARALIK*'la sınırlıdır. Topluluk halindeki hayvanlar birçok durumda türdaşlarına az bile olsa bir mesafe bırakır. Kırlangıç ve güvercinler, tüneklerinde aralıklı olarak durur.

5.4.2. Revir Davranışı

Revir davranışı tüm omurgalı hayvanlarda, az da olsa bazı böcek, yengeç ve diğer omurgasız hayvanlarda görülür. Revirlerin işgalinde, kavgalar olur. Kavganın galibi revirin yeni sahibi olur ve onu korur. Revir sınırı da işaretlenir. Birçok memeli hayvan salgı, idrar ve dışkıları ile reviri işaretler *(Şekil 405.1)*. Ötücü kuşlarda revir sınırı öterek belirlenir. Böylece türdaşlara o bölgenin işgal edildiği haberi verilir. Revire tecavüzde kavgalar kaçınılmaz olur. Revir merkezinden ne kadar çok uzaklaşılırsa, revir için kavga davranışı o kadar azalır.

Revir korunma ve işgalinde bir seçme olur. Güçlüler iyi, güçsüzler kötü revirleri işgal eder.



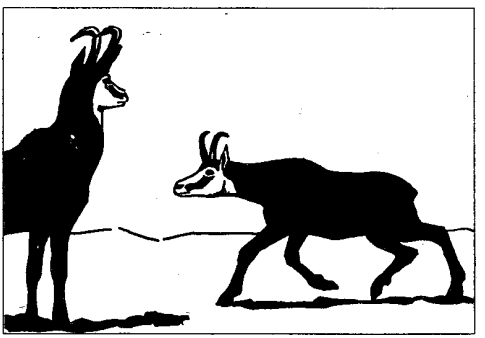
Şekil 405.1: Birçok memeli gibi tropik geyik (*Muntiacus muntjak*) idrar ve hormonla revirini işaret eder. Bu geyik işaretlemede kullandığı hormonu kafanın önündeki preorbital bezden sağlar (Dubost'tan)

5.5. HİYERARŞİK KONUM DAVRANIŞI

5.5.1. Hayvanlarda Hiyerarşi

Bireysel birliklerdeki hayvan türleri, hiyerarşik düzen oluşturur. Buna maymun, kurt, tavuk veya cüce kargalarda rastlanır. Bazı bireyler güçleri oranında hiyerarşi kavgalarını ya kazanır ya kaybeder.

Kavga sonucu hiyerarşik sıralanmada o bireyin yerini belirler. Yenilenler, yenenlere saygılı olur. Böylece hiyerarşik sıralamada en önde olma ve diğer konumlar ortaya çıkar. Maymun, yırtıcı hayvan ve toynaklılarda güç ve beceri yanında, ilişki kurma yeteneği, aktivite, karar verme, direnç grup için ön plana çıkma ve hiyerarşik çaba, hiyerarşik sırayı belirler. Bu *YÖNETİCİ ÖZELLİKLERİ* birçok hayvan türünde benzerlik gösterir. Güçlenen ve deneyim kazanan gençler, grup liderliği için her seferinde şansını dener. Bazen başarır ve önder olurlar.



Şekil 406.1: Keçide (*Rupicapra rupicapra*) yüksek hiyerarşik konuma sahip olan bireyin dik, diğerinin pısırık duruşu (Walther'e göre).

Liderliğin bazı avantajları vardır. Bunlar önce yemeği yer ve suyu içer. En iyi yeri işgal eder. Daha fazla döl üretir ve *ÇİFTLEŞME MONOPOLÜ* kurar. Maymunlarda güçlü olup da, yaşlanan erkekler konumlarını ağaran kılları ve dişleri sayesinde uzun süre korur. Hiyerarşik konum sabit değildir. Yeni kavgalarla yeniden belirlenebilir. Büyüyüp gelişen bir kurt bireyi, kendi grubunda söz sahibi olma eğilimi gösterir. Bir bireyin kendi ailesindeki hiyerarşik konumu, kendi büyüklük, gücü, becerikliliği ve kavga etmeye hazır olması ile ilişkilidir. Testosteron verilen güvercinlerin, kolonide yüksek bir konuma gelmek için, hemen kavga etmeye başladıkları görülür. Yüksek hiyerarşik pozisyondaki bireylerin, dik ve kendine güvenen bir duruşu vardır *(Şekil 406.1)*.

5.5.2. İnsan Toplumunda Hiyerarşi

İki yaşına yeni girmiş çocuklarda bile hiyerarşik konum davranışı izlenir. Bunlar daha çok aktif olup (hiperaktif) oyunların çoğunu oynar ve diğer çocuklarla kolayca ilişki kurar. İyi organize olur, çekişme ve tartışmalardan kendilerini kolayca sıyırırlar.

İnsanın sosyal yapısı içinde hiyerarşik bir yapılanma, ilk çağlardan beri vardır. Hiyerarşinin hiç olmadığı bir toplum yaratılması mümkün olmamıştır. Güç ve zenginlik buna imkan vermemiştir. Yani sınıfların bulunmadığı bir toplum oluşturulmasına, bu iki önemli husus engel olmuştur *(Şekil 407.1)*.



Şekil 407.1: Hiyerarşik konum.

Hiyerarşinin düzenlenmesinde fırsat eşitliğinin sağlanması, anayasal bir zorunluluktur. Sadece en çalışkanların başarılı olup, bunlara bazı imkanların verilmesi, herkes için avantaj sağlar. Hak edilmeden ve çaba sarfetmeden elde edilen makamlar, topluma yarardan çok zarar getirir. İşin, ehline verilmesi bu nedenle önem kazanır.

Sosyal yaşamın birçok düzeyde sağlanmış olması insanları ileri basamaklara tırmanmak için çaba sarfetmeye yönetir. İnsanların festival kralı seçip, onu özel olarak giydirmesi, hiyerarşik koşullandırmadan mutlu olduklarını gösterir.

5.6. SALDIRGANLIK DAVRANIŞI

Saldırganlık davranışı *KAVGA* etme davranışı ile eş anlamlı kabul edilir. Oysa bunu aynı anlamda kullanmak birçok nedenden ötürü doğru değildir. Örneğin iki ayı ve iki tilki birbirini görür görmez hemen kavga etmeye başlamaz. Önce bazı hareketler yapılır ve karşılıklı olarak güç gösterisinde bulunulur. Bu bir yarar sağlamazsa yaklaşır, ikaz edici sesler çıkarıp, ağızlarını açıp dişlerini gıcırtatır ve birbirlerini tehdit ederler. Ancak bu *KENDİNİ GÖSTERME* ve *TEHDİT* davranışı etkili olmazsa, kavga edilir. Gerek türiçi korkutucu duruş, gerekse tehdit ve kavga davranışı, o türe özgü davranış şekillerinin işlevsel biçimini oluşturur. Bunlara *TÜRİÇİ SALDIRGAN DAVRANIŞ* denir.

Bu davranış, türdışı kavga davranışından ayrıtedilmelidir. Yırtıcı hayvanlar türiçi kavgalar sırasında diş ve pençesini, düşmanına karşı kullandığı gibi, etkili kullanamaz. Bunlar avlanırken, kendileri kadar güçlü olan avları ile de kavga eder, eğer av direnç gösterirse ona karşı farklı davranılır. Yırtıcı hayvan avını tehdit etmeye gerek bile duymadan yakalayıp öldürmek ister. Türiçi saldırı davranışı genetik olarak tayin edilen içgüdüsel bir davranıştır. Anahtar uyarı onu hareket ettirir.

5.6.1. Birbirinden Uzaklaşma

Türiçi kavga sona erince, kavgacılar uzaklaşır. Yenik düşen kaçar. Kaçarken teslim olduğunu veya yenildiğini belirten ifade ve hareketler kullanır.

Köpekler kuyruklarını bacaklarının arasına sokarak uzaklaşır. Bu davranış şekli-

ne *BOYUNEĞME* denir. Bunlar yenenin kavgayı bitirmesine yol açar. Bu davranış hem kazanan hem de kaybeden için avantajlıdır. Böylece yenilenin ağır yaralanması, hatta öldürülmesi engellenir. Yenen ise gücünü tasarruf eder ve yenilenin can havli ile onu yaralama tehlikesinden kurtulur.

Saldırı davranışı "MEKANSAL veya SOSYAL UZAKLAŞMA"ya yol açar. Yaralanma ve ölümler, kaçışın mümkün olmadığı özel durumlarda görülür. Bükemediğin bileği öp atasözü bu hususta taraflar için önemli bir davranış şeklidir. Ya da erkekliğin onda dokuzu kaçmaktır sözü, yaralanma ve hatta ölmeyi engelleyen bir davranış şekli olur. Önemli olan bunun zamanında ve yerinde yapılmasını bilmektir.

5.6.2. Saldırı Davranışının Önemi

Hayvanlar sadece saldırgan değildir. Aynı zamanda birçok konuyu, saldırı ile elde etmek için rekabet eder. Bu nedenle saldırı davranışının seleksiyon değeri yüksektir. Kavga edemeyen hayvanların yaşama ve üreme şansı hiç yoktur. Kavga etmek ise enerji gerektirir ve rizikolu bir iştir. Kavga sonunda ağır yaralanma, hatta ölüm bile görülebilir. Bu olumsuz etkilere rağmen saldırı davranışı evrim sürecinde hiç bir hayvan grubunda tamamen gerilememiş veya yeni gelişmemiştir. Büyük yırtıcılar ve manda gibi hayvanlar önce korkutur, bu yarar sağlamazsa kavga eder.



Şekil 408.1: Yapay kavga (Biologie h.'den).



Şekil 408.2: Zarar verme kavgasında yaralanmış taraf.

5.6.3. Yapay Kavga ve Zarar Verme Kavgası

Geyikler boynuzlarını karşı karşıya getirip, birbirlerini iterek kavga eder. Bazı balık ve sürüngen türleri vücutlarını birbirlerine paralel olarak uzatır ve kuyrukları ile vururlar. Bu şekilde yapılan kavgalara *YAPAY KAVGA* denir *(Şekil 408.1)*.

Sıçanlar ise rakiplerinin ulaşabildikleri vücudunu dişler. Bu arada ağır yaralanmalar ve hatta ölüm bile olur. Akrep, örümcek ve bazı böcekler gibi omurgasız hayvanlar, ağız parçaları ile rakiplerini dişler ve onları yaralar. Bu şekildeki kavgalara *ZARAR VERME KAVGASI* denir *(Şekil 408.2)*.

5.7. İNSANDA SALDIRI DAVRANIŞI

5.7.1. Saldırı Kuramları

İnsanda saldırı davranışı üç kuramla açıklanır:

a) *DÜRTÜ KURAMI:* K. LORENZ tarafından ortaya atıldı.; b) *AMACA YÖNELİK AKTİVİTE*'nin bozulması ve *SALDIRI TEORİSİ;* c) *ÖĞRENME TEORİSİ* . Bu son iki teoriyi psikologlar ortaya attı. Son iki teoriyi savunanlar için insanın saldırgan davranışının tek nedeni vardır. Bunu da *Mutlak Gereksinim* görüşü ile güçlendirirler. Dürtü teorisi, LORENZ ve bazı isim yapmış biyologlar tarafından *mutlakiyet gereksinimi* olmadan formüle edilmiştir. Saldırı davranışının öğrenme ile değişebileceği ve ancak engelleme ile saldırı davranışına yol açabilmesi hususu onlar için önemli değildir. İnsanın saldırı davranışının tehlikesi üzerinde tüm bu teoriler, aynı noktada birleşmekte; ama onu nasıl azaltacağı hakkında bir yol gösterememektedir. Bugün saldırı davranışının tek bir nedeni olduğuna ait birçok deney yapılmıştır. Birçok saldırı araştırıcısının müşterek çalışması ile geliştirilen modele *GENETİK-SOSYAL MODEL* denir.

5.7.2. Dışlanmışlık Saldırganlığı

Saldırı davranışının özel bir şekli kuş, memeli ve insanlarda görülen *dışlanma saldırganlığı*'dır. J. GOODAL çocuk doğuran maymunların grubun diğer üyelerinin yoğun bir saldırısına uğradığını gözledi. Çocuklar kızıl saçlı ve başka dinden olan arkadaşları ile dalga geçip gülerek dışlamak ister.

5.8. KULUÇKA VEYA ÇOCUK BAKIMI

5.8.1. Kuluçka Bakımı

İşçi arılar özel besin sıvısı ile larvaları besler ve peteği temizler. Birçok kuş türü yavrularını çeşitli tehlikelerden korur ve onları besler. Memeliler yavrularını emzirir ve onları düşmanlarına karşı korur. Beslenen ve korunan yavrular gelişip döl devam ettireceğinden kuluçka bakımının seleksiyon avantajı vardır. Kuluçka bakımı olmayan türlerin hayatta kalıp döl üretebilmek için üreme enerjileri çok yüksektir.

5.8.2. Yuvaya Bağımlılık veya Bağımsızlık ve Vücutta Taşıma

Yeni doğan kedi veya yumurtadan çıkan serçe yavrusunun duyu organları işlemez, tamamen yardıma muhtaçtır. Bunlar büyüyüp kendi başına buyruk oluncaya kadar yuvada kalır. Böyle canlılara *YUVAYA BAĞLI* olanlar denir. Yeni doğan karaca yavrusu veya yumurtadan çıkan ördek palazı kendi başına hareket edebilir ve duyu organları çalışır. Bunlara *YUVAYA BAĞIMSIZ*'lar denir. Bu ayırıma maymun ve insan bebesi tam uymaz. Maymun yavrusunun duyu organları çalışır ve hareket edebilir; ama bu dönemde devamlı olarak korumaya muhtaçtır. Başına buyruk değillerdir. Anneleri onları taşır. Annenin, sırtına binen yavrusunu taşımasına *AKTİF TAŞIMA* denir. İnsan bebesi taşınmasında hiç çaba sarfetmez, buna *PASİF TAŞINMA* denir.

5.8.3. Annesiz Büyüme

Annesiz büyüyen maymun bebeleri davranış bozukluğu göstermiştir. HARLOW'lar anneden ayrı tutma sürelerinin farklı olduğu deneyler yürüttü. Sonuçlar korkutucu idi: Anneden ayrı kalmanın rhesus maymununda sosyal davranışın tamamını değiştirdiği görüldü. Ayrıca bu hayvanlar buluşçu ve oyuncu davranış göstermiyorlardı ve öğrenme yetenekleri çok düşüktü. Annesinden kısa bir süre ayrılan yavrularda bile davranış bozuklukları izlenir.

5.9. İNSANDA ÇEVRE VE GENLER

İnsanın davranışını neyin tayin ettiği sorusu kadar hiç bir soru psikoloji, sosyoloji ve pedegojiyi meşgul etmemiştir. Bu genlerde midir? Yoksa hayat süresince denenip öğrenerek mi olur? Minnesota projesi de denen T. BOUCHARD'ın yürüttüğü çalışmada, ikizler incelenmiştir. Ayrı büyüyen tek yumurta ikizleri burada araştırılmıştır. Tek yumurta ikizleri, döllenen bir yumurta hücresinden erken bölünme evresinde müstakil iki embriyonun oluşması ile meydana gelir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da her 90 doğumdan birisi ikiz doğumdur, bunun da ancak üçte biri tek yumurta ikizidir. Tek yumurta ikizlerinin genetik yapıları aynı olduğundan, farklılıkları çevre koşullarına dayanır. Onların birbiri ile uyumları hem benzer gen, hem de müşterek çevrenin etkisine bağlıdır. Ayrı büyüyen çift yumurta ikizleri, çevre koşullarının aynı farklarına sahiptir. Onların genetik yapıları, farklı yaşlardaki kardeşlerinki gibi olup, istatistiki olarak birbiri ile % 50 oranında uyum gösterir.

Bu araştırmada kan allerjisi testi, EKG, EEG, tansiyon, akciğer kapasitesi ve diş yapısı gibi hususlar da kontrol edildi. İkizlerin her birisinin hastalık hikayesi kaydedildi. Psikolojik deneyler çerçevesinde 15 000 soru soruldu. Psikiyatrik konuşma ve farklı zeka testleri, ayrı ayrı araştırıcılar tarafından yapılarak elde edilen veriler bilgisayar yardımı ile değerlendirilip analiz edildi. Önce tek yumurtalılarla ilgili devam eden çalışmanın ara raporu yazıldı. Buna göre bazı davranış şekil ve özelliklerinin birbirine uyumlu olma sonucu ilginçtir. BOUCHARD bazı ikizlerin, bireysel özelliklerinin birbirine çok benzer olduğunu doğrulamıştır. Zeka testi ile ilgili ilk analiz sonuçları da yeni yayınlandı. Buna göre zekaya bağlı başarı kalıtsallığın %70'ini oluşturur. Düşünce yeteneği veya sınıflandırma gibi zeka başarıları ile ilgili hususların, % 60-90 arasında değiştiği görülmüştür. Müzik ve sporla ilgili başarılarda da yüksek oranda uyumlar olduğu bulundu. Ayrıca bazı alerjik reaksiyonlar, sinir hastalıkları ve fobi durumlarında da bir uyuma rastlandı. Bu sonuçlar bize ilk yorum imkanını verir: Önceleri yaşama ortamının etkinliği kuramı taraftarı olan, yani genetik etkinin insanda hiç rol oynamadığını savunan BOUCHARD bu çalışmalardan sonra, davranışın sadece çevreye bağlı olarak yönlendirilebileceği görüşünü artık savunmamaktadır. Zira insanın davranış, yetenek ve eğitimini, yani bireyselliğini daha çok genlerin belirlediği, bu çalışma ile anlaşılmıştır.

5.10. İNSANLIK KÜLTÜRÜ

İnsanları hayvanlardan ayıran en önemli özellik, öğrenilen davranış şekilleri ve bireysel olarak kazanılan bilgilerin sistematik bir şekilde iletilmesidir. Taklitle öğrenme ve geleneklerin oluşumu, insanda kavramsal düşünme ile konuşmanın etkisi ile ortaya çıkar. Bu durum insanın evrimine çok etkili olmuştur.

Öğrenilen hareket ve bireysel olarak kazanılan bilgilerin sistemli bir şekilde aktarımına *KÜLTÜREL BİLGİ AKTARIMI* denir. Bireysel yetenekle öğrenilen davranış şekil ve deneyimlerin yanında, kültürel taşınımla kazanılan bilgiler de sonraki kuşağa iletilir. İletilen bu bilgilerin büyüklüğü o toplumun *KÜLTÜREL BİRİKİMİ*'ni oluşturur. Kültür birikimi sonucunda, insanın biyolojik türü dünyayı işgal etmiş, diğer gezegenlere de yerleşme hazırlığı içindedir.

İnsanoğlu varoluşundan bu yana geçen zamanın önemli bir bölümünde, toplayıcı ve avcıdır. Ancak 15 000 yıl önce tarıma ve hayvancılığa geçmiştir. Kültürel uyum yeteneği gerekli değişmeleri mümkün kılmıştır. Seçilim sayesinde teknik anlayış ve sosyal uyum yeteneklerini elverişli hale getiren özellikler ortaya çıkmıştır.

İnsanoğlu en yeni ve en son tekniği kendi çıkarı ve kullanımı için geliştirir. Kullandığı makine ve arabalarla, topluma yarar sağlar. Büyük topluluklar kurarak bir arada yaşar. Otomasyon ve teknikleşme sonucu ilk çağlarda hiç etkili olmayan stres, tansiyon, ülser, sinirsel hastalıklara da maruz kalınır.

İnsanoğlu, son asırda çevreyi kendi çıkarları için şekillendirmeye başladı ve onun doğal yapısını tahrip ederek bozdu; doğal yapıları bozarak kendi eli ile yapay alanlar yarattı. Doğanın sınırlı kapasitesi olduğunu unutarak, her geçen gün bu kapasiteyi zorladı.

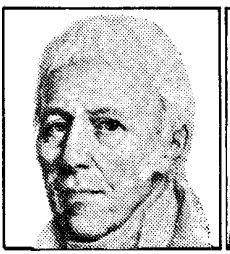
6. DAVRANIŞ GENETİĞİ

Genetik davranış araştırmaları fazla değildir. Bunda yöntemsel zorluklar rol oynar. Bunun için davranışlarında farklı olan türlere gereksinim duyulur. Bunların da verimli hibridler oluşturmaları gerekir. Morfolojik özelliklerin aksine, davranış özellikleri uzun gözleme süresi geçip, eşeysel olgunluğa girdikten sonra olur. *Gryllus campestris* ve *G. bimaculatus* adlı iki çekirge melez türünün larvaları döğüşme yoğunluğunun fazlalığı ile birbirinden ayırt edilir. F_2 dölü ve iki geri çaprazlama tek etkili (=monofaktoryel) kalıtıma uygun düşer. Tarla çekirgesinin erkeği kendisinin nerede olduğunu belirtici reklam ötüşüne başlamadan önce, ön kanadını hep aynı tutar; *G. bimaculatus* ise kanadını arka arkaya kaldırarak sürtme ötüşü çıkarır. F_1 dölü intermediyerdir, erkeklerin birçoğu sadece sürtme ötüşü çıkarır, diğerleri ise heriki ebeveynden biri gibi davranır. Orman çekirgeleri *Nemobius*'larda da melezlerin intermediyer ötüşlerine rastlanır.

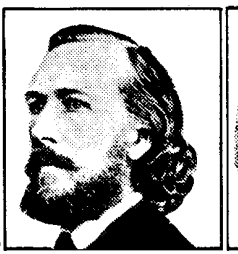
Aynı durum kurbağalar için de geçerlidir. Çekirgelerin kur davranışları poligenik olarak belirlenir.

Genel olarak davranış genetik olarak son derece stabil (=değişmez)'dir. Bu da çok etmenli kalıtım (=multifaktoryel)a dayandırılır. Tek bir mutasyon kendi başına bir davranış farkını çözmez; ama miktar olarak değiştirebilir.

BÖLÜM IX
EVRİM


Jean de Lamark
(1744-1829)


Charles Darwin
(1809-1882)


Ernst Haeckel
(1834-1919)


Georges Cuvier
(1769-1832)

1. EVRİM DÜŞÜNCESİNİN GELİŞİMİ

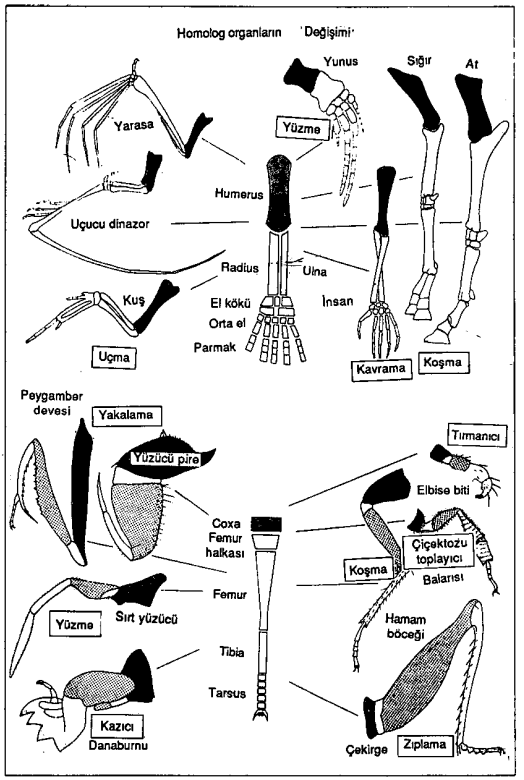
Evrim biyolojik olaylar içinde en ilginç ve en geniş kapsamlı olanıdır. Kelimenin basit anlamı **"GELİŞİM"**dir. Gelişim ise biyolojide birbirinden tamamen farklı iki olayda kendini gösterir. Bunlar **"EMBİRYONAL GELİŞİM"** ve **"EVRİMSEL GELİŞİM"**dir. İlki şu anda olan ve karşılaştırılabilen ve deneysel olarak analiz edilebilen bir olaydır. İkincisi ise tarihsel süreçde geçen bir olayı ifade eder. Doğrudan gözlenemez ve deneysel olarak analiz edilemez. Yani evrim araştırmalarında direkt gözlem olmayıp, kanıt ve veriler kullanılarak tarihi araştırma yapılır. Bu araştırmalarda çeşitli yöntemlerle birlikte, kuramlar da kullanılır. Tümden gelim ve tüme varım (dedüksiyon ve indüksiyon) ve çalışma kuramlarından evrim kavramının ne olduğunu açıklamada yararlanılır. Evrim uyum, seçilim ve mutasyon gibi olaylarla karakterize edilir. Evrimsel düşünce kuramının 200 yıllık bir geçmişi vardır.

1.1. DARWIN'E KADAR OLAN GELİŞME

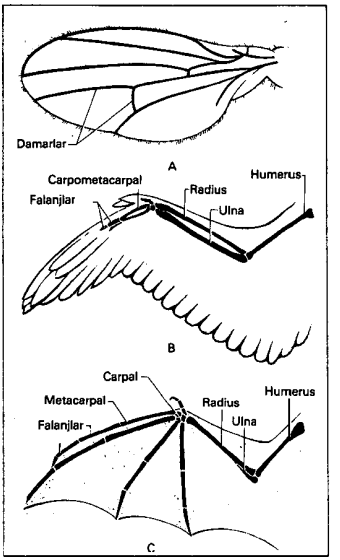
Şu anda yeryüzünde yaşayan bir milyondan daha fazla hayvan ve yarım milyondan fazla bitki türü vardır. Bu kadar çeşitli canlı türü nasıl oluyor da yeryüzünde varolabiliyor ve yaşayabiliyor? Bu sorunun yanıtını *EVRİM TEORİSİ* kısmen de olsa vermektedir. Bu teori canlı oluşum ve çeşitliliği ile ilgili bilgileri aktarır.

Evrim çalışmaları ile evrim olayının nedeni ve canlıların oluşum ilişkileri incelenir.

Antik dönemde hayvan, bitki ve insanın bir defalık yaratıldığı görüşü hakim olmakla birlikte, başta ANAXIMANDER (Miletli, M.Ö. 611-546) olmak üzere,



Şekil 414.1: Homolog organların değişmesi (Kuhn ve Probst'dan).



Şekil 414.2: Homoloji ve anoloji örnekleri: A) bir sineğin, B) bir kuşun, C) bir yarasanın kanadı. Kuşun ve yarasanın kanadındaki kemikler birbirine homologtur. Sineğin kanadı omurgalıların kanadına işlev bakımından benzerdir. Fakat benzerlikleri yalnız işlevlerine göredir, yani analog organlardır.

canlıların gelişmelerine ait yaklaşımlar da gözden uzak tutulmamıştır. Adı geçen bilim adamı insanın balık benzeri bir varlık olduğunu; ama zamanla üzerindeki örtüyü atarak karasal yaşama uyum sağladığını sanmakta idi. Yine o dönemden onsekizinci yüzyılın sonuna kadar, türlerin değişmezliği görüşü egemendi. İsveçli doğabilimci LINNE (1707-1778), türlerin dünya varoluşundan bu yana yaşadığı görüşünü taşıyordu. LINNE bulduğu hayvan ve bitki türlerini belli bir biyolojik sistemde ele alan ilk araştırmacı idi. Canlıları yapısal benzerliklerine göre gruplandırmıştı. Bir zoolog olan GEORGES CUVIER (1769-1832) 18. yüzyılın sonunda, tarih öncesi canlıları inceleyen "PALEONTOLOJİ" Bilimini kurdu. Günümüzde yaşayan (=resent) canlıların anatomik yapıları karşılaştırılarak, soyu tükenip fosili bulunanların sistematiği yapılır. Omurga iskeleti farklı şekilde olmasına rağmen, daima aynı temel yapı planı gösterir (üst kol kemikleri, iki altkol kemiği, elkökü, parmak gibi *(Şekil 414.1 ve 414.2)*. Dış görünüş ve işlevleri farklı ama aynı temel yapıya dayanan böyle organlara *HOMOLOG* denir. Temel yapı ve dizilişleri bilinirse, bulunan kemikler birleştirilip iskeletin tamamı elde edilir.

CUVIER bu yöntemle jeolojik çağlarda birbirinden çok farklı hayvanların yaşamış olduğunu buldu. Bunu çeşitli doğal felaketlere bağlıyor ve organizma gruplarını yokettiğini belirtiyordu. Bunun sonucunda yeni ve karışık yapılı canlıların ortaya çıktığını ve eski grupların da kalıntılarını koruyabildiğini açıklamıştı.

CUVIER'in yukarıda açıklanan *FELAKET KURAMI*'na karşılık jeoloji ve biyoloji biliminin ilerlemesi sonucu olarak, yeni görüşler ortaya çıktı. İngiliz araştırıcı LYELL (1797-1875) yerkürenin değişmesinin, bütün dünyayı kapsayan felaketlere dayanmadığını bugün yerkürenin yapısını şekillendiren güçlerin, daha önce de canlılara etki yaptığı görüşünü taşıyor ve *AKTÜALİTE (=GÜNCELLİK) VARSAYIMI*'nı ortaya atıyordu.

LAMARCK (1744-1829) Paris'te doğa tarihi müzesindeki koleksiyonda organların homolojileri ile ilgili çalışmaları sırasında, bunun canlıların akrabalığı ile ilgili bir olgu olduğunu açıkladı. PHILOSOPHIE ZOOLOGIQUE-1809 adlı kitabında, organizmaların evrimsel bir gelişimi olduğu görüşünü ortaya attı. Buna göre, günümüz türleri soyu tükenmiş olan eski türlerden kökenlenmektedir. LAMARCK bu görüşü ile ilk defa soy ağacı kavramını ortaya atarak, köken için nedensel bir açıklama getirmiş böylece *EVRİM TEORİSİ*'nin kurucusu olmuştu.

LAMARCK, canlıların organlarını kullanıp kullanmamalarına bağlı olarak belli ihtiyaçlara uyduklarını ve kazanılan bu bireysel uyum ve özelliklerin, doğrudan doğruya döle iletildiği görüşünü taşıyordu. LAMARCK'a göre zürafanın uzun boyunlu oluşu, atalarının üst dallardaki yapraklara ulaşmak için sürekli olarak boyunlarını uzatması sonucu idi. Hayvan boynunu uzata uzata bugünkü zürafaya dönüşmüştü. Bu görüş uzun boyunlu kuğu ve kazlar için de geçerliydi. Onların boynu kısa ataları suyun derinliklerinden besin almak için boyunlarını uzatmış ve uzunboyunlu olmuşlardı. Bu özellik döle iletilmişti. Bunun karşıtı kullanılmayan organların köreldiği görüşü idi.

İn ve oyuklardaki ışıksız ortamda yaşamaya uyum sağlamış olan canlıların gözleri körelmiştir. Yılanların kullanmadıkları ayakları körelmiştir. Bu tip değişimlerde bir iç gereksinimin etkisi vardır. LAMARCK'ın evrim kuramını açıklayıcı görüş ve yorumları aşağıdaki gibi şematize edilebilir:



Bu varsayım, genetik bilimden önce ortaya atılmıştı. Günümüzdeki bilgi birikimi karşıt görüşleri doğurdu. Bugüne değin kazanılmış özelliklerin kalıtlandığına ait hiçbir örnek bulunamamıştır. **Genetiğin sonuçları, özelliklerin çevre etkisi ile kalıtlanamayacağını gösterir. LAMARCKİSMUS, türün yayılış ve devamını sağlayan uyumları açıklamada da yetersiz kalır. Bitkinin zengin tohum üretimi tek bitkiye ya da yavru bakımı ana-babaya yarar sağlamayıp TÜRE hizmet eder.** LAMARCK'ın doğa kuramları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

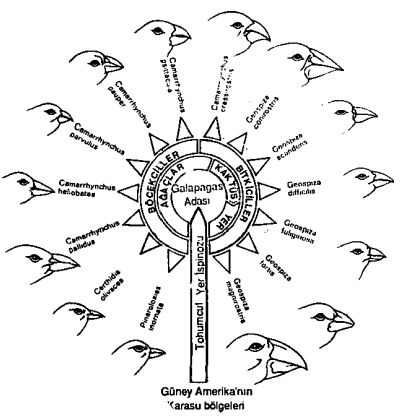
a) I. Doğa Kuramı: Gelişiminin en üst basamağını henüz tamamlamamış bir hayvan, organını kullanma oranınında onu güçlendirir. Organın az kullanılışı onun gücünü yitirip zayıflamasına ve yeteneklerinin zamanla kaybolmasına yol açar.

b) II. Doğa Kuramı: Bir organın yoğun kullanımla gelişmesi ya da kullanılmama sonucu körelme özellikleri, sürdürülür. Yani kazanılan yetenekler döle geçer. Bunun için değişimler iki eşeyde de olmalıdır.

1.2. DARWIN'DEN GÜNÜMÜZE KADARKİ GELİŞMELER

Tıp ve teoloji (=ilahiyat) eğitimi gören CHARLES DARWIN (1809-1882), BEAGLE adlı gemiyle yapılan bilimsel geziye (1831-1836) katıldı. DARWIN bu gezide karşılaştırmalı anatomi, paleontoloji, bitki ve hayvan coğrafyası ile ilgili bilgi topladı. Bu bilgiler onun sonradan ortaya atacağı evrimle ilgili görüş ve kuramlarının temeli oldu. Nitekim 1856 yılında bu bilgilerin ışığı altında "On the origin of species by means of natural selection" adlı eserini yayınladı. **Kitabında, basit formlardan günümüzün daha karmaşık canlı varlıklarının atası ile ilgili düşüncelerini belirtti. Ayırıca organizmaların evrimi için gerekli açıklayıcı nedenleri, ortaya koydu.** DARWIN nedensel açıklamalarını yaparken, ıslahçıların seçme (=seleksiyon) fikrinden yararlandı. Bunlar uygun formları seçip kultive ediyorlardı.

DARWIN, 1845 yılında Galapagos Adaları ispinozlarının aynı atasal türden kökenlendiğini belirtti (*Şekil 416.1*). Verilerin azlığı nedeniyle bu durumu kitabında derinlemesine inceleyemedi. Doğal olarak burada bir soru akla geliyor; **peki doğada bu türleri ortaya çıkaran, bu seçimi yapan kimdir?** Bir ekonomist olan MALTHUS (1766-1834)'un yürüttüğü bir araştırma, ona yukarıdaki soruyu yanıtlama imkanı verdi. **MALTHUS, insan nüfusunun arttığını ve sadece besin azlığı ve hastalıklar nedeniyle sayının sabit tutulduğunu gösterdi. Bu bilginin diğer tüm canlılara kullanımı, SEÇİLİM KURAMI'nı doğurdu.** Bu kuram aşağıdaki gerçeklerden hareket eder:



Şekil 416.1: Galapagos Adalarında aynı kökenden gelen ispinoz kuşlarının yaşadığı ortama göre yapısal olarak farklılaşması (Vogel ve ark'dan).

a) Canlılar, türün devamı için gerekenden daha fazla döl üretir. Türün devamı için bir çiftin ürettiği dölden ikisinin çiftleşmesi yeterli olacaktır.

Halbuki gerçekte binlerce, hatta milyonlarca döl üretilir. Buna rağmen değişmeyen bir devredeki yaşama alanında, bir türün birey sayısı uzun süre sabit kalır.

b) Ana-babanın çocukları, kalıtsal özellikleri bakımından birbirinden ayrılır.

c) Canlılar, daha uygun yaşama koşulu, besin, yaşam alanı ve eş için sürekli rekabet halindedir.

DARWIN bundan aşağıdaki sonuçları çıkardı: Ona göre *VAROLMAK İÇİN SAVAŞ* (=struggle for life) da, çevreye en iyi uyan bireyler yaşamlarını sürdürür ve en güçlüler hayatta kalırdı (=survival of the fittest). Bu kavram genelde yanlış anlaşıldı. Evrim kuramı anlamında, her zaman en güçlü olan, en uygun olmayabilir; çünkü en fazla döl üreten ve onların da döl ürettiği bireyler en elverişli olanlardır. DARWİN'in kuramı ile sosyal farklar, biyolojik temele dayanmaz ve yine bundan da hiçbir şekilde, güçlü olanların haklı olacağı sonucu çıkarılamaz. Bunlar *SOSYAL DARWİNİST*'lerin görüşleridir.

Rekabet sadece bir tür içinde olmaz. Benzer ekolojik nişlere sahip türler de birbirleri ile rekabet eder. Rekabet, bir ekolojik nişte aynı özelliklere sahip sadece bir türün devamlı olarak barınmasına yol açar. Bu nişe daha az uyum sağlayan türlerin sayısı azalır veya başka yörelere gitmeye zorlanır. *DOĞAL SEÇME* (=natural selection) türlerin yavaşça değişip, çevreye uyumuna yol açar.

Evrim teorisi, homolojinin ortaya çıkması ve organizmaların uyumu için nedensel gerekçeleri açıklar. Bu teori organizasyonun bazı durumlarda neden daha az amaca uygun olduğunu da açıklar: Zürafanın boyun omuru sayısı 7 olduğundan, kafasını çok zor yere eğer. Bu ise su içmeyi zorlaştırır. Bağışıklık sistemi insanı hastalıklara karşı korur; ama anne ve çocuk arasındaki Rh uyuşmazlığı embriyoda zararlara neden olabilir.

Bir canlının fitnesi, yani yeterli oluşu, onun üretip hayatta kalan döl sayısı ile ölçülür. En uygun ve yetenekli olanın hayatta kalabileceği görüşü de tartışılır. Böyle bir ayrım anlamsızdır, zira hayatta kalan bireyler zaten yaşamını sürdürebilenlerdir. DARWIN ise bunu, en iyi uyum sağlayanın hayatta kaldığı veya kalabildiği şeklinde ayırmış ve bunun da yapısal farklılıklara bağlı olduğunu belirtmiştir. Daha az uyum, düşük oranda hayatta kalmayı ve böylece miktar olarak uygunluğunun ölçülmesine yol açar. Canlıların kökeni için DARWIN'in ortaya attığı görüşlere benzerlerini WALLACE (1823-1913) da belirtmiştir.

Yirminci yüzyılda evrimin nedenleri ile ilgili bilgilerin artması GENETİK sayesinde oldu. Kalıtsal olan tüm özelliklerin temelinde GEN'ler vardır. Döllenmiş yumurtadan tam bir canlı oluştuğundan, onun yapısal planı ile ilgili bilgi genlerde vardır. Homoloji araştırmaları çeşitli organizma türleri arasında benzerlikler gösteriyordu. Bu genetik bilginin eşit şekilde dağılımı ile ilgilidir. Çiftleşemiyen canlılar arasında genlerin taşınımı olmaz. Bu nedenle açıklama için ortak bir atadan gelmiş olmayı kabul etmekten başka bir seçenek yoktur.

DARWIN'in anladığı anlamda en yetenekliler, yeteneklerini daima populasyonda gösterir. Bu nedenle özellikle, FISHER ve SEWALL-WRIGHT'ın gösterdiği gibi POPULASYON GENETİĞİ sonuçları, evrim kuramının temelini oluşturur. *Yine yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren MOLEKÜLER BİYOLOJİ evrimin açıklanmasında önemli rol oynamaya başladı.* Canlı oluşumunun deneysel olarak açıklanması ile ilgili araştırmalar ilk kez OPARIN tarafından

yürütüldü. Yaşamın oluşum ve evrim kuramının fiziko-kimyasal olarak açıklanmasını EIGEN'e borçluyuz.

Darwin'in Türlerin Kökeni adlı eserinde ortaya koyduğu; yani çeşitli bitki ve hayvan türlerinin başka türlerden türemiş olduğu görüşü, dinlere ve çeşitli efsanelere ters düşmekle birlikte, büyük bir kesimin onayını almış görünmektedir; ama bilim adamları evrim mekanizması hakkında değişik görüşler taşırlar. Günümüzde bu hususta üç görüş en fazla taraftar toplamıştır.

Bunlardan en yaygını **YENİ DARWİN**'cilik kuramı ya da sentetik kuramdır. Bu kuram daha önce de değinildiği gibi türlerin evriminin belirleyici faktörü olarak doğal seçilimin Darwin'de ileri sürülen şeklini ele alıp, Mendel'in genetik kuramlarının yardımı ile canlı topluluklarının genetik değişimlerini uygular, bu görüşün en önemli savunucusu **AYALA SMITH**'dir.

Mendel kuramlarının bu yüzyılın başında **TSCHARMAK de VRIES ve CORRENS**'çe yeniden bulunması ile Darwin kuramı yeniden tartışmaya açıldı. Türlerin evrimi populasyondaki alel oranlarının değişmesiyle açıklanır. İşte bu değişimler, doğal seçilim sürecinde kontrol edilir. Bu mekanizmanın açıklanması için **R.A. FISHER** ve **S.WRIGHT** gibi araştırıcılar, matematik bir model geliştirdiler. Bundan az olan doğal seçilim sürecinde bile, o populasyonun genetik yapısının, bazı alellerin, diğerlerinin yerini almasıyla değişikliğe uğradığı sonucu çıkar. Türün genetik çeşitlerindeki mikroevrim, bir makroevrime; yani bazı yeni canlı türlerinin oluşumuna neden olur.

Bu görüşün günümüzdeki en önemli savunucuları arasındaki Amerikalı **ERNST MAYR,** türlerin dağılımı ile ilgili yaptığı çalışmalarında (özellikle kuş türleri ile) türler arasında aşamalı bir geçiş olduğunun ve farklı ırklardan başlayarak, yeni canlı türlerinin oluştuğunu açıkladı. **G.G.SIMPSON** adlı araştırıcı atın evrimini gözönüne alıp, atın doğal evriminin küçük değişimlerle oluşup, aşama aşama populasyonlara hakim olduğunu ve bazılarının da bu süreçte türleştiğini vurgulamıştır.

En son görüşler ışığı altında yeni Darwin'ciliğin temel ilkesi olarak evrim ve dogal seçilim mekanizmalarının denetimi ile populasyonların genetik yapısındaki bazı alel genlerin zamanla, diğerlerinin yerine geçmesini şart koşar. Bu mikroevrim süreci, yeterli zaman geçtikten sonra, aşama aşama makroevrime; yani yeni türlerin oluşmasına yol açar.

İkinci kuramsal model olan **"YENİ MUTASYONİZM" KIMURA** ve **C.J GOULD** tarafından ele alınmakta ve günümüzde geniş bir taraftar kesimi bulmaktadır. Bu kuram, rastlantıyı ve bazı mütasyonların doğal seçilim açısından yalnızlığını önemsemekle kalmaz, **"NOKTASAL DENGELER"** gibi çok katı olmayan paleontolojik evrimi de dikkate almayı yeğler.

KIMURA adlı Japon bilim adamı **"NÖTRALİST"** kuramını öne sürdü. Buna göre genetik mutasyonların sayısı doğal ayıklanma bakımından **"NÖTR"**dür. Buna uğramış bireylerin yaşamını sürdürebilmelerinde, mütasyonların etkisi yoktur. Doğal seçilimin yadsıdığı bu genetik değişimler kuşaklar boyu sürer ve sonuçta bir evrim etmeni haline gelir. KIMURA bir alelin diğer birinin yerine geçmesinin, protein bakımından bir aminoasidin diğerinin yerine geçmesi ile eşdeğer olduğunu öne sürmüştür. Çeşitli organizmaların aminoasitlerinin gen dizilişinin incelenmesi, bir

aminoasidin değerinin yerini aldığını göstermiştir (α-Globin için her 7 milyon yılda bir). Evrimsel açıdan iki tür birbirinden ne kadar uzaksa, α-globinleri de aminoasit sayısın ca o kadar farklıdır. Bu düzenlilik, birçok genetik farklılaşmanın çevresel koşullardan kaynaklanmadığını gösterir. İşte bu değişiklikler doğal seçilim karşısında nötrdür. Bu durumda yeni Darwin'cilerin aşama aşama mikroevrim yerine **"NOKTASAL DENGELER"** görüşü söz konusudur. Bunda türlerin uzun süre dengede olduğu; ama genetik yapıda bir farklılık ile aniden yeni türün eskisinin genini alarak bu dengeyi bozduğu görülür. Yani evrimin temeli doğal seçilimden çok, genetik değişimlerdir.

Yeni mutasyonizm'e göre daha az taraftar bulan üçüncü görüş de **"YENİ LAMARCK**'cılık"tır. Bu kuramda, türlerin evriminde rastlantının rolü yadsınır ve sonradan edinilen özelliklerin saydam geçişi gerçeğini kanıtlamaya çalışır. Zürafanın boynunun uzaması bu kuramın klasik örneğidir. Lamarck'a göre bu türün boynu uzundur, zira ataları ağaçların yüksek kısımlarındaki yaprakları yemek için boyunlarını ha bire uzatmış ve bu anatomik değişiklik, sonraki kuşaklara geçmiştir.

Yeni **LAMARCK**'cılara göre, türlerin evrimi bu model ile açıklanabilir. Yeni türler, eskilerin yeni ortam koşullarına uyarlanması ve değişken ıraların sonraki kuşaklara aktarımıyla oluşur. Böyece yeni Darwin'cilerin aksine türlerin uyumu ani ve rastlantıyla gelen bir farklılaşmanın sonucu olarak değil de, bireylerin ortama uymalarından doğan bir farklılaşmanın kuşaklara geçmesi ile açıklanır. Yeni **LAMARCK**'cılık akımının en önemli savunucuları arasında Avustralya'lı **E.J. STEELE** yer alır. **STEELE** kobayların yabancı bir doku naklinden sonra, onu sonraki kuşaklara geçirdiğini açıklamış; ama bu deney tekrarlanamamıştır. Yine **J. CAIRNS** adında Amerikalı bir biyolog sonradan edinilen ıraların bakterilerde, diğer kuşaklara aktarıldığını belirtmiş; ama bu deneyler de kuşku uyandırdığı için, kesin bir yargıya varılamamıştır.

2. EVRİM TEORİSİ (=Kuramı)

2.1. TÜR KAVRAMI

Günümüzdeki canlılar, vücut yapıları bakımından basamaklı bir benzerlik gösterir. Buna göre belli bir sisteme sokulurlar. Sistemin temel birimi *TÜR*'dür. *Birçok önemli özelliği bakımından birbirine benzeyen ve verimli döller üretebilen tüm canlıları TÜR KAVRAMI altında toplayabiliriz. Bir türün belli bir bölgede yaşayan ve birbiri ile döllenebilen bireyleri, o türün POPULASYON'unu oluşturur. Bu nedenle türü, bireylerinin birbirini kendi aralarında dölleyebildiği ve döllenme bariyer (engel)leri ile diğer populasyonlardan ayrılan bir populasyonun tamamı diye açıklayabiliriz.*

2.2. EVRİM FAKTÖRLERİ (=Etmenleri)

Bir populasyonu oluşturan bireylerin tüm genlerine onun GEN HAVUZU denir. Bu, HARDY-WEINBERG'in kalıtımın sabitliği kuramına göre aşağıdaki koşullarda değişmez:

a) Mutasyonlar görülmemelidir.

b) Bütün genotipler söz konusu çevre için aynı oranda uygundur. Bu nedenle belli genotiplerin seleksiyonu olmaz.

c) Herhangi bir çiftin çiftleşme olasılığı aynı büyüklüktedir (Belli çiftlerin avantajı veya tercihi söz konusu değildir).

d) Populasyon çok büyük olduğu için ayrı ayrı bireylerin rastlantılı ölümü veya onların iç ve dış göçle populasyona katılma veya ayrılmasının önemi yoktur.

HARDY-WEINBERG kuramının yukarıda açıklanan koşullarından olan her sapma, gen havuzunun değişmesine ve böylece küçük bir evrim adımına yol açar. Evrim aşağıdaki etmenlerle oluşur.

a) Mutasyon: Mutasyon yeni genler ve böylece yeni özellikler doğurur.

b) Seleksiyon: Seleksiyonla, avantajlı fenotipler seçilir.

c) Genetik Sürüklenme: Rastlantı etkileri özellikle küçük populasyonlarda kendini gösterir.

Mutasyon ve seleksiyonun etki yapabilmesi için aşağıdaki özellikler büyük önem taşır:

a) Rekombinasyon:

Gen havuzundaki genlerin rekombinasyonu, eşeysel üreme nedeniyle daima yeni gen kombinasyonlarına yol açar. Yani genotipler ve böylece diğer fenotipler oluşur.

b) Seperasyon:

Gen havuzunun kısmi populasyonlarının izolasyonla ayrılması ile meydana gelir. *Evrim olayı ile belli genlerin sayısı artar ve diğer bir kısmı ise yok olur.*

2.2.1. Evrimin Temeli Olarak Mutasyonlar

Eşeysel üreme, yeni gen kombinasyonlarına yol açar. *Bireylerdeki gen bileşiminin değişkenliğine GENETİK DEĞİŞKENLİK denir.* Genlerin mutasyonuyla yeni alellerin ortaya çıkışı bunu artırır. DNA replikasyonunda ortalama hata oranı $1–10^9$ replike nukleotid kadardır. Yani hata DNA'nın her bölümünde olur. Böylece her gen ve generasyon da yaklaşık 1:10 000 – 1:1 000 000 (çok hücrelilerde)'a kadar değişen mutasyon yüzdesi elde edilir. En sık olan oran da 1: 100 000'dir. 100 000 geni olan bir türde oluşan her eşey hücresinde ortalama bir mutasyon izlenir. Mutasyonlar çok sıktır, fakat fenotipe etkisi yoktur. Büyük sayıda döl üretici mutasyonlar da her zaman görülebilir. Bu bireyler daha fazla sayıda gen meydana getirir.

2.2.2. Seleksiyon

Yeni mutasyonlar sürekli oluştuğundan, populasyonun genetik değişkenliği artmalıdır. Birçok populasyonda, hayatta kalabileceklerden daha fazla sayıda döl üretilir. Bu nedenle her dölün birçok bireyi daha döllemeden ölür. Diğerlerinin de döl sayısı azdır. Böylece seleksiyon gerçekleşir. *Birçok genin sıklığı değişir ve bireyler bir sonraki dölün gen havuzuna farklı şekilde katılımda bulunur. Buna REPRODUKTİF FİTNES* (üretgen fitnes) veya kısaca *FİTNES* ya da *UYUM DEĞERİ* denir.

2.2.2.1. Seleksiyon ve Populasyon Genetiği

Fitnes (=uyum değeri), belli bir çevredeki genotipin özelliğidir. En yüksek döl sayısı olan genotipin fitnes değeri, FD = 1 diye ifade edilir. Bundan sonra diğer genotip X'in fitnes değeri, FD_X küçük olmalıdır. Bu, aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$FD_X = \frac{\text{Genotip X'in dölü}}{\text{En fazla döle sahip genotipin dölü}}$$

Populasyonda her bireyin belli bir genotipi ve bu nedenle de belli bir fitnesi vardır. Her genotipin birey sayısı ve fitnesinden, populasyonun ortalama FD 'si hesaplanabilir *Bir populasyonun ortalama fitnesinin en iyi genotipinkinden sapmasına, populasyonun GENETİK YÜKÜ denir.* Genetik yük evrimin olaylanması için şarttır. Bütün bireyler olası fitnese sahip olsalardı, genetik bir değişkenlik olmaz ve böylece de doğal bir seçilim gerçekleşmezdi. Basit bir örneğe göz atalım: Fitnesin tek (A) ve (a) allellerindeki bir gentarafından saptandığını varsayalım. Organizmalar haploid (n) olsun, yani her iki alelden yalnız birine sahip olsunlar ve bu da her generasyon da fenotipte ortaya çıksın. Ayrıca döller birbiri ile kesişmesin.

(A) aleline sahip bireyler ortalama, 1,1 döle sahipken, (a) aleli taşıyan bireyler ortalama 0,6 döle sahip olsun. (A), en iyi genotip olduğu için onun fitnesi FD_A=1' dir (a) aleli taşıyan bireylerin fitnesi aşağıdaki formülle elde edilir:

$$FD_a = \frac{0,6}{1,1} = 0,545$$

Populasyonda 100 birey (A), 100 birey de (a) aleline sahip olsun: Populasyonun ortalama fitnesi şu şekildedir:

$$FD = \frac{100 \text{ x } 1,0 + 100 \text{ x } 0,545}{200} = 0,77$$

Döl sayısı nedeniyle, gelecek generasyon (nesil) 11A ve 60a bireyinden oluşur. Populasyon 200'den 170 bireye iner. Ortalama uyum değeri (=fitnesi)

$$\overline{FD} = \frac{10 \text{ x } 1,0 + 60 \text{ x } 0,545}{170} = 0,84$$

olarak ede edilir. Burada populasyon azalmasına karşın, ortalama uyum değeri artmıştır.

Dokuz döl sonra, (a) alelli bir birey görülür. Genetik değişkenlik hemen hemen kaybolur ve ortalama uyum maksimum uyum olur. Ortalama uyum populasyonun

büyüklüğüne bağlı olmadığından avantajlıdır. Eğer diploid organizmalardan hareket edilirse, model biraz daha gerçeğe uyabilir. Model populasyonu için diğer bütün koşullar aynı kalır. (A) dominant, (a) resessiftir. (A) ve (a) p:q orantısında karşımıza çıkar. (aa) alelli bireyler fenotipik olarak aynı olan (AA) ve (Aa)'ya göre daha düşük uyuma sahiptir. Yani seleksiyon (aa) alelli bireylere yöneliktir. Bunların ürettikleri döl, daha azdır. Bu gerçeği göz önüne alarak, genişletilmiş bir HARDY-WEINBERG formülü ile sonraki generasyondaki farklı genotiplerin sıklığı hesaplanabilir.

Eğer bir genotip için fitnes, yani FD, bilinirse, p:q oranı için populasyonun ortalama fitnesi FD hesaplanabilir. Yüksek uyum değerine sahip bireyler, diğerlerine göre daha fazla döl ürettiklerinden, populasyonun bileşimi ilk verilen örnekteki gibi öyle değişir ki yavaş yavaş FD'nin en yüksek noktasına ulaşılmaya çalışılır. Yani seleksiyonla gen sıklığı tekrar değişir ve (a) azalırken (A) artar. Bu olayın hızını açıklamak için aşağıdaki düşünceden hareket edelim:

Populasyonda (A) alelinin düşük bir payı ile (yani p daha düşük % ile olsun) başlanır. Her (A) baskın oluşu nedeniyle fenotipik olarak görüleceğinden yüksek oranda döl oluşturur. Eğer (a) aleli gen havuzunda az miktarda ise bunun saf kalıtsal olarak görülme olasılığı da azalır. Yalnız bu durumda seleksiyon etkin olacağından alel (a), seleksiyona da daha az uğrayacaktır. *Yani avantajlı baskın bir alel hızla populasyona hakim olur; ama dezavantajlı çekinik aleli populasyondan tamamen uzaklaştıramaz.*

Eğer çekinik alel avantajlı (aa'nın FD=1 ise) ve önceleri az miktarda varsa, (aa) fenotipi de seyrektir. Populasyonun bileşimini değiştiren hız, başlangıçta çok azdır. Bu (a)'nın populasyondaki oranının artışı ile yükselir. Dezavantajlı (A) fenotipik olarak dikkati çekeceğinden, daima seleksiyona açıktır. Bu nedenle (a), (A)'ya karşı koymaya çalışacaktır; yani (A) taşıyıcısı olanların soyu tükenecektir.

Genetikte *HETEROSİS* denen heterozigotlar (Aa'nın FD =1) tercih edilirse, ne (a), ne de (A) dezavantajlı olsalar bile kaybolmaz.

Şimdi uyumu etkileyen (A/a) ve (B/b) alelli iki geni, model populasyonda ele alalım. Bu durumda 9 farklı genotip vardır. Bunlar populasyonda farklı sıklıkta izlenebilir. (A) ve (a) alel sıklığı p ve q, (B) ve (b)'ninki ise r ve s olsun. HARDY-WEINBERG formülü ile p:q ve r:s'nin ayrı ayrı genotip oranları hesaplanabilir. Eğer tektek genotiplerin FD'si bilinirse, ortalama FD populasyondaki olası gen sıklığı için, (1) nolu formülle hesap edilebilir. Ortalama uyum değerleri (FD) bir örnek için (A/a) ve (B/b)'nin sıklığına bağımlı olarak verilmektedir.

Doğal bir populasyonda hiçbir zaman iki adet gen değişmez, çok sayıda gen değişir. Bu nedenle populasyonun durumunu grafik ile ifade etmek zor olur. Eğer uyum değeri (FD) çeşitli aleli çok sayıda gene bağlı ise populasyonun başlangıçtaki genetik bileşimine bağımlılık vardır.

Örnekler de göstermektedir ki, yeni mutasyonlar görülmese dahi, seleksiyon sadece genlerin populasyonda yeni kombinasyonu ile gen havuzunu değiştirebilir.

2.2.2.2. Seleksiyon Faktörleri

Farklı genotiplerin üreme oranı veya hayatta kalma olasılığını değişik bir biçimde etkileyen çevre etmenlerine SELEKSİYON FAKTÖRLERİ denir.

a) Abiyotik Seleksiyon Etmenleri

Bunlar kuraklık, rutubet, sıcaklık, soğukluk, suyun tuz oranı, toprağın besin madde içeriği ve ışık eksikliğidir.

b) Biyotik Seleksiyon Etmenleri

Bunlar yırtıcı, parazit veya besin, eş veya yaşam alanı bakımından rekabet eden türdaşlardır.

Çevrenin seleksiyon faktörleri ile bir populasyonu etkileyen etmene SELEKSİYON BASKISI denir. Ortaya çıkan dezavantajlı mutasyonlar sonraki döllerde seleksiyonla giderilebilir. Böylece döl uygun özellikler kazanır ve gen havuzunu dengeler. Buna *DENGELİ SELEKSİYON* denir *(Şekil 423.1)*. Ama seleksiyon genlerin sıklığı ve böylece populasyonda söz konusu özelliği de değiştirir ve populasyonun ortalama uyumu tamamen artar. Buna *AKTARIMLI SELEKSİYON* denir*(Şekil 423.1-b)*. Parazit, hastalık yapıcı veya yırtıcıların etkisi ile en yoğun olan formlar bile azalır ve sonuçta populasyona ekstrem özellikli formlar hakim olur. Böylece populasyon ayrılır, buna *AYIRIMCI SELEKSİYON* denir *(Şekil 423.1)*.

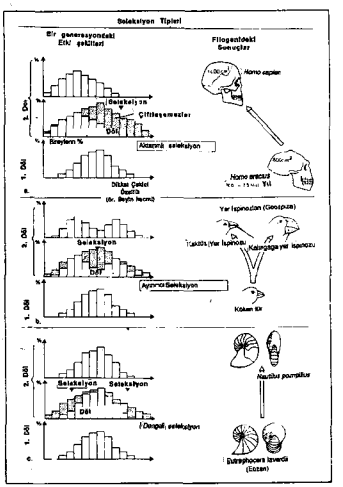
Şimdiye kadarki formlara karşı, taşıyıcısına yüksek uyum kazandıran bir mutasyon görülürse, bu değer maksimum uyumdur, yani FD_{max}'dur. Böylece seleksiyonun yapısı değişir.

2.2.2.3. Preadaptasyon (=Önuyum)

Nötral ya da önce dezavantajlı gen veya gen kombinasyonları da, çevre değişiminde veya yeni bir yaşama alanına girerken avantajlı etki yapabilir. Burada yalancı bir uyum, yani yeni çevre koşullarına uyum olanağı söz konusudur. Değiştirici yaşama koşulları bakımından bir türün bireylerinin genetik eşitliğinin tam oluşu, o türün devamı için sadece dezavantajlı olacaktır.

Karın sürekli olarak yerden kalkmadığı bölgelerde beyaz mutantların avantajı vardır. Onlar burada koyu renklilere göre daha fazla tutunur. Örneğin kartavuğu ve buzayısı türleri beyaz mutantlardan oluşmuştur. Önuyumlar, birçok gen için heterozigot olabilen diploid canlılarda mümkündür. Dezavantajlı ve önemsiz olan resessif aleller heterozigot alel çiftinde seleksiyona uğramayıp birçok döle aktarılır. Çevre değişirse, böyle aleller yeniden avantajlı olur ve homozigot taşıyıcılarına fayda sağlar.

Preadaptif uyum, yeni yapıların evrimle



Şekil 423.1: Seleksiyon etkisi çevre etkilerinin seçilimi fenotipi etkiler a) Seleksiyon belli ve mutasyon yüzünden sapma gösteren fenotipleri elverişli hale getirir (aktarımlı seleksiyon); b) Populasyonda çeşitli nedenlerle parazit, yırtıcı vs. büyük azalma olur (ayırımcı seleksiyon) c) Çev resine uyumlu populasyon (dengeli seleksiyon) (Kuhn ve Probst'dan).

gelişimini sağlayan yapı planının özellikleridir. Dört ayaklılığın oluşumu için yüzgeçler preadaptiftir. Preadaptasyon, suyu arada bir kuruyan sucul alanlarda avantajlıdır. Böylece hayvanlar karaya veya diğer sulara geçerken ya da kurak dönemlerde, çift olan göğüs ve karın yüzgeçlerini dayanak gibi kullanarak hareket eder. Bu nedenle bazı yüzgeçliler kısa bir süre için karayı işgal edebilmişlerdir. Böylece rekabet olmayan bir yaşama alanına ulaşmışlardır.

2.2.2.4. Seleksiyonun Etkisi

Seleksiyon bireyin tamamında, yani fenotipinde etkili olup, genotipinde etki yapmaz. Fenotipik olarak beliren genler seleksiyonu etkiler. Eğer özellikler çok sayıda genle belirlenirse, bütün genler seçilime uğrar. Bu nedenle bir organın evriminde (örneğin omurgalı gözü), kısımların (ağsı tabaka, mercek, kornea) işlev ve yapısını saptayan bir çok genin birlikte seçilim değeri vardır.

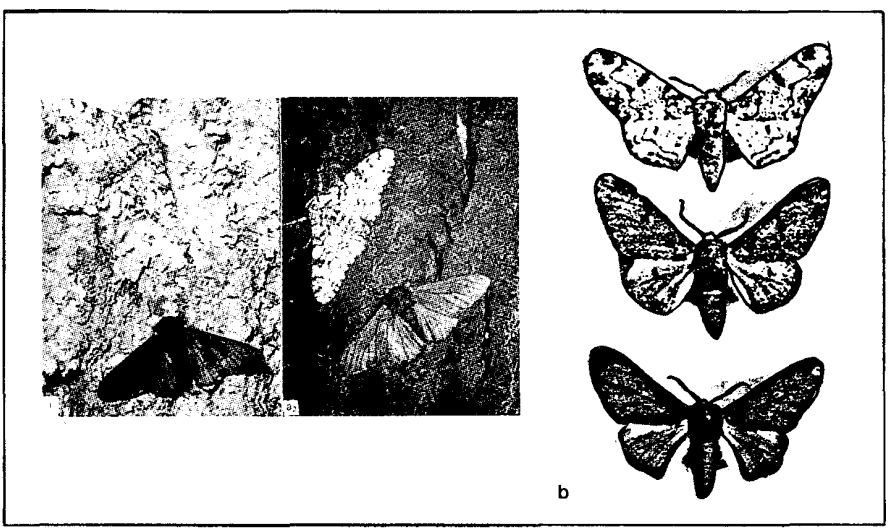
2.2.2.5. Seleksiyon Etkisi İçin Örnekler

Seleksiyonun doğrudan doğruya izleneceği birçok örnek vardır.

Bakterilere karşı antibiyotiklerin kullanımı, kısa sürede dirençli suşların oluşmasına yol açar. Çünkü mevcut olan preadaptif dirençli mutantlar kitle halinde çoğalır. Dirençli formların süratli seçilimi yeni ve daha etkili antibiyotiklerin üretilmesine neden olur. Dirençli formların yetiştirilmesine özgü gözlemler, zararlılara karşı insektisitlerin kullanımında da yapılmıştır.

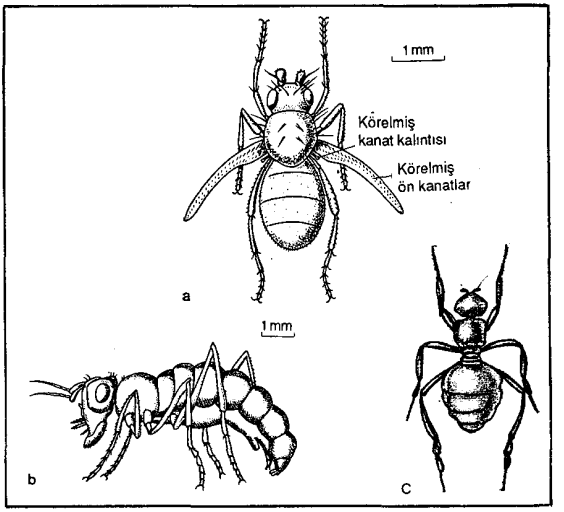
a) Gizlenme

Birçok kelebek türünün koyu renkli mutantları endüstri bölgelerinde yaygındır (Endüstri melanizmi). Bu rengi koyu kahverenkli *melanin* yapar. **Biston betularia** adlı kelebek türü huş ağacının açık ve likenli gövdesi üzerinde saklanır *(Şekil 424.1)*. Kuşlar onu göremez. Bu yüzden onlara yem olmaktan kurtulur. Koyu



Şekil 424.1: Huş kelebeğinde (*Biston betularia*) doğal seçilim. Likenli bir ağaç gövdesine konmuş açık (*forma typica*) ve koyu (*forma carbonaria*) renkli kelebekler. (a_1) likenli gövdede; (a_2) çıplak ve koyu gövdede; b. Üç farklı tipi (Czihak'dan).

renkli ırkı, beyaz renkli huş ağacı gövdesinde kolayca görülmüş ve kuşlar tarafından rahatça avlanmıştır *(dengeleyici seleksiyon).* Endüstriyel gelişme sonucu oluşan kirlilikle koyulaşan huş gövdesinde bu sefer açık renkli olan kelebekler kuşların dikkatini çekmiş ve onların rahatça yemi olmuştur. Bu yüzden İngiltere, Almanya ve Amerika'daki açık renkli esas formları birkaç on yıl sonra tamamen ortadan kalkmıştır. Yani oralarda endüstrinin yol açtığı hava kirliliği, seleksiyon koşullarını değiştirmiştir. Burada seleksiyonla sadece vücut rengini etkileyen mutasyon nedeniyle huş kelebeğinin yeni bir ırkı oluşturulur. *Mutasyon, evrim olayı için materyali sevkeder; ama ilk önce değişen seleksiyon koşulları onun gerçekleşmesine yol açar.*



Şekil 425.1: Kerguel Adasının uçma yeteneğini kaybetmiş böcekleri. a) Geniş ağız sineği, b) Tonf ve c) Tung sinekleri.

Rüzgarın etkili olduğu küçük adalarda birçok kanatsız veya kanatları körelmiş kelebek veya sinek türü vardır. Körelmiş kanatlı mutantlar burada avantajlıdır. Çünkü uçabilen böcekler genellikle denize doğru rüzgarla taşınır ve orada ölür *(Şekil 425.1).*

b) Taklit

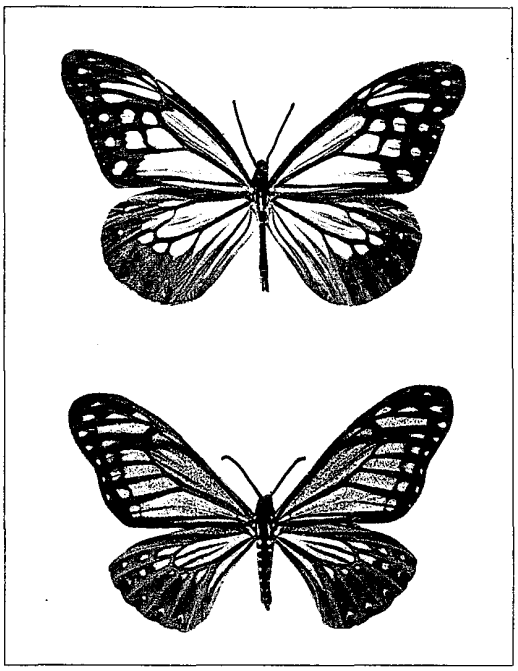
Taklit, yani MİMEZE ile gizlenme, avcıları aldatır. Çöp çekirgeleri bazı kelebek tırtılları dalcıkları andırır. Cava kelebeği oturuş durumunda da kuru bir yaprak gibidir.

c) Mimikri

Korunmanın başka bir formu da mimikridir. Burada seleksiyon baskısı düşman veya av hayvanının aldatılması yönünde etki yapar.

Hindistan'da tadlarının çok kötü oluşu nedeniyle kuşların yemekten çekindiği kelebek türleri vardır. Bunlara ait süreler içinde, tamamen benzer kelebekler yakalanmıştır. Bu kelebekler yalancı türlerdir ve kötü tadları da yoktur. Tadı kötü olan kelebeklerin şeklini alarak kendilerini doğal düşmanlarına karşı korumuş olurlar (*Şekil 426.1*).

Mimikri sadece yapı veya renkte olmaz. Aynı zamanda belli davranış şekilleri (vücudun konumu, hareket) de aldatıcı olarak hizmet görür. Mercan resiflerinde çöpçü balıkları, yabancı balıkların parazitini ayıkladığı için, bu balıklar onu kendi vücutları yakınında görmeyi isterler. Çöpçü balık gerek dış görünüş ve gerekse davranış bakımından yırtıcı bir balığı taklit eder. Yırtıcı balık ise yabancı balıkla hiçbir

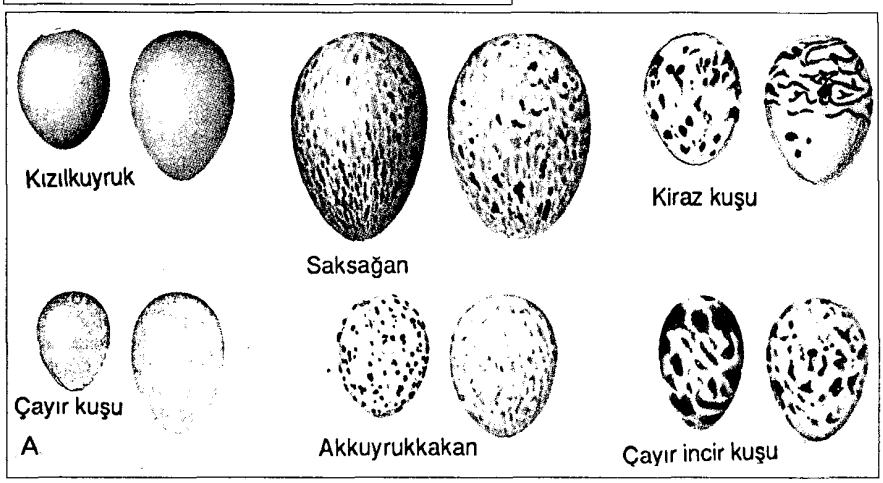


Şekil 426.1: Hindistan kelebeklerinde mimikri. Üstteki **Danaus tyria,** kelebek tırtılken kuşlar için zehirli olan besin alır ve onu depolar. Bu madde hem tırtılı hem de kelebeği korur. Altta onun taklitçisi olan **Chilasa ayestor,** zehirli değildir (Linder'den).

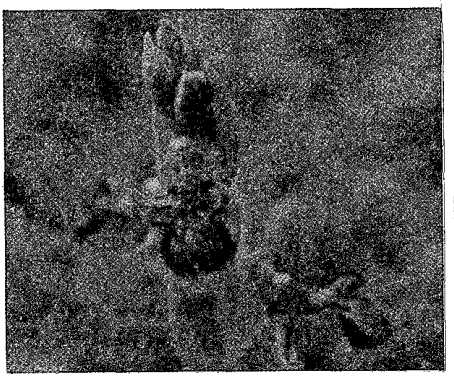
←

Şekil 426.2: Guguk yumurtalarının konukçu kuş türlerininkine uyumu (sağdaki guguk, soldaki konukçu türlerinin yumurtaları).

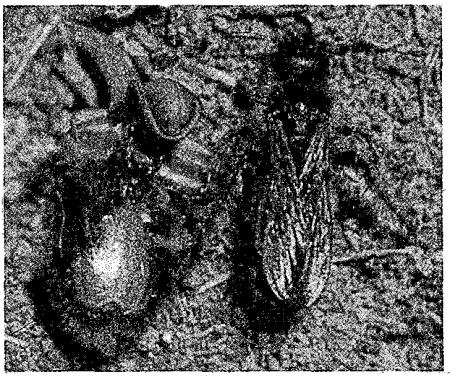
↓



şekilde beslenmemiştir; ama normalde balıklara saldırıp onları parçalar ve yer. Böyle bir mimikride besin almak için yırtıcı balığın taklit edildiği görülür. Guguk da parazit bir kuş türü olarak, kendisinden çok küçük kuş türlerinin (şimdiye kadar 200'den fazla kuş türünde saptanmıştır) yuvalarına, onların yumurta şekil, büyüklük ve rengini taklit edip, yumurtalarını koyar ve böylece yavrularını da yabancı kuş türlerine baktırır *(Şekil 426.2).*



Şekil 427.1: Orkide. Bu bitki şekil ve rengi tozlaşmayı yapana o kadar benzer ki, erkek böcek onunla çiftleş-meye teşebbüs eder ve polenleri alıp bir sonraki çiçeğe taşır.



Şekil 427.2: Tek bir çiçek. Bu çiçek dişi arıya öyle benzer ki, erkek yanılarak çiftleşmek ister. Böylece tozlaşma olur. Çiçek ve arı dişisinin benzerliği evrim sürecinde gittikçe artmaktadır.

Ophyrs türü bitkilerde çiçekler, böcek dişilerinin koku, renk ve şeklini taklit edip, o türün erkeğini uyarır. Böylece de polenlerinin başka bir çiçeğe taşınmasını ve tozlaşmayı sağlar *(Şekil 427.1 ve 427.2).*

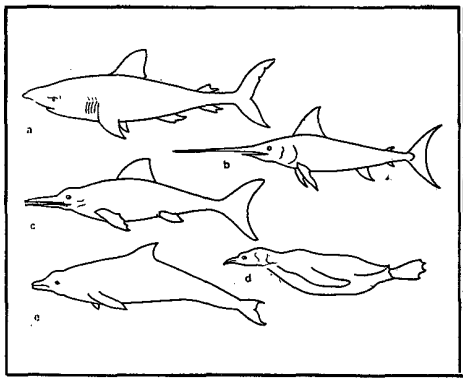
Bazı canlılarda çeşitli amaçlar sözkonusu olduğunda da hayvanın vücut rengi değişik şekil ve renklere dönüşür. **Hemichromis fasciatus** adlı hani balığı erkeğinin rengi, çeşitli davranış durumlarında değişir. Buna göre yaşama alanını koruyan erkeğin rengi ile düşmanından kaçan erkeğin rengi veya yumurta bırakan dişinin rengi farklıdır.

2.2.2.6. Ko-Evrim

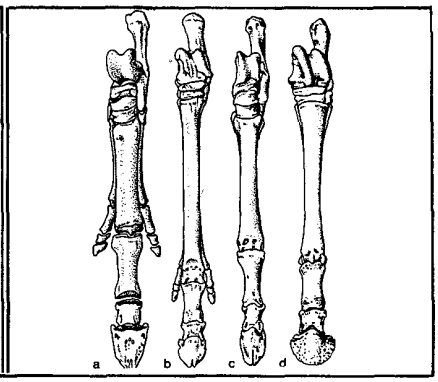
Ekosistemde bir türün her türlü evrim basamağı diğer türlere etki yapar, zira onların seleksiyon koşulları değişir. Örneğin bir bitkide acı bir madde oluşursa, onunla beslenenler diğer bitkileri aramaya koyulur ve böylece acı madde içeren bitki sayısı diğerlerinin aleyhine artar. Acı bitki ile beslenenler acı maddeye dayanıklılık kazanırsa, yeni bitkileri yemez ve acı maddelileri yer. *Bu nedenle evrim daima birbiri ile ilişkideki canlıların Ko-Evrimi'dir* (=birlikte evrim). Her evrim basamağı, diğer evrimlere yol açar. Dikkat çekici bir örnek de çiçek ve böceklerin şekil ve yapılarının birbirine uyumudur.

2.2.2.7. Konvergens

Konvergens denince, akraba olmayan organizmaların benzer yaşam biçimi yüzünden (benzer ekolojik nişler) şekillerinin benzer olması anlaşılır. Örneğin köpekbalığı, kemikli balıklar ve balinaların balık şeklinde oluşunu ve atasal toynaklılar ve atın ayak iskeletindeki tırnak sayısının konvergens gerilemesini verebiliriz (Şekil 428.1 ve 428.2). Farklı türlerdeki konvergens aynı yönlü seleksiyonla açıklanabilir. Yeryüzünün çeşitli bölgelerindeki benzer ekolojik nişler,



Şekil 428.1: Hızlı yüzücülerde mekik şekilliliğin konvergens gelişimi (Torpido şekil). a) Köpekbalığı; b) Kılıç balığı; c) Fosil sürüngen (*Ichthyosaurius*); d) Pengüen (kuş); e) Yunus (memeli) (Portmann'dan)



Şekil 428.2: Atasal toynaklıların ve atın evrim sürecinde ayak iskeletindeki tırnak sayısının konvergens olarak gerilemesi (=redüksiyonu). a) *Diadiaphorus*, miosen atasal toynaklısı; b. *Mrychippus*, miosen atasal atı; c. *Thoatherium*, Miosen atasal toynaklısı, ileri düzeyde tırnak redüksiyonu; d. *Equus*, Kuarter atı (Thenius'dan)

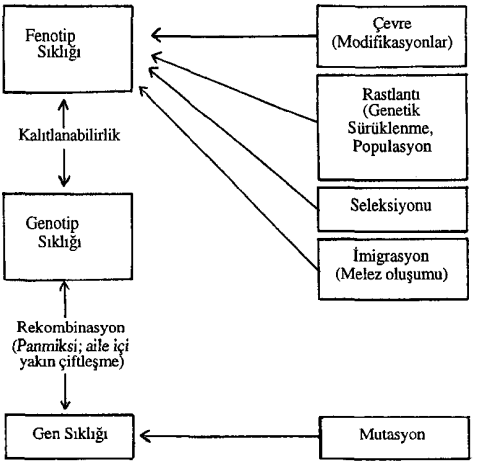
yaşama şekilleri birbirine uygun türler tarafından işgal edilir. Bu türler akrabalık veya konvergens nedeniyle uyumludur. Böylece yaşanılan bölgenin aynı değerliliği için, step hayvanları (nandu, devekuşu ve emu akraba oldukları halde kurt ve keseli kurt akraba değildir) örneği verilir.

2.2.2.8. r ve K Seleksiyonu

Seleksiyon populasyonda olaylanır. Bu nedenle bireyde değil de populasyonda tanınan uyumlar vardır. Kısa zamanda oluşan biyotoptaki bir tür süratli ve çok sayıda ürerse en azından belli bir bölümü aynı yaşama alanına yerleşebilirse başarılı olur. *Çoğalma oranı yüksek olmalıdır. Bu durum populasyonun büyümesi eşitse r-değeridir (r=çoğalma oranı). Seleksiyon r-seleksiyonu olarak etki yapar.* El değmemiş orman, mercan resifleri ve hayvan ini gibi alanların tür populasyon büyüklüğü, uzun süre sabit kalır. Bu arada birey sayısı, yaşama alanının kapasitesi ile belirlenir. Türün devamında çabuk ve güçlü çoğalmadan çok, rekabet yeteneği önemlidir. Seçilim K-seleksiyonu olarak etki yapar. *Türler ya daha çok r selekisyonu veya tercihen K seleksiyonu gösterir. Burada aynı yaşama alanındaki diğer türlerin seleksiyon oranı önemlidir, yani r ve K seleksiyonu daima diğer türlerde belirir.* K seleksiyonuna uğrayan bitki türleri uzun süre yaşar (orman ağaçları gibi).

2.2.2.9. Mutasyon ve Seleksiyonun Birlikteliği

Evrim için genetik değişkenliğin en önemli nedeni, gen havuzuna yenilikler getiren mutasyonlardır (Şekil 429.1). Bu yüzden mutasyon ve seleksiyonun birlikte etkinliğine kısaca değinmek istiyoruz. Organizmanın mutasyona uğrayabilirliği evrim sürecinde devamlı ve sürekli etkinliği olan bir kuramdır.



Şekil 429.1: Gen havuzunun değişimi ile [illegible]li önemli evrim etmenleri arasındaki ilişkileri (Jacobs'dan)

Olumsuz bir özellik seleksiyonla tamamen ortadan kalkmazsa bunun nedeni, mutasyonun her zaman yeniden oluşması ve böylece mutasyon ve seleksiyon oranı arasında bir denge meydana gelmesidir. Bu durum *trisomi 21*'de görülür.

Olumsuz özelliği belirleyen gen aynı zamanda olumlu özelliğe de etkiliyse; yani ***POLİFENİ*** varsa bu özellik korunur. Yarımay anemisi bunun için iyi bir örnektir. Yarımay alelinin homozigot taşıyıcısının yaşama şansı ağır anemi (kansızlık) nedeniyle azdır. Heterozigotlarda hastalık oksijen azlığında ortaya çıkar; ama aynı zamanda sıtmaya dirençlidir. Sıtma hastalığının yaygın olduğu bölgelerde ve sadece buralarda yarımay alellerinin avantajı vardır.

Dezavantajlı özellikler, evrim sürecinde onlarla birleşmiş olumlu özellikler ile ve özelliğin tamamı pozitif olduğu sürece korunur. Bu özelliklerin avantaj ya da dezavantajları olmayabilir. Mamutun dev dişleri ve buz çağındaki dev geyiklerin boynuzlarını örnek olarak verebiliriz. Bununla birlikte seleksiyonun etkisi nedeniyle böyle oluşumların da gelişmiş olacağı kabul edilmelidir. Büyük boynuzlu dev geyik erkeği boynuzunu kavga ve kur sırasında kullanmış olabilir. Buzul çağlarının ardından genişleyen ormanlık bölgeler büyük boynuzlu dev geyiğin yaşamını engellediği için soyu tükenmiştir.

2.2.2.10. Rastlantı Etkisi (=Genetik Sürüklenme)

Populasyon gen havuzu bileşimi, bir dölden diğerine değişebilir. *Bu ise yeni mutasyonların ortaya çıkmaması ve seleksiyonun etki etmemesi ile mümkündür.* Belli özellikler taşıyan grup salgın, fırtına, orman yangını veya diğer etmenlerle aniden ortadan kalkabilir. Bunların yerini, biraz farklı genetik yapılı bölüm alır. Bazen dezavantajlı mutantlar da rastlantı sonucu hayatta kalabilir. Belli özelliklerin rastlantı sonucu hayatta kalışı veya yokoluşu, populasyonun bileşimi bakımından önemlidir.

Gen havuzunun, değişken seleksiyonlu ve rastlantıya bağlı değişikliklerine GENETİK SÜRÜKLENME denir. 100 bireyli bir populasyonun, 25 bireyinin yani 1/4'ünün, X özelliğinin taşıyıcısı olduğunu varsayalım. 50 birey ise tesadüfen ölsün ve bunlardan 20'si X özeliğini taşısın. 50 bireylik geriye kalan populasyonda 5 birey, X özelliği taşısın. Tesadüfi ölüm böylece gen sıklığında % 15 oranında bir azalmaya neden olmuştur. Populasyon 1 000 bireylik ise ve bunun 1/4'ü, yani 250 bireyi X özelliğini taşıyorsa, 50 bireylik tesadüfi ölüm (bunların 20'si X özelliğini taşısın) % 1'den daha az bir değişikliğe yol açar. Yani gen havuzunun tesadüfi

sapmaları küçük populasyonlarda büyüklerine göre daha etkilidir. Rastlantı sonucu ırklar oluşur. Örneğin yanyana bulunan üç gölde, aynı balık türünün üç ayrı alttürü gözlenebilir. İnsanlarda da genetik sürüklenme izlenir. Afrikalı yerlilerde heterozigot yarımay alellerinin taşıyıcılarının üç komşu köydeki oranları % 6,3, % 16,9 ve %24,2 olmak üzere farklı bulunmuştur. Bu farklar ancak böyle bir rastlantı etkisi ile açıklanabilir. Bu köylerin sakinleri kendi aralarında evlenmiştir *(ENDOGAMİ).*

2.2.2.11. Genetik Rekombinasyon

Rekombinasyonlar, bireylerin genetik değişkenliğine yol açar. Bunlar yeni genotip ve böylece gen fenotipleri oluşturur. Genetik bir rekombinasyon eşeysel çoğalmada mümkündür, çünkü eşeysel çoğalma ana ve babanın kromozomlarının tesadüfi dağılımı ve mayoz bölünmede krossing-overle gerçekleşir. Eşeysiz üremede ebeveyn ve çocuklar genetik olarak aynıdır. Bu nedenle evrim için eşeysel üremenin önemi büyüktür. Diploid bir organizma, kural olarak alel genlerinin aynı olmadığı iki eşey hücresinin birleşmesinden oluşur. Ama eğer organizma yalnız bir alel çiftinde hibrit olsaydı (Aa), o 2^1=2 farklı eşey hücresi oluşturabilirdi. Eğer organizma 2 kalıtsal faktör bakımından hibrit, yani (AaBb) ise, 2^2=4 farklı eşey hücresi oluşabilirdi, eğer bu 15 kalıtsal faktör bakımından hibrit olsaydı, 2^{15}=32 768 farklı eşey hücresi oluşurdu.

Organizmalar çok fazla gene sahip olduklarından döl için bir dizi rekombinasyon olasılığı oluşur; bu nedenle aynı ebeveynin hiçbir çocuğu, diğerinin genetik yapısına tamı tamına uymaz (tek yumurta ikizleri hariç).

2.3. UYUMUN SINIRLARI

Organizmaların biyolojik yapısı öyle olmalıdır ki, hayatta kalabilsinler. Bu yüzden evrim olanaklarının sınırları vardır. Bunlar canlının yapı taşları ve yapılarının kimyasal ve fiziksel özellikleri ile şekillenir (iç seleksiyon).

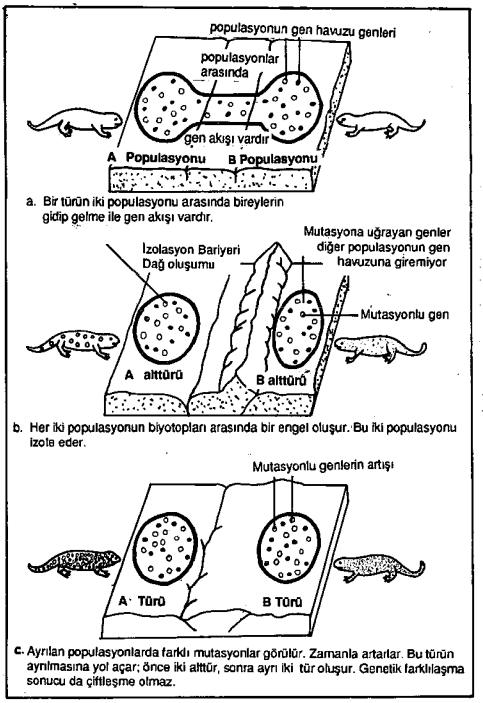
Şekil aynı kalmak üzere vücut büyütülürse, hacim üç kat arttığı halde, yüzey uzunluğun karesi kadar artar. Canlılarda birçok işlev yüzeye bağlıdır.

Böceklerde trake solunumu, hayvanın büyüklüğüne göre değişir. Örneğin, ortaboy köpek iriliğinde olan bir böceğin iç kısmı tamamen trakelerle kaplanır ve böylece diğer organlara yer kalmaz. Bu yüzden böcekler evrim süreci içinde hiç iri formlar oluşturmamıştır. Vücut büyüklüğünün sınırlandırılmış olması, maksimum beyin büyüklüğünü de sınırlar.

2.4. İZOLASYON VE TÜR OLUŞUMU

Tür populasyonları gelişimini farklı olarak sürdürebilir. Bu ise populasyonların ayrılması ve müşterek bir gen havuzu oluşturmamaları ile gerçekleşir. *Gen havuzunun ayrılmasına SEPERASYON denir.* Populasyon ayrılması yaşama alanının seperasyonu şeklinde olursa *COĞRAFİK İZOLASYON*'dan söz edilir.

Coğrafik izolasyon iklimin değişmesi ve populasyonun belli bir kısmının yaşama alanının stepleşme, bataklıklaşma veya buzullaşma ile çeşitli yönlere doğru



Şekil 431.1: İki populasyonun ayrılması ile bir türün oluşum modeli. a) İki populasyon arasında gen akışı var. b) Her iki populasyon arasına ayırıcı bir engel giriyor (coğrafik değişmeler), c) Ayrılan populasyonlardaki farklı mutasyonlar önce iki alttüre daha sonra farklı iki türe yol açar. Artık verimli döl üretimi mümkün olmaz.

sıkıştırılması ile ortaya çıkar *(Şekil 431.1)*. Ada, göl ve dağ yamacı gibi zor ulaşılır bölgeler türün az sayıdaki bireyince işgal edilerek burada yeni populasyonlar kurulursa bunlara *KURUCU BİREYLER* denir. Ayrılan populasyonlar zamanla ana populasyona göre oldukça farklı özellik gösterir. Bu durumda aşağıda verilen olasılıklar söz konusudur:

a) Kısmi her populasyon, köken populasyonunun gen havuzundan belli genleri ya çok az ya da hiç almamış olabilir.

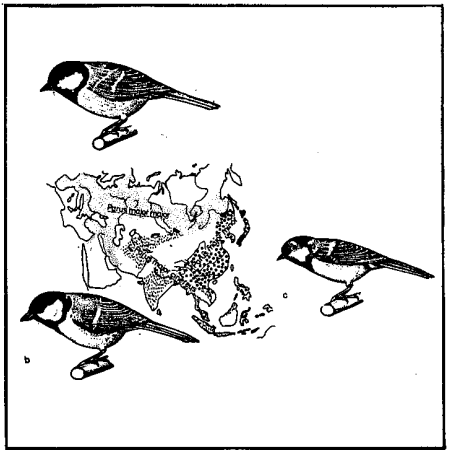
b) Ayrılan gruplarda farklı mutasyonlar ortaya çıkabilir.

c) Eşit olmayan çevre ilişkileri yüzünden seleksiyon farklı etki yapabilir.

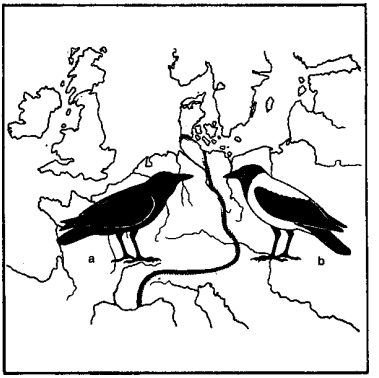
d) Farklı rastlantı etkileri görülebilir.

Gruplar arasında gen alışverişi olmadan ortaya çıkan gelişme türün ayrılmasını etkiler. Önce birbirinden az faklı formlar oluşur. Bununla birlikte her iki populasyonun bireyleri çiftleşip verimli döl yapabilir. Bu farklı formlara bir türün *ırk* veya *ALTTÜR*'ü denir. Irk ya da alttürler bir türün gen içeriği bakımınan farklı olan populasyonlarıdır. Eğer özellikle farkları zamanla artarsa öyle bir an gelir ki, populasyonlar arasında üreme engelleri oluşur ve çiftleşme imkanı ortadan kalkar. Böylece gen havuzu nihai olarak özelleşir ve iki yeni tür meydana gelir. Bunlar daha sonra ekolojik nişleri farklı olmak koşulu ile tekrar aynı bölgeyi işgal edebilir.

Buzul çağı sonucu olarak karga Batı Avrupa'da kara karga, Doğu Avrupa'da ise sis kargasına gelişmiştir. Her ikisi de bazen bir türün alttürü, yani leş kargası olarak kabul edilir (Şekil 432.1). Buzul çekilmesinden sonra güneybatı ve güneydoğunun boşalan bölgeleri tekrar işgal edildi. Elbe bölgesinde bu iki karga türünün yayılış bölgeleri kesişir ve burada bunlar hibrid oluşturur. Büyük baştankaranın Avrupa-Sibirya, Güney Asya ve Çin alttürü vardır. Bunların kesişme bölgelerinde bastard (=melez)lar oluşur *(Şekil 432.1)*.



Şekil 432.1: Büyük baştankaranın (Parus major) çeşitli alttürlerinin renk farkları. a) Avrupa-grubu, üst kısım yeşil, karın sarı; b) Güney Asya-grubu, üst kısım gri, karın beyaz; c) Doğu asya-grubu, üst kısım yeşil, karın beyaz, (a) ve (b)'den daha küçüktür (Kühn ve Rensch'den).



Şekil 432.2: Avrupa'daki karga alttürlerinin coğrafik yayılışı. a. *Corvus corone corone.* b. *Corvus corone cornix* (kalın çizgi melezleşme zonu) (Frieding'den).

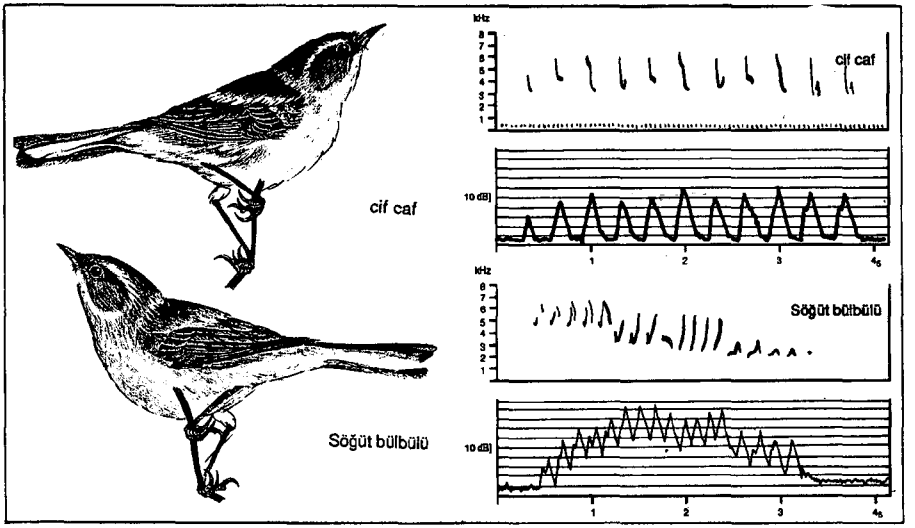
Sadece Çin'deki alttürün, Avrupa-Sibirya alttürü ile kesiştiği görüldüğü halde, Doğu Asya'da Amur bölgesindeki alttürle bir melezin oluşturulamadığı izlenir. Bu bölgedeki alttürler, ayrı iki tür gibi davranır. Alttürden türe geçiş öyle akıcı bir şekilde olmaktadır ki, bu geçiş ancak küçük mutasyon basamakları üzerinden ve yavaş bir evrim sürecinde gerçekleşebilir. Bu örnekten hareket edilirse, yeşil ağaçkakan **(Picus viridis)** ve gri ağaçkakan **(Picus canus)** ya da bülbül **(Luscinia megarhynchos)**le alacagöğüs **(Luscinia luscinia)** arasındaki ayrılma, daha da ileri düzeye ulaşır. Burada birbirleri ile çiftleşip verimli döl üretme yeteneğinde olmayan İKİZ TÜR'ler sözkonusudur (*Şekil 433.1*)

2.4.1. Üreme Biyolojisi Bakımından İzolasyon Mekanizmaları

Bu ayrılma mekanizmaları, canlı grupların davranış şekilleri ve farkları ile ilişkilidir. Bunlar, örneğin memeli ve kuşların kur ve çiftleşme davranışlarının değişmesi, ya da böceklerdeki gibi çiftleşme dönemlerinde mutasyona bağlı olarak değişik ses çıkarıp, farklı koku sinyalleri üretmelerinin sonucunda görülür. Dış görünüşleri birbirine benzer olan kuş türlerinden cif caf (**Phylloscopus collybita**) ve söğüt bülbülü (**Phylloscopus trochilus**)nün ses spektrumları farklıdır. Bu farklı oluş, adı geçen benzer iki türün bireylerinin birbirlerini bulmalarına yardımcı olur (*Şekil 433.1*). Bu özellikleri ile de bu iki türü ayırmak mümkündür.

Birbirine benzeyen canlıların döllenme zamanlarının farklı oluşu da, izolasyon etkinliğini artırır.

Kırmızı ve siyah üvezin çiçek açma zamanının farklı oluşunu, buna örnek verebiliriz. Oysa bu iki bitki türü aynı zamanda çiçek açmış olsaydı, ikisi arasında normal bir döllenme kaçınılmaz olurdu. Zira bu iki türün gen havuzunun ayrılması henüz tamamlanmamıştır.



Şekil 433.1: Cif caf ve söğüt bülbülü. Dış görünüş olarak hiç ayırt edilmez; ama ikisinin de ötüş strofları (=nağme) farklıdır. Böylece bu ikiz tür, sesleri ile izole olmuştur; zaten verimli döl üretemezler.

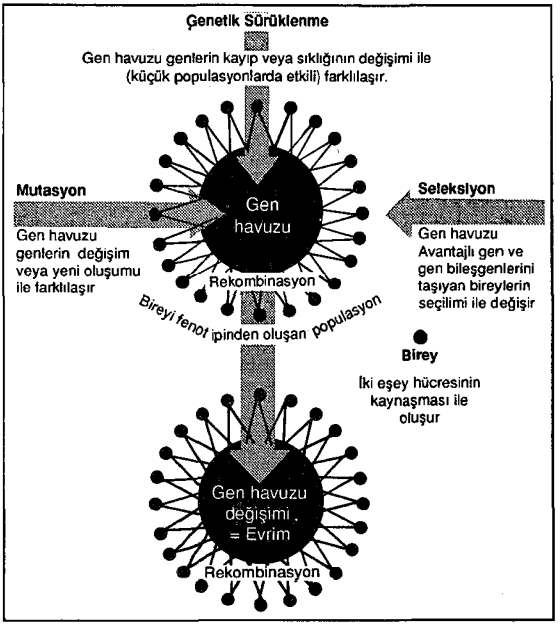
Benzer bir durum, eşeysel olgunluğa değişik zamanlarda ulaşan, göl ve su kurbağalarında da izlenir.

2.4.2. Ekolojik İzolasyon Mekanizmaları

Bunlar, aynı yaşama alanında farklı nişlerin oluşması ile ortaya çıkar. Bir populasyonda yeni bir ekolojik nişi işgal edebilen mutasyonlar görülürse, türiçi rekabeti kısmen azaltır. Bunlar değişen seleksiyon koşulları altında, kendi ekolojik nişlerinde, bibirinden ayrı olarak gelişimlerini sürdürür. Böyle bir durum yonca kelebeğinde görülür. Normal sarı kanatlı kelebek formları besinlerini öğlen vakti aradığı halde onların beyaz kanatlı mutantları sıcaklığın düşük olduğu sabahın erken akşamın geç saatlerinde aktiftir. Bu beyaz mutantlar dağlık bölgelerde yaşayabilir. Böylece seleksiyonun etkisi değişir. Sonunda da iki form arasında üreme bariyeri oluşabilir. Benzer bir durum da, bir gölün aniden kara haline gelmesinde izlenebilir. Uzun zamandan beri var olan tatlısu göllerinde, buna benzer niş oluşturma olayları cereyan eder. Burada çok sayıda akraba balık türü görülür. Bunlar sadece bu göllerde yaşar (Doğu Afrika göllerinden Viktoria'da 70, Tanganika'da 110 farklı hani balığı türü, Güney Amerika'da Titicaca gölünde 20 sazan balığı türü).

2.4.3. Genetik İzolasyon Mekanizmaları

Bunlar özellikle bitkilerde yaygın olarak izlenen POLİPLOİDİ'lerde görülür. Poliploidler sadece kendi aralarında döl verir; fakat diploid ana formları ile verimli döl üretmez ve ana formlarla gen alışverişi yapamaz. Birçok bitki cinsi poliploid türe sahiptir, örneğin gül, kirizantem, dalya çiçeği, buğday, pamuk ve tütün gibi poliploidi ile tür oluşumu, ayrı ayrı bireylere ait olup populasyonlara yönelik değildir.



Şekil 434.1: Evrim faktörlerinin birlikte etkileri. Populasyondaki çiftleşme olasılıklarının çokluğu genlerin sürekli yeni rekombinasyonlarına ve böylece farklı genotiplere yol açar.

Genetik izolasyonda gen havuzunun özelleşmesi, formların gelişim farklılığına neden olur. Daha önce açıklanan durumlardaki gibi, havuzun tamamen özelleşmesi ise ancak populasyonların izolasyonu sonucu olmuştur *(Şekil 434.1).*

2.4.4. Postzigotik İzolasyon Mekanizmaları

Şimdiye kadar açıklanan izolasyon mekanizmalarında olası bir çaprazlanma engellenir. Bu arada döllenmenin gerçekleştiği durumlar da vardır. Bunlarda zigot oluşur ve bir hibrit meydana getirilir. Bunlar katırda olduğu gibi ya üretken değildir veya çok fazla yaşamaz. Bu durumda postzigotlar; yani zigotun oluşumundan sonra etkili olan izolasyon mekanizmaları söz konusudur.

2.4.5. Intraspesifik (=Türiçi) ve Transspesifik (=Türlerüstü) Evrim

Açıklanan evrim faktörlerinin ikisi yeni ırk, alttür veya oluşumuna yol açar. Yeni bir türün oluşumuna neden olan olaylara *INTRASPESİFİK (=TÜRİÇİ) EVRİM* denir. Eğer evrim yeni türlerin dışına çıkıp yeni cins, familya ve takımları oluşturursa *TRANSSPESİFİK (=TÜRLERÜSTÜ) EVRİM* söz konusudur. Her iki evrim olayı arasındaki sınır akıcıdır, zira yeni bir cins sadece yeni bir türün ortaya çıkışı ile görülür ve her yeni organizma grubu da yeni bir türden oluşabilir. Yani transspesifik evrimde başka, intraspesifik evrimde başka etmenlerin etkili olduğuna ait hiç bir neden yoktur.

Tür oluşumu evrim sürecinde iki yolla gerçekleşir:

a) Bir türün özellikleri dölde o kadar kuvvetli değişir ki, sonuçta yeni bir tür oluşur. Böyle bir tür değişiminde *AYRILMAZ EVRİM* söz konusu olup, türlerin sayısı böylece çoğalmaz. Anatür, yeni türe dönüşür.

b) *AYRILAN EVRİM*'de ise, bir populasyonun ayrılması ile yeni türler oluşur. Bunun için izolasyon mekanizmalarının etkin olması gerekir. Ayrılan evrim, türleri sayılarını artırır *(Şekil 431.1).*

İzolasyonla çeşitlilik oluşur; ama bu hiçbir şekilde daha iyi bir uyum demek değildir. Bunu adalara göçle veya taşınarak gelen yabancı türlerin genelde adadakilerle rekabet edemeyip ortadan kalkmasında izleyebiliriz.

2.5. SOSYOBİYOLOJİ

Paviyan maymunlarında türü erişkin bir birey, diğerlerini düşmana karşı uyarır ve böylece sürünün yaşamını devam ettirmesini sağlar. Grubun hayatta kalmasını mümkün kılan bu davranışın bir **seleksiyon avantajı** vardır. Grubu düşmana karşı ikaz eden bireyin bu davranış şeklini sağlayan genler, yeterli miktarda döle aktarılmıştır. Böylece gruba yarayan bu davranış şekli sürdürülür. Bunun için gerekli olan koşulları, populasyonun biyolojik davranışı yardımı ile açıklayabiliriz. Çocukların genleri ebeveyn genlerinin yarısı kadarı ile müşterektir. Çocuklarına karşı kendisinin yararlanamadığı bir davranış, ana babadan herhangi birinin ölümüne neden oluyorsa ve buna bağlı olarak, populasyonda ortalama ikiden fazla çocuk hayatta kalıyorsa, kendi yararına olmayan nedenden ötürü ana veya babanın ölmesi seleksiyon için bir avantajdır. Kuzenlerde genlerin 1/4'ü müşterektir. Bu durumda ortalama olarak dört kuzenden daha fazlası yaşamalıdır ki, bir seleksiyon avantajı görülebilsin. Akrabalığa yararlı ve populasyon biyolojisi kurallarına uyan her davranış, evrimde sırf kendi yararına olan davranışa karşı koyabilir. Bu hususta en detaylı incelenen hayvan grubu sosyal arılardır. Bunlarda erkekler hoploid, dişiler (kraliçe ve dişi işçi arılar) diploiddir. Bir çiftin dişi dölleri, ortalama olarak genlerin 3/4'ü kadarına müştereken sahiptir. Bu nedenle davranışın seleksiyon avantajı vardır ve dişi kendisi döl üreteceği yerde kendi annesini destekler ve böylece çok sayıda kardeş oluşmasana katkıda bulunur. Eğer dişi bireyin kendisi yavru elde etseydi, çocuklarının genleri ancak kendisininki ile yarı yarıya müşterek olurdu.

Canlı grubuna hizmete yönelik bir davranış biçimi tamamen doğuştan itibaren olmaz. Buna sonradan öğrenilen davranışı da katabliriz. Grubun hizmetine yönelik davranış şekillerinin incelenmesi, onun biyolojik işlevi ve evrimsel nedeni **SOSYOBİYOLOJİ**'nin konusudur.

2.6. GEN BİLEŞİMİNİN UYUMU(=Harmonisi)

Fenotipin birçok özelliği çok sayıda gen ile belirlenir. Bu yüzden genlerin harmonik (=uyumlu) olarak birlikte çalışması gerekir. Her gen, uygun zamanda ve doğru miktarda oluşturulmalıdır. Zira seleksiyon fenotipde başlar ve birbirine uyan gen grupları müştereken korunur. Burada gen müştereklığinden, yani GENETİK BİRLİKTELİK'ten söz edilir. Bir gen birlikteliği karışık yapılı ve amaca uyan organların oluşumu için önemlidir. Örnek olarak gözün evrimini verebiliriz. En ilkel hayvan gruplarındaki düz gözden, çanak, çukur ve mercek göze gelişim olur. Gözün özelliğini belirleyen genler, hangi kromozomlarda bulunurlarsa bulunsunlar, genetik birliktelik nedeni ile bir aradadır. Bu durum gözdeki optik merkezin işlev ve yapısına, beyinde katılan genler için de geçerlidir.

Zürafanın boyun omuru sayısının 7 olmasının nedeni de genetik birikimdir. Normal olarak zürafanın boyun omur sayısının fazla olması, onun lehine bir durum arz eder. Halbuki omur sayısı 7'de kalmıştır. Bu durum omur sayısından sorumlu genlerin değişmesinden kaynaklanır. Genetik aşınma nedeniyle evrim içinde birçok tür ortadan kalkmıştır. Bunlar, çevrenin yeni gereksinimlerini karşılamayarak yok olmuşlardır.

2.7. EVRIMDE ÖNEMLİ BİR OLAY: GENLERİN YENİ OLUŞUMU

Çeşitli enzimlerin aminoasit dizinlerinin karşılaştırılmasında, rastlantı olmayan benzerlikler saptandı. Memelilerde tiripsin ve kemotiripsin enzimlerinde yaklaşık aminoasit pozisyonlarının %40'ı birbiri ile uyumludur. Buradan da, bağırsaklarda sindirim esnasında protein yıkımında farklı işlevi olan bu iki enzimin, müşterek bir atasal enzimden oluştuğu sonucu çıkar. Bu atasal enzimde bir gen varken, bugün her iki enzim için iki genin olduğu bilinir. Burada DNA evriminde müşterek atasal genin iki misline çıktığı sonucu çıkar. Bu ise eşit olmayan krossing over veya bir DNA bölümünün değişmesi ile gerçekleşir. Bunu izleyen mutasyonlar, önce eşdeğer olan iki gene bağımlı olmadan meydana çıkar, böylece farklı iki gen oluşur. Bunların proteinlerinin yapı ve işlevleri aynı değildir.

Aynı şekilde diğer genler de iki katına çıkabilir veya zamanla tekrar ortaya çıkan duplikasyonlar çok daha artar. Böylece bir genden, bir grup gen (multigen ailesi) oluşur. Her gende başka mutasyonlar görüldüğünden, genler yavaş yavaş birbirinden ayrılır. Kromozom mutasyonları ile bunlar farklı kromozomlara dağılır. Bu genlerin çoğu inaktiftir. İnsanın ve birçok memeli hayvanın genomunda belli yapısal genlere benzeyen ve muhtemelen bunlardan kökenlenen çok sayıda inaktif gen kanıtlanmıştır. İnaktif ya da *YALANCI (PSEUDO) GENLER* gelecek evrim için bir gen rezervidir.

Gen sayısındaki artışa bağlı olarak proteinlerin evrimi için hemoglobin ve miyoglobin örneği verilebilir. Omurgalı hayvan gelişiminin başlangıcında miyoglobinin atasal geninin iki katına çıktığını varsayalım. İkinci gen ilkinden bağımsız olarak tesadüfi mutasyonlarla değişmiştir. Bu da aminoasit alışverişi için onların kodladığı polipeptid zincirlerine sevkeder. Böylece hemoglobinin alfa polipeptid zinciri oluşur. İlkel yuvarlak ağızlıların hemoglobini sadece bu alfa zincirinden oluşur. Daha sonraki gen çiftleşmesi ve onu izleyen her iki gendeki farklı nokta mutasyonları ile ilaveten hemoglobinin beta zinciri meydana getirilir. Bu olay devam ederek yalancı gen içeren multigen ailesinin oluşumuna yol açar. Çok sayıda polipeptid zincirinden oluşan hemoglobin bileşimi, oksijen yüklenmesinin düzenlenebilir olması nedeniyle avantajlıdır.

3. EVRİMİN KANITLARI VE ARAŞTIRILMASI

Evrim kuramı prensipleri, genetik çeşitlilik, üremenin fazla oluşu ve bunun sonucu olarak rekabet baskısının artması gibi konulardan çıkarılabilir. Evrimsel ilişkilerin tanınıp belirlenebilmesinde, biyolojinin hangi sonuçlarının değerlendirilebileceği sorusunun da önemi büyüktür. Bununla ilgili olarak HOMOLOJİ kavramının irdelenmesi gerekir. *Homoloji birbirine uyan genlere dayanır. O halde biyolojinin tüm dallarında homoloji araştırılmalıdır.* Böylece evrimle ilgili önemli neden-sonuç ilişkisini aktarmak mümkün olabilir. Buradan hareket edilerek de akrabalığın evrimsel açıdan tesbiti yapılabilir.

3.1. GÜNÜMÜZ CANLILARININ YAPISINDAKİ HOMOLOJİLER (=KÖKENDEŞLİKLER)

Günümüzde yaşayan canlılar aynı yapı ve kimyasal maddelere sahip hücrelerden oluşur. Bunlar canlı sistemin açıklanmasında vücut yapısının basamaklı bir benzerliğini ifade eder. Onların temel birimi TÜR'dür.

Birbirine benzeyen ev ve yaban kedisi aynı cinse, yani kedi (= Felis) cinsine aittir. Bunlar aslan, kaplan, vaşak ve leopar adlı türlerle beraber kedigiller familyasını oluşturur. Bu da ayı, sansar ve köpek benzeri familyalarla birlikte etciller, yani yırtıcı hayvanlar takımını meydana getirir. Bunlar da kemirgenler, hortumlu ve toynaklı hayvanlarla birlikte plasentalılar alt sınıfında yer alır. Bu da memeli ve toynaklı hayvanlarla beraber MEMELİ HAYVANLAR sınıfını oluşturur. Bu sınıf da omurgalı hayvanlar şubesine aittir. Bu şube omurgasızlarla birlikte "HAYVANLAR ALEMİ"ni oluşturur.

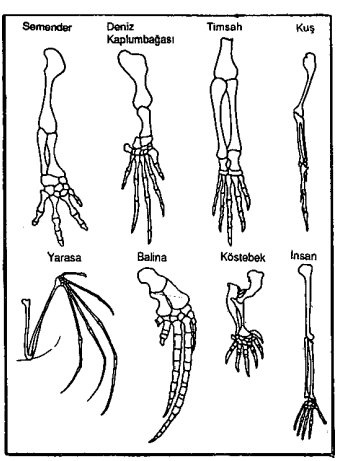
Yukarıda adı geçen gruplardaki benzer özelliklerin sayısı basamaktan basamağa azalır. Organizmaların basamaklarına bağlı olan benzerlikleri, onların birbirleri ile olan doğal akrabalıklarının varlığı ile açıklanabilir. Komşu iki sistematik grubun özelliklerini belirleyici formların var olması, bu varsayımı destekler.

3.1.1 Günümüzdeki Köprü Hayvan Türleri

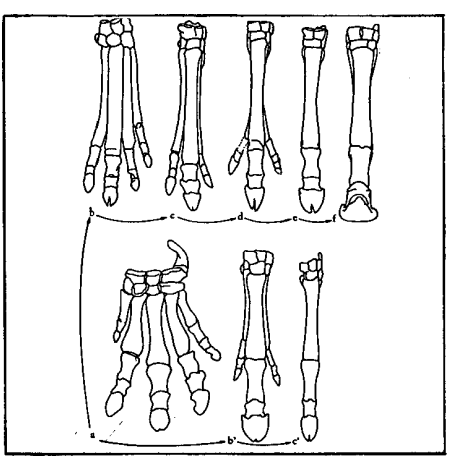
Avustralya faunasında yaşayan gagalı hayvan, vücut sıcaklığının değişken oluşu ile sürüngen, vücudundaki kıl ve süt bezleri nedeni ile de memeli özelliklerine sahiptir. Amfiyoksüs, vücut yapısı ve tek tabakalı epidermis taşıması nedeniyle omurgasız, korda ve onun üzerinde sinir borusuna sahip olması; kan dolaşımının kapalı ve solungaç yarığı taşıması yüzünden de omurgalı hayvan olarak kabul edilir. Peripatus ise hem toprak solucanı hem de eklembacaklı hayvan özelliklerine sahiptir. Bu şekilde iki grup özelliği taşıyan canlılara, **geçiş ya da köprü hayvanları** denir.

3.1.2. Organların Homolojisi

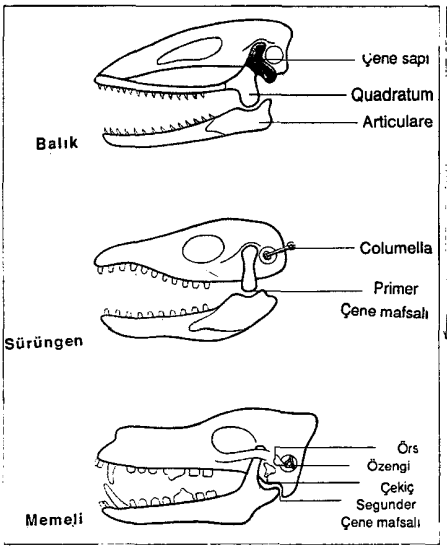
Organ ve organ sistemlerinin homojik (=kökendeşlik) özelliklerini birçok durumda açıklamak mümkündür. Bunun için omurgalı hayvanların ön üyeleri iyi bir örnektir (bkz. *Şekil 437.1 ve 437.2*).



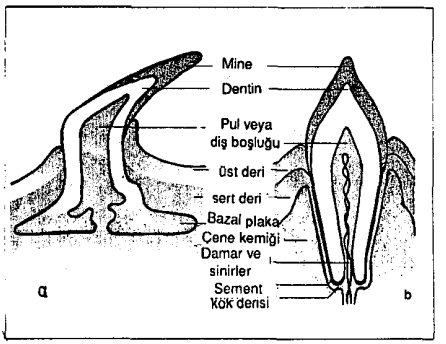
Şekil 437.1: Dörtayaklıların *(Tetrapoda)* ön uzuvlarına ait homolog özellikler (Plate'ye göre)



Şekil 437.2: Koşu ayağına uyum anlamında, at uzuvlarının filogenetik değişimleri (a= Phenacodus; b= Eohippus; c= Miohippus; d= Parahippus; e= Pliohippus, bu türlerin nesli tükenmiştir; f= Equus günümüzdeki at türü); b'= Diadiaphorus; c'= Thoatherium, bunlar da tükenmiştir (Ramane ve ark.'dan)



Şekil 438.1: Memelilerin çene mafsal kemiklerinin işitme kemiklerine dönüşümü homolog kemiklerin işlev değişimine örnektir (Linder'den).



Şekil 438.2: a) Köpekbalığı pulu. b) İnsanın kesici dişi (diş ve pulun tek tek kısım, konum ve yapısı birbiri ile uyum halindedir).

Ayrıca omurgalı hayvanların dolaşım sistemleri, akciğer ve merkezi sinir sistemlerini kapsayan bir dizi örneği homolog organ sistemi ve organa örnek olarak verebiliriz. *Burada eğer organ sistemlerinin bütünlüğü söz konusu ise PROGRESYON DİZİNLERİ veya kısaca PROGRESYON'dan bahsedilir. Bunun yanında organların gerilediğini veya dumura uğramış olduğunu ifade için REGRESYON DİZİNLERİ kavramı da vardır.* Bunun için atın evriminde beş parmaklılıktan, tek parmaklılığa geçiş örneğini verebiliriz.

Homolog olan yapıların değişimi, evrim sürecindeki gelişim söz konusu ise bir anlam taşır. Bunu elde edebilmek için homolog olan yapıların belirlenmesi gerekir. Bu da üç kriter kullanılarak kanıtlanabilir.

a) Homolog Organların Konumu

Buna göre, çeşitli organizma gruplarının organ yapısı, organlar aynı sayıda ve aynı nisbi konumda ise homolog kabul edilir. Zaten ancak bu tip yapılar müşterek temel yapı planına uyar. Buna örnek olarak omurgalı hayvanların dört üyesi ve bunların kemiklerinin konumu (*Şekil 437.1*) ile kalp ve akciğerin yapısını ve memelilerin çene mafsal kemiklerinin işitme kemiklerine dönüşümünü verebiliriz (*Şekil 438.1*).

b) Yapıların Özel Kalitesi

Eğer organlar kendi özellikleri bakımından benzerse homologdur. Örneğin köpek balığının deri pulları,yapı ve konumu bakımından memeli ve insan dişiyle benzerlik gösterir *(Şekil 438.2).*

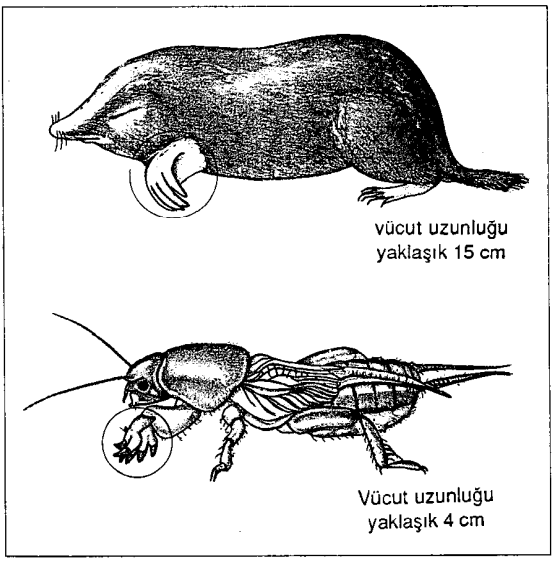
c) Devamlılık

Burada farklı yapıların homolog kabul edilebilmesi, bunlar arasında geçiş formlarının olması ile mümkündür. Bu formların da bir yapıdan diğerine geçişteki

yapıları içermesi gerekir. Homolog olma olasılığı yapısal zincirin yoğunluğu ile ilgilidir. Buna örnek olarak omurgalıların çeşitli sınıflarındaki akciğer ve kan dolaşım sistemini verebiliriz.

Homolog organlar araştırılarak aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir:

CUVIER'in ortaya koyduğu *UYUMLULUK* veya *KORELASYON KURAMI*'nda da belirtildiği gibi farklı organizmalarda belli organlar homolog olarak irdelenirse, diğer organlar da homologdur. Örneğin omurgalılarda sadece üyeler homolog olmayıp, aynı zamanda iskeletin tamamı, duyu, kan dolaşımı, solunum ve boşaltım organları da homologdur.



Şekil 439.1: Köstebek ve danaburnunda analog organlar.

3.2. ANALOG ORGANLAR (=GÖREVDEŞ ORGANLAR)

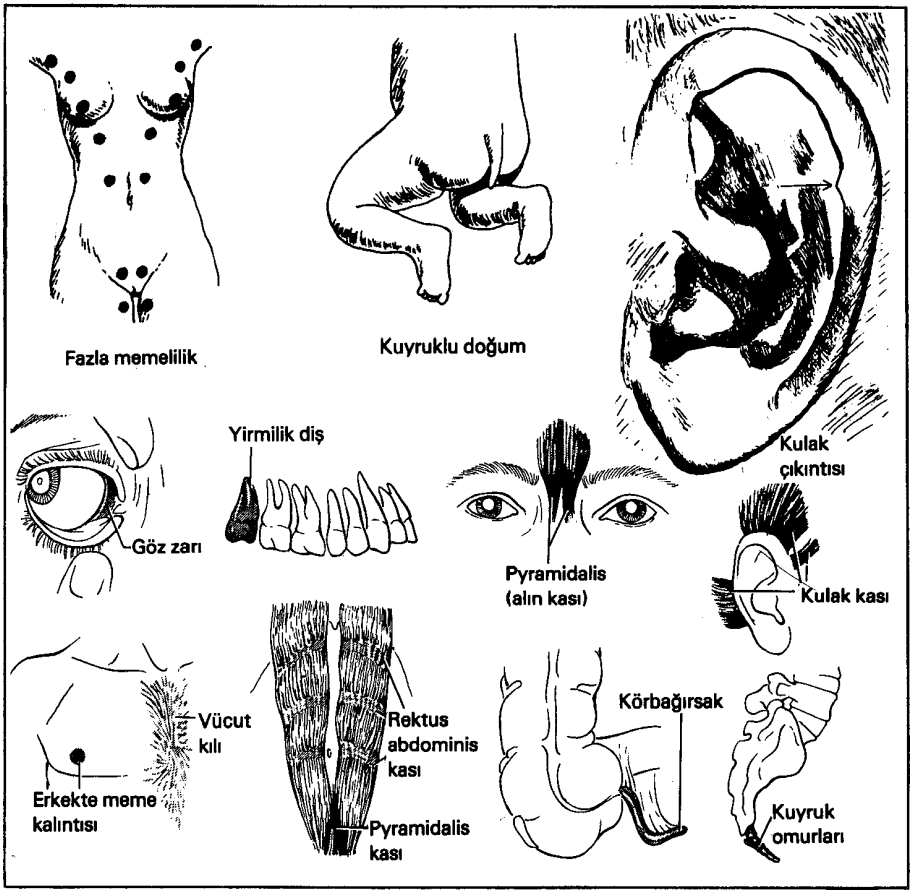
Analog organlar, akrabalığa özgü hiçbir kanıt veya bilgiyi vermez. Bunlar *aynı işlevi üstlendikleri halde temel yapı planları farklıdır.* Örneğin bir balığın solungacı ile yengecinki, köstebeğin kürek şeklindeki kazıcı ayakları ile danaburnunun ön ayakları analog organlardır *(Şekil 439.1).* Aynı şekilde kelebeğin ve kuşun kanadı da analogdur. Yine patatesin yumrusu ile yıldız çiçeğinin soğanı da analogdur. Gerçi her ikisi de yer altında besin depolamaya hizmet eder; ama patates yumrusu gövde, yıldız soğanı ise kök oluşumudur. *Eğer analog organlar benzer seleksiyon baskısı nedeni ile birbirlerine çok benzerse KONVERGENS söz konusudur. Türlerin çok iyi tanınmaması halinde konvergens yanlışlıkla homoloji olarak değerlendirilebilir. Bu ise türün sistematiğinin yanlış veya hatalı olarak yapılması sonucunu doğurur.*

3.3. DUMURA UĞRAMIŞ (=RUDİMENT) ORGANLAR

Türlerin birbirleri ile olan köken ilişkilerinde önemli olan başka bir dayanak da organ kalıntılarının varlığıdır. Bu kalıntılar daha önce çalışmakta olan bir organın işlevini yitirmesi ile ortaya çıkar. Atların tutma bacağı ve Grönland balinasındaki kalça kemerinin minik kalıntıları rudiment organlar için örnektir *(Şekil 440.1).* Deniz aslanı ve balinada yüzgeçlerde bulunan tırnaklar da rudiment organdır.

Köryılan bacaksız olmasına rağmen omuz ve kalça kemerinin tam olan kalıntılarını taşır. Yeni Zelanda kuş faunasının tipik bir örneği olan Kiwi adlı kuş türünde kanatlar körelmiş olmasına karşın, onların kalıntılarına rastlanır.

Yine çıplak olan salyangozlar çoğu defa bir kavkı kalıntısı taşır.



Şekil 440.1: İnsanda körelmiş olarak ele alınabilecek bazı özellikler. Körbağırsak ve uzantısı önceden var olan bağırsak uzantısının kalıntısı. 0-20 yaş dişi önce çıkar, sonra körelir.

İnsanda da kuyruksokumu kemiği, körbağırsak ve kulak kepçesinin artık işlev görmeyen kasları, rudiment organlar için iyi birer örnektir *(Şekil 440.1)*.

Bazı bitki türlerinde de böyle rudiment organlara rastlanır. Örneğin bazı ballıbabagil türlerinde, tozlaşma borusunun bir bölümü hala iplik şeklinde olup tozlaşma kesesi taşımaz.

3.4. ATAVİZM (=GELİŞİMDEN SONRAKİ TEPKİMELER)

ATAVİZM, organizmalarda evrimsel gelişim boyunca, otadan kalkan bazı özelliklerin tekrar görülmesi olgusudur. Örneğin bazen yeni doğan at yavrularında, atalarında olduğu gibi beş parmaklılık izlenebilir. Bazen lale ve gül gibi bitkilerde yeşil renkli ve yaprak şeklinde erkek çiçek görülür. Bazı insanlar kulaklarını hala özel bir kasla oynatabilir. Hatta bazen yeni doğan çocuklarda küt bir kuyruğun varlığı da atavizme bağlıdır *(Şekil 440.1)*.

Atavizmlerin eski evrimsel basamaklara tepki olarak ortaya çıkabilmeleri, bunları denetleyebilen genlerin organizmada hala var olduğunu, ama ya bloke edildiğini ya da ontogenezin yanlış bir döneminde aktive edilerek ortaya çıktıklarını bize kanıtlar.

3.5. DAVRANIŞ ŞEKİLLERİNİN HOMOLOJİSİ

Vücut yapılarına göre akraba türlerde, davranış şekilleri bakımından da bir benzerlik ya da uyum izlenir. Yani benzer davranış şekillerine bağlı olarak bazı akrabalık ilişkilerinin olabileceği sonucuna varılır. Akraba ilişkileri tesbitinde serum proteini ve anatomik benzerliklerden yararlanıldığı gibi davranış şekillerinden de yararlanılır. Örneğin benzer davranış gösteren ördek türleri böylece aynı grupta toplanabilir. Hayvanlar çoğu kez davranış şekillerine bağlı olarak ekolojik nişlerini belirler. Burada davranış vücut yapılarından daha etkilidir. Davranış şeklinin belirlenmesinde öğrenme olgusunun rolü vardır.

3.6. GELİŞMEDE (=ONTOGENEZ) HOMOLOJİLER

Sığır embriyolarında üst kesici dişlerin oluşumu için bazı tipik doku farklılaşmalarına rastlansa bile bu dişlerin oluşumu artık mümkün değildir. Bu tip diş taslaklarına dişsiz bıyıklı balina embriyosunda da rastlanır. Yine köryılan embriyolarında ön üye taslakları izlenebilir. Gelişmede izlenen bu şekildeki dikkat çekici durumları, ancak o canlının evriminde izlemek ve anlamak mümkündür. Değişmelerde hayatta kalmayı sağlayan eski yapı planlarını izlemek olasıdır. Zira hala bunlara özgü kalıntılar vardır *(Şekil 442.1)*.

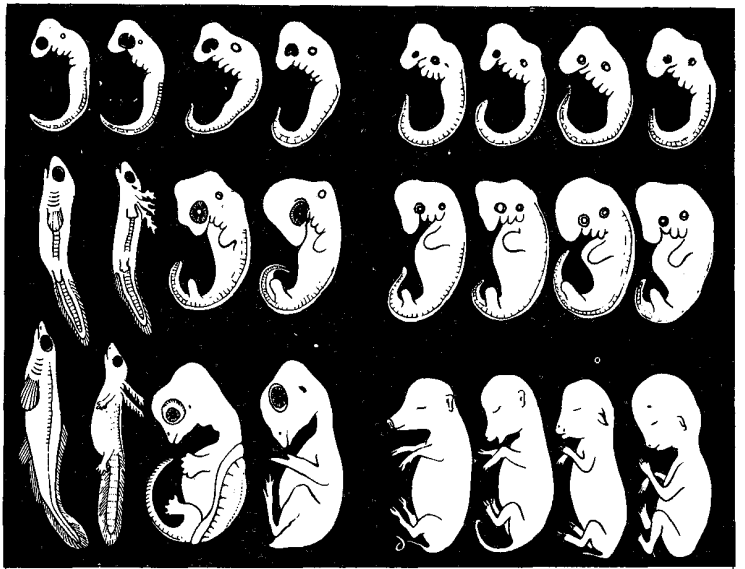
ERNST HAECKEL "Biyogenetiğin Temel Kuramı" görüşünü ortaya attı. Buna göre tek bir *canlı gelişimi,* yani *ONTOGENEZ,* onun evrimsel gelişimi,yani *FİLOGENEZİ*'nin kısa süren ve çok çabuk gerçekleşen bir tekrarıdır. Yalnız bu görüşün bir sakıncası vardır. O da bireyin sadece tek tek özelliklerinin ontogenetik gelişimini kapsaması ve organizmayı kendi bütünlüğü içinde ilgilendirmemesidir. Bunun dışında organ taslaklarının gelişiminin işlevsel organlardan daha önce oluşması durumu da önemlidir. Örneğin kuş embriyosu hala atasal kuş olan **Arcaeopteryx**' in sahip olduğu kuyruğu taşımaktadır. Buna karşın kuş embriyosunda **Archaeopteryx**'deki diş ve hatta onların taslakları bile bulunmaz. Biyogenetik kuram birçok örnekte olduğu gibi evrimsel sorunların açıklanmasında yardımcı olur.

Ontogenez esnasında bazı evrimsel dönemler ortaya çıkar. Bunlar her organizma türünün atasından kalıtladığı yerleşik bir gen taşıdığını kanıtlar. Memelilerin hepsinin kalıtsal yapısında bir dizi benzer gen vardır. Bunlar bir yandan "omurgalı hayvan" genel yapısını, diğer bir bölümü örneğin memeli yapısını, bir bölümü de takımın, familyanın cinsin ve türün özelliklerini belirler.

3.7. BİYOKİMYASAL HOMOLOJİLER

Tüm organizmalar aşağıdaki benzerlikleri gösterir:

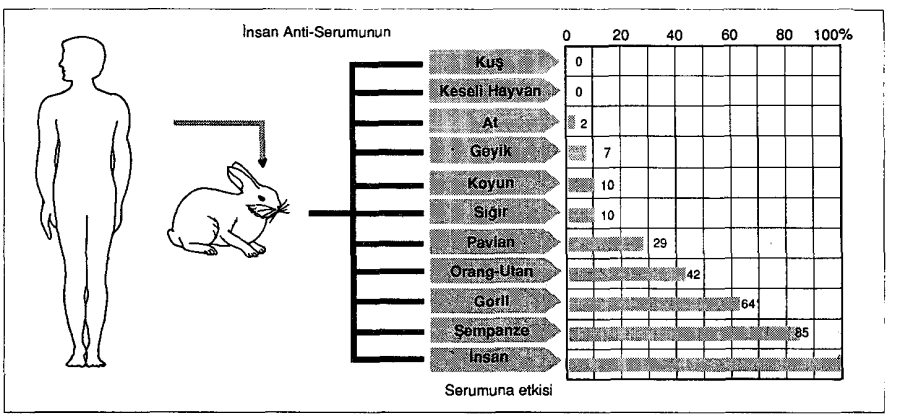
a) Aynı kimyasal temel yapı taşlarına sahiptirler,
b) Enzim proteinleri yardımı ile kataliz yapabilirler,
c) Glikolizle enerji kazanırlar,
d) Genetik kodlama işlevi aynı yapılır,
e) Proteinleri biyosentezleme yolu da aynıdır.



Şekil 442.1: Omurgalı embriyo gelişimindeki üç farklı dönemin karşılaştırılması. Erken evrelerin birbirine benzerliğine dikkat ediniz (Barnes'den).

Trikarbon çevrimi, endooksidasyon ve fotosentez gibi metabolik olaylar, birçok organizmada benzerlik gösterir. Bitki ve hayvan türlerinde gerçekleştirilen serum reaksiyonları ile bunların proteinlerinin kimyasal yapıları incelenir. Bu yolla diğer kriterlerle akrabalık anlaşılabilir *(Şekil 442.2).*

Bu tip serolojik araştırmalar sonucu, deniz ayılarının boz ayılarla olan akrabalık ilişkilerinin deniz öküzü ile olana göre daha yakın olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuç, anatomik, fizyolojik araştırmalar ve fosil bulguları ile doğrulanmıştır.



Şekil 442.2: İnsan ve bazı hayvan grupları arasındaki kan serum proteinlerinin serolojik benzerlikleri.

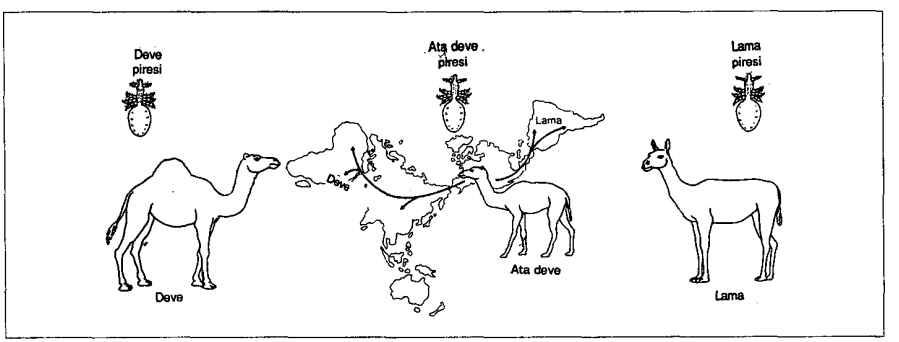
Bir diğer önemli akrabalık kriteri iki türe ait DNA dizinlerinin birbirine benzerliğidir. Bu benzerlik iki türün akrabalığının az veya çok oluşuna göre değişir. Yani yakın akraba türlerdeki benzerlik çok daha fazladır. Akrabalık ilişkileri ile ilgili yürütülen biyokimyasal çalışmalarla protein ve nükleikasitlere ait birçok bilinmeyen de gün ışığına çıkarılmıştır.

3.8. MÜŞTEREK PARAZİTLER

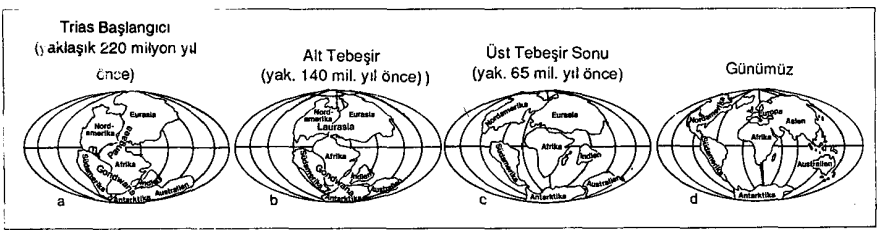
Parazitler belli konukçularda yaşar ve bunlara uyum sağlar. Akraba olan türlerde de birbirine yakın akraba parazit türleri bulunabilir. Örneğin insan piresine maymunda da rastlanır. Bu pireye başka hiçbir türde rastlanmamıştır. Afrika'daki hörgüçlü deve diye bilinen deve türü ile Güney Amerika'da yaşayan lama, üç milyon yıl önce Kuzey Amerika'da yaşayan bir deve formundan kökenlenmektedir *(Şekil 443.1)*. Bu nedenle gerek hörgüçlü devede ve gerekse lamada saptanan pirelerin aynı cinse özgü oldukları belirlenmiştir.

3.9. CANLILARIN YAYILIŞININ EVRİM İÇİN ÖNEMİ

Kuzey yarımküredeki karasal bitki ve hayvan dünyasında önemli bir çeşitlilik yoksa farklılık izlenmediği halde, güney yarımkürenin geniş bölgelerinde çok ilginç ve çeşitli bitki ve hayvan türlerine rastlanır. Bu büyük çeşitlilik ve farklılık, güney yarımkürede bölgelerin, birbirinden çok önceleri ayrılmasından kaynaklanır *(Şekil 443.2 ve Şekil 492.1)*. Ayrılma olayı çok uzun zaman önce gerçekleşen bölgelerde, hem bitki hem de hayvan özelliklerinin çeşitliliğini görmek olasıdır.



Şekil 443.1: Farklı olarak gelişen deve türlerinin parazitleri aynı kalmıştır.



Şekil 443.2: Trias başı, alt tebeşir, üst tebeşir sonu ve günümüzde kıtaların konumu. a'daki büyük kaya kütlesi "Pangea"nın parçalanması ile günümüz kıtaları oluşmuştur (Linder'den).

Bu bakımdan okyanuslarda oluşmuş olan adalar son derece etkili izolasyon bölgeleridir. Örneğin sadece Güney Amerika'nın batısındaki Galapagos adalarında yaşayan endemik türler vardır. Buraya komşu olan kara parçasının batı kıyısındaki bir kertenkele cinsi, her adaya özgü bir türle temsil edilir. Örneğin bir metre uzunluğunda olan ve tangalarla beslenen ve çok iyi yüzebilen deniz kertenkelesi türü yalnız Galapagos adalarında yaşar. En yakın akrabaları ise Güney Amerika karasında yaşar. Bu hususta Galapagos adasının ispinoz türleri başka bir örnek oluşturur.

Üçparmaklı devekuşu (Nandu), geniş burunlu maymun, sudomuzu, tembel hayvan ve karınca ayıları gibi türler sadece Güney Amerika'da bulunur. Bunların yalnız burada yaşamasını tersiyer süresince Güney ve Kuzey Amerika'yı birbirinden ayıran bir denizin varlığına bağlayabiliriz. Daha sonra oluşan bir karasal köprü kanalı ile çeşitli hayvan türleri Kuzey ve Güney Amerika'ya geçebilmiştir. Böylece özellikle kuzeyden gelen jaguar, yaban kedisi ve ayı gibi yabani hayvanlar Güney Amerika'nın örneğin dev tembel hayvan gibi türlerini tersiyerin sonuna doğru yoketmiştir. Buna karşın Avustralya kıtasında böyle bir durum olmamış ve kıta kendine özgü türleri koruyabilmiştir. Gagalı hayvan ve karınca kirpisi gibi memeli türleri ve 230 keseli hayvan türü sadece burada yaşar. Kıtada yaşayan ve iyi gelişmiş memeli türü olarak yalnız faraye rastlanmıştır. Yine kıtada yaşadığı belirlenen 20 000 bitki türünün 12 000'i sadece kıtaya özgü olup ENDEMİK'tir. Kıtanın her tarafında yayılmış olan ökaliptüs cinsi, 500 türle temsil edilir.

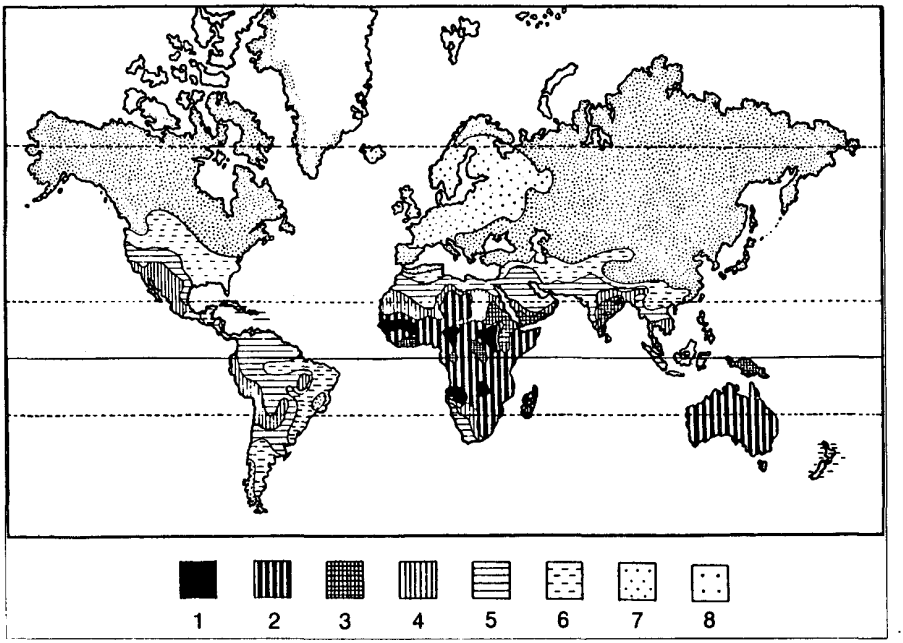
3.10. HAYVAN COĞRAFYASI

DARWIN ve WALLACE'in türlerin değişimi kuramını bulup, bunu evrimi kanıtlayan done olarak öne sürmelerinde, hayvan coğrafyasından yararlandıkları bilinir. Burada büyük baştankara türlerinin merkezi Avrupa'dan doğuya doğru yayılışında değişimi, bir yandan güney ve diğer taraftan Himalaya'nın kuzeyinden geçip Kuzey Doğu Sibirya'yı katetmesi ve buralarda farklı alttürler oluşturmasını verebiliriz *(Şekil 432.1)*. Bu harita bir türün coğrafik yayılışı ile ilişkili olarak değişkenliğine (alttür düzeyinde olsa bile) çok iyi bir örnektir.

Yine insanın deri pigmentasyonundaki coğrafik farklılıkları *Şekil 445.1*'de açık tenlilikten çok koyu tenliliğe kadar izlemek mümkündür.

3.11. DAVRANIŞ ARAŞTIRMASI

Karşılaştırmalı davranış araştırmaları da, evrim görüşü için önemli ve kapsamlı kanıtlar verir. Doğuştan davranış olgusunu bildiğimizden buyana bir türün davranış envanterini, diğer özellikleri gibi, akraka türlerdeki değişimleri izlemek açısından kullanılması mümkündür.



Şekil 445.1: İnsan deri rengindeki pigmentleşmenin çok (1) veya az (8) oluşuna göre insan ırklarının coğrafik yayılım ve coğrafik farkları (Biassutti ve Schwidetzky'ye göre).

4. YERYÜZÜNDEKİ YAŞAMIN TARİHİ

4.1. FOSİLLER VE YAŞ TAYİNİ

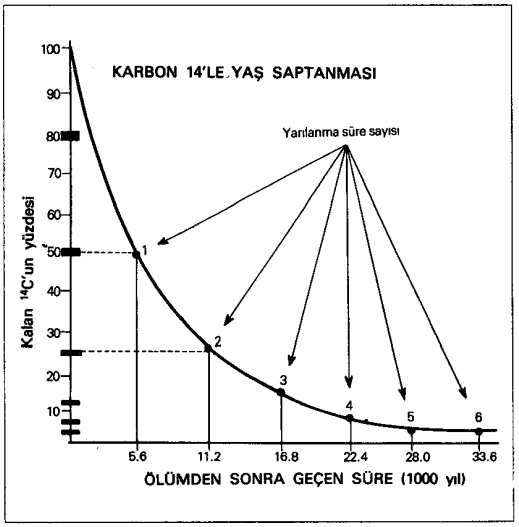
Evrimle ilgili ilişki ve sorunların araştırılmasında sadece günümüz canlılarının karşılaştırılması yetmez. Yerkürenin tarihsel gelişim sürecinde, canlıların değişmesini incelemek ve araştırmak gerekir.

Çeşitli bitki ve hayvan fosillerini, bunların yaşadığı döneme ait kayaçların katmanlarında bulmak mümkündür. Fosiller daha önceki çağlarda yaşayan canlıların iskelet, kavkı, iz ve jeolojik sedimentleri olarak karşımıza çıkar.

Genellikle canlıların sert kısımları korunarak fosilleşme olayının etkisi ile günümüze kadar gelebilir. Yumuşak kısımların günümüze kadar dayanabilmesi, ancak bazı özel koşulların varlığı ile olur. Karşılaştırmalı anatomi yöntemleri ile fosil sınıflandırılması yapılır.

4.1.1. Yaş Tayini Yöntemleri

Yaş tayini için en çok kullanılan yöntem radyoaktif karbon izotopu ^{14}C yöntemidir. Bu karbon izotopunun parçalanması sonucunda beta ışınları ile elektronlar salınır ve ^{14}C oluşur. ^{14}C çok az miktarda havadaki CO_2 içinde bulunur; fotosentezle bitkiye buradan da, besinle hayvanlara geçebilir. Yarılanma ömrü ise 5 700 yıldır. Bu süreden sonra ^{14}C'nin yarısı bir o kadar zaman sonra yarının yarısı ve yine bir o kadar zaman sonra, yani 5 700 yıl sonra tekrar yarının yarısı ve bu şekilde devam ederek parçalanmasını sürdürür *(Şekil 446.1)*. Kayaç katmanları veya fosillerin yaşını belirlemede diğer radyoaktif elementler de kullanılır. Bunun için



Şekil 446.1: Karbon 14'ün yarılanma süresi yaklaşık 5 700 yıldır. Bir canlı öldüğünde, içerdiği karbon 14'ü bu hızla yitirir. Eğer bir fosil, orijinal karbon aktifliğinin % 20'sini gösteriyorsa, bu fosilin yaşı 13 250 yıldır.

yarılanma süresi, parçalanma sonucunda oluşan madde miktarı ve daha henüz parçalanmamış başlangıç izotopunun miktarı bilinmelidir.

Böylece sonuncunun esas miktarı hesaplanabilir. Potasyum-argon-saati, kayaç ve fosillerdeki radyoaktif potasyum izotopunun (40K), argonda (40Ar) parçalanmasına dayanır.

40K'ın yarılanma süresi 1,3 milyar yıldır. Asal bir gaz olan argon potasyum minerali içinde kapalı kalır. Yüksek basınç etkisi ile potasyum mineralinin erimesi sonucunda, içindeki argon da serbestleşir. Serbestleşen bu argon gazının miktarı belirlenir. Bunun dışında geriye kalan 40K miktarı da ölçülür. Buradan 40K'un ne oranda parçalandığı bulunur. Örneğin 40K'un yarısı parçalanmışsa, mineralin oluşumundan bu yana 1,3 milyar yılın geçmiş olması olasıdır.

4.2. YAŞAMIN YERYÜZÜNDE OLUŞUMU (=BİYOGENEZ)

Bilindiği gibi skolastik dönemde, canlıların ölü maddelerden oluştuğu kabul edilirdi. ARISTOTELES, yılan balıklarının solucanlardan, onların da çamurdan oluştuğunu sanıyordu. Birçok kişi, kurtların kokuşmuş etten kendi kendine oluştuğunu sanmaktaydı. Bu görüş, REDİ'nin karşı görüşü isbat etmesine kadar sürdü. REDI deneylerinde kullandığı etin bir bölümünü kapalı kaplara koyarak, sineklerin buraya yumurta bırakmasını engelledi. Üstü kapalı olan deney kaplarında hiç bir kurdun oluşamadığı görüldü. Bu sonuçla birlikte kendiliğinden oluş kuramının sadece mikroorganizmalar için kullanılabileceği belirtildi. Bu görüş PASTEUR'ün 1862 yılında bunun doğru olmadığını açıklaması ile mikroorganizmalar için de geçerliliğini yitirdi. Bunun sonucunda "canlıların ancak canlılardan oluşabileceği görüşü geçerlilik kazandı *(Omne vivum ex vivo)*.

Yerküre yaklaşık 4,5-5 milyar yıl önce oluştu. En eski fosillerin 3,6 milyar yıllık olduğu belirlenmiş olup bunların da en azından bir milyar yılda oluştukları sanılır. İlk atmosferin oluşum koşullarını, moleküler biyolojik veriler, bakteri ve arkaebakterilerle ilgili metabolik olaylar ile bunların yapılarına özgü biyolojik bilgilerden ve canlıların oluşumu ile ilgili bazı kanıtlardan elde edebiliriz. Birbirinden tamamen farklı olan bilim alanlarından sağlanan bu kanıtlar, canlıların abiyotik olarak oluştuğu görüşünü olası kılmaktadır.

Bundan 5.10^9 (5 milyar) yıl önce oluşan yerkürede, atom ve aynı gaz bulutundan meydana gelen madde bileşenlerinin hemen hemen aynı olduğu, güneş gibi sağlam moleküllerden alev bir topu andırıyordu. Güneş ışınının enine

Tablo 447.1 Güneş ve yerküredeki atomların oranları (%)

Atom Türü	Güneş	Yerküre+Hidrosfer+ Atmosfer
H	87	15.6
He	12.9	10^{-4}
O	0.025	54.4
N	0.02	0.035
C	0.01	0.12
Mg	0.003	1.43
Si	0.002	16.3
Fe	0.001	1.48
S	0.001	0.02
P	-10^{-5}	0.07
Diğerleri	0.004	10.54

Tablo 447.2. İlkin gazdaki hidrojenin en önemli tepkimeleri ve denge ağırlıkları

Tepkime	Sabite
1- $O_2+2H_2=2H_2O$	4.10^{41}
2- $CO_2+4H_2=CH_4+2H_2O$	7.10^{21}
3- $C+2H_2=CH_4$	8.10^{8} Metan
4- $N_2+3H_2=2NH_3$	7.10^{5} Amonyak

spektrumlarında hangi atomların orada bulunduğunu, hatta yaklaşık oranları bile tahmin edilebilir *(Tablo 447.1)*.

Yerküre daha küçük olup güneşe göre daha çabuk soğuduğu için başka element değişleri ortaya konamaz. Onların yoğunlukları da yetersizdir. Örneğin Helyum gazı, güneşin yapımında çok önemli rol oynadığı halde, yerkürede hemen hemen kaybolur. Soğuk yüzünden bileşiklerin atomlarının çoğu yok olur. Hidrojen, oksijen, azot ve karbon gibi ağır moleküllerle birleşir. Radyoastronomi sonuçlarına göre, hidrojen gazların ana kısımlarının % 70'dir. Oldukça fazla olan oksijen, suda ve ağır elementlerin tuz ve oksidlerinde bağlanır. Serbest oksijen fazlalığı atmosferde olmamıştır, zira oksijen derhal hidrojenle birleşerek suyu oluşturur. İlkin gazdaki hidrojenin önemli tepkimeleri ve denge ağırlıkları Tablo 447.2'de görülmektedir.

Tepkime ürünleri, fazlalık hidrojenle birlikte ilkin atmosferin ana kısmını oluşturur. Tepkimeler dönüşümlü ve kütle etki kuramına dayanır. İlkin atmosferin 1/ 2-1 milyar yıl serbest H_2 içerdiği varsayılır. Yani ilkin atmosfer, günümüz atmosferinden tamamen farklı idi: 4 nolu formülün tersinirliğinden, günümüz azotunun kökeni hakkında kısmen bir yorum yapılabilir. Su, yüksek denge sabitesi nedeniyle büyük oranda korunmuştur. Yalnız çok az bir bölümü güneşin UV-ışını ile O_2 ve H_2'ne parçalanmış olabilir ve bundan da serbest oksijenin nereden kökenlendiği ile ilgili bazı izler çıkarılabilir.

Yerküredeki elementlerin konumu yoğunluklarına bağlıdır. Örneğin Fe ve Ni gibi ağır elementler çekirdeği oluşturur. Bunun üzerine de Si, Ca, Al ve diğer atomların oksijen bileşikleri yerleşmiştir. Gaz ve buhar örtüsü olan ilkin atmosfer yer küreyi sarar. İlkin atmosfer metan, amonyak ve su buharı; başlangıçda da H_2 ve He içermeli idi. Büyük uydularda benzer durum günümüze kadar sürmüştür. Çünkü onlar yüksek yoğunluğa sahip olup yavaş soğumaktadırlar. Su, boşluksuz bulut örtüsünde sıcak yerküreyi sarar. Bu gün Venüs gezegeninde olduğu gibi. Venüsün

üst yüzey sıcaklığı 400-500 derece olup, sadece radar teleskobu ile bulut mantosından üst yüzey röliyefi tanınabilir.

Bulut örtüsünden yansıyan sıcaklıktan dolayı yerkürenin yüzeyine yoğun yağışlar düşer. Akıcı su, kimyasal etkili (hidroliz) ve erozyonla yerkabuğunun kayaçlarını değiştirir. Derin bölgeler su ile dolar. Denizler oluşur ve orada tuz birikir. Çeşitli maddeler zamanla oluşur. Bulut örtüsünün yere inmesi ile güneş ışını yerküreye ulaşır. Buna bir de güçlü UV-ışınını ekleyebiliriz. Bugün büyük oranda emilen O_2, o zamanlar daha henüz yoktu. Ancak yeşil bitkilerin fotosentez yapması sonucu oluştu ve bugünkü % 28'lik düzeye ulaştı.

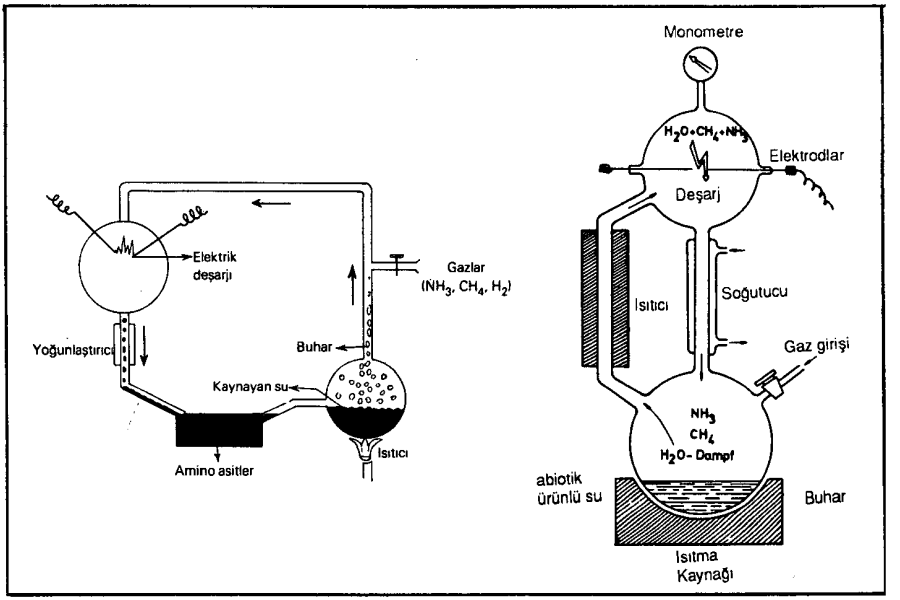
Canlıların yapı maddelerini nereden aldıkları sorusu burada önem kazanır. Bu nedenle kimyasal evrim, biyolojik evrimden önce gelir.

4.3. KİMYASAL EVRİM

Özetle belirtmek gerekirse, yerkürenin oluşumunu izleyen dönemlerle bugünkü atmosfer bileşimi farklıdır. Örneğin eski sediman kayaçlarında, okside olmuş demir ve uranyum minerallerine rastlanmazdı. Bu ise başlangıç dönemlerinde atmosferde oksijenin serbest halde bulunmadığının kanıtıdır. Yerkürenin ilk oluşum dönemini andıran başka gezegenlerin atmosferleri karşılatırılarak, yerkürenin ilk atmosferi ile ilgili bilgiler elde edilebilir. O zamanki atmosfer esas itibariyle N, CO_2 ve su buharı içermekte idi. Bunlara, amonyak, metan, H_2S ve hatta serbest haldeki H_2'i de ekleyebiliriz. O dönemdeki atmosferin, indirgeyici bir yapıda olduğunu rahatça söylemek olasıdır. İlk okyanuslarda fosfat, silikat ve metal iyonları çözünmüş halde bulunmakta idi. Bu maddeler arasında olacak kimyasal tepkimeler için yüksek enerji gerekiyordu. Bu da şimşek çakarken oluşan elektriki boşalım, volkanların neden olduğu jeotermal ısı ve radyoaktivite kanalıyla sağlanmıştır. Yine o dönemlerde atmosferin ozon tabakası taşımaması nedeniyle, güneşten gelen ultraviyole ışınlar yerküre için önemli bir enerji kaynağı oluşturuyordu.

Bu koşullar altında anorganik maddelerden, basit yapılı organik bileşikler oluşmaktaydı. Hatta canlıların önemli yapıtaşlarının da bu yolla meydana geldiği ortaya kondu.

Bu hususta önce MİLLER adlı bir öğrencinin 1953 yılında yaptığı çalışmalar, daha sonra da diğer araştırıcıların gözlem ve deneyleri ışık tutucu oldu. MILLER içinde su bulunan kabı ısınan yerküre kabuğu ile eşdeğer tuttu. Bu kab iki elektrod taşıyan bir cam küre ile ilişkidedir. Bunlar arasında bir jeneratör, yıldırımı andıran deşarjlar oluşturuyor. Yükselen gazın soğutulması ve alçalanın soğutulması için bir ara boru gaz dönüşümünü, sanki rüzgar varmış gibi, sağlıyordu. Ayrıca kabın iç kısmı metan ve amonyak karışımı ile ilkin atmosfere benzetmek için de ilaveten ısıtılan sudan oluşan buharla doldurulmuştu. MILLER CH_4, CO, H_2, NH_3 ve su buharından elde ettiği gaz karışımını, 8 gün süreyle elektriki bir ışık çevrimine tabi



Şekil 449.1: STANLEY MİLLER'in dünyanın ilk evrelerindeki koşulları kısmen içeren aygıtı. Isıtılan suyun çıkardığı buhar, sağ taraftaki musluktan verilen gazlarla karışmakta ve bu karışım sol taraftaki balonun içinden geçerken elektrik şarjı uygulanmaktadır. Oluşan aminoasitler ve diğer organik bileşikler soğutucudan geçirilip, aşağıdaki kabda birikmektedir.

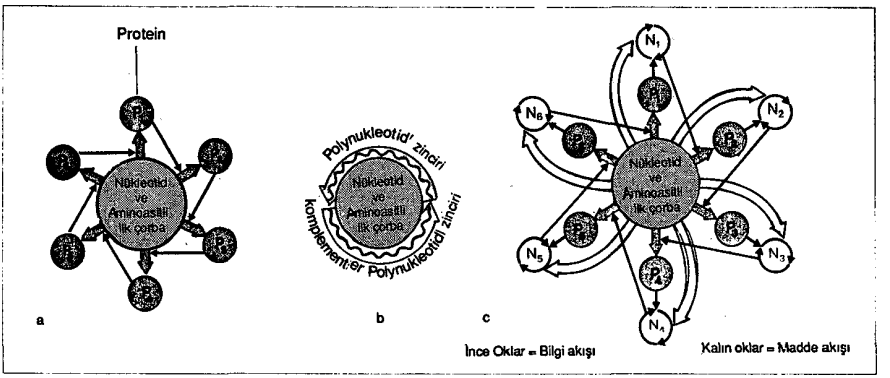
tutarak, formik asit, formaldehid, süt asidi ve aminoasitlerini elde etti *(Şekil 449.1)*. O dönemde ortaya çıkan bu maddeleri kullanarak yıkabilecek canlılar henüz oluşmamıştı. Bu yüzden oluşan bu maddeler ilk okyanusta bulamaç gibi bir kıvamda idiler. Bu maddelerin oluşturduğu akıcı maddeye *İLKİN* ya da *İLK ÇORBA* veya *BULAMAÇ* adı verilir. Bu ilk çorbanın yoğunluğu, özellikle kıyı lagünlerinin oluştuğu yerlerde çok yüksekti. Bu maddeler yüksek sıcaklıklarda, bazı maddeler arasında tepkimelere yol açtı. Bunun sonucunda yoğun çözeltiler bu maddelerce emildi ve bazı bileşiklerin oluşumu sağlandı. Makromoleküllerin de bu kanalla meydana gelmiş olabileceği sanılmaktadır.

Bu tip sentez olayları deneysel olarak da gerçekleştirilebilir *(Şekil 450.1)*. Örneğin aminoasit karışımı lav kayaçları ile ısıtılırsa protein içerikli *PROTEİNOİD* denen bileşikler elde edilir. Isınmış proteinoid çözeltilerinin soğutulması ile 1-2 μm büyüklüğünde küre şekilli oluşumlar elde edilmiştir. Bunlara da *MİKROSFER* adı verilir. Bunların yarı geçirgen olan bir membranı vardır. Mikrosferler büyüyüp tomurcukla çoğalabilir *(Şekil 450.1 a, b ve c)*.

4.4. BİYOLOJİK EVRİM

4.4.1. İLKİN CANLILARIN (=PROTOBİYONTLARIN) EVRİMİ

Kimyasal evrim sonucu oluşan polinükleotid ve proteinoidli yapılar arasında karşılıklı ilişkiler vardır. EIGEN bu ilişkilere benzerlerin canlıların hangi temel özelliklerini gösterdiğini maddenin kendi başına organizasyonu kuramı ile ortaya



Şekil 450.1: Abiyotik olarak oluşan proteinler bir tepkime zincirinde olup her protein zincirde bir sonrakini katalizler. a) Protein sentezinin düşünülebilir çevrimi. b) Polynukleotid sentez çevrimi, c) Hiper çevrim.

koymuştur. Onun görüşlerine göre, karşılıklı olan bu ilişkilerde aşağıdaki temel biyolojik olayların olması gerekmektedir:

a) Kendi başına çoğalma:

Ancak bu yolla, bir kez ulaşılan biyolojik özellikler korunabilir ve döle iletilebilir. Özelliklerin döle geçişinde çoğalma en önemli rolü oynar.

b) Metabolik olaylar:

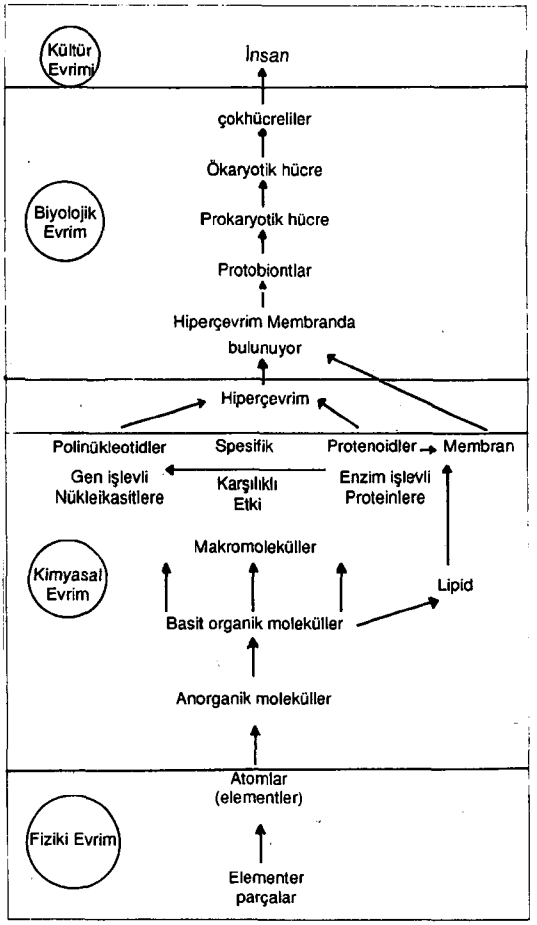
Metabolik olaylar, çevrede bulunan maddelerin alınma ve işlenip değiştirilmesinde önemli rol oynar. Ancak bu olayların yardımı ile döl süreklilik kazanır. Çoğalmayı sağlamak için gerekli olan biyolojik yapı taşları ve enerji de bu yolla elde edilir.

c) Mutasyon:

Canlılarda olaylanan mutasyonlarla mevcut olan bireyler değişikliğe uğrar. Sonuçta daha uygun ve yetenekli yeni bireyler oluşabilir.

Geriye dönüşü olan çevrimde bu olayların birlikte etkisi sonucu, canlıların ve bu olayların evrimi mümkündür. Bu şekildeki geriye dönüşümü olan tepkime zincirlerinin ortaya çıkışı, protein ve replikasyon yeteneğindeki nükleotid zincirlerinin katılımı ile olur. Bunu *Şekil 450.1-a, b ve c*'de gösterildiği gibi düşünebiliriz.

Proteinsentezli nükleotid zincirlerinin replikasyon çevriminin birlikte etkinliğine, *HİPER ÇEVRİM* adı verilir. Her hiper çevrim çok hızlı bir şekilde olaylanır. Bilgi taşıyıcı polinükleotid bir zincirin mutasyona, yani değişime uğraması, tepkimelerin çok hızlı bir şekilde ilerlemesine yol açabilir. Bu durumda böyle bir çevrim, çevreden alınan ve tepkime için gerekli olan maddeler bakımından diğer çevrimlerle rekabete girer. Çevrimin devamı rekabetin kazanılmasına bağlıdır. Bunun sonucunda da seleksiyon etkinliği ile moleküler bazda gerçekleşmeyi içeren *EVRİM KURAMI* hakim olacaktır. Hiper çevrimin ya da başka bir ifadeyle böyle

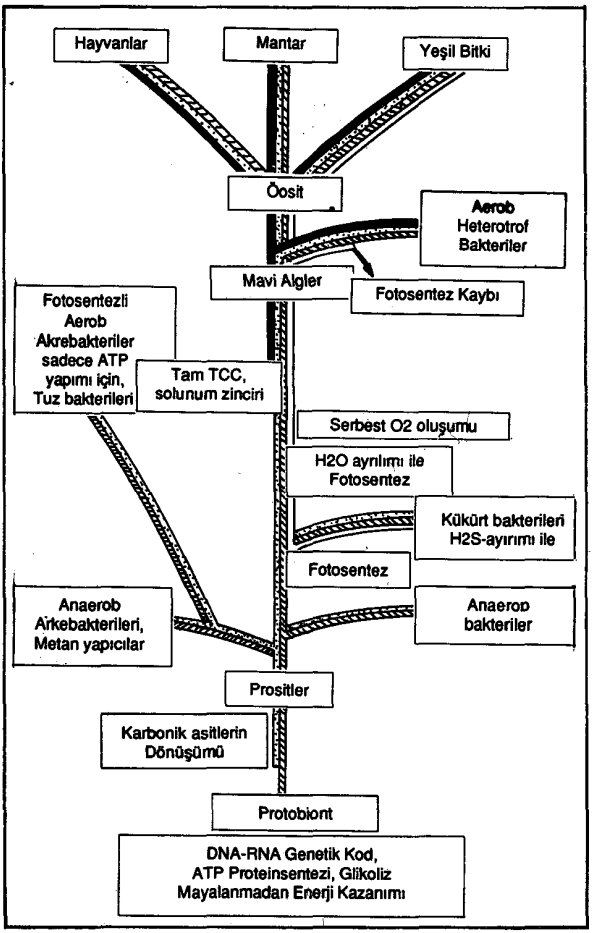


Şekil 451.1: Evrim basamakları (canlıların oluşumunda birbirini izleyen basamaklar).

bir tepkime zincirinin oluşması sonucunda basit yapılı bir membranın çevirdiği bir oluşum olan *PROTOBİYONT* elde edilmiş olur *(Şekil 451.1)*. İşte bu gelişim süreci içinde, *PROTOSİT* veya *PROKARYONT HÜCRE*'leri oluşmuşlardır.

4.4.2. METABOLİK OLAYLARIN EVRİMİ

Yerkürenin oluşumunu izleyen dönemlerde, ortaya çıkan ilk çorba veya bulamaçdaki protobiyontlar için enerji kaynağı olarak zengin organik bileşikler vardı. Protobiyontlar bu maddeleri yıkmak zorundaydı. Bu ilk canlıların enerji kaynağı olarak ATP üretip kullandıkları olasıdır. ATP bağlı bir şekilde tüm canlılarda glikolizle üretilir. Bu nedenle glikolizin canlıların gerçekleştirdiği ilk metabolik olay olduğunu rahatça söyleyebiliriz. İlerleyen süreç içinde, metabolik olayların da adım adım gelişip düzeldiği görülmektedir *(Şekil 452.1)*. Metabolik olaylarda gerçekleşen her düzelme, o canlıya rakiplerine karşı bir avantaj sağlar ve onun hayatta kalma şansını artırır. Bu şekilde kendisine daha iyi yaşama koşullarını sağlayan protobiyontlar süratli bir şekilde çoğalır. Bu ise mevcut besin kaynaklarının yavaş yavaş azalmasına ve hatta yok olmasına yol açar. Az besinle enerji üretip yaşamı sürdürme zorunluğu, bazı canlılara avantaj sağladı. Böylece onlar yeni bir ATP kaynağı oluşturup, ışık emen renk maddeleri yardımı ile ışığın kullanılmasını gerçekleştirdiler. Bu şekildeki ilk fotosentez tipine günümüzdeki tuzcul bitkilerde rastlanır. Uzun süren bu evrim sürecinde, elektron nakil zincirlerinin oluşturulduğunu görüyoruz. Önceleri elektron taşıyıcı olarak H_2S'in rol oynadığı sanılmakta idi. Bu şekilde fotosentez gerçekleştiren canlılar bugün yaşamaktadır. Örneğin kükürt bakterileri H_2S kullana-



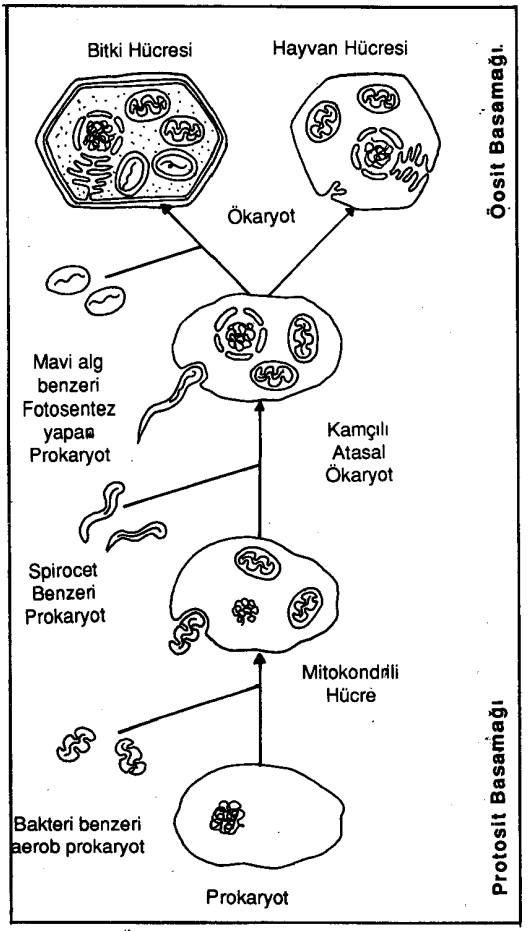
Şekil 452.1: Metabolizmanın muhtemel gelişimi.

rak fotosentez yaparlar. Bu basit organizmalar günümüze kadar nasıl olur da gelebilmişlerdir? Bunlar kendileri için özellik gösteren ekolojik nişler oluşturmuşlardır. Örneğin çürümenin olduğu ortamlarda veya H_2S içeren kaynak sularında rahatça yaşamlarını sürdürmüş ve günümüze kadar gelebilmişlerdir. Bu canlılar için bir başka önemli biyolojik aşama su parçalanması (=Fotoliz, hidroliz) kanalı ile elektron iletimidir. Bu özelliklerini kullanarak O_2 de üretmişlerdir. Oksijen üretimi 2 milyar yıl önce artmaya başladı. Oksijen ise, hücre solunumu evrimi için çok önemli bir koşul idi. Hücre solunumunda, organik maddelerin oksidasyonu ile enerji üretilir. Eğer fotosentezin elektron iletim zinciri ile hücre solunumu karşılaştırılırsa, her ikisinin de müşterek bir kökene sahip oldukları hemen anlaşılır.

4.3. HÜCRENİN EVRİMİ

Prokaryontların yapısı, ökaryont hücrelere göre daha basittir. Siyano bakteriler veya mavi algler de denen bazı prokaryontlar, membranların sardığı bazı organellere sahiptir. Enzim, lipid, ribonükleikasit ve hücre çeperinin yapısı, prokaryontların en azından iki gruba ayrılması gerektiğini ortaya koyar. Bir grup gerçek bakterileri ve mavi algleri (=siyanobakterileri) kapsar, diğer grup archaebakterileri içerir. Bunlar hücre çeperi ile membran yapılarının farklı oluşu ile birbirinden ayrılır.

İkinci grup bakteriler olan archaebakteriler, bazı bakımlardan yerkürenin ilk dönemlerindekilere benzer yapıdaki ekoloik nişleri işgal eder. Onların bazılarının 105°C sıcaklığındaki volkanik su kaynaklarında yaşar. Bu da adı geçen bakteri tipleri enzimlerinin denatüre olma sıcaklığının çok yüksek olduğunun kanıtıdır.



Şekil 453.1: Ösitlerin (bitki ve hayvan hücresi) endosimbiyotik varsayıma göre oluşumu.

Prokaryont ve ökaryont hücrelerinin organizasyonları arasında bulunan ve günümüzde yaşayan hiç bir geçiş formu yoktur *(Şekil 453.1)*. Mitokondri ve plastidlerin köken olarak protosit oldukları ve diğer hücrelere giderek onların içinde SİMBİYOTİK olarak yaşadıkları sanılmaktadır. Bu varsayıma göre bakterilerin ataları, endositozla diğer hücreye girip, orada vesiküllerin içine sıkışarak mitokondrilere gelişmişlerdir. Kloroplast ve diğer plastidler , endosimbiyotik olan mavi alglerin atasından bu yolla gelişmişlerdir.

Bu endosimbiyont varsayıma, aşağıda belirtilen noktalar uymaktadır:

a) Her iki organel formu, ancak kendilerinin bölünmesi ile oluşur. Hücre onları yitirirse yeniden yapamaz.

b) Gerek mitokondri ve gerekse plastidler, hücreye daha sonra girmiş gibi iki tabakalı bir membranla çevrilidir. Yani sanki bunların kendi membranlarını konukçunun membranı bir kez daha sarmıştır. Bu durum hücre dışında bulunan taneciklerin endositozla hücreye alınmasına benzer.

c) Mitokondrinin iç membranında da sadece protositlerin membranında bulunan bir fosfolipid vardır.

d) Her iki organel de protositlerde rastlanan çıplak, yani histonlu kromozom şeklinde bağlanmamış DNA içerir. Birçok mitokondri ve bazı plastidlerdeki DNA, bakteri kromozomundaki gibi halka şeklindedir.

e) Mitokondri ve kloroplastlar da, protosit ribozumunu andıran ribozomlar taşır. Yine prokaryontlardaki gibi özel bazı antibiyotiklerle inhibe edilen kendilerinin biyosentezleri vardır.

4.7. YERKÜRENİN İLK ZAMANLARI (=PREKAMBRİYUM)

4.7.1. En Eski Canlılar Olarak Prokaryontlar

Yaklaşık 2 milyar yıl önce çok çeşitli mavi alg ve bakteriler yaşamaktaydı. Bunlar fotosentez yapabilmekte ve O_2 oluşturabilmekteydiler.

Oksitlenmiş demir içeren en eski deniz sedimanları, bandlı demir yatakları olup, yaşları 3 milyar yılı bulur. Karasal birikimler ise o zamanlar okside demir içermezdi. Nehirler kanalı ile demir (II) bileşikleri denizlere taşındı. Mavi alglerin fotosentetik faaliyeti ile oluşan oksijen, denizde çözünmeyen demir (II)-oksit,(Fe_2O_3) bileşiklerini oluşturmuş, bunlar da denizin dibine çökmüştü. Bu yüzden yaklaşık bir milyar yıl atmosferde oksijene hiç rastlanmadı. Karasal birikimler ancak 1,8-1,5 milyar yıl önce, kırmızı renkli olarak ortaya çıktı. Denizde oksijen içeriği fotosentezle o denli arttı ki, demir II, denizde okside oldu ve bu sayede oksijen de atmosfere karışıp karada Fe_2O_3'ün oluşumu gerçekleşti.

4.7.2. Ökaryontların Ortaya Çıkışı

Yaşı 1,2 veya 1,5 milyar yıl olan katmanlarda büyüklük ve şekil bakımından ökaryontları andıran hücre kalıntılarına rastlanmıştır. Örneğin Avusturalya'da 900 milyon yaşındaki kayaçlarda, böyle hücre kalıntılarına emin bir şekilde rastlandı. 650-700 milyon yaşındaki **Ediacara** katmanlarında rastlanan hayvanlar sölenter ve halkalı solucanlara aittir.

Yaklaşık 600 milyon yıl önce gerek bitki gerekse hayvan türlerinde büyük bir çeşitlilik görülmeye başandı. Bunu bulunan çok sayıdaki fosil kalıntısı kanıtlamaktadır. Bu dönem prekambriyumun sona erdiği dönem diye kabul edilir. Son 600 milyonluk zaman sürecine *FANEROZOİKUM (=görülebilir)* adı verilir. Bu dönemde bulunan fosil miktarı çok olduğu için, bu dönem böyle adlandırılır.

4.8. FANEROZOİKUMDAKİ BİTKİ VE HAYVAN DÜNYASI

4.8.1. Kambriyum (580-500 milyon yıl)

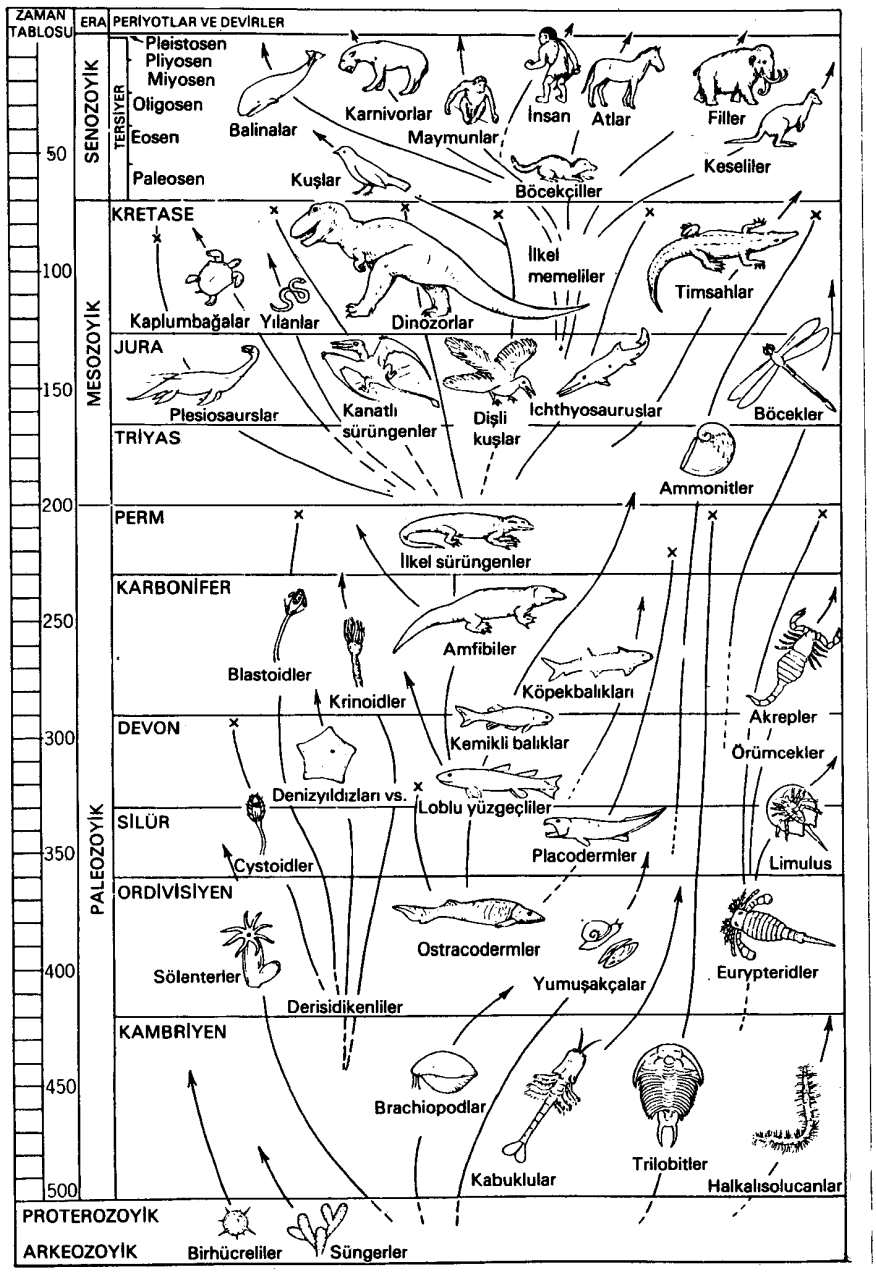
Yaşam denizde gerçekleşiyordu. Omurgasız hayvanların hemen tüm şubeleri bu dönemde vardı. **Trilobit**'ler bu dönemin en tipik canlıları idi *(Şekil 455.1)*. Suda yaşayan bitkilere örnek olarak yeşil ve kırmızı algleri verebiliriz.

4.8.2. Ordovizyum (500-400 milyon yıl)

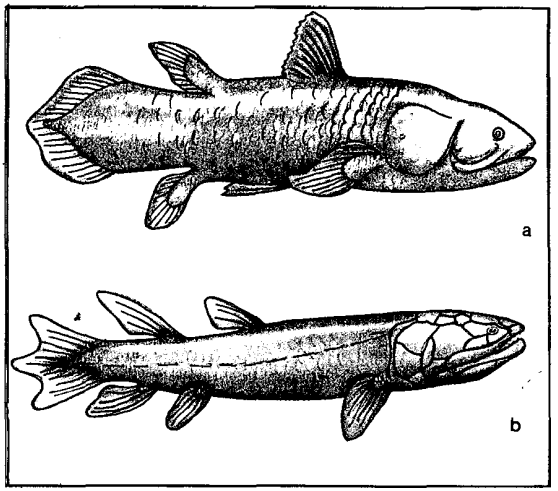
İlk omurgalılara bu dönemde rastlanmaya başlandı. Tek yüzgeçli ve kıkırdaklı balıklar görüldü. Bitkileri dev algler temsil ediyordu.

4.8.3. Silur (440-400 milyon yıl)

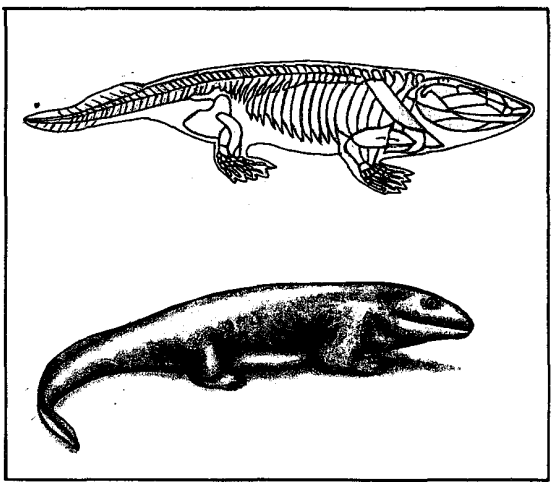
Karasal bitki ve hayvanlar ilk defa bu dönemde izlendiler. İlk karasal bitki olarak çıplak eğreltiler **(Psilophyt)** ortaya çıktı. Silurda önce **Cooksonia,** daha sonra da **Devonda** daha da ileride **Rhynia** görüldü *(Şekil 455.1)*.



Şekil 455.1: Jeolojik zamanların bölünümü, bununla ilgili canlı grupları ve oogenezler. Her canlıdan yukarıya doğru uzanan çizgi bu canlının zaman içindeki devamlılığını gösterir. Oklu çizgiler canlının hala yaşadığını, düz çizgiler ise o canlının o zamanda yok olduğunu gösterir.



Şekil 456.1: a) **Latimeria** /hala yaşıyor), b) Eusthe nopteron (Devon'dan).



Şekil 456.2: Grönland'da devonda yaşamış Ichthyostega, en ilkel kara Tetrapodlarına benziyor, üstte iskeleti, altta muhtemel dış yapısı. Kafatası ve omurga Crossopterygitleri andırıyor, hatta kuyruk da balık özelliği taşıyor. Ama görüldüğü gibi beş parmaklı bir uzuva sahiptir. Kalça kemeri ve omurga kemikleri iki başlı olarak omurgaya bağlanmış. Bütün bunlar Amfilere benzeyen Tetrapod özellikleridir.

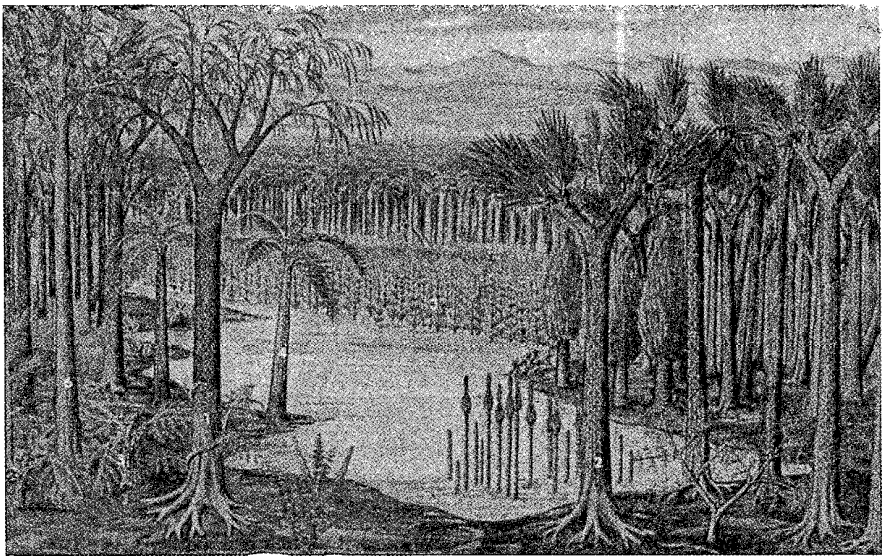
4.8.4. Devon (400-345 milyon yıl)

Bu dönemde **Ammonit** ve kemikli balıklardan **Crossoptergy**'ler *(Şekil 456.1)* ortaya çıkmıştır. Bu balıklar karasal omurgalıların kökenlendiği ilk gruptur. Bunlar kemikle destekli yüzgeçleri ile hareket ederler. Kafatası ve iskelet kemikleşmiştir. Diş, omuz kemeri ve solunuma elverişli yüzme kesesine sahiptirler. Bu jeolojik çağın sonuna doğru amfibiler (=çift yaşamlılar) görülmeye başlamıştır. Bunlara ait ilk örnekler, Grönland'da bulunan semender benzeri **Ichthyostega**'lardır*(Şekil 456.2)*. Bunlar geçit formu olarak, günümüz ilkel dört ayaklılarını hatırlatır. Eğreltiler arasında geç devonda açık tohumlu *(Gimnosperm)*ların ilk atasal formlarına da rastlanır.

4.8.5. Karbon (345-265 milyon yıl)

Bu çağdaki ormanlardan günümüzde kullanılan taşkömürü oluşmuştur *(Şekil 457.1)*

Bu çağda amfibilerin çatı kafataslılar **(Stegocephale)** grubu hakimdir. Eğrelti yapraklı dev ağaçlar ve tohumlu eğreltilere *(Pteridosperm)* bu dönemde rastlanır.

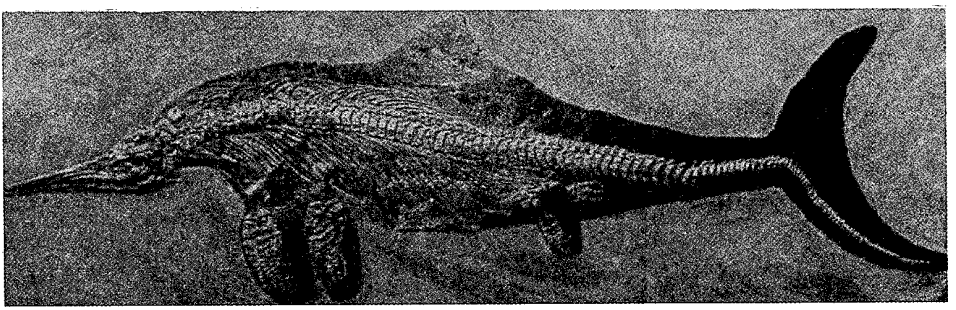


Şekil 457.1: Taşkömürü (280 milyon yıl önce) döneminden ormanlık bataklık. 1) Pullu ağaç, 2) Mühür ağacı, 3) Calamit'ler, 4) Ağaç eğrelti, 5) Tohumlu eğrelti, 6) Cordaitler (Linder'den).

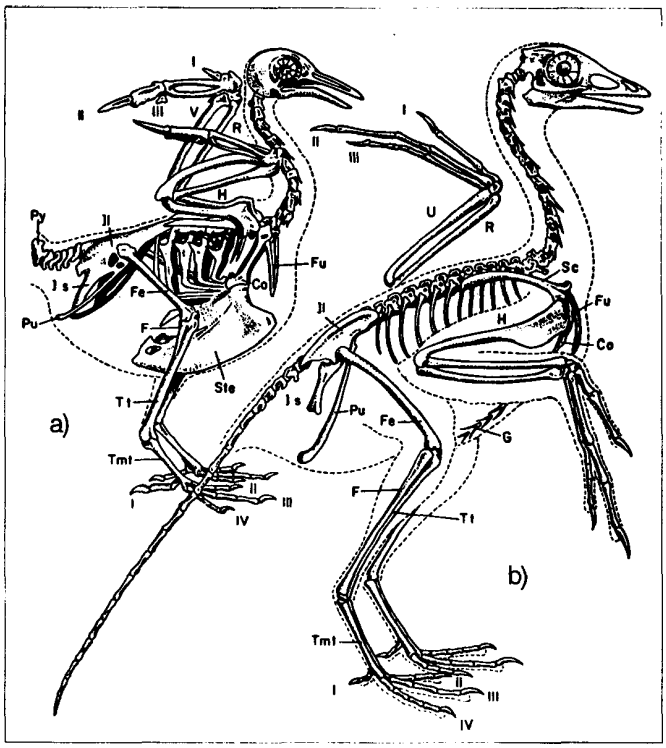
4.8.6. Perm (265-220 milyon yıl)

Perm çağının sonuna doğru kıtaların hepsi birbirine bağlı ve PANGAEA adı verilen bir kara kütlesi oluşturmuştu. Bu kara kütlesinin kuzey bölgeleri daha sonra LAURASİA'yı, güney kısımları ise GONDVANA kıtasını meydana getirmiştir *(Şekil 443.2).*

Bu dönemde açık tohumlu bir eğrelti grubu olan CYCAS'larla, açık tohumlularla *(Gimnosperm)* kapalı tohumlular *(Angiosperm)* arasında bir geçit formu oluşturan **Ginkgo biloba** floraya egemendir.



Şekil 457.2: Derisi hala üzerinde bir **Ichthyosaurus** 12 m uzunluğunda canlı doğuran deniz dinazoru, Jura'da yaşamıştır.



Şekil 458.1: a) Bir güvercin iskeleti ile b) *Archaeopteryx*'in iskeletinin karşılaştırılması. Co= Korakoid; F= Fibula; Fe= Femur; Fu= Klavikula; G= Gastralia; H= Humerus; Il= Ilium; Is= Işium; Pu= Pubis; Py= Pigostil; R= Radius; Sc= Skapula; Ste= Sternum; Tmt= Tarsometatarsus; Tt= Tibiotarsus; U= Ulnae parmakları, (I-III); Ayak parmakları (I-IV) (Siewing'den).

Gimnospermlerin bu dönemde yoğun bir yayılış gösterdikleri anlaşılmaktadır. Perm süresince yeni sürüngen grupları görülmektedir. Bunların bir grubundan memeliler, diğerinden kuşlar gelişmiştir.

4.8.7. Trias (220-180 milyon yıl)

Bu dönemde sürüngen grubu çok iyi bir gelişme göstererek SAURIER denen çok sayıda form oluştu. Bunlardan THERIODONTIER'ler, günümüz memelilerinin özelliklerini taşır. Bu dönemde açık tohumlu bitkilerin hakimiyeti sürmektedir.

4.8.8. Jura (180-135 milyon yıl)

Bu dönemde Sauriyer (=dinazor)'ler soğuk bölgelerin dışında kalan tüm bölgeleri işgal etmişlerdir. **Ichthyosaurier** gibi suda yaşayanlar, havayı işgal eden **Pterodactylus** ve karada yaşayan dev formlara bu dönemde rastlanmıştır *(Şekil 457.2).*

Örneğin **Brontosaurus**'un boyu 20 m, ağırlığı 30 ton olup bitki ile beslenir. **Branchiosaurus** ise günümüz mavi balinası kadar yani 80-100 ton ağırlıktaydı. Üst jurada günümüz kuşlarının atasal formu olan **Archaeopteryx lithographica** *(Şekil 458.1)* yaşamış olup, 6 adet fosili bulunmuştur. **Archaeopteryx** özellikleri bakımından sürüngen ve kuş arasında bir geçit oluşturup, her iki grubun da özelliklerine sahiptir. Tüylü oluşu, kafasının şekli, omuz ve kalça kemeri ile üyeleri bakımından kuş grubunu andırır. Kuyruğu, parmağının tırnak taşıması ve dişli bir çeneye sahip olması onun sürüngen özellikleri olarak değerlendirilir *(Şekil 458.1).*

Archaeapteryx'in yerden kanat çırparak, ya da kayarak uçup uçmadığı hakkında kesin bilgilerimiz yoktur. Yalnız onun kanat kaslarının bağlandığı herhangi bir göğüs kemiğinin olmayışı ikinci varsayıma (kayarak uçma) daha uygun düşer.

Memeli hayvanlar bu dönemde çeşitli gruplarca temsil edilmiştir. Bunlardan bir tanesi günümüz keseli hayvanlarına yakın düşen *Pantotheria*'dır.

Bitkilerden en yaygın olan açık tohumlu *Benettit*'ler, üreme organ yapı ve konumu bakımından kapalı tohumluları andırıyordu.

4.8.9. Tebeşir Dönemi (135-70 milyon yıl)

Bitki ile beslenen *Triceratops* ve yırtıcı olan *Tyrannosaurus* gibi ağırlığı 10 tonu bulanlar ve *Pteranodon* gibi kanat açıklığı 11 m'yi bulan uçucu dinazorlara bu dönemde rastlandı. Tebeşir döneminin sonuna doğru hakim canlı sürüngenlerin aniden yok olduğu ve bugün dahi yaşayan birkaç gruba kadar azaldıkları görülür. *Ammonit*'ler de birdenbire ortadan kaybolmuştur. Tebeşir döneminde gagası dişli ilk kuşlar, izlenmeye başlandı. Memelilerden kloaklı, keseli ve böcek yiyici hayvanlar ortaya çıktı.

Bitkilerden kapalı tohumluların yaygınlaştığı bir dönemdir.

4.8.10. Tersiyer (70-2 milyon yıl)

Bu çağın başlaması ile birlikte, memeli hayvanlarda önemli artışlar olmuştur. Bunun en önemli nedeni, bu dönemde sürüngenlerin önemli bir bölümünün soyunun tükenmesidir. Memeliler önce ilk böcekciller (=ilk *insektivorlar)* bitkicil toynaklılar ve ilk etciller (=ilk karnivorlar) şeklinde birbirinden çok iyi ayrılamayan üç grup halinde ortaya çıkmıştır. İlk insanların da tersiyerin sonuna doğru ortaya çıktığı bilinir.

4.9. EVRİMİN SONUÇLARI

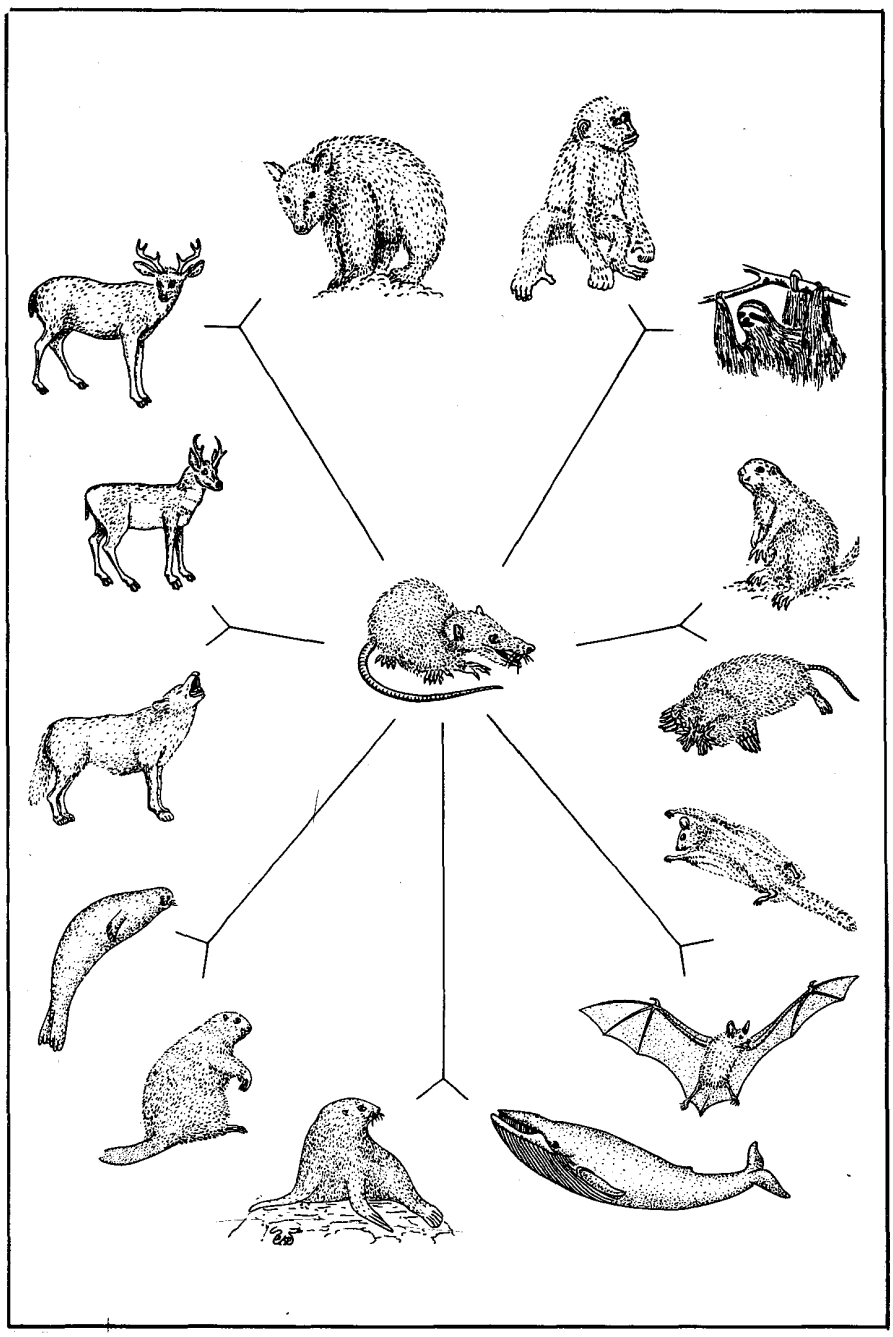
Şimdiye kadar elde edilen fosillerin çoğu, homoloji kriterleri kullanılarak belli gruplara sokulmuştur. O organizmaya ait küçücük bir parça ile bile böyle bir değerlendirme yapılabilir. Fosillerin yaşını saptamak mümkündür. Bu yüzden paleontolojik bilgiler kullanılarak bitki gruplarının ne zamandan beri yaşadıkları saptanabilir. Aynı şekilde günümüzde yaşayan canlıların atalarının nasıl olduğuna özgü bilgiler de elde edilebilir.

Kazanılan bu bilgiler ışığı altında, birkaç genel kuramdan sözedebiliriz:

a) At ve insanın evrimsel gelişim basamağını vermek mümkündür.

b) Grup içi gelişim dikkati çekmeden olaylanır.

c) Çeşitli gruplar arasında köprü görevi yapan canlılar vardır. Bu fosillere geçiş formu denir. Her iki gruba özgü özelliklere sahip olan bunlara **Ichthyestega, Archaeopteryx** ve **Rhynia**'yı örnek olarak verebiliriz. Zaman olarak bir grubun ortaya çıktığı dönemin başlangıcında bulunur ve onun özelliklerini gösterirler. Sistematikleri özelliklerinin önemine bağlıdır. Genellikle yeni özelliklere önem verilir. Örneğin **Arcaeopteryx**'e *İLK KUŞ* denir.



Şekil 460.1: Uyumsal açılım. Tüm plesantalı hayvanlar, böcek yiyen, tabanına basarak yürüyen, beş parmaklı bir böcekcil atadan türemiştir. Bunlar farklı ortama uyarak, farklı yapısal özellikler kazanmıştır (Barnes'den).

4.10. YENİ TİPLERİN OLUŞUMU

Familya, takım, sınıf gibi sistematiğin üst basamakları arasında organizmanın yapısı bakımından olan farklar, bir cinsin türleri arasındakine göre daha büyüktür. Bununla birlikte kuş ve memelilerin yeni tiplerinin oluşumu, birçok küçük mutasyon basamağının birikmesi ile açıklanabilir. Bazı durumlarda paleontoloji, bu şekilde birikerek meydana gelmiş (=additif) olan olay (=addidif tipogenez)lar için kanıt oluşturur. Örneğin sürüngen ve memeliler arasında tamamen akıcı bir geçiş vardır. Başka bir kanıt da, iki sistematik kategorinin de özelliklerini taşıyan geçit formlarının varlığıdır (=sürüngen ve kuşlar arasındaki gibi). Muhtemelen geçiş formları tek bir tür idi ve bunların populasyon büyüklükleri fazla değildi. Öyle ki evrimlerinde GENETİK SÜRÜKLENME rol oynamıştı. Yeni grupların daha iyi uyum sağlaması sonucu geçiş formları seleksiyon nedeniyle ortadan kalkmıştır. Bunların fosil buluntularının fazla olmayışının nedeni de budur.

Geçiş formları belli ekolojik nişlerde tutunabilselerdi, kendi ayrılmaz evrimlerini yaparlardı. Onların günümüzdeki temsilcileri artık geçiş formları değildir; ama böyle formların bir dizi özelliklerini hala gösterirler.

Sınıf ve şube gibi yeni kategorilerin yavaş yavaş oluşumunda evrim olayı için önemli olan çevre değişimleri de önemlidir. Örneğin havanın kuşlar tarafından işgali gibi. Bu durumlarda tamamen yeni yaşama alanları işgal edilir.

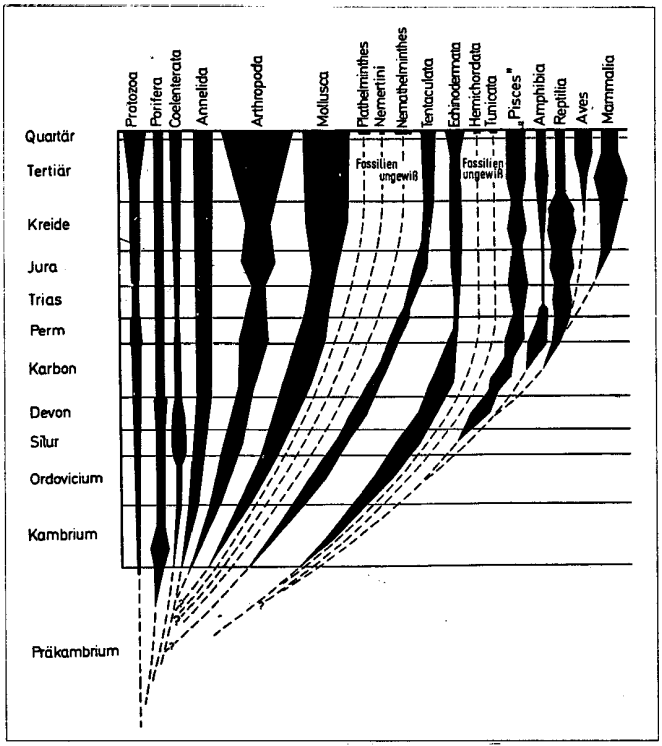
4.11. ADAPTİF RADYASYON (=UYUMSAL AÇILIM)

Yeni işgal edilen büyük nişler içinde, tipdeki çok az bir değişim sonucu ekolojik bir nişleşme izlenir. Böylece ekolojik izolasyonun çok sayıda türün ortaya çıkmasına neden olduğu ve bu türlerin de bu nişlere uyum sağladığı görülür. Atasal tür evrimini birçok yöne doğru yapar *(Şekil 460.1)*. Bu duruma *ADAPTİF RADYASYON* denir. Burada atasal formdan çıkan ve birbirinden ayrılan türler ve onların işgal ettikleri yaşam alanlarını özel bir şekilde kullanırlar. Nişi işgal eden temel tipe ait türün mutantları da vardır; ama bunlar belki de rekabetle yokolmuştur.

Adaptif radyasyon için en iyi örnek olarak Galapagos adasındaki Darwin ispinozlarını verebiliriz. Buradaki ispinoz türleri birbirleri ile güçlü bir rekabete giremeyeceği çok sayıda farklı nişi işgal etmiştir. Bu durum Hawai Adasında yaşayan elbise kuşları için de geçerlidir. Bunların hepsi, yani 42 tür, tamamen farklı besin gereksinimleri ile tek bir böcekcil atasal türden oluşmuştur. Yine keseli hayvanlar da adaptif radyasyon için başka bir örnek oluşturur. Büyük nişler başarılı bir şekilde işgal edilirse eğer onların üstün yetenekleri varsa, diğer grupların bu yöne doğru evrimi mümkündür.

4.12. KARASAL BÖLGELERİN AYRIMI

Yerkürenin karasal bitki ve hayvan toplulukları incelendiğinde, belli büyük alanların bitki ve hayvan çeşitlerinin, başka bölgelere göre daha farklı özellikler gösterdiği görülür (bkz. *Şekil 493.1*). Bu zonlara "ZOOCOĞRAFİK BÖLGELER" denir.



Şekil 462.1: Coğrafik dönemlerdeki bitki gelişim süreci. Çizgilerin genişliği takribi tür sayısını veriyor. Kesik çizgiler müşterek bir kökenden gelme olasılığı ifade ediyor (Weberling ve Schwantes'ten).

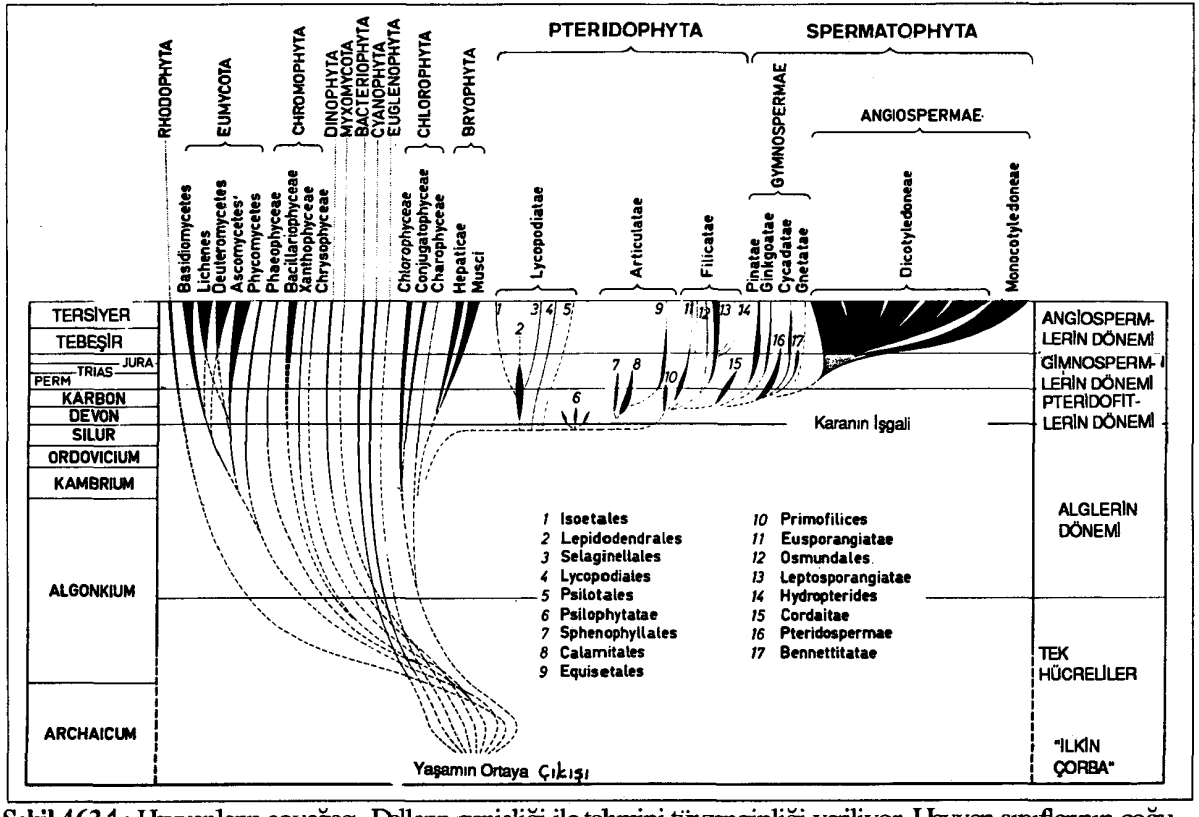
Bugünkü kıtaların dağılımı yaklaşık 70 milyon yıl önceki tersiyerin başlangıcına dayandığından özellikle tersiyede çeşitlenen bitki ve hayvan grupları bu bölgeleri karekterize eder. Zoocoğrafik bölge (rejyen) ayırımı yapılabilmesi için sadece o bölgede görülen hayvan türlerinin en az % 50'sinin endemik (=sadece orada yaşayan) olması gerekir.

Altı bitkice zengin, beş de zoocoğrafik bölge ayırt edilir. Bu bölgeler büyük oranda birbirinin içine girer.

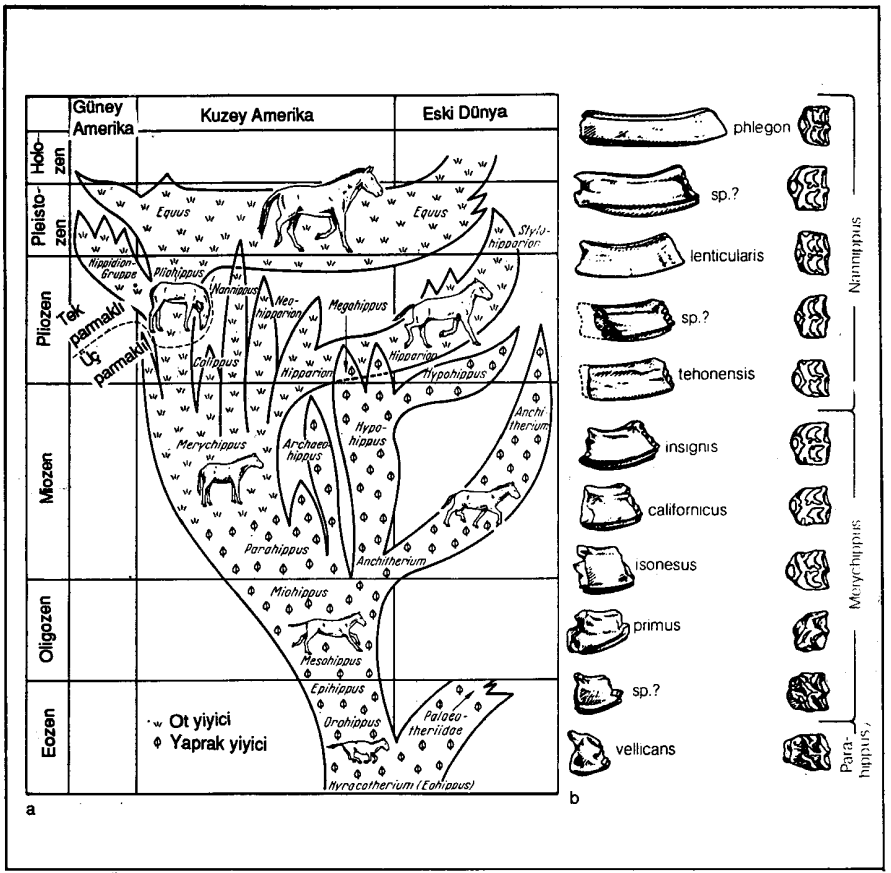
5. CANLILARIN SOYAĞACI

5.1. SOYAĞAÇLARININ YAPILMASI

Evrimin nedenleri büyük ölçüde bilindiğinden, canlıların evrime uğradığını inkar etmek mümkün değildir. Oysa ayrı ayrı incelenen örnekler evrimin hangi yolu izlediğini aynı güvenirlikle yanıtlayamaz. Evrimsel gelişimin izlediği yolu soyağacı kullanarak ifade etmek mümkündür. Bu da günümüzde yaşayan türlerden hareket ederek ve birçok homolojik özellik dikkate alınarak yapılabilir. *Şekil 463.1* jeolojik devinim sırasında bitkilerin soy gelişimini ve *Şekil 463.2* ise hayvanların soy ağacını gösteriyor.



Şekil 463.1: Hayvanların soyağacı. Dalların genişliği ile tahmini tür zenginliği veriliyor. Hayvan sınıflarının çoğu fosil olarak kambriyumda vardı. Gelişim basamaklarındaki belirsizlikler kesik çizgilerle gösteriliyor. Sadece omurgalı hayvan şubeleri içindeki sınıflar dal çatalları ile bağlanmıştır.



Şekil 464.1: Önemli cinsler dikkate alınarak yapılmış, atın soyağacı. Yaprak yiyicilikten, ot yiyiciliğe geçiş görülüyor. Bu arada diş yapısı değişiyor. a) Vücut büyüklüğü de evrimsel süreçde artıyor; b) Miozende atın evriminde yaprak yiyicilikten, ot yiyiciliğe olan geçiş izleniyor, bu da diş yapısını etkiliyor (Czihak'dan).

Fosil sayısının çokluğu nedeniyle, ancak belli bazı gruplarda evrimsel basamakları izlemek mümkündür. Böylece tam bir soyağacı elde edilebilir. Bu konuda en iyi örnek atın geçirdiği evrimi açıklayan soyağacıdır *(Şekil 464.1)*.

5.2. HOMOLOJİ ARAŞTIRMALARI İLE SOYAĞACI ELDE EDİLMESİ

İyi bir soyağacında, atasal türün tüm özelliklerini içeren ve onun bilinen tüm döllerini kapsayan gruplandırmaların yer alması gerekir. Homolog özelliklerdeki tüm farklılıklar evrim sürecinde oluşur. Soyağacının yapılabilmesi için yeterli sayıda homolog özelliğe gereksinim duyulur. Bunlardan hangisinin kökensel olarak var olduğu ve hangisinin değiştiği, ya da yeni geliştiğinin bilinmesi gerekir.

5.3. ATIN SOYAĞACI

Atın soyağacı yapılırken ormanda yaşayan, tilki büyüklüğünde ve tersiyerin ilk dönemlerinde izlenen atın atası olan **Hyracotherium**'la başlanır. Onun bacakları

kısa olup, öndekilerde 4, arkadakilerde 3 parmak taşır. Dişleri sivri ve mahmuzlu olup, yaprak yemeye elverişlidir. Bundan sonraki formların vücutları irileşir; boyun ve ağız kısmı uzar. Diş yapısındaki değişme yumuşak besinden serte doğru geçişle ilgilidir. Bunun dışında parmak sayısı azalırken bacaklar uzar *(Şekil 8.35)*.

Atın soyağacı izlenirse en son basamaktaki günümüz atına benzer bir form görülür. Buzul çağlarının son döneminde ortaya çıkan ve günümüz atına göre hızlı koşan bu form step atıdır. Bu arada bir dizi ara veya yan formlara rastlanmış ve kısa bir gelişimden sonra bunlar yok olmuştur. Gelişim Kuzey Amerika'da olmuş ve 60 milyon yıl sürmüştür. Bu ise 15 milyon döl demektir. At soyağacı benzerlerini balina, fil ve hatta omurgasız hayvanlardan *Ammonit*'ler için yapmak mümkündür.

Atınsoyağacı, fosil buluntuları ile bir canlı türünün gelişim sürecinin nasıl olduğunu göstermesi bakımından iyi bir örnektir.

5.4. MOLEKÜLER BİYOLOJİK SOYAĞAÇLARI

Çeşitli hayvan türlerinin akrabalık derecelerine bağlı olarak, homolog proteinlerin aminoasit dizinleri de az veya çok farklıdır. Uzak akraba türlerdeki dizinler de birbirinden o kadar farklıdır. Bunu biyokimyasal yöntemlerle belirleyebiliriz. Böylece proteinlerin evriminden söz edebiliriz. Solunum zincirinin demir içeren ve elektron taşıyıcı "sitokrom C" adlı protein deneylerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilir. Bu protein tüm aerob hücrelerde bulunur ve omurgalı hayvanlarda 104, böceklerde 107 ve bitkilerde genelde 112 aninoasitten yapılmıştır. İnsan sitokromu sadece bir aminoasit bakımından maymununkinden farklıdır. Bu farklılık tek bir mutasyon basamağını ifade eder.

İnsan ve köpek sitokromu arasında 11 fark, 93 uygunluk vardır. Bu durum insanın evrim basamağının rhesus maymununa göre köpekten daha önce ayrıldığını gösterir.

Maya ve insanda stokrom C'nin aminoasit dizinleri karşılaştırılırsa, onların yarısının aynı olduğu görülür. Bu durum bir rastlantı değildir. Çünkü sitokrom C' nin evrimi uzun zaman önce *İLKİN SİTOKROM*'dan başlamıştır.

Diğer proteinlerin aminoasit dizinlerinin araştırılması sonucu sitokrom C ile yapılanlara benzeyen bilgiler elde edilir. Organizmalar birbirine ne kadar yakın akraba iseler, proteinlerin yapısı da o kadar benzerlik gösterir. Birbirine yakın akraba olan organizmalar benzer gen taşıdıkları için, benzer proteinlere sahiptir. Proteinler için gerekli bilgi DNA moleküllerinde bulunur. Canlı varlıkların akrabalık derecesi, DNA'larındaki benzer dizinlerinin karşılaştırılması ile verilebilir. Proteinlerin yapısında olduğu gibi, DNA'nın yapısında da evrimsel ilişkiler çıkarılabilir (Moleküler Filogeni).

Ribozomal RNA'lar için genlerin yapıları araştırıldı. Bu sayede büyük prokaryont grupları için soyağacı yapılabilmesi mümkün oldu.

5.5. ORGANİZMALARIN GELİŞİM TARİHİ (=EVRİMİ)

5.5.1. Tekhücrelilerin Oluşumu

Ökaryont hücrelerinin oluşumundan sonra, evrimsel olaylar çeşitli tekhücrelilerin oluşumuna yol açtı. Bazı tekhücreli gruplarda bitkisel ve hayvansal özelliklerin birbirinden kesin olarak ayrıldığını söyleyemeyiz. Örneğin kamçılı bir hay-

van olan *Euglena* hem bitki hem de hayvansal özellikleri taşır. Yani bu canlı hem bitki hem de hayvanlar arasında bir köprü oluşturur.

5.5.2. Çokhücrelilerin Oluşumu

Evrimsel süreç içinde tekhücrelilerden çok hücreliler gelişmiştir. Böylece belli bir hücre farklılaşması olmuş ve farklılaşan bu hücreler de özel bazı görevleri üstlenmek üzere iş bölümü yapmıştır. Bir organizmanın belli kısımları arasındaki uyum ve birlikte çalışmayı belli bazı hormonlar kontrol eder. Çok hızlı tepki gösteren canlılarda buna sinir sistemi de katılır. Merkezi sinir sisteminin oluşması hayvanların yüksek organizasyonu için önemli bir temel oluşturur.

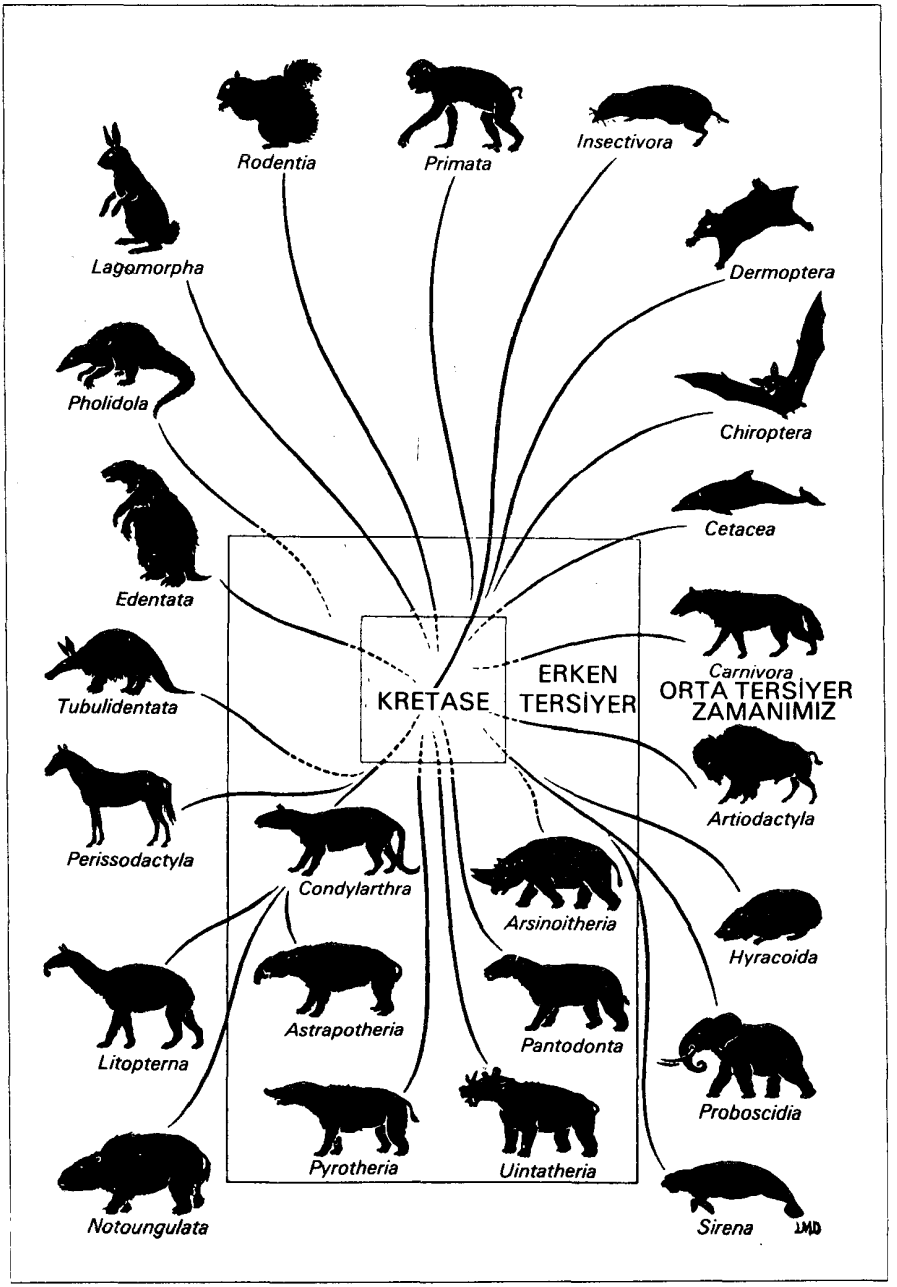
5.5.3. Bitkilerin Evrimsel Tarihi

Evrimsel süreçte çeşitli gelişim yönlerine doğru gerçekleşen bir ayrılma izlenir. Bu tip bir ayrılmayı daha bitkisel kamçılılarda örneğin *Flagellat*'larda, görebiliriz. Çünkü bunlardaki farklı endosimbiyontlar kloroplastların işlevini üstlenmiştir. Kamçı taşımayan tekhücreliler de Flagellat'lara dahil olup, bunları basit hücre kolonileri ve ipliksi algler izler. Karmaşık bir yapıda olan bu algler, geçirdikleri çok sayıdaki evrim basamağında ayrı olarak gelişmiştir. Mantarlar başına buyruk bir grup olarak çok önceleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle mantarlar, yeşil bitkilere göre daha farklı bir beslenme şekli göstermişlerdir. Buna göre *Hyphe* adı da verilen uzun hücre dizinlerinin oluşturduğu büyük yüzeyleri ile organik maddeler emilerek alınır. Yosun ve çıplak eğreltiler tatlısu yeşil alglerinden kökenlenir. İlk eğreltilerden tohum eğreltileri, onlardan da *Cycadae,* yani palmiye eğreltileri oluşmuştur. Açık tohumlu bitkiler eğreltilerin atalarından, kapalı tohumlular da palmiye eğreltilerinin atalarından kökenlenir. En eski kapalı tohumlular dikotiledon (=çift çenekli) idi. Daha sonra ortaya çıkan monokotiledon (=tek çenekli)lar, çift çeneklilerin atalarından oluşmuştur.

5.5.4. Hayvanların Evrimsel Tarihi

Hayvanların evrim tarihi incelendiğinde, bunlarda da kamçılılara benzeyen tekhücreliler olduğu görülür. Süngerler tekhücreliden çokhücreliye geçişte ara formu oluşturur. Bunlardaki yakalı kamçılı hücreler, bitkilerin kamçılı hücrelerinin yapısına benzer. Boşluklu hayvanlarda ektoderm ve entoderm oluşur. Bunu da ileri organizasyonlu hayvanlarda embriyonal gelişme sırasında izlenen gastrula dönemi ile karşılaştırabiliriz.

Hayvanlar evrimsel gelişimleri sırasında iki ana grup oluşturmuştur. İlkin ağızlılar, yani *Protostomie*'de gastrulada ortaya çıkan ilkin ağız diye adlandırılan açıklık olduğu gibi korunduğu halde, anüs yeni oluşturulur. Yeni ağızlılar veya *Deuterostomie*'lerde ilkin ağız anüsü oluşturur ve esas ağız yeni oluşur. İlk gruba örnek olarak yassı ve halkalı solucanlar ile eklembacaklılar ve yumuşakçaları verebiliriz. İkinci gruba ise derisi dikenliler ve kordalı hayvanlar girer. Gerek ilk ve gerekse ikinci gruptaki canlılar içinde vücut sıvısı bulunan vücut boşluğunu, yani sölomu, birbirinden bağımsız olarak geliştirmişlerdir. Böylece solucan gibi uzun olan canlıların vücut şekilleri sabitleşerek, su ile dolu bir torbaya benzemiştir. Suda yaşayan canlılarda gerçek iskelet yerini "HİDRO İSKELETE" bırakmıştır. Hidroiskelet bölümlere ayrılarak direnç kazanır. Bu nedenle suda yaşayan birçok canlı solucana benzeyen



Şekil 467.1: Plasentalı memeli takımlarının akrabalık ilişkileri (Colbert'den).

segmentli bir vücut yapısına sahiptir. Eklembacaklıların da ataları solucanları andırır. Yengeçler köken formlarından çok önceleri ayrılmıştır. Örümcekler ise yen-

geçlerin ilk formlarına daha yakın bir şekil gösterirler. Daha sonraları ise hava ile solunan diğer eklembacaklılar da ortaya çıkmıştır.

Derisi dikenliler *Deuterostomie*'lerin ilkel grubuna girer. Mantolu hayvan (=*Tunicata*)lar gelişim süreçlerinde geçici bir dönem boyunca kordalı hayvanlara benzer. Ampfiyoksus, hidroiskeletli olduğu kabul edilen ilkel kordalıları andıran yapısal özelliklere sahiptir.

Omurgalı hayvanlardan memeli takımlarının akrabalık ilişkileri *(Şekil 467.1)*'de görülmektedir. Karasal bitkilerin önemli bir bölümü yavaşça geliştiği halde, hayvan şubelerinin önemli bir bölümü "Paleozoik"in başlarına doğru, hemen hemen aynı anda ortaya çıkmıştır.

5.6. EVRİMİN HIZI

Soyağacı araştırması, farklı bitki ve hayvan şubelerinin değişik hızlarla geliştiğini gösterir. Aynı hayvan grubunda bile, gelişim değişik hızla olabilir. Kafadanbacaklılar çeşitliliklerinin en ileri düzeyine ulaştıktan sonra bunu triastan tebeşire ve günümüze kadar sürdürmüşlerdir. Böcekler önce karbonda, daha sonra da tekrar triasdan günümüze kadar çeşitliliklerini sürdürmüşlerdir. Sürüngenler, triasdan tebeşire kadar, memeliler tersiyerin başından bu yana gelişim ve çeşitliliklerini sürdürmektedirler. Ayrı ayrı şubelerin farklı yaşama sürelerine sahip olmaları biyolojik açıdan son derece ilginçtir. Bunların bir bölümü çok kısa bir zaman içinde önemli bir şekilde çeşitlilik kazanır ve daha sonra da yavaşça gerileme sürecine girer. *Ammonit* ve *Saurier'(= dinazor)*lar çok kısa sayılabilecek bir sürede ortadan kaybolmuşlardır. Dinazorların soyu tükenince, çeşitli ekolojik nişler oluştu. Daha önce diğer canlıların yaşamalarının olanak dışı olduğu bu nişler, dinazorların ölümü ile memeliler tarafından işgal edildi. Memeliler bu boşalan alanlara yerleşmeye başlayınca, tersiyerin başında çeşitlenme ve populasyon artışı gerçekleşerek onların evrime uğramasına yol açtı.

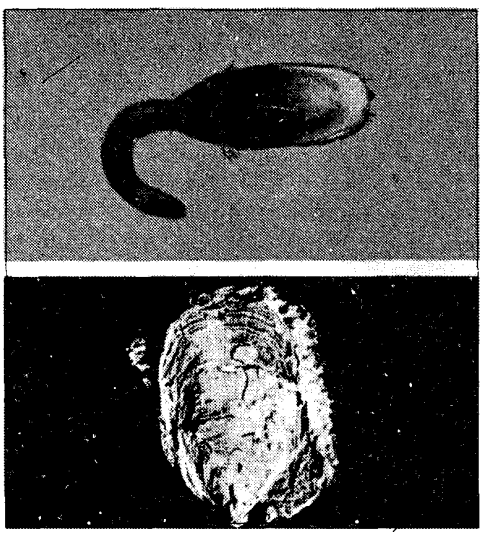
Belli bir süre içinde gerçekleştirilen döl sayısının sıklığı o türün evrimine de etki yapar. Döl süresi kısa olan türlerin evrim hızlarının da yüksek olabileceğini bekleyebiliriz. Örneğin günümüz insanı 3,5 milyon yıl önce ortaya çıkan ilkel atasından günümüze kadar 140 000 döl geliştirmiştir. Sirke sineği (=**Drosophila sp.**) aynı sayıdaki dölü 8 400 yılda gerçekleştirir. Burada *önemli olan sineğin bu kadar sürede değişikliğe uğrayıp uğramadığıdır. Bu durumda sürenin kısalığı değil, geçirdiği evrimsel değişim önemlidir.*

5.6.1. Gradualizm (=Yavaş Gelişim) ve Punktualizm (=Hızlı Gelişim)

Bir türün ne kadar bir sürede oluşacağı tartışma götürür. Bu nedenle GRADUALİST'ler, bunun birçok küçük mutasyon basamağının birikimi (=adisyon) ile gerçekleştiği görüşündedir. Evrimle uğraşan başka bir bilim adamı grubu gen havuzunun ayrılmasının büyük değişmelere yol açacağını ileri sürmektedir. Zira bunlar içinde genetik sürüklenmenin etkili olduğu kurucu populasyonların ayrılacağı görüşünü taşır. Bu görüşlerini de *KESİNTİLİ DENGE KURAMI* ile açıklarlar. Oysa PUNKTUALİST'ler bir türün aniden oluşabilmesi için, organizmanın hiç değişmediği uzun sürelerin olması gerektiği görüşünü taşırlar.

Tür oluşumu morfolojik bir değişimle ilişkilidir. Moleküler düzeyde yürütülen evrim araştırmaları, proteinlerin evrime uğrama oranlarının ortalama olarak sabit kaldığını gösterir. Bu nedenle yavaş, yani GRADUEL veya hızlı, yani PUNKTUEL morfolojik değişimleri sınır durumları olarak değerlendirmek gerekir. Bunlar, seleksiyon etmenleri ve genetik sürüklenmenin birlikte ve farklı olan etkisi ile gerçekleşir

5.6.2. Yaşayan Fosiller



Şekil 469.1: Günümüzde yaşayan Lingula (üstte), bir lingula fosilinin kavkısı (altta).

Bazı formların, çok uzun zamandan beri hiç bir değişikliğe uğramadığı bilinir. Örneğin *Lingula* silurdan bu yana hiç değişmeden yaşamını sürdürmektedir *(Şekil 469.1)*. Resent, yani şu anda yaşamakta olan *Nautilus*'un triasda yaşamış olan atasal formlarından hiç farkı yoktur. Çapraz yüzgeçliler ve örneğin bu gruba giren *Latimeria* binlerce yıldan beri hiç değişmemiştir. Yine akciğerli balıklar triasdan bu yana aynı yapısını koruyabilmiştir. Böyle milyonlarca yıldan bu yana yapısını hiç değiştirmeyen türlere *DEĞİŞMEYEN FORMLAR* veya *STABİL FORMLAR* adı verilir. Bu değişmeyen formlar bugün bile yaşamlarını sürdüren böyle yaşayan fosil örnekleri vardır. Bunlara örnek olarak 400 milyon yıldan beri yaşayan *Neoplina* adlı atasal salyangozu, 200 milyon yıldan beri var olan *Triops* adlı yaprak ayaklı salyangozu; 170 milyon yıldır yaşayan *Limulus*, yani okkuyruğu; 170 milyon yıldan beri yaşayan *Ginko biloba* (=Ginko ağacı) ve 150 milyon yıldır yaşamını sürdüren mamut ağaçları *(=Seqoia)*nı verebiliriz.

5.7. EVRİM VE YÜKSEK GELİŞMİŞLİK DÜZEYİ

Canlılarda basit yapılılardan karmaşık yapılılara doğru gelişim, yani *ANAGENEZ*'in olduğu soyağacı incelemelerinden anlaşılabilir. Gelişmişe doğru adım adım ilerleyen bu farklılaşma hücre, doku ve organların artan bir şekilde çeşitlenmesi ile olur. İleri organizasyona yönelik olan gelişim olgusunun temelinde, genetik bilginin artması yatar. Omurgalı beyninin işlevi ile ilgili gelişme sonucu, bunlar çok çeşitli ve karmaşık konuları daha iyi irdeleme ve tartışıp karşılaştırma ile neden niçin ilişkilerini değerlendirmeye ileri düzeyde uyum sağlamış ve böylece çevrelerine bağımlılıklarını azaltmışlardır. Yalnız bir noktayı gözden uzak tutmamak gerekir. O da evrim sürecinde basitten gelişmişe doğru olan ilerlemenin uyumun artışıyla aynı anla-

ma gelmeyeceği gerçeğidir. Bu uyum her düzeyde organizma için mümkündür. Zaten basit yapılı organizmalar, gelişmişler gibi çevrelerine uyum sağlayamamış olsaydı, şimdi yeryüzünde yaşamaları söz konusu olmaz ve sadece gelişmiş canlılara rastlanılırdı.

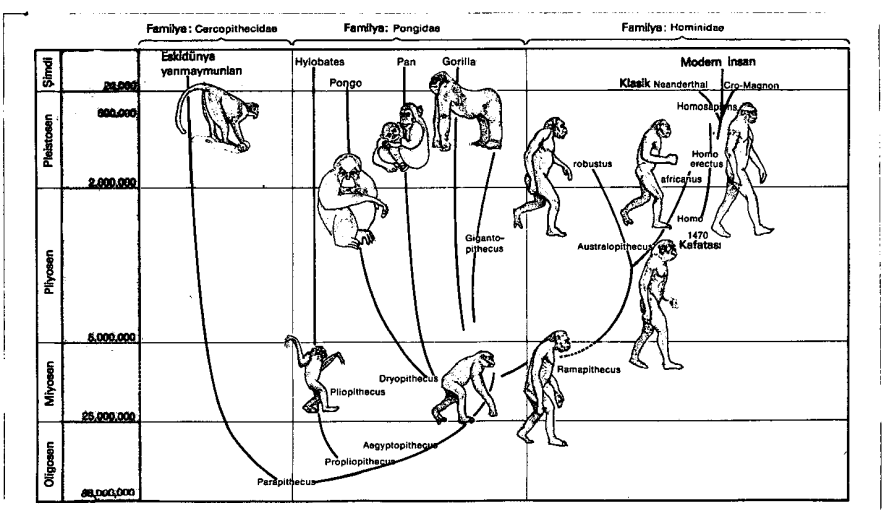
Yüksek gelişmişlik bir zorlama sonucu ortaya çıkar. Çok sayıda mutasyon arasında yeni bir yaşama alanına yerleşim, örneğin kara parçalarının bitki ve hayvanlarca işgali gibi bir olgunun gerçekleşmesi çok sık olmaz. Ya da geliştirdikleri beslenme şekilleri ile çevreden yeni bir biçimde yararlananlar güç de olsa izlenebilir. Ayrıca yeni yaşam koşulları altında avantajlı olabilen başka etkili mutasyonlar da görülebilir. Bütün bu olgular ve biyolojik olaylar bize gelişmenin rekabete yönelik bir yol olduğunu gösterir.

İleri organizasyona yönelik gelişim her zaman basit yapılı canlıların mutlaka ortadan kalkması gerektiği anlamı taşımaz. Çünkü basitler her zaman gelişmiş türlerle aynı ekolojik nişi paylaşmazlar. Bununla birlikte basit yapılı türler, ileri organizasyonlularca dar bir alanda yaşamaya zorlanır ve ancak onlarla kısmen rekabete girerler.

6. İNSANIN EVRİMİ

6.1. İNSANIN DOĞAL ORGANİZMA SİSTEMİNDEKİ YERİ

İnsan vücut yapısı ve diğer özellikleri nedeniyle memeli hayvanlara dahil edilir. LINNE insanı, maymun ve yarı maymunlarla birlikte, memelilerin en ileri grubu olan *PRİMAT* takımına sokmuştur *(Şekil 470.1)*.



Şekil 470.1: İnsanın evrimi. **Catarrhini** alt takımına ait primatların filogenisi (Barnes'den).

Günümüzde yaşamakta olan yarı maymunların atasal formu bir sincap büyüklüğünde olup sivri burun sincap adı verilen Tupaja'lardır. Bunlar Asya'nın güney doğusunda bulunur ve ağaçlarda yaşar. Çene ve dişlerinin yapısı, çok iyi gelişmiş olan koklama duyusu ve primatlar için fazla sayılabileek yavru sayısı (5 yavru) gibi özellikleri, onun böcekciller (=INSEKTİVORA)le akrabalık ilişkisi içinde olduğunu gösterir. Yarı maymun grubu, Madagaskar Adası'da çok sayıda türe sahiptir. Bunda ışınsal uyumun önemli rolü vardır.

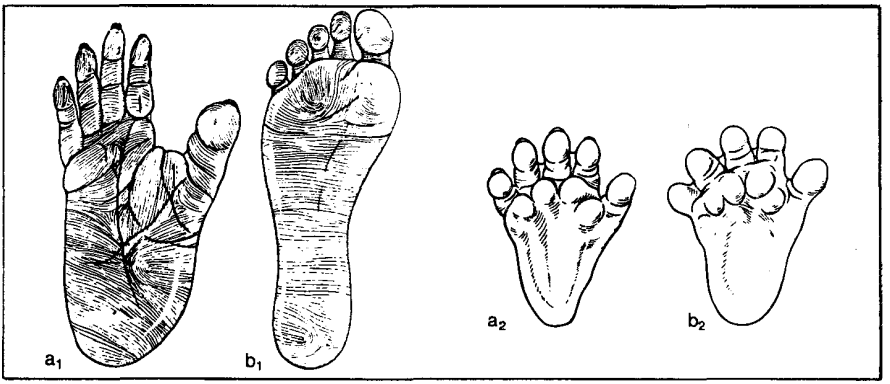
Maymunlar alt takımı birbirinden coğrafik olarak, çok iyi sınırlanan iki farklı gruba ayrılır. Birinci grupta sadece Orta ve Güney Amerika'nın tropik ormanlarında yaşayan yeni dünya ya da geniş burun maymunları yer alır. Güçlü kavrama kuyruklarının oluşu, burnun geniş bir duvarla ayrılması ve burun deliklerinin yanda olması bunların ilginç özellikleridir. Genel olarak ağaçların üzerinde yaşarlar. İkinci grupta eski dünya veya darburun maymunları yer alır. Bunlarda burnu ayıran duvar oldukça dar olup, burun delikleri önde bulunur. Bunlar eski dünyanın sıcak ve ılıman olan bölgelerinde yaşarlar. Bu gruptaki maymunlar üç familyaya ayrılır. Birincisi Asya ve Afrika'nın orman ve dağlık bölgelerinde yaşayan deniz kedisi benzeri maymunlar, ikincisi Gibbon üçüncüsü ise insan benzeri olan maymunlardır. Sonuncu familyaya *Pongidae* adı verilir.

Pongidae (İnsan benzeri maymun veya insansı maymun) familyası üç cinsle temsil edilir. Bunlar Urang-Utan, Goril ve Şempanzelerdir. Bunlar Orta Afrika'nın bakir ormanlarında yaşar.

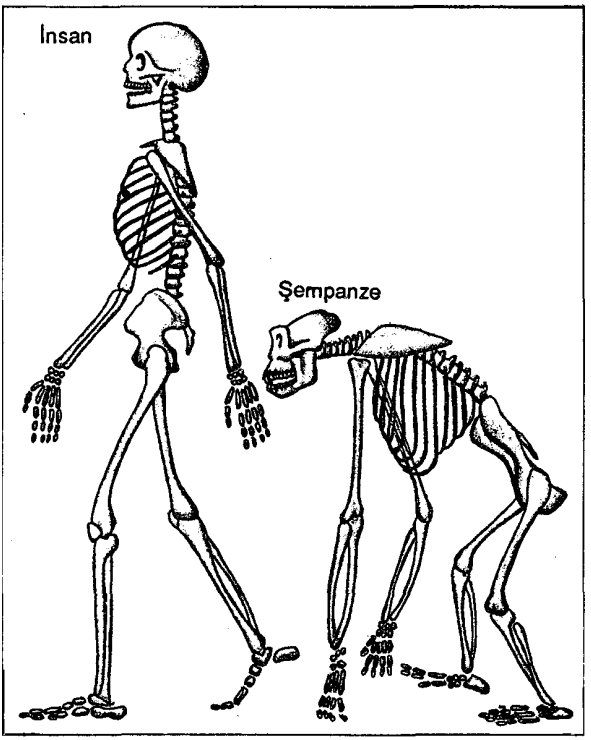
Urang-Utan'ın güçlü bir kafatası olup, ağaçlara asılarak tırmanır. Goril ve şempanze ise ağaç yerine yeri tercih eder.

İnsan birçok bakımdan insanımsı maymunlara benzediği için, insan benzeri üst familyası *(Hominoida)* na dahil edilir. İnsan kedi familyası olan *Hominidae* familyasında yer alır.

Günümüzde yaşayan insanımsı maymunlar birbirine benzer. İnsan ve şempanzede erginleşince üst çeneden bir dikişle ayrılan ara çene kemiği izlenmez olur. Bu diğer primatlarda vardır ve embriyonal dönemde bulunur. Ara çene kemiğinin üst çene ile kaynaşması insanda doğumdan önce, şempanzede daha sonra olur. İnsanımsı maymun çenesi insan çenesinden köpek dişinin diğer dişlerden daha büyük ve aralarında daha fazla boşluk olması ile ayrılır. Elkökü kemiği sayısında farklar vardır. Bu sayı Urang-utanda 9 olduğu halde goril, şempanze ve insanda 8'dir. Embriyonal dönemde taslak halinde oluşmuş olan 9. kemik, daha sonra komşu kemikle kaynaşarak görülmez olur. Atar damarların, büyük aort yayından dallanması da insandakine benzer. Yalnız Urang-utandaki farklıdır. Serum reaksiyonu şempanzelerle bir akrabalığın olabileceğini gösterebilir. Kromozomlar birbirine benzerlik gösterirse de, sayıları insanda 46 iken şempanzelerde 48'dir. Bunun nedeni de muhtemelen iki kromozomun birbiri ile kaynaşması olabilir.



Şekil 472.1: Erişkin insan ve maymun ayaklarının karşılaştırılması. a_1) Şempanze, b_1) İnsan ayağı (insan ve maymun baş parmaklarının farkına dikkad); a_1) Makake, b_1) İnsan fötüsü ayağı. Her iki fötüs de 24 mm'dir (Czihak'dan).

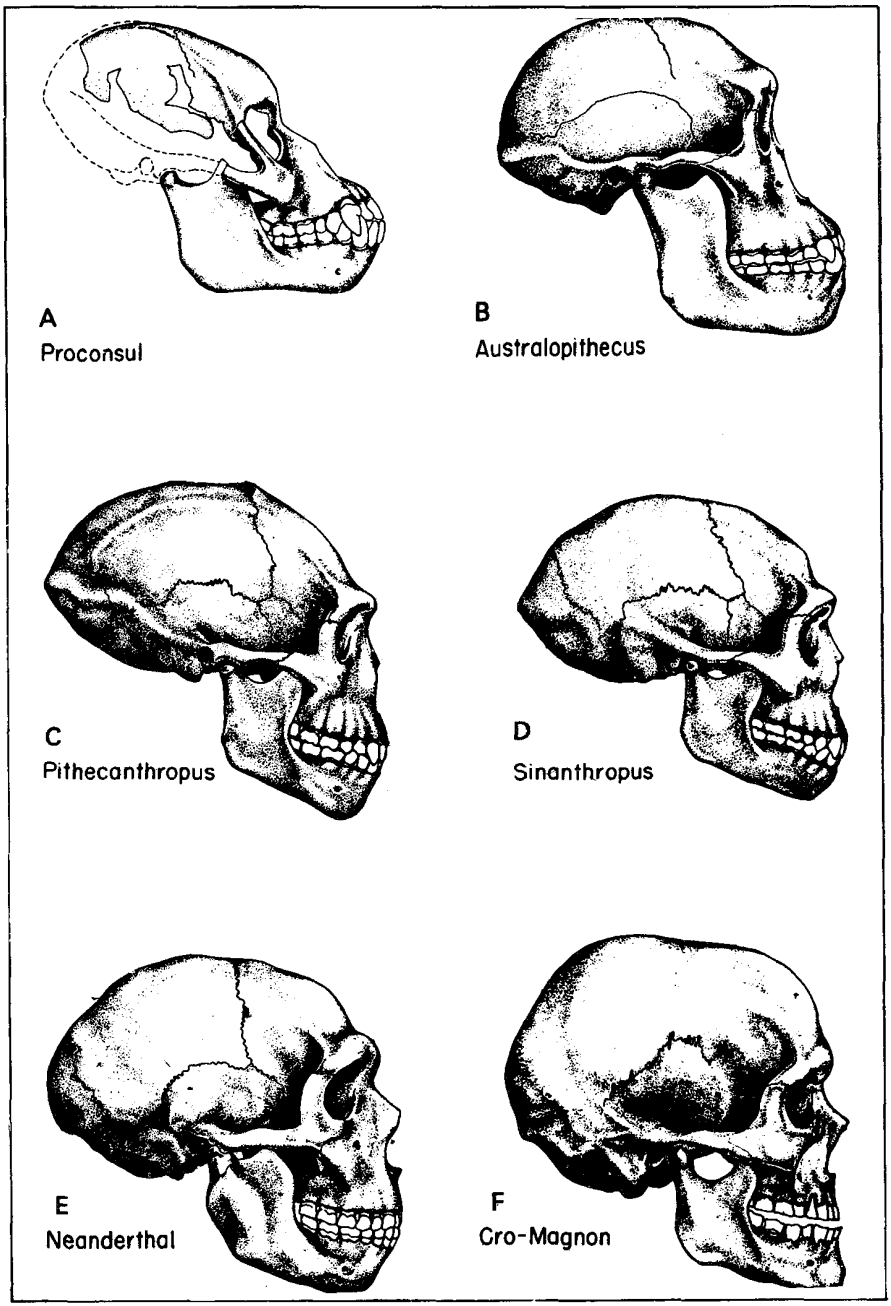


Şekil 472.2: İnsan ve maymunun normal duruşda omurgalarının şekli.

6.2. PRİMATLARIN GELİŞİM EĞİLİMLERİ

İnsan, yarı maymun ve maymunlar yaşama şekil ve davranışları bakımından birbirleri ile karşılaştırılırsa *(Şekil 472.1)* bazı benzer gelişim basamaklarını izledikleri görülebilir *(Şekil 472.2)*.

İnsan gözünün kafanın ön kısmında yerleşmesi, ona ileri düzeyde görebilme yeteneği sağlar. Gözlerin bu şekildeki konumu onun maymunlara benzeyen özelliklerinden birisidir. Görme yeteneği en optimal şekilde kullanılarak çevredeki bilgilerin önemli bir bölümü optik yolla algılanır ve değerlendirilir. Bu bilgilerin kullanımı için insan çok iyi bir beyin geliştirmiştir. Bu arada aynı anda arkasını görememesi ve gelecek tehlikeleri zamanında algılayamaması insan için önemli bir kayıp ve handikaptır. Bu dezavantaj akustik bilgileri anında algılayan çok duyarlı bir kulağın geliştirilmiş olması ile kısmen giderilmiştir.



Şekil 473.1: İnsan ve maymun kafataslarının karşılaştırılması. A) **Proconsul** (Miyosen büyük maymunu), B) **Australopithecus** (Güney Afrika insansı maymunu), C ve D) Java ve Çin'den ilkel insan tipleri, E) Neanderthaloid, F) Cro-Magnon (üst Paleolitik'teki modern insan) (Romer'den).

6.2.1. İnsanın Özel Konumu

6.2.1.1. Vücudun Dikine Konumu ve Arka Üyelerle Yürüyebilme Özelliği

Gibbon, urang-utan ve şempanzeler ağaçlara asılarak veya sıçrayarak hareket eder. Erişkin goril ise çok ağır olduğu için yerde yaşar. Yürürken ayaklarını kullanır ve ayak tabanının yan kısmına basar. İnsan da iki ayaklı ve dikine yürüyen bir canlıdır.

İnsan dikine yürüme yeteneği kazanması sonucunda iskelet değişmiştir. Ayak yürüme işlevini üstlenmiştir (bebekler hariç).

Başparmak, diğerleri gibi hareket edemez. Ayakkökü ve orta ayak kemikleri insansı maymunlardaki gibi çıkıntılıdır.

İnsansı maymunlarda başparmak açılabilir ve böylece ayak, cisimleri kolayca kavrayabilir. Kalça genişlemiş olup öne doğru dönüktür. Omurga dört ayaklılardaki gibi köprü şeklinde olup asılarak hareket edenlerdeki gibi gergin değildir. Omurga çift S şeklinde bükük olup gövde ve kafayı taşır. Kafanın dayanak noktası, ağırlık noktasının altındadır. İnsanımsı maymundaki gibi onun arkasında değildir. İnsanın göğüs kafesi genişlemiştir. Böylece vücudun ağırlık noktası, vücut ekseni gerisindedir. Oysa bu diğer primatlarda, dengenin daha iyi sağlanmasında avantajlı olan kama şeklindeki göğüs kafesindedir.

6.2.1.2. Ellerin Kavrama Yeteneği

Dikine yürüme özelliği ile birlikte, arka üyeler bu işlevi üstlenmiş ve ön üyeler yani eller kavrama özelliğini kazanmışır. Bu arada güçlü başparmak diğerlerini karşılayacak şekilde yerleşmiştir. Altkol ekseni etrafında çevrilebilir. Bu yüzden el kavrama, bulma ve yaratma organı olarak, kültürel işlevlerin gerçekleştirilmesinde kullanılır *(Şekil 472.2)*.

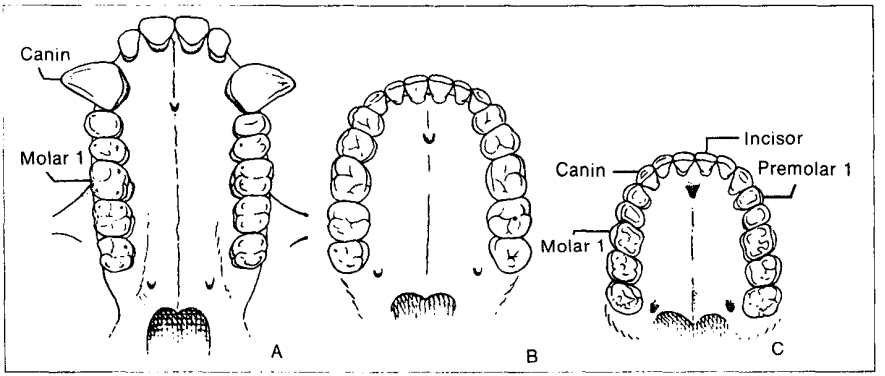
6.2.1.3. Kafatası

Büyük beynin büyümesi sonucu kafatası genişlemiş ve çıkıntılı bir alın oluşturmuştur. Yüz iskeleti küçük olup burnun iskeleti iyi gelişmemiştir. Gözüstü çıkıntısı gerileyerek kaybolmuş, burun çıkıntısı ve çene iyice belirginleşmiştir *(Şekil 473.1)*.

6.2.1.4. Çene ve Dişler

Dişler parabolik bir çene yayında dizilir. Damağın çıkıntılı yapısı, gırtlağın derin oluşu ve dilin hareket edilebilirliği, konuşmak için gerekli olan önemli gelişmelerdir. Ara ve üst çenenin doğumdan önce kaynaşması çene yapısının değişimini engeller ve bunun sonucu olarak konuşma yeteneği değişmeden korunur *(Şekil 475.1)*.

İnsan çenesi az farklılaşarak yemeye elverişli bir yapı oluşturur. İnsansı maymunlara göre daha küçüktür. Köpek dişleri kesicilere göre pek farklı değildir. Dişler bir sıra halinde yanyana ve aralarında bir boşluk bulunmaksızın yerleştiği halde, insansı maymunlarda kesici ve köpek dişleri arasında boşluk vardır *(Şekil 475.1)*.



Şekil 475.1: A) Erkek bir gorilin, B) **Australopithecus**'un ve C) Bir Avustralya yerlisinin damağı ve üst dişleri. Diş dizilişleri ve köpekdişlerinin yapısı bakımından **Australopithecus** maymunlardan çok insana benzemektedir.

6.2.1.5. Vücut Örtüsü

İnsan vücudunu saran kıl örtüsü maymunların aksine en az düzeye inmiştir. Vücutta varlığını koruyanların belli bir seleksiyon avantajı olduğu düşünülebilir.

6.2.1.6. Sütçocuğu Tipi, Gençlik ve Yaşlılık Döneminin Uzaması

İnsan gelişmişlik bakımından en üst düzeyde olduğu halde, insanımsı maymunlara göre yavrusunu daha erken doğurur. Bunda en önemli etmen, yavru kafasının büyümesi halinde doğum kanalından geçmesinin zorluğu ve hatta boğulma tehlikesinin olmasıdır.

İnsan yavrusu doğumdan sonra belli bir süre yardıma muhtaç olduğu halde, tüm duyu organlarına sahiptir ve bunlar da çok iyi gelişmiştir. Böylece bebek beyni yardımı ile çevredeki tüm olayları algılar.

6.2.1.7. Büyük Beynin Büyümesi

Goril ve şempanze beyni, büyüklük bakımından insanınkine en yakın olanıdır. Ama insan beyni daha katlantılı ve gelişmiştir. İnsan beyninin yeteneği sinir hücre sayısının çok olması ile ilişkilidir.

6.2.1.8. Davranış

Çocuk bakımının uzun sürmesi, ailede iş bölümüne yol açar. Bu da sosyal bağların daha güçlenmesine neden olur. Çalışma birlikteliği karşılıklı yardımlaşma, öğrenme ve öğrenileni iletme gibi özellikler insanın önemli üstünlükleridir. İnsanın yaşam boyu öğrenme yeteneğini koruması kültür gelişiminin temelini oluşturur.

6.2.1.9. Konuşma

Amaca yönelik ve içgüdüsel olarak ses çıkarma ile anlaşma, ikaz ve uyarım sesleri ile yapılan bu davranış şekilleri hayvanlarda da görülür. Öğrenilen bir lisanın bellekte seslere dönüşüm yeteneği insan dışında hiçbir canlıda yoktur. İnsan

konuşma yeteneği ile birçok bilgiyi karşısındakine ileterek sosyal temelli ilişki ağı kuran tek varlıktır. İnsanoğlu kelime ve cümlelerle deneyimlerini bildirerek belli bir kültürün gelişimini sağlar.

Konuşmak için daha önce değindiğimiz anatomik değişmeler yeterli değildir. Bunun dışında büyük beyinde *MOTORİK KONUŞMA MERKEZİ*'nin de olması gerekir, bu alana *BROCA BÖLGESİ* denir. Bu bölge anlamlı konuşmayı mümkün kılar.

6.2.2. İnsanın Anlama Yeteneği

Anlama yeteneği insanı diğer primatlardan ayıran en önemli özelliktir. İnsanoğlu, diğer canlıların doğuştan olan davranış şekillerine daha az bağımlıdır. Gereksinimi için belli alet ve mekanizmayı yapıp mantık süzgecinden geçirerek kullanma yeteneği, insanda gelişmiştir.

İnsanın yaptığı işleri belli kurallar çerçevesinde gerçekleştirmesi onu özel bir konuma sokar. İnsanoğlu çevresi dışına çıkıp bizzat düşünen, geleceği planlayan, bireysel olarak kazanılan yetenekleri diğerlerine ileten ve bunları yazıya dökerek saklıyan, kendi kaderini yönlendiren bir canlıdır. Bu yetenekler insanoğluna diğer canlıların ancak biyolojik evrimle elde edebilecekleri yaşama şeklini çok çabuk değiştirebilme özeliğini verir. Bu değişimler son 40 000 yılda, iskelette herhangi bir değişim olmaksızın gerçekleşmiştir.

İnsanlık kavramını yaratan kendisinin zekasıdır. Bu ise onu diğer hayvanlara göre daha üstün kılmakta ve onların hakimi yapmaktadır. Diğer canlıların yaşayabilmeleri işte bu zekanın iyi ve faydalı yönde kullanılmasında yatar. Hatta bizzat insanlığın devamı, bu zekanın iyi kullanımına bağlıdır.

6.3. İNSANOĞLUNUN İLK FORMLARI (=ATALARI)

İnsan evrimi incelenirken, bugün üç önemli görüşten hareket edilir.:

a) Yaş tayini yöntemi yardımı ile fosil kalıntılarının değerlendirilmesi,

b) İnsan ve maymunsu insanların DNA dizin ve proteinlerinin homolojisinin moleküler biyolojik olarak araştırılması. Burada moleküler saat kullanılır.

c) Bulunan araç ve yaşama alanlarının araştırılması. Bulgular bugün avcı ve toplayıcı toplumların araştırılmasından elde edilenlere benzer. Maymunların sosyal davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, sosyal yapının belli bir beyin büyüklüğüne ulaşılmış olmasına bağlı olduğu görüşünü güçlendirir.

Maymunsu insana ait en eski fosil *PROPLİOPİTHECUS'a* özgüdür. Adı geçen fosil bundan 30 milyon yıl önce Afrika'da yaşamış olup, muhtemelen insan, maymunsu insan ve darburun maymunların atasal formuydu. Mısır'da bulunan ve 25 milyon yıl önce yaşamış olan *AEGYPTOPİTHECUS*ve Asya, Afrika ve Avrupa'da 20 milyon yıl önce yaşamış *DRYOPİTHECUS* formları insan ve insansı maymunun ataları olarak kabul edilir.

Önceleri insana doğru olan gelişim basamağının, insansı maymundan 16-20 milyon yıl önce ayrıldığı düşünülüyordu. Çeşitli moleküler biyolojik araştırmalar,

bu ayrılmanın orang-utanda 10-15, goril ve şempanzede ise 5-9 milyon yıl önce olduğunu göstermiştir. Buna göre en geç insan ve insansı maymunun müşterek atasının RAMAPİTHECUS olması mümkündür. Başka bir görüşe göre ise DRYPİTHECUS formlarından PROCONSUL en son müşterek atadır. Afrika, Asya ve Avrupa kıtalarında bulunan fosil RAMAPİTHECUS'lar 8-16 milyon yaşındadır. Bu savanlarda yaşamış olup V harfi şeklinde diş dizisine sahiptir. İnsan ve insansı maymundaki diş yayını taşımamaktaydı. Ramapithecus grubunun en son buluntuları orang-utanın atasıdır.

6.4. İNSANIN ORTAYA ÇIKIŞI

Bundan 7-5 milyon yıl önce görülen iklim değişmeleri Afrika'da savanların artmasına yol açtı. Bu yüzden birçok hayvan türünün soyu tükendi ve özellikle toynaklı birçok yeni hayvan türü ortaya çıktı. Belki de iki ayak üstünde yürüme özelliği ve buna bağlı olarak alet kullanımı için ellerin serbest kalışı savanlardaki yaşama koşulları ile ilişkilidir. Ellerin besin almada kullanılması, midenin kaslı yapısını geriletmiştir. Ayrıca beynin kapsülünün büyümesi ile kafatasının şekli değişmiştir. Bununla birlikte elin birçok işde çok yönlü olarak kullanılması sonucu beyin de büyümüştür.

6.5. İNSANIN GELİŞİMİ (4 Milyon Yıl Önceden Günümüze Kadar)

İnsan dönemi Prehominid, yani ilk insan ve Öhominid gerçek insan olmak üzere iki kısma ayrılır.

6.5.1. İlk İnsan Prehominidler (=Australopithecine)

Bu gruba ait olan en eski fosil 3,6 milyon yaşındadır. Bunların insana benzeyen özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a) Parabolik çene yayı taşırlar ve dişler arasında herhangi bir aralık yoktur.

b) Kalça anahtar şeklinde bir yapı gösterir ve ayak şişkindir.

c) Bulunan iskelet fosillerinin yanında, bazen basit yapılı taştan araç gereç veya kemiklere de rastlanmıştır.

Doğu ve Güney Afrika'da elde edilen 100 den fazla buluntu sayesinde bazı yeni insan türlerinin varlığı ortaya çıkarılmıştır.

3,6-2,9 milyon yıllık en eski buluntu Habeşistan'ın Afar bölgesinde bulunmuş olup bu bölgenin adını alır (**Australopithecus afarensis**). Bazı araştırıcılar bu türü en eski form kabul etmeyip *Australopithecus* ve *Homo* cinslerinin müşterek olan ana formu diye ele alırlar. Bu nedenle bu türe **Praeanthropus afarensis** adını verirler. Bazı araştırıcılar **P. afarensis**'i iki ayrı tür altında irdeler.

A-tipi: Bu tipe sokulan **A. africanus,** genç **Australopithecine**lere dahildir. Bunlar yaklaşık 1,20 m boyunda idi. Daha güçlü ve 1,50 m boyunda kaba yapılı **A. robustus** (Güney Afrika) ve **A. boisei** (Doğu Afrika) önce verilen *Paranthro-*

pus nedeniyle *P tipine* girerler. *Australopithecine*'lerin soyu 700 000 yıl önce tükenmiştir.

6.5.2. Öhominidler (*Homo* cinsi)

Jeolojik ve paleontolojik araştırmalar da 2,5-2 milyon yıl önce tüm dünyayı kaplayan iklim değişimleri olduğunu gösterir. Bunun sonucunda Afrika'da özellikle otcullar olmak üzere, yeni türler ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde insan evriminde de yeni türlerin oluşumu iklimdeki değişmelerle ilgilidir. *Homo* cinsinin en eski fosil kalıntıları 2 milyon yaşında olduğundan, bu evrimin çok kısa bir zaman sürecinde gerçekleşmiş olması lazımdır. Bu bulguyu *punktualist tür oluşumu* modeli ile açıklamak mümkündür.

Aynı dönemde *Homo* cinsi örnekleri ile birlikte *Autralopithecus* da yaşadığından, her iki formun da farklı ekolojik nişleri işgal etmiş olmaları gerekirdi. *Homo* cinsi örnekleri kısmen balık, önceleri de küçük memelilerle beslendiği halde *Avustralopithecus*'un bitkisel besini tercih ettiği kabul edilir.

En önemli insan türleri aşağıda verilmiştir:

a) Homo habilis: Habilis (=becerikli) ismi, iskelet buluntuları yanında elde edilen aletlerden kaynaklanır. Bu türün kafatası 800 ml'dir. Fosilleri sadece Afrika'da bulunmuştur.

b) Homo erectus: H. habilis'in değişmesi ile ortaya çıkmıştır. Her iki tür arasında belirgin bir sınır yoktur. Bulunmuş *H. erectus* iskelet parçalarında yapılan yaş tayini, türün 1,6 milyonla 200 000 yıl önce ortaya çıktığını göstermektedir. Türün kafatası hacmi 700-1 200 ml'dir. Bunun dışında düz ve hafifçe inen bir alın ve güçlü kas çıkıntısı gibi özelliklere sahiptir. *H. erectus*'un doğu grubuna *Pithecanthropus erectus* (800 000 yıllık) ve *Sinanthropus pekinensis* (400 000 yılık) adlı türler dahildir. *H. erectus*'un batı grubu Afrika ve Avrupa'da yaşamıştır. Bunlardan en çok bilineni *H. heidelbergensis* (400 000 yıllık) tir. Erkek ve dişinin iş bölümü ile ekonomik ve sosyal ilişkilerin görülmesi bu grubun konuşabildiğini gösterir. Buna bağlı olarak da beynin hacmi büyümüştür.

Bu grubun çakmaktaşı ve buna bağlı olarak ateşi kullandığı tahmin edilir (500 000 yıl önce)

c) Homo sapiens: H. erectus'tan yavaş bir şekilde gelişmiş bir türdür. Presapiens grubu, Neandertal ve günümüzdeki insan grupları diye ikiye ayrılır.

Homo sapiens steinheimensis:-Almanya'da Steinheim'de bulunan bu fosil 230 000 yıllıktır. Kafatası büyük ve diğer özellikleri bakımından *H. erectus* ve günümüz insanınkini andırır.

Homo sapiens neanderthalensis: Alttüre ait ilk buluntu Düsseldorf yakınındaki Neander adlı vadide elde edildi. Neander vadisi insanı güçlü, tıknaz, 1,60 m boyunda olup, uzun kol, kısa bacak ve eğik bir duruşa sahiptir. Kafatasının hacmi 1 500 ml'dir. Damak kavsinin az oluşu ve gırtlağın yüksekçe konumlanması nedeniyle Neander vadisi insanı günümüz insanına göre daha belirsiz konuşmakta ve fakat anlaşılmamakta idi.

Alın hafifçe aşağı inmekte ve gözüstü çıkıntısı çok güçlü idi. Burnu geniş ve düz olup çenesizdi.

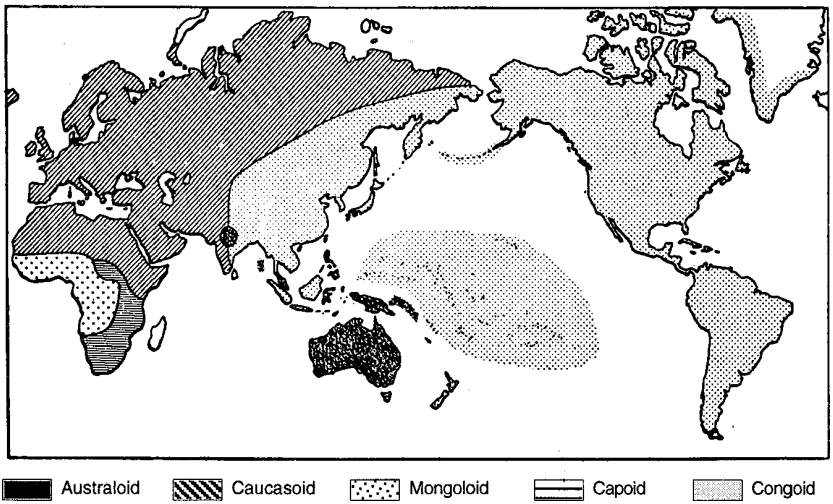
Neander vadisi insanının yayılış alanı oldukça genişti. Bu alan özellikle Avrupa'dan Kırım'a oradan da Filistin'e kadar uzanıyordu. Bu insan ırkı 100 000 yıl önce ortaya çıkmış ve 35 000 yıl önce de aniden kaybolmuştu. Onun akabinde Avrupa'da günümüz insanı görülmeye başlandı. Eğer Neander vadisi insanı günümüz insanı ile aynı dönemde yaşamış olsaydı, yüksek olan ölüm oranı ile günümüz insanına karşı koyamaz ve onunla rekabete giremezdi. Bu durum da günümüz insanının nasıl olur da 1 000 yıl gibi kısa bir zaman diliminde, hakim canlı durumuna geçtiğini daha da anlaşılır yapmaktadır. Hamburg yakınında günümüz insanı ve Neander vadisi insanının karışımı olan bir fosil bulunmuştur.

Homo sapiens sapiens: Bu alt türe ait en eski fosil Doğu Afrika'da bulunmuş olup, yaşının 100 000 olduğu belirlenmiştir. Bu *parasapiens*den *sapiens* insanına geçiş formu olarak kabul edilir. Bu yüzden *H. s. sapiens*'in ilk defa Afrika'da ortaya çıktığı sanılmaktadır. Günümüz insan gruplarının gen değişimleri ile ilgili moleküler genetik araştırmaları, bu varsayımı doğrular. Araştırmalar Afrika'daki küçük bir grubun orayı terk ederek Avrupa ve Asya'nın buzsuz kısımlarına gittiğini belirtir. Günümüz insanı Ön Asya'da 90 000 yıl önce ortaya çıktı; ama Neander vadisi insanınca baskı altında tutuldu. Bu bakış açısından hareket edilirse, Avrupa *parasapiens*inin Neander vadisi insanından gelişmiş olması olasıdır.

Daha iyi bir gelişme gösteren günümüz insanı ince yapılı, kafatasında gözüstü çıkıntısı bulunmaz. Aynı dik, tepe çatısı kavisli ve belirgin bir çenesi vardır. En eski Avrupa insan formları, bulundukları bölgelerin adlarına göre CROMAGNON ve COMBE-CAPELLE insanı diye adlandırılır. Bu insan formlarının Afrika'dan Ön Asya'ya, oradan da Avrupa'ya geçmeleri olasıdır. En eski fosiller Orta Avrupa'da Çekoslovakya'da bulunmuştur. *H. s. sapiens* taşları ustalıkla oyarak ileri düzeyde taş silah, araç ve gereci yapabilecek yetenekte idi. Ayrıca mağara resimleri, hayvan ve fil figürlerini çok iyi bir şekilde yapabiliyordu.

6.6. GÜNÜMÜZ İNSAN IRKLARI

Günümüz insan ırkları çevre koşullarına bağlı olarak seleksiyona uğramıştır. Bu ırklar son 100 000-50 000 yılda ortaya çıkmıştır. Populasyon genetiği araştırmaları çok sayıdaki farklı genin Afrika insan gruplarından Negrid ve Pigmelerde olduğunu göstermiştir. Bunlar *H. sapiens*'in en eski gruplarına aittir. Küçük bir grup ise Asya'ya göçmüştür. Australidler Avustralya'ya gelmiştir, bu grubun bazı temsilcilerine Yeni Zellanda'da bugün bile rastlanmaktadır. Batı Asya ve Avrupa'da populasyonların ayrılması sonucu Kaukasidi ve Europidler ile Doğu Asya'da Mongolidler ortaya çıkmıştır. O zamana kadar insansız olduğu sanılan Amerika kıtası, yaklaşık 30 000 yıl önce, kuru ve buzla kaplı olan BERİNG BOĞAZI'ndan Mongolidlerin geçişi ile işgal edildi. Mongolidler kıtanın içlerine kadar yayılarak çeşitli medeniyetleri kurdular *(Şekil 480.1, 480.2, 480.3, 480.4 ve 480.5).*



Şekil 480.1: İnsan ırklarının yeryüzündeki dağılımı (Barnes'den



Şekil 480.2: Bir Arnavut. Alpin alt ırk grubundan.



Şekil 480.3: Akdeniz ırklarının uzak bir akrabası olan Hindulardan bir Hindu.



Şekil 480.4: Mongoloid ırkdan bir Moğol (Cole'den)



Şekil 480.5: Mongoloid ırkdan bir Amerikalı yerli (Cole'den).

BÖLÜM X
CANLILARIN SİSTEMATİĞİ

1. BİYOLOJİK SİSTEMATİĞİN TARİHİ

Yerkürede yaşayan canlıların bu kadar çeşitli oluşu, canlı doğanın bir simgesidir. Günümüzde yaşayan ve daha önce yaşadığı bilinen türlerin, belli bir sistem içinde ele alınıp sistematize edilmesine daha skolastik dönemde başlanmıştır. Gerek dış görünüşleri ve gerekse iç yapıları karşılaştırılan canlıların birçok bakımdan benzer oluşu, bunları gruplandırmayı mümkün kılmıştı. Yapılan bu gruplandırmaya canlıların doğal sistemi denir ve bu biyolojinin önemli bir dalı olan *SİSTEMATİĞİN* görevidir. Aşağıda çok kısa olarak ele alacağımız bitki ve hayvan türlerinin doğal ayırımı, aslında onların sınıflandırılmasıdır.

Canlılarla ilgili ilk sınıflandırmayı, doğa bilimci ve filozof olan **ARISTOTELES** (MÖ. 384-322) ve öğrencileri yaptı. O zaman, bilinen yaklaşık 520 hayvan ve bitki türü ile ilgili sınıflandırma, temel bir eser olarak ortaçağa kadar kullanıldı. Bundan ikibin yıl sonra İsveç'li **CARL VON LINNE** (1707-1778) kendi dönemine gelinceye kadar tanınıp bilinen çok sayıda hayvan türünü yeni bir şekilde düzenleyerek tanım ve sınıflandırmasını gerçekleştirdi. 1735 yılında yayınladığı *SYSTEMA NATURAE (=Doğanın Sistemi)* adlı eserinde 8 500 bitki ve 5 236 hayvan türünü tanımladı. **LINNE** hayvanları 6 sınıfa ayırarak ele aldı. Onun omurgalı hayvanları sınıflandırması ile günümüzde kullanılan arasında sadece çift

yaşamlılar bakımından farklılık vardır. Zira **LINNE** sürüngenleri de çiftyaşamlılar grubuna sokmuştu.

LINNE'nin biyolojiye yaptığı en önemli katkı, hayvan ve bitki türlerinin sınıflandırmasını iki isim kullanarak ele almasıdır. Canlıların iki isim kulanılarak yapılan adlandırılmasına *BİNEER NOMENKULATUR* adı verilir. Bu isimlendirmede ele alınan ilk isim *CİNSİ* örneğin **Canis**, ikinci ad ise *TÜRÜ* örneğin **familiaris** belirtmektedir. Böylece **Canis familiaris**, yani bildiğimiz köpeğin, bilimsel adını ifade eder. Canlıları bu şekilde iki isimle adlandırma sonucu, uluslararası olarak kullanılan ve tanınan bir isimlendirme birliği de doğmuş oldu.

Organizmaların sınflandırılmaları için, canlıların iç yapılarının özelliği de dahil olmak üzere birçok karakter, doğal sistemler tarafından kullanılır. Modern biyolojik sistematik, türler arasındaki doğal akrabalık ilişkilerini açıklamak için, çok çeşitli yöntemler kullanmaya çaba sarfeder. Burada *FİLOGENETİK SİSTEMATİK* 'ten söz edilir.

Evrimin ve filogenetik sistematiğin temel birimi *TÜR* dür. Yeni bir türün oluşumu, atasal türün iki kardeş türü, bunların da yine yeni türleri meydana getirmesi ile olur. Bu şekilde elde edilen dallanmış bir soyağacı, ana formlardan köken alır. Monofiletik bir soyağacının içerdiği tüm türler sistematik birliği oluşturur.

Modern sistematiğin görevi, canlıları filogenetik gruplar içinde toplamak ve değerlendirmektir. Bu gruplar benzer türleri içerebilir ve önceki sistematik birimlere uyabilir. Diğer taraftan bazı türler daha önce dahil edildikleri gruplardan çıkarılarak başka birimlere sokulabilir. Böylece bu yeni türler için yeni olan sistematik değerlendirmeler söz konusu olur.

2. TÜR KAVRAMLARININ AÇIKLANMASI

Canlıların sistematik olarak ayırdımını yapabilmek ve gerekli bilimsel değerlendirmeleri elde edebilmek için, tür kavramının çok iyi bir şekilde açıklanması gerekir. Tür denince, öteden beri önemli özellikleri bakımından birbirine çok benzeyen bireyler topluluğu anlaşılırdı. Zamanla bu ayrımın pratikte pek de geçerli olamayacağı sonucuna varıldı. Çünkü bir türün bireyleri, birçok özellikleri bakımından birbirinden farklar gösterebilir. Örneğin Asya uçuç böceğinin kanat örtüsünün rengi, çeşitli yayılış alanlarında o kadar fark gösterir ki, bütün bu bireylerin ayrı ayrı yeni türler olarak kabul edilmesi gerekir. Hatta kelebek türlerinde *MEVSİMSEL DİMORFİZM* nedeniyle, aynı türün ilkbahar ve yaz formları bile değişik renkli oluşlarından ötürü iki ayrı türmüş gibi kabul edilebilir. Bireyler arasındaki eşeysel farklılık da diğer iki durumda olduğu gibi bu konuda bizi yanılgıya götürebilir. Bir yaşama alanındaki ikiz türlerin ortaya çıkması da morfolojik yapıları benzer olan bu türlerin aynı olması gerektiği hatasını işlememize neden olur. Bu durum aslında iki ayrı tür olan ama birbirine çok benzeyen bahçe ve orman tırmaşığı **Certhia familiaris** ve **C. brachydactyla**) adlı iki kuş türünde karşımıza çıkar. Her iki

türün birbirini çok andırması **LINNE**'nin bunları aynı kuş türü olarak değerlendirmesine yol açmıştı. Oysa bu iki tür birbiri ile döllenemez. Bu yüzden günümüzde iki farklı kuş türü olarak kabul edilir. Buradan türün morfolojik benzerliklere göre ayırtedilemeyeceği sonucu çıkar. Tür, daha çok doğal koşulları gerçek veya gizli olarak bulunan bir çoğalma birliği olup, seksüel bakımdan diğer populasyonlardan ayrılır. Belli bir bölgedeki tür farklılığının kanıtını, o bölgede farklı populasyonların birbirinden gen alışverişi yapmadan yaşaması oluşturabilir. **O halde türü kısaca, bir bölgede yaşayan bireylerin oluşturduğu çoğalma birliği diye tanımlayabiliriz.**

Ernst MAYR, türü doğada özgül ekolojik bir alan (=biyotop) işgal eden ve sadece kendi aralarında çiftleşip döl üretebilen canlılar topluluğa olarak tanımlar. Oysa botanikçilerin tür tanımı türler arasındaki çaprazlamalar sonucu, kendi soyunu sürdürebilen yeni türler ortaya çıkabilmesi nedeniyle farklıdır.

Alttürler arasındaki farklılıkların tersine, türler arası yapısal farklılıkların özel bir anlamı vardır. Bunlar, sadece çok farklı ve sistematik olarak birbiriyle uyumlu olmakla kalmaz, aynı zamanda, çiftleşme bariyerleri ile döllenmeyi önleyerek, doğal türlerin sürekliliğini sağlarlar.

3. SİSTEMATİK KATEGORİLER

Günümüzde soyağacı dizinleri kullanılarak, canlıların beş önemli aleme ayrılacağı görüşü kesinlik kazanmış ve durum bilim adamlarınca onaylanmıştır. Bu önemli beş canlı alemini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a) PROKARYONTLAR;
b) ÖKARYOTİK TEKHÜCRELİLER;
c) BİTKİLER;
d) MANTARLAR;
e) HAYVANLAR.

Bunlara bir de **likenleri** eklemek mümkündür. Bunlar da birçok bölüm ve şubeye ayrılır.

Taksonomik sistemde kullanılan diğer önemli kategoriler ise şöyledir:

a) SINIF, b) TAKIM, c) FAMİLYA, d) CİNS, e) TÜR.

4. ORGANİZMALARIN SİSTEMİ

Canlıların ayırımı uzun bir süre sadece hayvan ve bitkiler diye yapıldı. Bitki ve hayvanlarda kabul edilen sistematik sıralama, adlandırmada ve kullanılan son ekler *Tablo 484.1* ve *Tablo 484.2*'de görülmektedir. Önceleri bitki olarak ele alınan bakterilerin, günümüzde özel bir hücresel yapıya sahip olduğu anlaşıldı. İlk ökaryotik canlılar tekhücreliler olup, kendi filogenezlerini yapmışlardır. Mantarlar da, organik atıklarla yaşayan çokhücreliler olarak, hayvan ve bitkilerden bağımsız bir evrime sahiptir.

Tablo 484.1 :
Bitkiler dünyasındaki sistematik kategoriler ve onların ifade edilmesi

GRUP KATEGORİSİ	ALDIĞI EKLER	ÖRNEK
Bölüm (filum (=phylum);divisio	: - phyta; mantarlarda -myocata	*Spermatophyta*
Alt Bölüm (subfilum; subdivisio)	: -phytina; -mycotina	*Angiospermae*
Sınıf (classis)	: Alglerde; -phyceae	
	: Mantarlarda; -mycetes	
	: Likenlerde; -lichenes	
	: İletim demetli	*Dicotyledoneae*
	bitkilerde: -opsida veya-atae	(=Magnoliatae)
Alt sınıf (subclasis)	: -idae	
	: Alglerde: -Ppycidae	
	: Mantarlarda; -mycetidae	
Dizin Grupları (cohors)	: -iidae	
Takım (orda)	: -ales	*Primulales*
Alt Takım (subordo)	: -ineales	
Familya Grupları	: -ineales	
Familya (familia)	: -aceae	*Primulaceae*
Alt familya (subfamilia)	: -oideae	
Tribus (tribus)	: -eae	
Subtribus (subtribus)	: -inae	
Cins (genus)	:	*Primula*
Alt cins (subgenus)	:	
Alt seksiyon (subsectio)	:	
Seri (Series)	:	
Tür (species)	:	Primula veris
Varyete (varietas)	:	*P.v. subsp. caulescens*
Alt varyete (subvarietas)	:	
Formlar (forma)	:	

Tablo 484.2 :
Hayvanlar aleminin sistematik kategorileri ve onların ifade edilmesi

GRUP KATEGORİSİ	ÖRNEKLER (TÜRKÇESİ)	LATİNCESİ
Alem (regnum)	Hayvanlar	
Altalem (subregnum)	Çok hücreliler	*Metazoa*
Bölüm (divisio)	Gerçek çok hücreliler	*Eumetazoa*
Alt bölüm (subdivisio)		*Bilateria*
Şube (phylum)	Eklem bacaklılar	*Arthropoda*
Alt şube (subphylum)	Trakeliler	*Tracheata (=Antennata)*
Sınıf (classis)	Böcekler	*Insecta*
Altsınıf (subclassis)	Kanatlı böcekler	*Pterygota*
Takım (ordo)	İki kanatlılar	*Diptera*
Alt takım (subordo)	Sivrisinekler	*Nematocera*
Familya (familia)	Sokucu sivrisinekler	*Culicidae*
Alt familya (subfamilia)		*Culininae*
Cins (genus)	Asıl sokucu sivrisinekler	*Culex*
Tür (species)	Adi sivrisinek	*Culex pipiens*

4.1. I. ALEM: PROKARYONTLAR
(=Çekirdeksiz Tekhücreliler; 8 000 türü vardır)

1. Şube: **Archaebacteria** (=ilk bakteriler)
2. Şube: **Cyanobacteria** (=mavi-yeşil bakteriler)
3. Şube: **Eubacteria** (=gerçek bakteriler) (2 700-3 600 türü var)
4. Şube: **Chloroxybacteria** (=yalancı klorofitler)

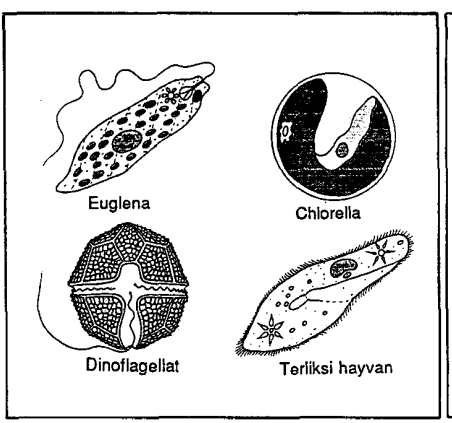
4.2. II.ALEM: PROTİSTALAR
(=Ökaryotik=Çekirdekli Tekhücreliler) *(Şekil 485.1)*

1. Şube: **Pyrrhophyta** (=ateş algleri; 1 200 türü vardır)
2. Şube: **Chrysophyta** (=altınrenkli algler; 17 000 türü vardır)
3. Şube: **Rhizopoda** (=kökbacaklılar; 10 200 türü vardır)
4. Şube: **Ciliata** (=sillliler; 6 000 türü vardır)

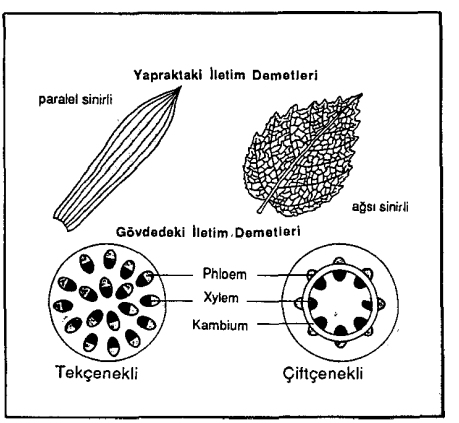
4.3. III. ALEM: PLANTAE (=Bitkiler) *(Şekil 485.2)*

THALLOPHYTA (=İlkel Bitkiler)
KORMOPHYTA (=Gelişmiş Bitkiler)

1. Şube: **Chlorophyta** (=yeşil algler; 11 000 türü vardır)
2. Şube: **Phaeophyta** (=kahverengi algler; 1 500 türü vardır)
3. Şube: **Rhodophyta** (=kırmızı algler; 4 000 türü vardır)
4. Şube: **Bryophyta** (=yosunlar; 26 000 türü vardır)
    1. Sınıf: **Hepaticae** (=karaciğer yosunları)
    2. Sınıf: **Musci** (=yaprak yosunları)
5. Şube: **Pteridophyta** (=eğreltiler, 12 000 türü vardır)
    1. Sınıf: **Psilophytatae** (=ilk eğreltiler)
    2. Sınıf: **Lycopodiatae** (=ayıkulağı eğreltileri)
    3. Sınıf: **Equisetatae** (=kutusaplı eğreltiler)
    4. Sınıf: **Filicatae** (=eğreltiler)
6. Şube: **Spermatophyta** (=tohumlu bitkiler)



Şekil 485.1: Tekhücreliler (Protista)



Şekil 485.2: Tek ve çiftçenekli bitkiler.

1. Altşube: **Gymnospermae** (=açık tohumlular): Yaklaşık 800 türü vardır. Tohum taslağı serbesttir. Mikrofil bulunmaz. Çiçekleri kozalak şeklindedir.

1. Sınıf: **Cycadatae** (=Palmiye eğreltileri)
2. Sınıf: **Ginkgoatae** (=Ginkogiller)
3. Sınıf: **Pinatae** (=İbreli ağaçlar)

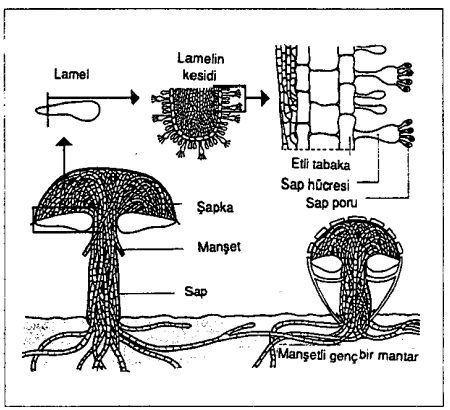
Dişi çiçek döllenmeden sonra, odunsu yapıdaki kozalağa gelişir. Yapraklar iğne şeklini almıştır.

2. Altşube: **Angiospermae** (=Kapalı tohumlular): Yaklaşık 270 000 türü vardır. Yurdumuzda 10 500 türle temsil edilir. Bunların 3 200'si endemik olup, sadece Anadolu'ya özgüdür. Tohum taslağı tohumu saran meyva kılıfına gelişir. Daha sonra da meyva oluşur. Çenek sayısına göre 1. Tek çenekli bitkiler (=**Monocotyledaneae**) ve 2. Çift çenekli bitkiler (=**Dicotyledoneae**) diye ayrılır.

Betimlemesi yapılabilmiş toplam bitki türü sayısı 400.000-450.000'i bulmaktadır.

Bazı odunsu bitki türleri binlerce yıl yaşayabilir. En fazla yaşa yosunlar 10 yıl; fındık 120 yıl; kiraz 400 yıl; sığla ağacı 700 yıl; kestane 700 yıl; ladin 1100 yıl; sedir ve çınar 300 yıl; ıhlamur 1900 yıl; incir 2000 yıl; sekoya 4000 yıl ve dikenli çam 4600 yılla ulaşmıştır.

4.4.IV. ALEM: MYCOBİONTA *(Şekil 486.1)*



Şekil 486.1: Şapkalı mantar (Şematik)

(=Mantarlar; 100 000-300 000 türü vardır)

1. Şube: **Myxomycophyta** (=Mukus mantarları, 500 türü vardır)

2. Şube: **Eumycophyta** (=Asıl mantarlar)

1. Sınıf: **Phycomycota** (=Alg martarları, 500 türü vardır)

2. Sınıf: **Ascomycota** (=Boru mantarlar; 60 000 türü vardır)

3. Sınıf: **Basidiomycota** (=Tablalı Mantarlar, 30 000 türü vardır)

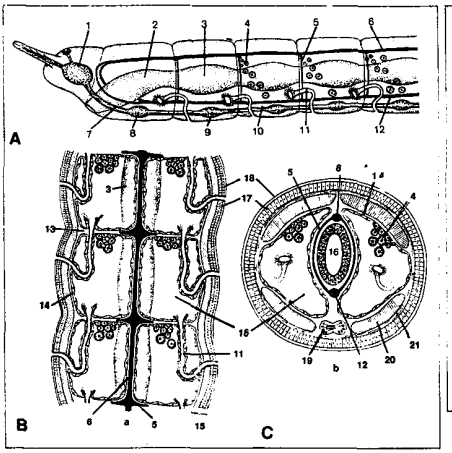
4.5.V. ALEM: LİKENLER

Mantar ve alglerin simbiyotik birlikteliği sonucu oluşur. Değişik yaşama koşuluna uymuş 2 000 türle temsil edilir.

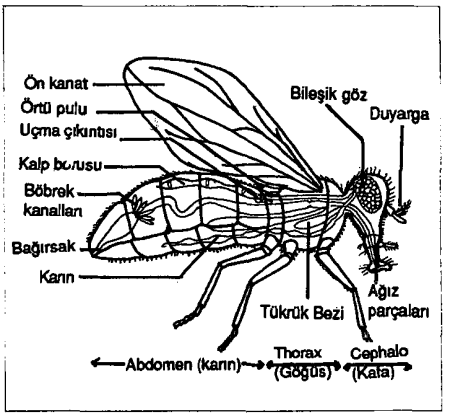
4.6.VI. ALEM: ANİMALİA (=Hayvanlar)

1. Altalem: **Protozoa** (=Tekhücreliler, yaklaşık 30 000 türe sahiptirler).

a) **Flagellata** (=Kamçılılar); b) **Rhizopoda** (=Kökbacaklılar);
c) **Sporozoa** (=Sporlular); d) **Ciliata** (=Silliler)



Şekil 487.1: Annelida (halkalısolucanlar)'da vücut organizasyonu. A) Yandan görünüşü, B) Üç segmentin üstten görünüşü ve C) Bir segmentin kesiti. 1. Beyin, 2. Yutak, 3. Bağırsak, 4. Yumurta, 5. Halka damar, 6. Sırt damarı, 7. Yutak siniri, 8 ve 9. İlk iki karın gangliyonu, 10. Konnektif (gangliyonlar arası sinirsel bağlantı), 11. Nefridyum, 12. Karın damarı, 13. Enine bölme (dissepiment), 14. Mezoderm, 15. Deri-kas kılıfı, 16. Sölüm, 17. Ektoderm, 18. Kutikula, 19. Karın siniri, 20. Boyuna kas ve 21. Halka kas (Kühn'den).



Şekil 487.2: Bir böceğin vücut yapı planı (Karasinek)

2. Altalem: **Metazoa** (=Çokhücreliler)

1. Şube: **Porifera** (=Süngerler, 5 000 türü vardır)

2. Şube: **Coelenterata** (=Boşluklu hayvanlar; 5 400 türü vardır)

3. Şube: **Plathelminthes** (=Yassı solucanlar; 15 600 türü vardır)

4. Şube: **Aschelminthes** veya **Nemathelminthes** (=İplik veya yuvarlak solucanlar; 13 000 türe sahiptirler).

5. Şube: **Nemertini** (=Kordon solucanları; 1 000 türü vardır)

6. Şube: **Articulata** (=Eklembacaklı Hayvanlar)

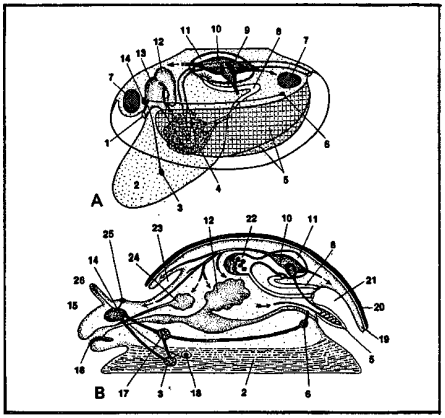
1. Altşube: **Annelida** (=Halkalı solucanlar; 17 000 türü vardır) *(Şekil 487.1)*

2. Altşube: **Arthropoda** (=Eklembacaklılar; tür sayısı 900 000-1 500 000 kadardır). En iri tür bacak açıklığı 3 m olan **Macrocheira** adlı bir yengeç türüdür. En önemli sınıfları aşağıdadır:

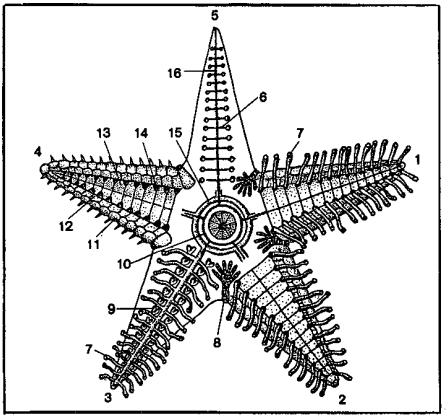
a) **Onychophora** (=Körayaklar); b) **Trilobit**'ler; c) **Chelicerata** (=Örümcekgiller; 40 000 türü vardır); d) **Crustacea** (=Yengeçler; 25 000 türe sahiptir); e) **Myriapoda** (=Kırkayaklar; 10 000 türü bulnur); f) **Insecta** (=Böcekler, 1 milyondan fazla türü vardır) *(Şekil 487.2).*

7. Şube: **Mollusca** (=Yumuşakçalar; 130 000 türü vardır; en iri türü mürekkep balığı (=**Architeuthis**) olup, 18 m'dir). En önemli sınıflar şunlardır:

a) Tek Kavkılılar (günümüzde sadece **Neopilina** cinsi vardır); b) **Gastropoda** (=Yengeçler); c) **Scaphopoda** (=Kayık ayaklılar), d) **Lamelli**



Şekil 488.1: A) Bir midyenin ve B) Bir salyangozun yapısal planı. 1. Ağız, 2. Ayak, 3. Ayak gangliyonu, 4. Gonatlar, 5. Solungaçlar, 6. Visceral gangliyon, 7. Kapayıcı kaslar, 8. Nefridyum, 9. Ön oda, 10. Kalp odacığı, 11. Kalp kesesi, 12. Orta bağırsak bezi, 13. Mide, 14. Baş gangliyonu, 15. Baş, 16. Radula, 17. Pleural gangliyon, 18. Statosit, 19. Manto, 20. Kabuk, 21. Solungaç boşluğu, 22. Eşeysel boşluk, 23. Manto boşluğu, 24. Tükrük bezi, 25. Gözler ve 26. Anten (Kühn'den).



Şekil 488.2: Bir deniz yıldızının vücut organizasyon şeması. 1-5 kollar (1. ve 2. kollardaki ayakların üst yüzey görünümü); 3. Bir kol içindeki ambulakral kan dolaşım sistemi; 4. Bir kolun iskelet plakalarının konumu; 6. Ayakcık siniri; 7. Ayakcık; 8. Gonadlar; 9. Ampüller; 10. Sinir halkası; 11. Marjinal plakalar; 12. Adambulakral plakalar; 13. Ambulakralplakalar; 14. Açıklıklar, buralardan ayak kanalları çıkar; 15. Halkalı damarlar; 16. Işınsal sinirler.

branchia (=Midyeler); c) **Cephalopoda** (=Mürekkep balıkları, kafadan bacaklılar) *(Şekil 488.1)*

8. Şube: **Tentakulata** (=Duyarga Taşıyıcılar; 5 000 türü vardır).

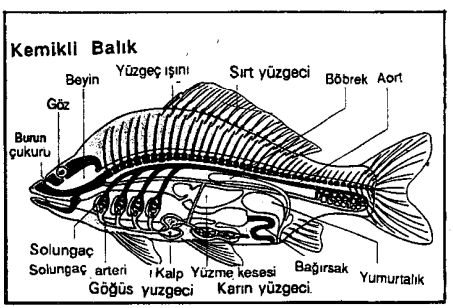
9. Şube: **Chaetognatha** (=Kıl Çeneliler)

10. Şube: **Echinodermata** (=Derisi dikenliler; 6 000 türü vardır) *(Şekil 488.2).*

11. Şube: **Hemichordata** (=Yakalı hayvanlar, 150 türü vardır. En iri tür olan palamut solucanı 2,5 m'dir).

12. Şube: **Tunicata** (=Mantolu hayvanlar; 1 600 türü vardır).

13. Şube: **Vertebrata** (=Omurgalı hayvanlar) *(Şekil 488.3-490.1)*



Şekil 488.3: Balık (=Pisces)

Boyu 30 m'yi bulan mavi balina en iri türdür. En önemli sınıfları aşağıda verilmektedir:

a) **Cyclostomata** (=Yuvarlak ağızlılar)

b) **Pisces** (=Balıklar, 23 000 türü vardır): En iri balık 15 m boy ve onbin kg ağırlık ile balina köpek balığıdır. En küçük balık ise (aynı zamanda en küçük

omurgalı hayvan) 11 mm uzunluk ve 0.2 gr ağırlığındaki cüce balık (*Pandaka pygmea*)'tır *(Şekil 488.3).*

Vücut sıcaklığı ortama bağlı olarak değişen (poikilotermal) sucul hayvanlardır. Kuyruk yüzgeci ana hareket organı olup, çift üyeler aynı şekilde yüzgeç olarak gelişmiştir. Kandolaşım sistemi basittir. Kalp bir karıncık ve kulakcıktan oluşur. Solungaçla solunurlar. Genellikle yumurta bırakarak çoğalırlar. İki gruba ayrılırlar: 1) **Chondroichtyes** (=Kıkırdaklı Balıklar), 2) **Osteoichtes** (=Kemikli balıklar).

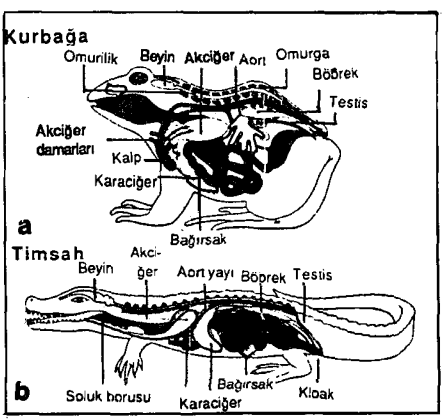
c) **Amphibia** (=Kurbağalar; çift yaşamlılar) *(Şekil 489.1 a):* Çift yaşamlılardan en iri olanı 150 cm ile dev semender, en küçüğü ise 1 cm uzunluğundaki Küba cüce kurbağasıdır.

2 000 türü vardır. Deri çıplak ve bezce, zengindir. çift kan dolaşımlıdır. Kalp üç gözlü olup poikilotermaldirler. Larvalar suda solungaçla, erişkinler karada akciğerle solunur. Ayrıca deri solunumu da vardır. Gelişme başkalaşım (=metamorfoz)la olur.

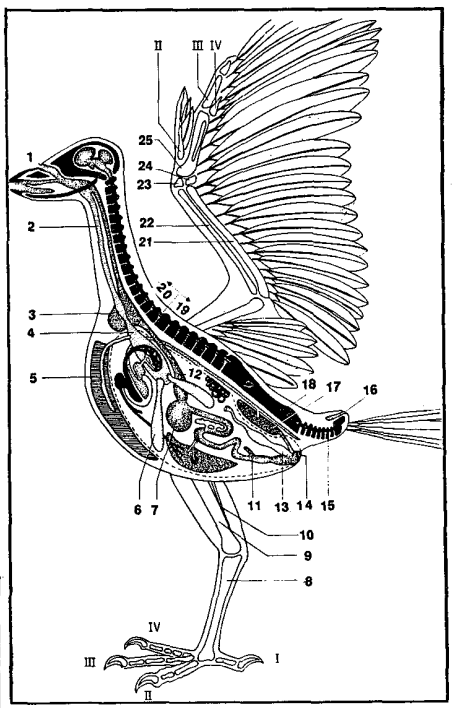
d) **Reptilia** (=Sürüngenler) *(Şekil 489.1 b):* En uzun sürüngen ağlı piton (10m), (*Leptotyphlops bilineata)* (0,11 m)'dır.

5 000 türü vardır. Deride bez azdır. Vücut kemik plaka ve pullarla örtülür. Çift kan dolaşım sistemine sahiptir. Sadece akciğer solunumu görülür. Yumurta bırakarak çoğalır.

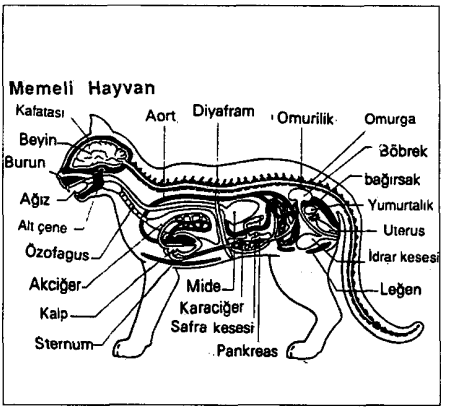
e) **Aves** (=Kuşlar) *(Şekil 489.2):* Kanat açıklığı en fazla olan kuş türü 3.2 m ile albatroz en az olanı ise 7.5 cm ile arı kolibrisidir. Arı kolibrisi ağırlık olarak da 1.6 gr ile en hafif, deve kuşu ise 150 kg ile en ağır kuş türüdür.



Şekil 489.1: a) Kurbağa (=Amphibia), ve b. Timsah (=Reptilia).



Şekil 489.2: Kuş (=Aves). 1. Burun açıklığı, 2. Trake, 3. Kursak, 4. Akciğer, 5. Göğüs, 6. Hava kesesi, 7. Kaslı mide, 8. Tarsometatarsus (tarsus ve metatarsusların kaynaşmış hali), 9. Tibiotarsus (tibia ve tibiale, intermedium, fibulare ve sentrale kemiklerinin kaynaşmasıyla meydana gelmiştir), 10. Fibula, 11. Körbağırsak, 12. Bezli mide, 13. Miller kanalı, 14. Kloak, 15. Kuyruk omurları, 16. Kuyruk bezi, 17. Son böbrek, 18. Sakrum, 19. Göğüs omurları, 20. Boyun omurları, 21. Ulna, 22. Radius, 23 Radiale, 24. Ulnare, 25. Metakarpus (metakarpal 1, 2 ve 3'ün, karpalia ile birleşmiş halidir) (I, II, III ve IV). Parmak kemikleri (Kühn'den).



Şekil. 490.1: Memeli (=Mammalia).

9 000 türü vardır. Deride sadece kuyruküstü bezi bulunur. Vücut tüylüdür. Sidik kesesi ve dişleri yoktur. Dişinin sağ yumurta kesesi körelmiştir. Vücut sıcaklığı ortama göre değişmez (homoiotermal). Kalp dört gözlü. Vücutkan dolaşımı, akciğer kan dolaşımından tamamen ayrılmışıtr. Akciğerde hava torbacıkları yer alır; kemik içi boş olup hava ile doludur. Beyin, hatta küçük beyin iyi gelişmiştir. Çoğalma yumurta ile (=ovipar) olur.

f) **Mammalia** (=Memeli hayvanlar) *(Şekil 490.1)*: Uzunluğu ve ağırlığı en fazla olan memeli türü 3300 cm ve 136.000 kg ile mavi balinadır. Uzunluğu ve ağırlığı en az olan memeli türü ise Etrusk sivri faresidir. Onun uzunluğu 4 cm, ağırlığı 2 gr'dır.

4 500 türü vardır. Vücut kıllıdır. Deride bol bez bulunur. Vücut bir diyaframla göğüs ve karın boşluğuna ayrılır. Vücut ve akciğer kan dolaşımı birbirinden ayrılmıştır. Kalp dört gözlü olup homoiotermal (=vücut) sıcaklığı değişmeyen) hayvanlardır. Çoğalma doğumla (vivipar) olur.

İlkel memelilerde plasenta oluşmamıştır. Karınca kirpisi ve gagalı hayvan gibi kloaklılar yumurta ile ürer. Bunlarda idrar borusu ile eşey kanalları kuş ve sürüngenlerdeki gibi müşterektir. Kanguru gibi keselilerde yavrular çok az gelişkin olarak doğurulur ve bir kesede beslenir.

İleri memelilerde plasenta geliştiği için bunlara *PLASENTALI HAYVANLAR* denir.

Hayvanların ulaştıkları maksimum yaş bitkilere göre oldukça düşüktür. Örneğin omurgasızlardan sirke sineği 46 gün; kulağa kaçan 7 yıl; dev midye 60-100 yıl; omurgalı hayvanlardan en fazla yaşa balıklardan mersin balığı (152 yıl), sürüngenlerden fil kaplumbağası (150 yıl), kuşlardan kabadu (100 yıl), akbaba (118 yıl), memelilerden goril (60 yıl), fil (70 yıl), balina ve eşek (100 yıl) ve insan (118-120 yıla) ulaşmışlardır.

BÖLÜM XI
BİYOCOĞRAFYA

1. BİYOCOĞRAFYA'NIN TANIMI VE DALLARI

Biyocoğrafya canlıların yayılışı ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Buna bağlı olarak belli bir bölgedeki bitki varlığı (=flora) ve hayvan varlığı (=fauna)nın yayılışı ve onların biyoekolojik özelliklerini araştırır. Yani bir anlamda *ZOOLOJİ* ve *BOTANİK*'in objelerini *COĞRAFİK* bakış açısından inceler. Diğer yandan da canlıların çevreleri ile olan ilişkilerini araştıran EKOLOJİ ile yakın ilişki içindedir. Biyocoğrafyanın ana görevi bir bitki veya hayvan türünün nerede ve neden orada bulunduğunu araştırmaktır. Bunu sağlamak için, yukarıda belirtilen bilim dalları ile birlikte çalışır.

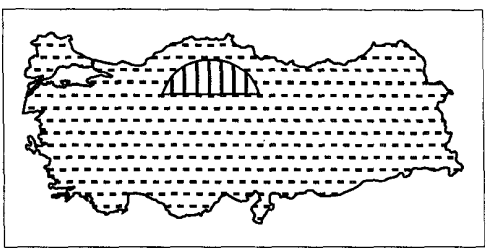
Biyocoğrafyanın alt dallarından olan *BİYOSÖNOTİK BİYOCOĞRAFYA* yaşama birliklerinin bulunduğu bölgelerin biyolojik özelliklerini; EKOLOJİK BİYOCOĞRAFYA, canlıların biyotik ve abiyotik koşullarla olan ilişkilerini dikkate alarak, onların yaşadıkları alanı ve oradaki çeşitli biyoekolojik değişimleri; TARİHSEL-FİLOGENETİK *BİYOCOĞRAFYA* Jeoloji, Paleontoloji, Paleoklimatoloji ve Evrime dayanarak elde edilmiş kanıtlardan yararlanarak, canlıların varoluşundan bu yana, yayılışlarında gösterdikleri biyoekolojik değişmeleri ve bunların nedenlerini araştırır.

*BİTKİ ve HAYVAN COĞRAFYASI (=FİTOCOĞRAFYA ve ZOOCOĞRAFYA)*nın çalışma yöntemleri benzerlik gösterir; ancak bunlar birbirlerinden bağımsız olarak gelişmişlerdir. İkisinin de amacı bilimsel sonuçlara karşılaştırmalarla ulaşıp, birbiri ile entegre edilmiş bir şekilde BİYOCOĞRAFYANIN ortaya çıkmasını sağlamaktır.

1.1. BİYOCOĞRAFYADA ALAN KAVRAMI

Bitkiler genelde hareket edemedikleri için, onların yaşadıkları bölgelerin betimlemesi kolayca yapılabilir. Buna karşın, hayvanların hareketli olması ve sürekli yer değiştirmeleri,

onların yaşadıkları alanların betimlemesinin yapılmasını zorlaştırır. Bu durum özellikle uçabilen hayvanlar için daha da zordur. Örneğin bir kuş türü, belli bir bölgede yaşamamasına rağmen, oraya raslantı sonucu gelmiş olabilir. O türün yaşama alanının betimlemesi yapılırken, normalde orada yaşamıyan; ancak bir kez izlenen kuş türü için, o alanın yaşama bölgesi olarak verilmesi insanı yanıltabilir. Bu nedenle tartışmalara da neden olabilir. Buna meydan vermemek için, özellikle kuş türlerinde o türün orada birkaç kez izlenmesi ve bunun da resim veya filmle tesbit edilmesi gerekir. Buna ek olarak, her zaman bu alanların homojen; yani benzer yoğunluk ve dağılışta olmıyabileceğini de gözardı etmemek lazımdır. Örneğin "A" bölgesinde yayılışı verilen bir tür, o bölgenin alt zonunu oluşturan dağlık bölümlerde, hiç izlenmemiş olabilir. Yine, belli bir bölgede uzun süreden beri izlenen bir tür, orada bir daha görülmiyebilir. Örneğin ipekkuyruk kuşu *(Bomybicilla garrulus)* ve dağ ispinozu *(Fringilla montifringilla)*, bir yaşama alanında bazı yıllar çok yoğun olduğu halde, bazı yıllar hiç görülmez. Bu türler bir nevi NOMAD (=GÖÇER) davranışı sergiler. Bazen de üreme ve gezme alanları farklı olan türler vardır. Örneğin yılan balığının ürediği ve beslendiği alanlar birbirinden çok farklıdır. Bu durum bazı göçmen kuşlarda daha da karmaşıktır. Bunların bir yaz yaşama alanı (=kuluçkalama bölgesi), bir kış yaşama alanı (=kışlak), bir de göç yolu yaşama alanı (=göç bölgesi) vardır. Bu bölgeler birbirine hiç benzemedikleri gibi, birçok bakımdan önemli farklılıklar gösterebilir. Örneğin Plaearktiğin kuzey kısmında kuluçkaya yatan leylekler, göç dönemi Balkanlar üzerinden İstanbul Boğazına gelir, burada onbinlere ulaşan sayıları ile büyük kalabalıklar oluşturarak Anadolu'yu kateder ve İskenderun Körfezine, oradan da Sina Yarımadası üzerinden Nil Vadisine ve Afrikanın diğer bölgelerine geçerler. Aynı rota ilkbaharda gerisin geriye izlenerek, Avrupa'nın kuzey bölgelerine kadar gidilir. Boyun çeviren (=*Jynx torquilla*) bir yandan göç rotası üzerindeki Anadolu'da kuluçkaya yatarken, diğer yandan, populasyonun bir kısmı kuluçkalamak için Avrupa'ya gider; bu faaliyeti tamamlıyanlar Anadolu populasyonun ile buluşarak, Afrika'nın yolunu tutar. Bir başka örnek olarak, cüce sinekkapan kuşu (=*Ficedula parva*) verilebilir. Bu kuş türü de hemen hemen benzer şekilde bir göç serüveni yaşar; ancak Anadolu'da kuluçkaya yatmadan Avrupa'ya, oradan da yine Anadolu üzerinden Afrika'ya gider. Böylece birbirlerinden çok farklı yaşama alanlarından geçerek, yaşamını sürdürür. Bazı türler ise sadece belli bir bölgede yaşarlar. Bunlara "ENDEMİK TÜRLER" denir. Örneğin Anadolu sıvacısı (=*Sitta krüperi*), Anadolu'da yayılış gösteren bir kuş türü olup, sadece burada doğal populasyon oluşturur. Burada geniş alanlı bir yaşama bölgesi söz konusudur. Oysa Valla Konyonu örbeşik böceği (=*Trikopteri*) (=*Hydroptila varla*), çok dar bir bölgede yaşar. Bu şekilde, endemik türleri de yaşama alanı geniş ve dar olmak üzere ayırmak mümkündür (Şekil 492.1).



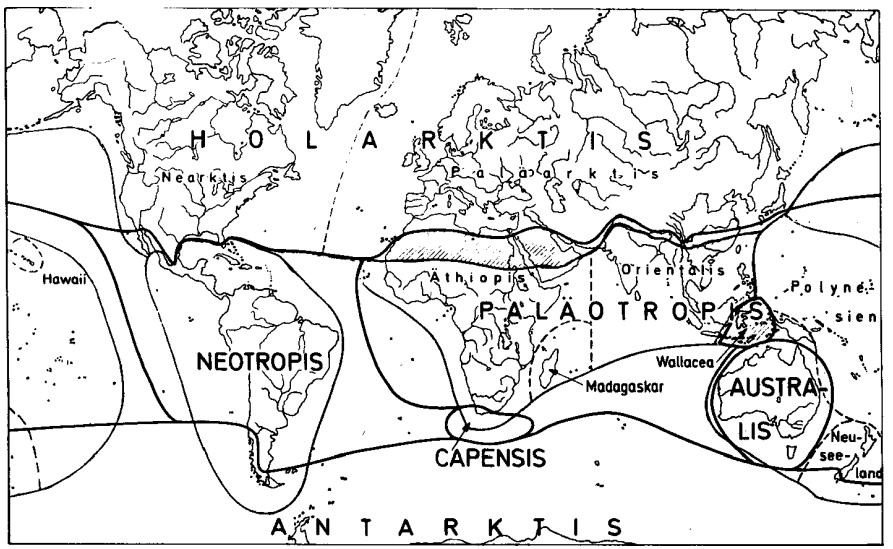
Şekil 492.1. Anadolu sıvacı kuşu (=*Sitta krüperi* (=noktalı kısım) ve Valla Kanyonu ürtübeşik böceği (=*Hydroptila varla*)nın (=*çizgili bölüm*) endemizm alanları

Bir de dünyanın her tarafında yayılış gösteren "KOZMOPOLİT TÜRLER" vardır. Ev serçesi (*Passer domesticus*) ve ev sıçanı (*Rattus rattus*) bunun için iyi örneklerdir.

Eğer birbirine yakın akraba türler, farklı bölgelerde yaşıyor ve yaşadıkları alanlar birbirleriyle kesişmiyorsa, "ALLO PATRİK YAYILIŞ" söz konusudur. Farklı bölgelerde yaşayan bu türlere de "ALLOPATRİK TÜRLER" denir. Buna karşın eğer iki akraba türün yaşadığı alanlar birbiri ile kesişiyor ve böylece geniş bir yayılım alanı ortaya çıkıyorsa, buna "SİMPATRİK YAYILIŞ" ve bu türlere de "SİMPATRİK TÜRLER" adı verilir.

1.2. KARASAL ALANLARIN SINIFLANDIRILMASI

Karasal bölgeler barındırdıkları bazı karekteristik bitki ve hayvan türleri ile dikkati çeker. Bu şekilde diğer bölgelerden kolayca ayırt edilir. Bunlar bitki açısından zengin FİTOCOĞRAFİK ve hayvan açısından dikkati çeken ve zengin olan ZOOCOĞRAFİK zonlardır. Bu zonların oluşumunu inceleme görevi de BİYOCOĞRAFYA'ya verilmiştir. Kıtaların günümüzdeki yerleşim ve dağılımı daha 70 milyon yıl önce TERSİYER'de başlamıştır (Şekil 455.1 ve 463.2). Zoocoğrafik zonlamada esas ölçüt, o bölgede bulunan türlerin en az % 50'sinin endemik olmasıdır. Yerküre barındırdığı bitki ve hayvan varlığı dikkate alınarak birçok biyocoğrafik bölge veya rejyonlara ayrılır (Şekil 493.1).



Şekil 493.1: Kalın çizgiler bitki rejyonlarının sınırlarını; ince çizgiler ise hayvan coğrafyası rejyonlarının sınırlarını belirtiyor. Küçük harflerle yazılan isimler zonların alt basamaklarını ifade ediyor. Hayvan coğrafyası zonlarının alt bölümleri, kesik çizgilerle ayrılmıştır. Yatık çizgi ile taranmış bölümler birbirlerine komşu rejyonlar arasındaki, geçiş alanlarını gösteriyor (ör. Büyük Sahra) (Czihak'tan).

1.2.1. Holarktik Bölge (=Rejyon)

Holarktik, Büyük Sahra'nın kuzey kısmı da dahil, tüm kuzey yarımkürenin tropik olmayan kısmını kapsar (Şekil 493.1). Tersiyerde Kuzey ve Güney Amerika arasında bir kara bağlantısının olmayışına karşın, Kuzey Amerika ile Avrasya arasındaki Bering Boğazının varoluşunu iyi irdelemek gerekir. Bu bölgede söğüt ve kavak (Salicaceae) karekteristik bitkilerdir. Ayrıca diğer yapraklılardan Huşgiller (Betulaceae) ve Kayıngiller (Fagaceae) çok yaygındır. Yine Ranunculaceae, Brassicaeae, Apicaceae, Primulaceae, Campanulaceae'ye ait bitki türleri de bu bölgeyi karekterize eder. Doğu Asya, tür zenginliği açısından fitocoğrafyacılar için ilginçtir ve bu rejyonun diğer bölümlerine göre, daha çok dikkati çeker. Sayılan birçok ortak özelliğe karşın, zoocoğrafyacılar için Kuzey Amerika'nın, Nearktik ve Avrasyanın Palearktik faunası arasındaki farklar gözardı edilmemelidir. Bu farklar bir yandan bazı alt bölgelerde endemik olan hayvan gruplarında; örneğin çatal boynuzlu keçiler *(Antilocaprinae)* ve keseli sıçanlar *(Geomyidae)*da Nearktik için, diskli hayvanlar *(Discoglossidae)*, Moschinae ve Saiga antilopları (Saiginae)nda Palearktik rejyon için geçerlidir. Palearktik rejiyonda onu sınırlayan Oryantal rejiyonun etkisi görülür. Örneğin sarı asma

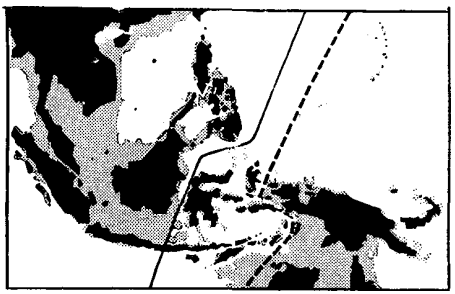
(*Oriolus oriolus*) ve panter (*Panthera tigris*) de Neaktiğin, kolibri (Trochilidae), keseli sıçanlar (Didelphidae) ve kemerli hayvanlar (Dasypodidae)da ise Neotropik rejyonun etkisi hakimdir.

Holarktiğin barındırdığı bazı hayvan gruplarına örnek olarak,dev semenderler (Cryptobranchidae), semenderler (Salamandridae), dalgıç kuşları (Gavidae), Alk kuşları (Alkidae), Urkeklikler (Tetraonidae), ıslıkçı tavşanlar (Octhotonidae), kunduzlar (Castoridae), köstebekler (Microtinae) verilebilir. Tipik tür olarak da kutup tilkisi (*Alopex lagopus*) ve kutup ayısı (*Thalarctos maritimus*) sayılabilir.

1.2.2. Paleotropik Bölge

Bitki alemi olarak paleotropik rejyon, Afrika, Hint-Malezya alt bölgesi ile eski dünyanın sadece tropik bölgeleri ve Polenezya Adalarına kadar olan kısımdaki elemanları içerir. Bunlara örnek olarak Cycadaceae, Pandanaceae, Zingiberaceae, Musaceae, Moraceae (Ficus'un 1000'den fazla türü vardır), Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae ve palmiye cinsleri verilebilir. Etiyopya ve Oryental zoocoğrafik alt rejyonlarını içeren Paleotropik rejyon (Polinezya Adaları hariç) zoolojik açıdan, Oryental ve Etiyopya rejyonlarının yoğun faunistik etkileşimlerine bağlı olarak, çok sayıda ortak hayvan grubu ile temsil edilir.

Etiyopya rejyonunda, Güney Afrika'nın güney batı ucunu içine alan ve barındırdığı bitki türleri açısından çok zengin ve özel bir yapıda olan bölüm vardır. Buna "CAPENSİS BÖLGESİ" denir. Burada beş büyük bitki familyasına özgü çok çeşitli tür vardır. Örneğin Proteaceae ve Restionaceae familyalarının türleri ile, 600 Erica türü ve 230 Palergonium türü endemiktir.



Şekil 494.1. Hint-Avustralya ada dünyası (siyah renkli); burayı saran sığ denizler (noktalı kısım), Wallace (düz çizgi) ve Lyddekker Hattı (kesik çizgi) ile sınırlanan zoocoğrafik geçit bölgesi "WALLACEA" (Czihak'tan)

Tablo 494.1: Wallacea'nın önemli fauna elemanları

Oryental Bölgenin Elemanları:
Örü kuşları (Ploceidae)
Pullu hayvan (Pholidota)
Dikenli domuzlar (Hystricidae),
Kobald makileri (Tarsiidae),
Eber geyikleri (Babirousa),
Tepeli makakeler (*Macaca nigra*)
Avustralya-Papua Bölgesi Elemanları:
Büyük ayaklı tavuklar (Megapodiidae),
Kakadular (Cacatuinae),
Keseli tırmanıcılar (Phalangeridae)

Etiyopyanın alt rejyonu olarak kabul edilen Madagaskar Adasında, adaya özgü çok sayıda bitki ve hayvan türü yaşar. Afrika Kıtasının canlı örneklerinin burada bulunmaması çok ilginçtir.

Oryental bölge Hindistan, Güney Çin, Sunda Adaları ve Filipinleri kapsar. İrikafa kaplumbağalar (Platysternidae), kelebek sülünleri (Argusianus), mavi kuşlar (Irenidae), sivri boynuzlular (Tupaiidae), kobald makileri (Tarsiidae) ve gibbonlar (Hylobatidae) örnekleri bu bölgeye özgüdür. Oryental bölgenin doğusunda zoocoğrafyacılar için ilginç olan ve Avustralya'ya doğru uzanan bir geçit bölgesi yer alır. Buranın faunası, batıdan doğuya doğru azalmak üzere oryental, doğudan da batıya doğru artan bir şekilde Avustralya-Papua hayvan formlarını içerir. Bu bölge batıda "WALLACE HATTI" ile Avustralya elemanlarının en dış yayılış sınırı olarak, doğuda da "LYDDEKKER HATTI" ile oryental elemanlarının en dış yayılış sınırı ile sınırlanır ve "WALLACEA" adını alır (Şekil 494.1 ve Tablo 494.1)

Etiyopya ve Oryentaldeki ortak hayvan gruplarına örnek olarak bıçak balıkları (Notopteridae), bukalemunlar (Chamaeleontidae), gergedan kuşları (Bucerotidae), arap bülbülleri (Pycnonotidae), nektar kuşları (Nectariniidae),

deniz kedileri (Ceropithecidae), pullu hayvanlar (Pholidota), sırtlanlar (Hyaenidae), filler (Proboscidae) ve gergedanlar (Rhinocerotidae)ı verebiliriz.

1.2.3. Neotropik Bölge (=Rejyonu) (=Neogea)

Bu rejyon Şekil 493.1'de görülmektedir. Buranın en tipik bitki familyalarına Cactacea, Marantaceae, Bromeliaceae, Melastomaceae, Cannaceae elemanları örnek olarak verilebilir. Zoocoğrafik olarak Neotropik rejyonu, Orta ve Güney Amerika'yı kapsar. Nearktike doğru geniş bir geçit bölgesi olan "SONOREA" burada bulunur. Bu rejyonun tersiyer süresince izolasyonu, günümüzdeki yapıyı yansıtan birçok büyük grubun evrimine yol açmıştır. Bunlardan keseli hayvanlar (Marsupialia), kavrar kuyruklu maymunlar (Cebidae), tırnaklı maymunlar (Callithricidae) ve kobaylar (Cebidae), bazı Notungulata ve Litopterna gibi özel toynaklı grupları bu rejyonun tipik hayvanlarıdır. Ancak 2-3 milyon yıl önce, Nearktikle yeni oluşan bir kara bağlantısı ile yırtıcı hayvanlar (Carnivora) ve çift toynaklılar (Artiodactyla) buraya gelerek, yerli faunayla rekabete girmiş ve bunları kısmen ortadan kaldırmışlardır.

Güney Amerika, bilinen birçok kuş türüne sahip olduğu gibi, çok sayıda endemik kuş gruplarını da barındırır. Bunlara nandular (Rheae), kürli su kuşları (Crypturi), güçlü kuşlar (Anhimidae), tepeli tavuklar (Cracidae), göçmen tavuklar (Opistocomidae), serimaslar (Ceriamidae), Güney Amerika hindisi (Psophiidae), tukanlar (Rhamphastidae), tembel kuşlar (Bucconidae), çömlek kuşları (Furnariidae), ziynet kuşları (Cotingidae) ve gaddar kuşlar (Tyranidae) örnektir. Bunlara titrek yılan balıkları (Gymnotoidei), akciğerli balıklar (Lepidosiren), çizgili kertenkeleler (Tejidae), iguana (Iguanidae) ve dev yılan (Boinae)lar eklenebilir.

1.2.4. Avustralya Bölgesi (=Rejyonu) (=Notogea)

Bu rejyona botanikçiler Avustralya, Tasmanya ve Yeni Gine'nin bir bölümünü katarken, zoologlar yukarıdaki bölgelere Yeni Gine'nin tamamı, Yeni Zellanda, Melanezya ve Polinezya Takım Adalarını ekler. Bu bölge tebeşirden beri, diğer bölgelerden izole olduğu için çok zengin ve değişik bir flora ve faunaya sahiptir. Örneğin buradaki 10 000 bitki türünün %86'sı endemiktir. Ökaliptus cinsinin 500, akasyanın da 400'den fazla türü ve birçok Casuarina türü burada bulunur. Yine emu, cennet kuşları ve birçok keseli hayvan türü bu gölge için tipiktir. Pasifik adalarından yeni Kaledonya'da kagu (*Phinochetus jubatis*) ve Somoa Adasındaki dişli güvercin (*Didunculus strigirostris*) ve Yeni Zellanda'nın birçok endemik türü bu rejyonda yaşar. Pasifik Okyanusundaki volkanik Hawai Adalarına, hem doğudan hem de batıdan gelen canlılar yerleşmiştir. Buradaki bitkilerin ana formlarını dört bitki grubu oluşturur. Bunlardan paleotropik kökenliler baskındır. Burada birçok endemik bitki türü olup, bunların %94,5'i Angiosperm ve %64,6'ı ise eğrelti türleridir.

1.2.5. Antarktika Bölgesi (=Rejyonu) (=Antarktis)

Antarktika'nın bitki bölümü, Güney Amerika'nın güney ucu ve kısmen de daha önceleri buzullarla kaplı olan Yeni Zellanda'nın bir bölümü ve Subantarktika adalarının çoğunu içerir. Buralarda Nothofagus, Fuchsia, Gunnera cinsi örnekleri ile sert tohumlu bitki cinslerinden Azorella, Donatia, Raoulia ve Hasta'nın örneklerine rastlanır. Zooloji açısından bu rejyon ayrı bir bölge olarak ele alınmaz; çünkü bu gölgede burayı betimliyen hiçbir omurgalı hayvan grubuna rastlanmaz. Bu bölgede izlenen hayvanlar daha çok güneydeki kıtalarda veya güney yarımkürenin belli bazı adalarında, örneğin Güney Amerika, Avustralya veya Yeni Zellanda'da bulunur ve buraya geçici olarak uğrarlar. Bunlardan penguenler (Sphenisci), yarım gagalılar (Chionididae), fırtına dalgıç kuşları (Pelecanoididae) gibi kuş grupları, bu bölge için karekteristiktir. Memelilerden foklar (Phocidae), deniz leoparı (Hydrurga), Wedell foku (Leptonychotes) ve at foku (Ommatophoca) gibi örnekler vardır.

1.3. DENİZLERİN SINIFLANDIRILMASI

Deniz organizmaları denince, daha çok hayvanlar akla gelir. Zira bitkiler, ancak ışığın girebildiği derinlik olan 200 m'ye kadar izlenir. Bu bölgeye **öpelejiyal** denir. Burası, 1370 milyar km^3 olarak tahmin edilen deniz bölgesinin çok az bir bölümüne denk düşer. Derin deniz (**=Batipelajiyal**) bölümünde sadece plankton yiyiciler ve yırtıcılardan oluşan tüketiciler (**=konsument**) yaşar. Deniz tabanı, **Bental** yaşama alanını oluşturur. Buradaki canlılara **Bentoz** denir. Bunlara örnek olarak sığ denizde **fitoplanktonlar** dışında (algler ve tangeler) süngerler, sölenterler, deniz tüyleri, boru kurtlar ve deniz yıldızları gibi sesil (=duragan; bir yere bağlı); istiridye, midye, salyangoz, halkalı solucan ve derisi dikenliler gibi hareketli hayvanlar (=mobil) verilir. Denizin kıyı (**=litoral**), açık deniz (**=pelejiyal**) ve derin deniz (**=abbissal**) adı verilen üç bölümü vardır. Litoral kıyıların sığ kesimini oluşturur. Buradaki hayvan ve bitki türleri, kıyı şeridine sıkıca bağlıdır ve kıta karası ile karşılaştırılabilir. Bu nedenle biyocoğrafik bir sınıflandırma söz konusudur. Oysa pelejiyal ve abissalde uzun bir engel oluşmadığı için böyle bir durum yoktur. Litoralın tüm bitkileri Bentoza aittir. Yani bunlar kayalık alt kısma yapışık olarak bulunur ve çoğu mavi, yeşil veya kırmızı alglerden oluşur. Denize ait sadece 47 çiçekli bitki türü vardır. Bu bağlamda özellikle tropik deniz kıyılarının med-cezir zonundaki ağaçların oluşturduğu ormanlar, yani Tropik Mangrovlar dikkati çeker. Bunlar Sonneratia, Rhizophora, Avicennia grubunun ağaç türleri olup, hava ve destek kökleri ile yere tutunur ve su baskınlarında, bu ağaçların sadece tepe kısımları izlenebilir. Buradaki hayvanlar, bu bölgenin özel durumuna uymuştur. Bunlardan zaman zaman karada yaşayan çamur zıplayıcıları (Periophthalmus cinsi balıklar) ve işaretli yengeçler (Uca) dikkati çeker.

Zoocoğrafyacılar, litoral faunayı 17 ana bölüme ayırır. Bunlar **tropik, boreal** ve **antiboreal** gruplarda toplanır. Serbest su zonu olan pelejiyalde organizmanın yayılışı tarihi etmenlerden daha çok, ekolojik faktörlere bağlıdır. Pelejiyalda serbestçe yüzen organizmalar, dip kısım ile olan tüm ilişkilerini kaybetmiştir. Bunlar serbestçe yüzebilmek için genelde belli bazı uyumlar kazanmıştır. Bu canlıların aktif olarak hareket edemiyenlerine **PLANKTON**; balıklar gibi, aktif olanlarına ise **NEKTON** adı verilir. Pelajiyalde özellikle ışıktan yararlanabilen Diatomeae, Peridinales ve Coccolithophorales gibi alg grupları yaygındır.

Okyanusların yıllık bağıl karbon üretimi 3.75×10^{10} tondur. Bu miktarın sadece 1/10 000'i balık etine dönüşür ve insanın kullanımına hazır olur. **Abissal**; yani ışığın giremediği bölümden tabana kadar olan kısım, yerkürenin en az araştırılmış bölümüdür. Güneş ışınlarının aşağıya giremeyişinden ötürü, fotosentez gerçekleşmez ve böylece besin üretimi son derece azdır. Burada sıcaklık, nisbeten aynı düzeyde kalır ve derinlere gidildikçe suyun basıncı artar. Hint Okyanusu'ndaki Copepoda türlerinin yaklaşık %74-91'ine Atlas Okyanusu'nda da rastlanır.

Derin deniz araştırmalarına 100 yıl önce başlanmış ise de, gerçek anlamda bilimsel çalışmalar ancak 40 yıllıktır. Özellikle Kaptan **Cousteau** ve ekibinin **Kalipso** adlı gemiyle yürüttüğü çalışmalar, bilinmiyen derin deniz faunasını az da olsa gün ışığına çıkarmıştır. Bu bölge teknojik olanakların gelişmesi ile daha detaylı incelenecektir. Her şeye rağmen burasının faunası ile ilgili eldeki veriler çok yetersizdir.

2. BİYOCOĞRAFYANIN TARİHİ

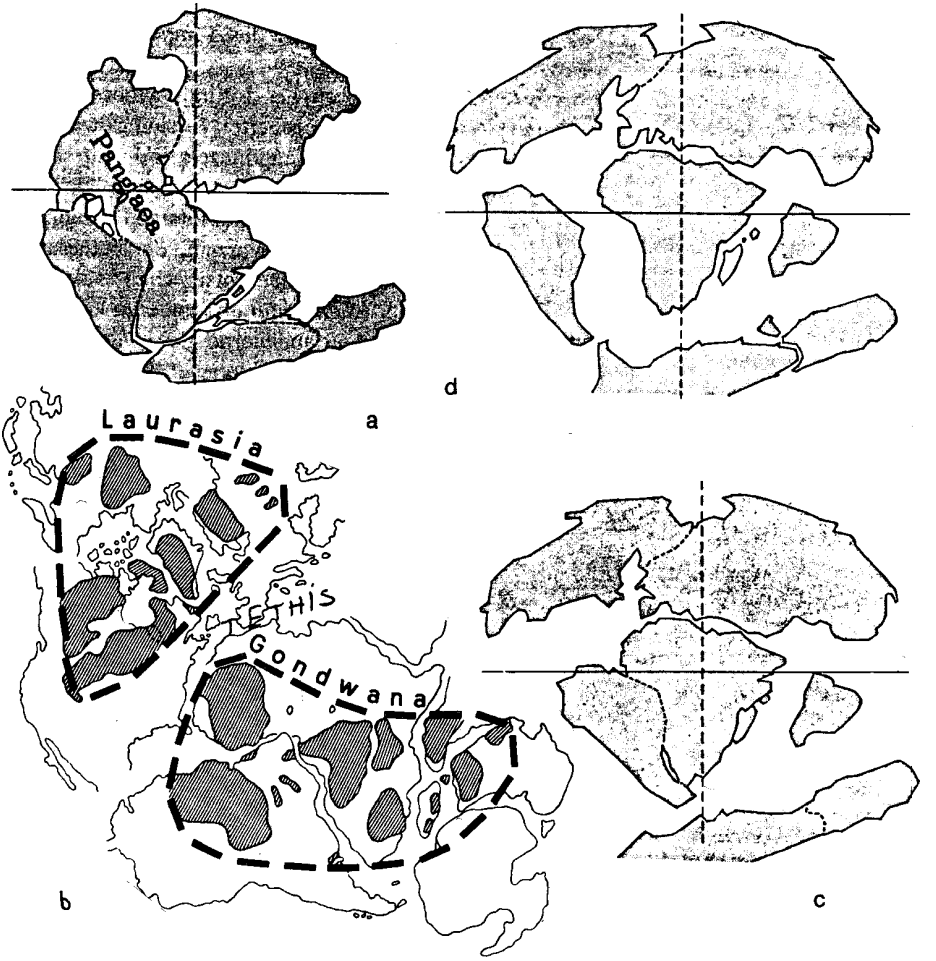
Günümüz bitki ve hayvanlarının yayılışı, canlı varlıkları iki milyar yıldan daha fazla bir süreçten geçen evriminin sonucu olarak karşımıza çıkar. Burada çeşitli ekolojik etmenlerin yol açtığı değişimlerin önemli rolü vardır.

2.1. KITALARIN KAYMASININ ETKİSİ

Çeşitli rejyon ve bölgelerdeki karaların biyocoğrafik olarak sınıflandırılması, jeolog ve jeofizikçilerin paleomanyetik ölçümleri ve derin deniz tabanından alınan sondaj sonuçları,

kıtaların kaydığına özgü bilgileri daha da güçlendirmektedir. 225 milyon yıl önce; yani permin sonuna doğru, yeryüzünün kara kütleleri "PANGEA" adı verilen bir kompleksde, bir arada bulunuyordu (Şekil 497.1).

Triasa doğru, büyük kıtanın güneye ve kuzeye doğru ayrılması ile "GONDWANA", ve "LAURASİA" adlı kısımlar ortaya çıkmıştır. Bu iki kara kütlesi arasında, içinde Anadolu'nun da yer aldığı "TETİS DENİZİ" vardır (Şekil 497.1). Mezozoik dönemde, güney kıtasının bölümleri birbirinden uzaklaşarak oluşmuş; Güney Amerika kuzeybatı, Afrika kuzey yönünde; Hindistan ve Avustralya kuzey doğu yönünde kaymıştır. Kuzey yarımkürede Kuzey Amerika ve Avrasya ayrılmış, tersiyer sırasında Hindistan Avrasya ile birleşmiştir. Afrika da aynı şekilde Avrasya ile temas etmiştir. Tersiyer sonuna doğru Güney Amerika'nın Kuzey Amerika ile olan kara bağlantısı oluşmuştur (*Şekil 497.1*).



Şekil 497.1: Kıtaların kayma dönemleri, orta meridyen olarak 20° doğu, Aitoff projeksiyonununa göre: a- Perm sonu (225 milyon yıl önce). b- Trias sonu (180 milyon yıl önce); 1.7 milyar yıldan daha yaşlı kara kütlesi iki bölgede gruplanmıştır (Çizgili bölge), bunlar Laurasia ve Gondwana adını alırlar; bu ilkin kıtalar mezozoik döneminde parçalanarak bugünkü konumlarına gelmişlerdir. Her ikisi arasında Anadolu'yu da içeren Tetis adı verilen deniz vardı. c- Jura sonu (135 milyon yıl önce). d- Tebeşir sonu (65 milyon yıl önce) (a,c,d, Czihak'tan, b. Illies'ten)

2.2. KITALARIN BÜYÜK MİKTARDA BİRBİRİNDEN AYRILMASI

Kıtaların kayması ve kutuplar göçünün başlaması ile günümüz kara kütlelerinin oluşumu gerçekleşmiştir. Örneğin Güney Amerika ve yeni Zellanda'da güney kayınının (Nothofagus) ortaya çıkışı, Protaeceae ve Restionaceae familyalarının bir yandan Güney Afrika ve diğer taraftan Avustralya'da veya koşucu böcek familyası Migadopidae'nin Güney Amerika'nın güneyinde ve Avustralya, Tasmanya, Yeni Zellanda ve Auckland Adalarında birçok toprak solucanı cinsinin güneydeki kıtaların güney bölgelerinde izlenmesi gibi konular, karaların birbirinden çok büyük uzaklıklara ayrılması sonucuna bağlanabilir. Diğer yandan, bu güne kadar tam ve bilimsel anlamda bir açıklaması yapılamıyan, bazı hayvanların gösterdiği göç davranışı, karaların birbirinden bu şekilde ayrılması ile açıklanabilir. Örneğin deniz kaplumbağası (*Chelonia mydas*) populasyonunun, yumurta bırakmak için Brezilya'nın kuzey kıyısı yakınındaki adalardan kalkarak, 2000 km uzaktaki Ascension (Atlantik Okyanusunda) Adalarına ya da Anadolu'nun güneyindeki Kaunos'a yakın İstuzu Bölgesi kıyı şeridine gelmeleri, son derece ilginçtir. Bu çok yorucu uzun mesafe göçü, Afrika, Güney Amerika ve Akdeniz'in önceleri birbirine çok daha yakın olduğunu kanıtlar. Bu bölgelerin, birbirinden her seferinde daha fazla uzaklaşması nedeniyle, günümüz deniz kaplumbağaları bu bölgelere ulaşmak için, daha fazla mesafe katetmek zorunda kalmıştır (Şekil 497.1).

2.3. İZOLASYON OLAYI

İzole flora ve fauna elemanları, özel farklılaşma eğilimi gösterir. Bunların bu durumları, izolasyon süresinin fazlalığı ile dikkati çeker. Yani, komşu fauna ve floranın etkisi ne kadar uzun bir süre görülmezse ve engeller ne kadar fazla etkinse, izolasyona uğrayan canlılar, birbirinden daha fazla ayrılır. Bu görüş açısından hareket edilirse, Madagaskar veya Yeni Zellanda, hatta Güney Amerika ve Avustralya gibi büyük kıtaların fauna ve florasındaki farklılığın nedeni daha iyi anlaşılır.

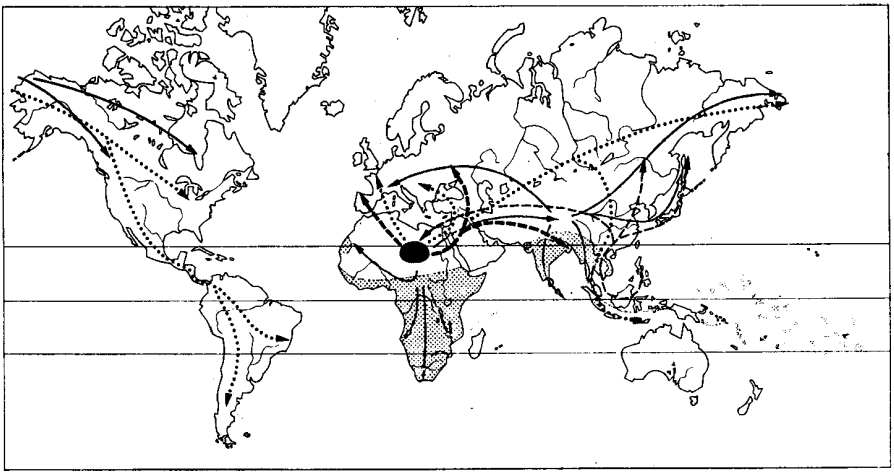
2.3.1. Madagaskar Adası

Madagaskar, Afrika'dan ayrıldığından bu yana, çok farklı bir flora ve kendine özgü bir hayvan dünyası geliştirmiştir. Madagaskar Adası'ndaki canlıların, yaklaşık %85'i endemiktir. Örneğin kaktüs benzeri Didieraceae familyası elemanları Madagaskar'dan başka hiç bir alanda görülmez. Dikenli kirpiler (Tenrecidae), yarı maymunların üç familyası (Lemuridae, Indridae ve Daubentoniidae), diskli yarasalar (Myzopodidae), Cryptoprotinae alt familyası örnekleri hayvan grupları olarak, sadece Madagaskar Adasına özgüdür. Dikenli kirpi ve yarı maymunlar, çok değişik formlara sahip olmalarına rağmen, Afrika'da bulunan, örneğin kedigiller (Felidae), çift toynaklılar (Artiodactyla), tek toynaklılar (Perissodactyla) ve filler (Proboscidae) gibi canlı grupları, burada bulunmaz. Yine soyu tükenen Madagaskar deve kuşları (Aepyornithes) ile uzunbacak yelveler (Mesoenatidae), loplu pittalar (Philepittidae) ve mavi çekirge kuşları (Varngidae) Madagaskar'daki endemik kuş gruplarına örnek olarak verilebilir. Burada yaşıyan canlıların, Afrika'dan etkilenmeden kendine özgü bir yapı oluşturmalarının, adanın izolasyonu ile yakın ilişkisi vardır.

2.3.2. Yeni Zellanda

Yeni Zellanda, Avustralya'dan oldukça uzun bir süre önce uzaklaşarak ayrılmıştır. Bitki türleri açısından eğreltiler ve orkideler de dahil olmak üzere, hiç bir ilişkileri yoktur. Avustralya ökaliptüsleri ve akasyalarına burada rastlanmaz. Canlı türlerinin %80'i endemiktir. Bir yandan kaplumbağa, yılan, uzun gagalı yumurtlayan memeli (Kloaklılar) ve keseli hayvanlar gibi Avustralya, faunası elemanlarına burada rastlanmazken, diğer yandan buranın birçok endemik hayvan türü, örneğin ilkin kurbağalar (Leiopelma), Sphenodon ve Kiwiler (Apteryges) ile soyu tükenmiş olan Yeni Zellanda deve kuşu (Dinornithidae), baykuş papağanı

(*Stringops habroptilus*) ve loplu hüthüt (Callaeidae)lerin sadece yeni zellanda'da bulunması ilginçtir (*Şekil 499.1*).



Şekil 499.1: Günümüz fillerinin akrabalarının yayılışı ve genişleme yolları. Siyah kısım; Atasal hortumlu hayvanların yayılışı; kalın kesik oklar; Dinotherienlerin yayılış yolları; noktalı oklar; Mastodont'ların yayılış yolları; dar kesik oklar; Stegotont'ların yayılış yolları; kesiksiz oklar; gerçek fil ve mamutların yayılış yolları; noktalı bölgeler, günümüz fillerinin (Elephas ve Loxodonta) yayılış alanları (De Beer'e göre; Czihak'tan)

3. KARA BAĞLANTILARININ ÖNEMİ

Günümüz bitki ve hayvan türlerinin yayılışı ile ilgili olarak kara bağlantıları,izolasyon engelleri gibi önemli rol oynar. Örneğin Amerika, Afrika, Hindistan ve Doğu Asya'da yaşayan timsahlar (Crocodylia)ın yayılış alanları, onların ilk dönemin başında birbirine bağlı olduğunu kanıtlar.

3.1. GÜNEY VE KUZEY AMERİKA KITASI

İki milyon yıldan beri Güney Amerika'nın izolasyonuna neden olan Panama Kanalı, yeni ortaya çıkan kara bağlantılarının, otokton bitki ve hayvan familyaları için, nasıl önemli olduğunun güzel bir kanıtıdır. Bu Orta Amerika Köprüsü kanalı ile çok yoğun bir bitki ve hayvan türü değişimi olmuştur. Neotropik Güney Amerika flora elemanları, Meksika'yı geçerek daha kuzeye ulaştığı halde, Kuzey Amerika'nın çok az Holarktik elemanının ancak Güney Amerika'ya ulaşabildiği görülmektedir. Bu değiştokuş memeli hayvanlarda daha da iyice izlenir. Modern plasentalı memeli hayvanlar, Güney Amerika'ya göçerek yerli faunanın önemli bir bölümünü yoketmiştir (*Şekil 499.1*). Neotropik formların az bir kısmı da karşıt olarak kuzeye göçmüştür; Oppossum (*Didelphis marsupialis*), dokuzçizgili kemerli hayvan (*Dasypus novemcinctus*) ve Ağaçdelen (*Erethizon dorsatum*) bunlardan bazılarıdır. Bu kara bağlantısı tüm türlerin geçebildiği bir köprü olmadığından, buna "FİLTRE KÖPRÜ" adı verilir. Panama Köprüsü deniz canlıları için bir engeldir. Günümüzde Atlantik ve Büyük Okyanusun kıyı zonundaki Mangrovlar, gerçi birbirinden tamamen ayrılmıştır; ama hala birbirine benzerdir. Litoral fauna birbiri ile yakın akrabadır. En azından iki milyon yıllık ayrılma sonucunda ikiz türler ve kısmen çeşitli cinsler (özellikle balıklar) gelişmiştir.

3.2. KUZEY AMERİKA VE DOĞU ASYA

Kuzey Amerika ve Doğu Asya'yı birbirine bağlayan Bering Boğazının, bitkiler için önemi fazla değildir. En fazla arktik elemanların değiştokuşunda bir rolü olmuş olabilir. Bu gün Kuzey Amerika ve Doğu Asya florasının, Avrupa'ya göre daha fazla ortak özelliklere sahip olmasında, buzul çağında Avrupa florasının yok olmasının rolü vardır. Oysa Bering Boğazı hayvanların değiştokuşu için çok önemlidir. Boğazın her iki yanındaki fosil bulguları, son 60 milyon yılda dört zamanın oluştuğunu gösterir. Bu dönemlerde her iki kıtanın memeli faunasının birbirine çok benzediği ortaya çıkmıştır. Bunun da karasal bir bağlantının varlığından kaynaklandığı anlaşılmıştır.

3.3. AFRİKA VE HİNDİSTAN

Üçüncü önemli kara köprüsü, geniş olup, orta miyosenden beri var olan; Hindistan ve Afrika arasındaki, Önasya'ya kadar uzanan bir kara bağlantısıdır. Burada Afrika'ya doğru günümüzün uçsuz bucaksız savanlarına yayılmış zürefa, manda, çeşitli antilop cinsleri, zebralar, büyük yırtıcılar ve deve kuşlarının geliştiği doğu kökenli birçok hayvan türü akışı olmuştur. Bu hayvanlar Hindistan'da Kuzey Hindistan'ın pliosen siwalik faunasının bize gösterdiği gibi, önceleri var olup, sonradan ortadan kalkmışlardır. Bitkiler açısından böyle bir bağıntı yoktur. Bu kara köprülerinin kullanıldığına özgü at benzeri, tapir ve fillerin akrabalığı ile ilgili tersiyer dönemindeki fosil bulguları elimizde vardır (*Şekil 499.1*).

4. PLEİSTOSENİN BİYOCOĞRAFYASI

Pleistosen (*Şekil 464.1*) sırasında **buzul çağları (Glasiyal)**ndan, **sıcak dönem (İnterglasiyal)**lere geçiş ve buna bağlı iklim sapmaları, geniş alan kaymalarına neden olmuştur. Zaman olarak çok gerilerde olmayan bu olaylar kanıtlanabilir ve çok iyi bir şekilde izlenebilir.

4.1. BUZUL ÇAĞLARI

Avrupa'da tropik bir iklimin hüküm sürdüğü pleistosen başında, yavaş yavaş iklimdeki kötüleşmelerle birlikte, ılıman iklime doğru kayılmıştır. Pleistosenin ilk 400 000 yıllık döneminde, iklim daha da kötüleşerek ilk buzul çağına gelinmiştir. Bu ilk buzul çağı 600 000 yıl önce başlamış ve ilk sıcak dönemle; yani 540 000 yıl önce sona ermiştir. Sonuncu; yani dördüncü buzul çağı, milattan 8000 yıl önce sona ermiş ve bunu **buzul çağı sonrası (=postglasiyal)** dönem izlemiştir (*Tablo 500.1*).

Tablo 500.1: Buzul çağlarının süresi

Dönemler	Devam Süresi (Milattan Önce 1000 Yıl)
1. Buzul Çağı	600 - 540
1. Sıcak Dönem	540 - 480
2. Buzul Çağı (Mindel)	480 - 430
2. Sıcak Dönem	430 - 240
3. Buzul Çağı (Riss)	240 - 180
3. Sıcak Dönem	180 - 120
4. Buzul Çağı (Würm)	120 - 8
Buzul Çağı Sonrası	8'den beri

Bu buzul çağları sırasında, buzul zonları kutup ve büyük dağlardan başlayarak genişlemişlerdir. Bunun genel sonuçları iklim kuşaklarının kaymasını doğurmuştur.

Ilıman ve **tropik iklim zonlarında (Pluviyal Dönem)** rutubetin artması; **kurak bölgelerin (Eremiyal)** parçalanıp küçülmesi şeklinde olmuştur. Aynı zamanda buzul zonları boyunca, geniş **arktik step (Tundra)**leri oluşmuştur. Bu gelişmeler canlılar açısından çok önemli sonuçlar doğurmuştur. Sıcak seven formlar refujiyal zonlara sıkıştırılmışlar, bunun sonucunda da yaşama alanları daralarak tür ve birey sayısında azalma olmuştur. Soğuk zonların genişlemesi, arktik formların bir araya gelmesine yol açmıştır. Örneğin kar kavukları, kar kazları, kutup ayısı, kutup tilkisi, ren geyiği ve moşus öküzleri bu şekilde ortaya çıkmıştır. Sucul alanlarda oluşan değişim daha da kuvvetli

olmuştur. Büyük göl sistemlerinin, örneğin Anadolu Göller Bölgesi gibi birçok gölün birbiri ile bağlantılı olduğu sistemlerde, faunalar arasında önemli değiştokuş olmasına yol açan tatlısu yüzeyleri yükseldiği halde, deniz yüzeyi suyun bağlandığı buz kütle (aysberg)leri nedeniyle, 200 m'ye kadar derine inmiştir. Bunun sonucunda kıyı şeridinin kuruması ile kıyıya yakın adalar birbiri veya kara ile birleşmiş ve böylece canlı formlarının değiştokuşu gerçekleşmiştir. Örneğin Büyük Britanya Adası Avrupa ile Seylan, Formoza ve Büyük Sunda Adaları ve Japon Adalarının bir bölümü Asya ile bağlı idiler. Asya ve Kuzey Amerika arasında, Bering Boğazı yeniden ortaya çıkmış ve Bizon ile insanoğlunun Kuzey Amerika'ya geçişi gerçekleşmiştir. Doğu Gölü ve Baltık Göllerinin faunistik özellikleri ile değişken tarihi de, ancak glasiyal (buzul) su yüzeyi değişmelerinin ışığı altında anlaşılmaktadır. Leningrad yakınında Ladoga Gölündeki halkalı deniz aslanı (*Pusa hispida*)nın bulunuşu da, bu şekilde açıklanabilir.

4.2. SICAK DÖNEMLER VE BUZUL ÇAĞI SONRAKİ DÖNEM

Arabuzul dönemleri (=interglasiyal), bir başka ifade ile sıcak dönemlerde, klimatik ve zoocoğrafik ilişkiler karşılıklı olarak gelişmiş ve günümüze kadar süren postglasiyal dönemler için tipik olan özellikler ortaya çıkmıştır. Son buzul çağının da sona ermesi ile birlikte, günümüzün biyocoğrafik görünümü devreye girmiştir. Geç buzul döneminde başlayan iklimsel düzelmeler, devamlı olmamış, ara sıra görülen kötüleşmelerle kesintiye uğramıştır. Geç buzul çağı iklim düzelmesi, polen analizlerine göre, milattan önce 9000 yılına kadar sürmüş ve güneyde çam, kuzeyde huş ağaçlarının ani bir şekilde yaygınlaşması ile karekterize edilmiştir. Bunu izleyen iklim kötüleşmelerinde, ormanların önemli bir kısmının yerini tundralar almıştır. Milattan önce 6000-3000 yıllarında, iklimde çok iyi düzelmeler görülmüştür. Avrupa'daki ortalama sıcaklık bugünküne göre 2-5 °C daha fazladır. Fındık gibi çalı görünümlü bitkiler ve meşe karışık ormanları Avrupa'da çok yaygınlaşmıştır. Milattan 3000 yıl öncesinden, günümüze kadarki dönemde hafif bir soğuma eğilimi belirmiş, Orta Avrupa'da karışık meşe ormanlarının yerini göknar ve kayın ormanları almıştır.

4.3. GÜNÜMÜZ DÖNEMİ

Günümüzün biyoğrafik durumu, pleistosen buzullarının azalıp çoğalması ve medeniyeti yaygınlaştıran insanoğlunun baskın etkisi ile karekterize edilir. Bu etki bölgelerin nitel ve nicel değişimlerinde kendini gösterir. Aşırı avlanma ve kimyasalların yoğun kullanımı sonucunda birçok canlı türünün soyu tükenmiş veya bunların yaşadıkları doğal alanlar daralmıştır. Hatta son iki asırlık dönemde soyu tükenen canlı türlerinin sayısı, binlerle ifade edilir olmuştur. Özellikle aşırı ve bilinçsiz alan kullanımı, doğal alanların yapılarını bozmuş ve buralarda yaşıyan omurgalı hayvan populasyonlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu bağlamda son dönemlerde birçok kuş ve memeli türü ortadan kalkmıştır *(bkz. s. 378 ve Şekil 378.1)*

Özellikle orman yangınlarını; erozyon; stepleşme; atmosferde oksijen açığının ve ozon deliğinin artması ve biyolojik açıdan zengin alanların yok edilmesi, dünyanın, dolayısı ile insanoğlunun sonunu hazırlamaktadır. İki milyar yılda dahi görülmeyen bozulma ve olumsuz değişmeler, doğada son iki asra sığdırılmıştır. Bunun durdurulmasında hepimize önemli görevler düşmektedir.

5. EKOLOJİK BİYOCOĞRAFYA

Evrimsel açıdan bakılırsa, hayvan ve bitkilerin yayılışında, sürekli bir değişim görülür. Bu daha çok çevre koşullarının değişimi ve canlıların uyumu ile ilgilidir. İklim gibi varoluş veya çevre koşulları, canlıların yayılmasını engeller. Bitki ve hayvanlar yerleştikleri alandan farklı şekillerde yararlanır. Varoluş etmenleri ve yayılış olanakları **Dinamik Etmenlerdir**. Bunlar türün yayılış sınırlarını birlikte belirler.

5.1. DİNAMİK ETMENLER

Dinamik etmenler, canlıların yayılışını aktive edebildiği gibi, engelliyebilir de. Bitkiler hareket edemedikleri için bulundukları bölgeleri genişletemez; yani pasif canlılardır. Bunlar spor, tohum, meyva veya vejetatif bölümleri sayesinde yayılır. Hayvanlar ise ya pasif ya da bizzat kendileri hareket ederek yayılabilir.

5.1.1. Pasif (=Allokor) Yayılma

Su, rüzgar, hayvanlar ve insan, pasif yayılıma etki eder. Buna uygun olarak **"hidrokor, anemokor, zookor ve antropokor"** yayılış tiplerinden söz edilir.

5.1.1.1. Su (=Hidrokor) İle Yayılış

Nil veya Kızılırmak gibi büyük su akıntıları, taşkın dönemlerinde, adaya benzer bir şekilde, bitki ve hayvanları önüne katıp, aşağı kısımlara sürükler. Tepelik ve dağlık bölgelerden aşağıya doğru akan nehirler, önlerine gelen bitki tohumlarını aşağıya doğru götürür. Deniz akıntıları ise çeşitli tohum ve bitki gövdelerinde yaşayan bitki ve hayvanları, bir kıtadan diğerine taşıyarak yayabilir. Kıyıdaki bitki örtülerinin birbiri ile olan benzerlikleri, bu şekilde açıklanabilir. **Pelajik (=açık deniz)** organizmaları, suda taşınan ve kendi enerjilerini çoğu kez kullanmayan, deniz anası gibi organizmalar veya mercan gibi, uzun larva döneminde serbestçe hareket edebilen, ancak daha sonra sesil olan deniz dibi hayvanları, su akıntıları ile uzaklara taşınır.

5.1.1.2. Rüzgar (=Anemokor) İle Yayılış

Orkide ve eğreltilerin toz gibi olan ve yine uçabilen kanatlı tohum (akçaağaç tohumları) veya meyvaları böcekler tarafından veya şiddetli rüzgarla uzun mesafelere taşınır. 1883 yılında volkanik patlama ile üzerinde hiç bir canlı varlık kalmayan Karakatan Adasına, üç yıl sonra komşu adalardan canlıların geldiği belirlenmiştir. Örneğin buraya üç yıl sonra gelen 26 bitki türünün %62'sinin rüzgarla ve %38'inin de sudaki süreklenme ile geldiği saptanmıştır. 1934 yılında adadaki bitki türü sayısının 271'e ulaştığı görülmüş, bunların %41'i anemokor, %28'i hidrokor, %25'i zookor ve %6'sının antropokor olduğu belirlenmiştir. 1156 hayvan türünden sadece %7'si hava ile, diğerleri ise deniz suyu akıntısı ile taşınarak adaya gelmiştir.

5.1.1.3. Hayvan (=Zookor)İle Yayılış

Tohum veya meyvalar, hayvanlar tarafından yenerek veya taşınırken düşürülerek yayılır. Ökseotu ardıç kuşu (*Turdus viscivorus*), ökseotu (*Viscum album*) meyvalarını yer; sindiremediği tohumlarını pisliği ile dışarı atarak, onun yayılmasını sağlar. Hatta bazı göçmen kuşların, örneğin Afrika kaktüs cinsi Rhipsalis'in meyvalarını Güney Amerika'dan Afrika'ya taşıdığı düşünülür. Yine göçmen kuşların uçma teleklerine yapışan su bitkilerinin çok uzaklara taşındığı bilinir. Su biti "Daphnia"nin, yumurtaları da su kuşlarına yapışarak çok uzaklara taşınır. Parazitler de konukçuları sayesinde uzak yerlere götürülür. Eklembacaklılardan yalancı akrep, sinek, gemi yapışkanları (Echeidae), köpek balıkları ve taş balıklarına tutunarak, kendilerini taşıtır. Bu şekilde enerji kullanılmadan kendisini bir başka canlıya taşıtma işine "**Forezi**" denir.

5.1.1.4. İnsanla (=Antropokor) Taşınma

İnsanoğlu bu gün dünyanın her yanına gidebilir. Bu nedenle istediği canlıyı istediği bölgeye taşıma olanağına sahiptir. Bilinçsiz taşımalar, tarihte görülmedik biyolojik felaketlere yol açmıştır. Geçen asır sonunda bir rahibin Amerika'ya birlikte götürdüğü 8 çift rahibe kelebeği (*Lymantria monacha*)nden dışarıya uçan iki çifti, bir zaman sonra yüksek üreme enerjisi nedeniyle Amerika ormanlarında o güne kadar görülmemiş boyutta zarara yol açmıştır. Bunun üzerine Avrupa'da bu zararlının doğal parazitleri de Amerika'ya götürülmüş ve böylece

zararlının önüne geçilebilmiştir. Bazen istenmeden de olsa bu tip olaylar yaşanır. Ancak kültür bitki ve hayvanlarının taşınması belli bazı kurallar çerçevesinde mümkün olur. Yeni Zellanda ve Şili'deki otlaklarda, Avrupa bitki türlerinin olması ilginçtir. Zira buraya ilk gelen Avrupalılar zamanla bu bitkileri de birlikte getirmeye başlamışlar ve böylece yerli bitki formlarının tamamen ortadan kalkmasına yol açmışlardır. Hawai Adasına getirilen 53 yabancı kuş türü, buradaki yerli ve endemik olanlarla rekabete girerek onları yok etmiştir. Anadolu ormanlarının en büyük düşmanı olan kılkeçisi, ormanın alt tabakasındaki genç bitkileri yiyerek ve toprağı çiğniyerek büyük zarar vermektedir. Bu nedenle zaman içerisinde keçi olan bölgelerde orman örtüsü yok olacaktır. Sonuç olarak erozyon ve ormansızlaşma görülecektir. **Doğal yapı üzerinde tarifsiz bozulmalara neden olan kılkeçisi ile mücadele etmek gerekir. Köylüye bir keçiye üç koyun verme uygulamasına tekrar geçilmelidir.**

5.1.2. Aktif (=Otokor) Yayılma

Bu durum, bitkilerde şebnem otu (=Impatiens) örneğinde olduğu gibi, çok kısa mesafeler için söz konusudur. Bitkiler tohumlarını aktif olarak uzak mesafelere bizzat yayamaz. Uzak mesafelere yayılış, daha çok başta uçabilenler olmak üzere, hayvanlara özgüdür. Koşucu böcek (*Calathus mollis*)in uçabilen ve uçamıyan formları vardır. Uçabilen formları geniş bir yayılıma sahip oldukları halde, uçamıyan formları ancak dar bir bölgede sıkışıp kalmışlardır. Türk'lerin 1683 yılında Viyana kuşatmasında birlikte götürdükleri kumru (=Türk güvercini) (*Streptopelia decaocta*), o tarihte Avrupa'da hiç bulunmazken, bu gün İzlanda Adasına kadar yayılmıştır.

6. CANLILARIN YAYILIŞINA ETKİ YAPAN NEDENLER

Organizmaların yayılışına etki yapan yaşamsal etmenler **abiyotik**, **biyotik** ve **edafik** (=toprak) olmak üzere ayrılır. Sıcaklık, nisbi nem, ışık, rüzgar, su akıntısı, oksijen miktarı, tuz oranı, kalsiyum miktarı (tatlı sularda) ve diğer bazı abiyotik etmenler canlıların yayılışını sınırlar. Özellikle sıcaklık canlıların yayılışında en önemli etmendir. Vücut sıcaklığı değişmeyen (=homoiotermal) canlılarda, yaşama alanının sıcaklığına olan bağımlılık, bazı kurallarla ifade edilir:

a- Bergmann Kuralı (=Büyüklük Kuramı); soğuk bölgelerde yaşayan homoiotermal canlıların vücudu, sıcak bölgelerde yaşayan akraba türlere göre daha iridir. Sibirya kahve ayısı, kızıl geyik ve yaban domuzu, Anadolu'da yaşayan akraba türlere göre iki misli daha büyüktür. Avustralya'ya götürülen tilkiler, zamanla İngiltere'deki ata formlarının yarı büyüklüğüne inmişlerdir (*Şekil 329.1*)

b- Alle Kuramı; soğuk bölgelerde yaşayan homoiotermal canlıların kulak, kuyruk ve uzuvlar gibi vücut uzantıları, sıcak bölgelerde yaşayan akraba homoiotermal türlere göre daha kütleşmiştir. Böylece vücut sıcaklığının sivri kısımlar vasıtası ile kaybı önlenmiştir. Tilki, vaşak ve yaban kedileri buna örnektir (*Şekil 330.1*).

c- Gloger Kuramı; nemli sıcak bölgelerdeki homoiotermal türlerden bazıları, güneş ışınından korunmak için yüksek oranda pigmentasyona (=rengin koyulaşması) uğrar. Bunların rengi, soğuk ve kurak bölgedeki akraba türlere göre, daha koyudur. Kurt, tilki ve tavşanlar bu kurama örnektir.

d- Hesse Kuramı (=Kalp ağırlığı); çevrenin düşük sıcaklığı nedeniyle, daha fazla vücut sıcaklığı üretme zorunda olan soğuk bölge homoiotermal hayvan türlerinin, kalp hacım ve büyüklüğü, sıcak bölgedeki akraba türlere göre daha fazladır.

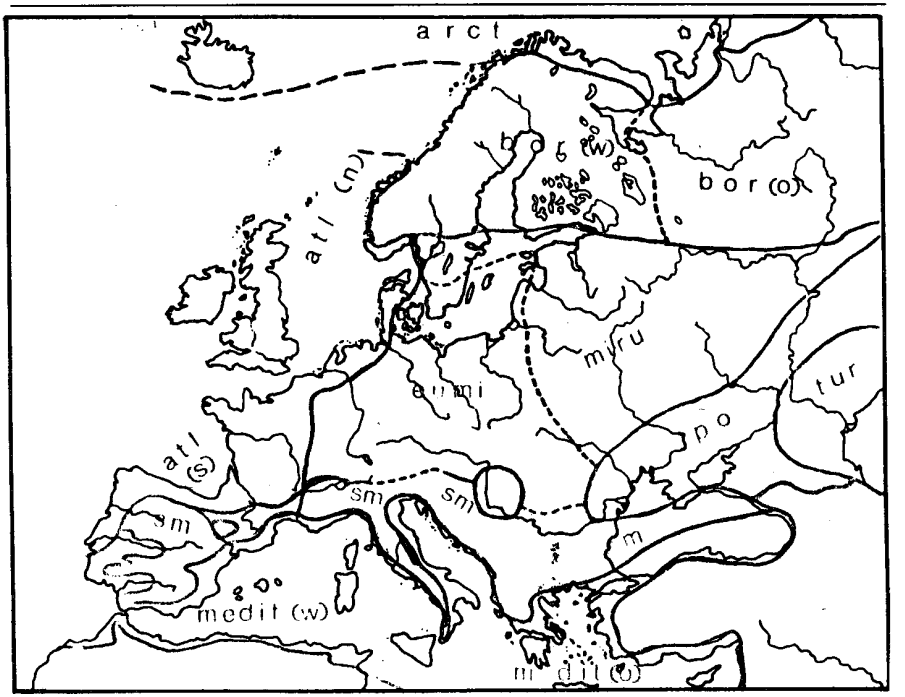
6.1. ABİYOTİK FAKTÖRLERİN ETKİNLİĞİ

Bir canlının yayılış alanını belirleyen abiyotik etmenler, **az (=Oligotip), orta (=Mezotip)** veya **yüksek (=Politip)** düzeyde etkili olabilir. Yine eğer bir canlı, sadece bitkisel besinle besleniyorsa ona **Herbivor**, yalnız etcil besin alıyorsa Karnivor veya her şeyi yiyiyorsa ona Omnivor canlı denir.

Bazı abiyotik etmenlerin, etkinlik derece sınırları *Tablo 504.1*'de görülmektedir.

Tablo 504.1: Bazı abiyotik etmenlerin etkinlik dereceleri

Abiyotik Etmen	Azetkin(=Oligotip)	Ortaetkin(=Mezotip)	Çoketkin(=Politip)
O2-İçeriği	0-4 mg/lt	4-7 mg/lt	>7 mg/lt
Sıcaklık	+ 10 °C	+10- +20 °C	>+20 °C
Tuz Oranı (% Olarak)	0-0,3	0,3-3,5	>3,5
Akıntı Sürati m/sn	0-0,05	0,05-0,5	>0,5



Şekil 504.1. Anadolu ve Avrupa'daki önemli coğrafik elemanların ana yayılış bölgeleri. 1) arct= Arktik; 2) bor=Boreal (w=batı, o=doğu); 3) atl=Atlantik (n=kuzey; s=güney); 4) eumi=Orta Avrupa; 5) miru=Orta Rusya; 6) medit=Akdeniz; 7) sm=Subakdeniz; 8) po=Kafkas ve 9) tur=Turan coğrafik elemanları (czihak'tan)

Biyotik faktörlerden besin, doğal düşmanlar ve rekabet, edafik etmenlerden de toprağın yapı ve cinsi, bir canlının yayılışını etkiler.

6.2. FLORA VE FAUNA ELEMANLARI

Avrupa ve Anadolu, holarktik rejyonda bulunur; ancak buzul çağları yüzünden, gerek Kuzey Amerika ve gerekse Doğu Asya'ya göre tür sayısı itibari ile fazla zengin değildir. Gerek hayvan ve gerekse bitki türlerinde izlenen bu fakirlikte, iklim farklarının rolü vardır.

Benzer yayılış gösteren bitki ve hayvan türleri birlikte irdelenir. Bunlara coğrafik flora ve fauna elemanları veya "COĞRAFİK ELEMANLAR" denir. En önemli tipler Şekil 504.1'deki bölgelere denk düşer.

7. EKOSİSTEM

Bitki ve hayvan türlerinin bir arada bulunması doğal bir olaydır. Belli biyotoplardaki **biyosönozlar (=Yaşama Birliği)** yerkürenin yaşanır bölümünün gerçek yapısal bölümleri olarak EKOSİSTEMLERİ oluşturur. Modern ekoloji için böyle ekosistemlerde madde ve enerji çevriminin olması gerekir. Bu çevrim söz konusu biyotopu belirler. Otokton ekosistemler kapalı çevrimleri gösterir ve çevrelerinden az veya çok miktarda bağımsızdır. Göller, bataklıklar, bakir ormanlar, resif ve mercan adacıkları buna örnek oluşturur. Oysa allokton ekosistemler madde ve enerji çevrimleri ile belirgin bir şekilde diğer ekosistemlere muhtaçtır; nehirler, derin göller, mağaralar ve toprak katmanları buna örnektir. Bazı ekosistemler ise sabit değildir (=instabil). Bunlar varoluş süreçlerinde, suksesyonlarla diğerlerine dönüşürler. Gölcüklerin karalaşarak bataklıklara dönüşmesi buna bir örnektir. Diğer bir kısmı sabit (=stabil) olup, suksesyonun son halkası yani KLİMAKSI meydana getirir. Örneğin ormanlar böyle oluşan ekosistemlerdir.

8. COĞRAFİK YAŞAMA ALANLARININ (=BİYOSFER) BİYOEKOLOJİK OLARAK SINIFLANDIRILMASI

Yerkürede yaşam olaylarının gerçekleştiği bölüme **Biyosfer** denir. Biyosferin kara kütlesi; yani atmosferin alt tabakasında bitkilerin kökleri ile toprağın (=pedosfer) iç kısımına girebildiği tabakaya **COĞRAFİ BİYOSFER** denir. Yerkürenin 2/3'ünü kapsayan su sistemlerini içeren ve derin denizlerin dip kısımına kadar geçen bölümüne **HİDROBİYOSFER** denir. Bitki türleri yerkürede belli yapılar içinde, örneğin orman, mera, bataklık ve diğer bitki birliklerinden oluşur. Bunlara **"FİTOSÖNOZ"** denir. Fitosönoz karekteristik hayvan türleri ile birlikte bir Biyosönozü, bu da çevre etmenleri (iklim, toprak vd) ile **EKOSİSTEMİ** oluşturur. Coğrafik biyosferin ekolojik açıdan sınıflandırılmasında iklim, toprak, bitki örtüsü ve hayvan dünyası dikkate alınır. Buna göre **I-IX ZONOBİYOM** ayırt edilir (Tablo 506.1.). Zonobiyomlardaki bir vejetasyon tipi diğerini tamamlarsa, örneğin ormanların steplerce tamamlanması gibi, buralara **EKOTON** denir. Bütün zonobiyomlar geniş **ZONOEKOTONLAR**'ca birbirinden ayrılır. Zonobiyomlarda dağlık bölgeler özel iklim adalarını oluşturur. Bunlar, kendi ekolojik birimlerini; yani **OROBİYOMLARI** meydana getirir. Zonobiyomlarda sıradışı toprak özelliğine sahip bölümlere **PEDOBİYOM** denir. Örneğin kayalık toprağa, **LİTOBİYOM**, kumlu toprağa, **PSAMMABİYOM**, tuzlu toprağa **HALOBİYOM**, torflu toprağa **HELOBİYOM**, sulu toprağa **HİDROBİYOM**, nemi değişken toprağa AMFİBİYOM ve besin maddesince fakir toprağa **PEİNİBİYOM** adı verilir.

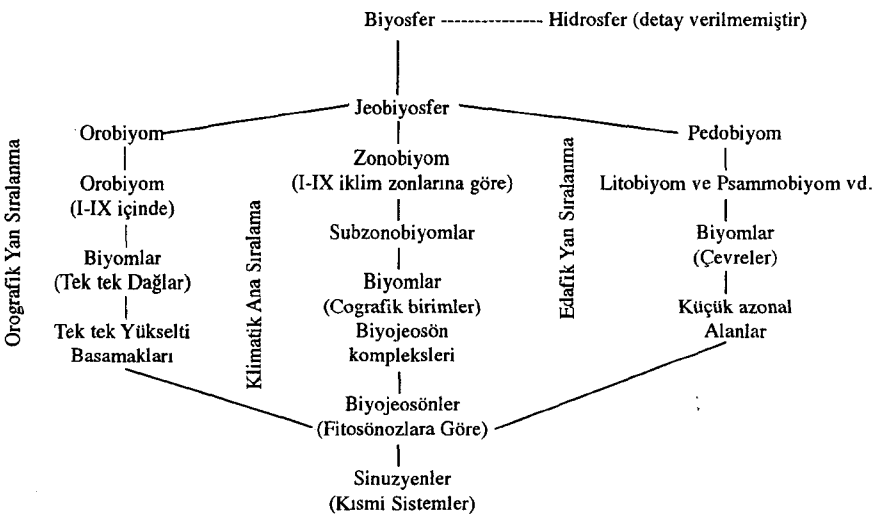
Büyük ekolojik birimlerin ana ünitelerine BİYOM veya ÖBİYOM denir. Bunlar belirgin bir yaşama alanı olup, coğrafik bir alanı ifade eder ve zonobiyom veya orobiyom ya da pedobiyoma aittirler. Örneğin Orta Avrupa yapraklı orman alanı VI nolu zonobiyomun öbiyomudur (*Tablo 506.1*)

Alpler'in kuzey eteği VI nolu orobiyomun bir öbiyomudur. Türkmenistan'daki Karakum kum çölü pedobiyomlar arasında psammobiyomun bir öbiyomudur. **Öbiyomlar, ekolojik birimlerdir; ama çok karışık yapılar oluşturur ve birçok ekolojik küçük alt birimlere ayrılırlar. En küçük ekolojik alt temel birim olarak BİYOJEOSÖN geçerlidir.** Öbiyomun daha detaylı olarak sınıflandırılması için, temel olarak bitki örtüsü (vejetasyon) ele alınabilir. Çünkü yeşil bitkiler ekosistemde üretici olarak ana rolü üstlenir; bunlar madde döngüsü ve enerji akışını düzenler. **Asosiyasyon bitki örtüsünü temel birimidir. Buna mekansal olarak hayvanların ve çevcre etmenlerinin katılımı ile ekolojik temel birim, BİYOJEOSÖNOZ veya kısaca BİYOJEOSÖN denir.** Ancak burası daha da küçük bölümler içerir. Bunlardan **sinuzyenlere ekolojik olarak benzer davranan bitki türleri girer**. Bir yapraklı orman biyojeosönünde aşağıdaki sinüzyenler vardır. **Ağaç tabakası; çalı tabakası** ve bir dizi **ot**

Tablo 506.1: Toprak ve bitki örtüsü zonlarına uygun olarak zonobiyomların I'den IX'a kadar ayrılması ve genel özellikleri

Zonobiyom Tipi	İklim Özelliği	Toprak Zonu	Bitki Örtüsü Zonu
I	Ekvator	Ekvator kahve balçık	Herdem yeşil tropik yağmur ormanı
II	Tropik	Kızıl balçık, kızıl toprak	Tropik yapraklı orman veya savanlar
III	Subtropik	Ham çöl toprağı, tuzlu toprak	Subtropik çöl vejetasyonu
IV	Akdeniz (=Mediteran)	Akdeniz kahve toprağı	Sert yapraklı bitkiler (uzun dona duyarlı)
V	Sıcak temperiyer	Kızıl ve sarı orman toprağı hafif podsollü	Temperiyer her dem yeşil orman, dona biraz duyarlı
VI	Tipik ılıman, kış kısa	Kahve veya gri topraklı orman	Kışın çıplak yapraklı orman, dona dayanıklı orman
VII	Arid (karasal) ılıman kış uzun ve soğuk	Çernozem, Kestanozem, Burozem	Stepten çöle kadar olan kısım, sadece yazın sıcak
VIII	Soğuk ılıman, yaz serin ve kış uzun	Podsol veya kızıl humuslu soluk toprak	Boreal ibreli ormanlar (=Taigalar) dona çok dayanıklı
IX	Arktik ve Antarktik kış çok uzun yaz ise çok kısa	Humusça zengin	Ağaçsız tundra vejetasyonu

tabakasının oluşturduğu sinuzyenler (*Şekil 359.1.*) ayırt edilir. Hatta ağacın gövdesindeki liken veya gövdenin toprağa yakın kısmındaki yosun da sinuzyen olarak ele alınır. Ekolojik sistemlerin büyüklük basamakları *Şekil 506.1*'de görülmektedir. Buna göre coğrafik ve edafik yan sıralanma ile klimatik ana sıralanma vardır.



Şekil 506.1. Ekolojik sistemlerin önemli basamakları (Walter'e göre)

Şekil 506.1'den de anlaşılacağı gibi ekolojik biyocoğrafik araştırmanın görevi, Jeobiyosferin en küçük öbiyomlarına kadar incelenmesi ve ayrılmasını sağlamaktır.

Uluslararası Ölçüm Birimleri Sistemi (=Systeme International d'Unites= SI)

Uluslararası ölçüm birimleri sisteminde yedi temel grup ayırt edilir. Bunlardan da diğer alt sistem birimleri çıkartılır. Ancak SI'ye ait olmayan bazı birimler halen kullanılmaktadır (Tablolar Schmidt ve Thews'den alınmıştır).

SI-Temel Birimlerinin sembol ve adları

Büyüklük	Birim Adı	Sembol
Uzunluk	Metre	m
Ağırlık (=Kütle)	Kilogram	Kgr
Zaman	Saniye	s
Elektriki Akım Gücü	Amper	A
Termodinamik Sıcakalık	Kelvin	K
Işık Gücü	Candela	cd
Madde miktarı	Mol	mol

Uzunluk, ağırlık ve akıcı madde birimleri ve değerleri

kilometre (km)	1 000 m	0.62137 mil
metre (m)		39,37 inç
santimetre (cm)	0.01m	0.39 inç
milimetre (mm)	0.001 m	0.039 inç
mikrometre (mm)	10^{-6}m	
nanometre (nm)	10^{-9}m	
angström (Å)	10^{-10}m	
klogram (kg)	1 000 gr	2.2 paund
gram (gr)		0.035 ons
miligram (mg)	0.001 gr	
mikrogram (mg)	10^{-6} gr	
litre (lt)	1 000 cm^3	
mililitre (mlt)	0.001 lt	

Bazı üretilmiş SI-Birimlerinin sembol ve adları

Büyüklük	Birim Adı	Sembol	Ayırım
Frekans	Hertz	Hz	S^{-1}
Güç	Newton	N	$m.kg.s^{-2}$
Basınç	Pascal	Pa	$m^{-1}.kg.s^{-2}$ ($N.m^{-2}$)
Enerji	Joule	J	$m^2.kg.s^{-2}$ (N.m)
Kapasite	Watt	W	$m^2.kg.s^{-3}$ ($J.s^{-1}$)
Elektiriki Deşarj	Coulomb	c	S.A
Elektriki Sarj	Volt	V	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$ ($W.A^{-1}$)
Elektiriki Mukavemet	Ohm	Ω	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$ ($V.A^{-1}$)
Elektriki İletkenlik	Siemens	S	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$ (Ω^{-1})
Elektriki Kapasite	Farad	F	$m^{-2}.kg^{-1}.S^4.A^2$ ($C.V^{-1}$)
Manyetik Akım	Weber	wb	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$ (V.s)
Manyetik Akım Yoğunluğu	Tesla	T	$kg.s^{-2}.A^{-1}$ ($Wb.m^{-2}$)
İndükleme	Henry	H	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$ ($V.s.A^{-1}$)
Işık akımı	Lumen	Lm	cd.sr (sr= Steradiant)
Aydınlatma Gücü	Lux	Lx	cd.sr.m^{-2} ($lm.m^{-2}$)
Radyo aktif madde aktivitesi	Becquerel	Bq	cd.sr.m^{-2} ($lm.m^{-2}$)
Katalitik aktivite	Katal	kat	$mol.s^{-1}$

Çözeltiler için SI'de yer almayan birimler

Büyüklük	Ayırım
Molalite	mol. (kg ÇÖzelti)$^{-1}$
Molarite= Madde miktar yoğunluğu	mol.(l Çözelti)$^{-1}$
Kütle yoğunluğu	kg.(l Çözelti)$^{-1}$ (=kg.10^{3}.m^{-3})

SI'YE özgü olmadığı halde, halen kullanılabilen birimler

Birim Adı	Sembol	SI-Birimlerindeki Değeri
Gram	gr	1gr= 10^{-3} kg
Litre	l	1l= 1 dm^3
Dakika	dk	1dk= 60 s
Saat	h	1h= 3.6 ks
Gün	d	1d= 86.4 ks
Derece Celsius	C	t C= T-273, 15 K

Artık kullanılması gereken konvensiyonel birimlerin SI-Birimleri Olarak hesabi değerleri

Büyüklük	Sİ-Birimleri Olarak		Hesap Değerleri	
Güç	1 dyn	= 10^{-5} N	1 N=	10^5 dyn
	1 kp	= 9.81 N	=	0.102 kp
Basınç	1 cmH_2O	= 98.1 Pa	1 Pa=	0.0102 cmH_2O
	1 mm Hg	= 133 Pa	1 Pa=	0.0075 mmHg
	1 atm	= 101 kPa	1 kPa=	0099 atm
	1 bar	= 100 kPa	1 kPa=	0.01 bar
Enerji	1 erg	= 10^{-7} J	1 J=	10^7 erg
	1 mkp	= 9.81 J	1 J=	0.102 mkp
	1 cal	= 419 J	1 J=	0.239 cal
Kapasite	1 mkp/s	= 9.81 W	1 W=	0.102 mkp/s
	1 PS	= 736 W	1 W=	0.00136 PS
	1 kcal/h	= 1.16 W	1 W=	0.860 kcal/h
Işınlama	1 R	= 2.58.10^{-4}C.kg^{-1}	1 C.kg^{-1}=	3876 R
	1 rd	= 0.01 J.kg^{-1}	1 J.kg^{-1}=	100 rd
	1 Ci	= 3,77.10^{10} Bq	1 Bg=	2,65.10^{-11} Ci

En çok kullanılan onluk sistem faktör, sembol ve prefiksleri

Faktör	Prefiks	Sembol	Faktör	Prefiks	Sembol
10^{-1}	Deri	d	10	Deka	Da
10^{-2}	Centi	c	10^{2}	Hekto	h
10^{-3}	Milli	m	10^{3}	Kilo	k
10^{-6}	Mikro	m	10^{6}	Mega	M
10^{-9}	Nano	n	10^{9}	Giga	G
10^{-12}	Pico	p	10^{12}	Tera	T
10^{-15}	Femto	f	10^{15}	Peta	P

LİTERATÜR (=KAYNAKÇA)

(Kitapta kullanılan şekil ve tablolar üzerinde (**) olan literatürlerden alınmıştır.)

GENEL

AKTAN, F. (1972): Modern Biyoloji, Ayyıldız Mat. Ankara

BARNES, R.** (1968): Invertebrate Zoology. W.B. Saunders C., London.

BOZCUK, S. (1988): Genel Botanik. İnönü Üniv. Fen-Ed. Fak. Yay. İnönü Üniv. Basımevi/ Malatya.

BRUGGAIER, M. ve D. KALLUS (1973): Bilogie des Menschen. Frankfurt.

CSICSAKY, M. (1984): Vogel und Flugzeug: Wie weit die Analogie? BIUZ 14/2; 48-52.

CZIHAK, G., H. LANGER ve H. ZIEGLER (1984)**: Biologie. Springer, Berlin. Heidelberg. New York (3. Baskı).

DAUMER, K., ve M. SCHUSTER (1988): Biologie. Bayerischer Schulbuch., München.

ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN ve D. RODI (1985): Fachdidaktik Biologie. Aulis Verlag Deubner. Köln.

FLINDT, R. (1988): Biologie im Zahlen. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York.

FREYE, H.A. (1971): Kompendium der Zoologie. Vieweg., Braunschweig.

GELDIAY, R., ve S. GELDİAY (1970): Genel Zooloji, Bornova/İzmir.

GOULD, J.L., a. W.T. KEETON (1996): Biological Science. With C.G. GOULD. W.W. Norton + Company. New York. London.

GRASSE', P.P. (1971-1976): Allgemeine Biologie, Bd. I, II, III, IV ve V. G. Fischer, Stuttgart.

GUTMANN, B.S. ve J.W. HOPKINS (1983): Biology. Harcourt B.J., New York.

GUTTENBERG, H.V. (1963): Lehrbuch der allgemeinen Botanik. Akademie Verlag, Berlin.

HADORN, E., ve R. WEHNER** (1978): Allgemeine Zoologie, Thieme, Stuttgart.

HAMMEN, C.S. (1977): Quantitative Biologie. Chemie, Physik Verlag (Terc.: I. HE BERTZ), Weinheim.

HARTMANN, M. (1953): Allgemeine Biologie. G. Fischer. Stuttgart.

KÄESTNER, A. (1980-1984): Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Bd 1 ve Bd 2. G. Fisher, Stuttgart.

KARLSON, P. (1980): Kurzes Lehrbuch der Biochemie. Stuttgart.

KEETON, W.T. (1980): Biological Science. Norton, New York.

KILLERMANN, W. (1980): Biologie in Unterrichtsmodellen. Ludwig Auer Donauwörth.

KILLERMANN, W.** (1986): Biologieunterricht heute. Ludwig Auer Danauwörth.