

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

KEN THOMPSON

DARWIN'İN EN GÜZEL BİTKİLERİ

TÜRKÇESİ: MEHMET BONA



KEN THOMPSON

Ken Thompson bahçecilik bilimine meraklı bir bitki biyoloğudur. Uzun yıllardır Sheffield Üniversitesi Hayvan ve Bitki Bilimleri Bölümü'nde kıdemli araştırmacı ve okutman olarak görev yapan Thompson bahçecilik, biyoçeşitlilik ve istilacı türlere ilişkin çok sayıda kitabın da yazarıdır. *Compost, No Nettles Required, Do We Need Pandas? ve Where Do Camels Belong?* bunlardan bazılarıdır.

MEHMET BONA

1981 Hatay doğumlu. Antakya Lisesi'nden mezun olduktan sonra İstanbul Üniversitesi Fen Fakóltesi Biyoloji Bölümü'nde lisans (2002), yüksek lisans (2006) ve doktora (2011) eğitimini tamamlamıştır. Akademik hayatına Aralık 2005 tarihinde İstanbul Üniversitesi Fen Fakóltesi Botanik Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak başlamış, 2011-2012 ve 2013-2014 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakóltesi Farmasötik Botanik Anabilim Dalı'nda biyolog kadrosunda çalışmış, 2017 yılında doçent unvanını almıştır. Botanik alanındaki çalışmalarına halen Edinburgh Kraliyet Botanik Bahçesi, Ortadoğú Bitkileri Merkezi'nde (CMEP) misafir araştırmacı ve İ.Ü. Fen Fakóltesi Botanik Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak devam etmektedir.

Kitabın özgün adı: Darwin's Most Wonderful Plants: Darwin's Botany Today

GINKO BİLİM - 23

BİLİM KURULU

KEREM CANKOÇAK • GÜNSELİ BAYRAM AKÇAPINAR • FERHAT SARI

DARWIN'İN EN GÜZEL BİTKİLERİ KEN THOMPSON

- günümüzde darwin botaniği -

İlk olarak *Darwin's Most Wonderful Plants: Darwin's Botany Today* adıyla Profile Books Ltd. tarafından İngilizce yayımlanan bu kitabın Türkçe hakları AnatoliaLit Ajans aracılığıyla alınmıştır.

© Ken Thompson, 2018

Tüm hakları saklıdır. Yayıncının yazılı izni olmadan, bu kitabın herhangi bir parçası herhangi bir biçim altında yeniden üretilemez.

TÜRKÇESİ • MEHMET BONA

KAPAK ve İÇ TASARIM • DEVRİM KOÇLAN

ISBN 978-605-69691-6-4

Birinci Basım Kasım 2019

© Ginko Kitap Ltd. Şti. 2019

Baskı: Mutlu Basım Yayın - Bahri Mutlu
Davutpaşa Cad. Güven İş Merkezi C Blok No. 256 Topkapı / İst.
Sertifika No: 18569

Ginko: Osmanağa Mah. Ali Suavi Sk. No: 10 D. 3 Kadıköy • İstanbul • Sertifika No: 35054
T: 0216 449 20 99 • F: 0216 449 21 00
www.ginkokitap.com • posta@ginkokitap.com



KEN THOMPSON

DARWIN'İN EN GÜZEL BİTKİLERİ

- günümüzde darwin botaniği -

TÜRKÇESİ: MEHMET BONA



GINKO BİLİM

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ / BİTKİLERİN SIRLARI	7
BÖLÜM 1 / TEPEDEKİ ODA	17
BÖLÜM 2 / YAVAŞ ÖĞRENENLER	49
BÖLÜM 3 / AVA GİDEN AVLANIR	73
BÖLÜM 4 / CİNSİYET VE TEKİL BİTKİLER	111
BÖLÜM 5 / LAHANA TARLASININ GİZEMLERİ	151
SONSÖZ	161
TEŞEKKÜRLER	163
KAYNAKLAR	165
GENEL KAYNAKLAR	165
DİZİN	173

giriş

BİTKİLERİN SIRLARI

Doğal yaşamın hangi yönü hakkında bir kitap yazıyor olursanız olun, konuya Charles Darwin’le başlamakla işinizi kolaylaştıracak bir tercih yapmış olmazsınız. Üstelik bunun tek sebebi, onun “nihayetinde” her şeyi açıklayan *Türlerin Kökeni* kitabını yazmış olması da değildir. Darwin’in evrime olan şiddetli ilgisi, onda doğa tarihine neredeyse saplantılı bir merak yaratmıştı, bir yandan da bu meraktan besleniyordu.

Doğal yaşama bu olağanüstü geniş ilginin büyük bölümünü, doğal seçilim yoluyla evrime delil arayışı motive etmekteydi. Küçük bir örnek vermek gerekirse, Darwin’i rahatsız eden bir sorun (ve eleştirmenleri tarafından kullanılan bir sopa), bazı hayvan ve bitki türlerinin çok geniş yayılışıydı. Bir türün birbirinden çok uzakta yetişen (bazen aradaki hiçbir noktada görülmeden) iki veya daha fazla yerde bulunması, bir yaratıcının onları seçtiği yere koymuş olması haricinde nasıl açıklanabilirdi? Cevabın bir kısmı plaka tektoniklerinde yatar, fakat bu keşif için de bir yüzyıl sonrasını beklemek gerekmiştir (Çağının ötesinde biri olmanın zorluğu başkalarının size yetişmesini beklemek zorunda olmaktır).

Cevabın bir diğer kısmı dağılımdır, yani türlerin hak ettiğiinden az bilinen uzak mesafeleri genellikle beklenmedik yöntemlerle katetme yetenekleridir. Darwin tohumların okyanus akıntılarıyla dağılıp dağılmayacağını görmek için, bir yıl boyunca birçok türün tohumlarının deniz suyuna daldırılmaya dayanma kabiliyetlerini test etmiştir. Ayrıca, tohumların, birçoğu oldukça uzak mesafelere göç ettiği bilinen kuşların ayaklarına yapışmış

çamur aracılığıyla dağılabileceğinden şüphelenmiştir. Peki, çamurda tohumlar var mıydı?

Bunu öğrenebilmek için:

Birçok küçük deneme yaptım ama burada sadece en çarpıcı olanını veriyorum: Şubat ayında küçük bir göletin kenar kısımlarının dibinden, 3 farklı noktadan, 3 yemek kaşığı dolusu çamur aldım. Bu çamurun kuru ağırlığı 510 gram geliyordu. Bu çamuru altı ay boyunca kapalı tuttum, bitkiler yetiştikçe ayırdım ve saydım. Bu pek çok çeşit bitki toplamda 537 adetti ve bütün bu yapışkan çamur ancak bir çay fincanını dolduracak kadardı! Bu durumu göz önüne alınca, eğer su kuşları tatlı su bitkilerinin tohumlarını uzak mesafelere taşımasa ve bunun sonucunda bu bitkilerin menzili bu kadar büyük olmasaydı, meselenin nedeninin anlaşılmaz bir durum olacağını düşünüyorum.

Hepsi bu; Darwin'in bu konuda söyleyecek daha fazla sözü yoktu, ancak bu az sayıdaki kelime, bugünlerde bitki biyolojisi ve ekolojisinin gelişen bir alt disiplini olan, toprak tohum bankaları çalışmalarının ilk kurşununu attı.

Darwin bazen biyolojinin bir alanında neredeyse tesadüfen takılıp kalıyormuş gibi görünüyordu. Örneğin;

Ben aslında sadece Güney Afrika kıyılarından bir anormal Cirripede (kum midyesi) tanımlamak niyetindeydim ve karşılaştırma yapmak için bulabildiğim kadar çok sayıda cinsin iç kısımlarını incelemek durumda kaldım.

Darwin'in tek bir kum midyesini tanımlaması muhtemelen pek uzun sürmezdi fakat bu durum diğer kum midyeleriyle karşılaştırma yapmayı gerektirmiştir. Bir iş diğerini takip etti ve sekiz yılı alan bu çalışmanın nihai sonucu, kocaman Krustase sınıfının 1000 sayfalık bir monografi oldu. Şimdiden Darwinci yaklaşımın bazı karakteristik özelliklerini görmeye başlayabiliriz: sıkı çalışma konusunda şaşırtıcı bir kapasite (Thomas Edison'ın bu konudaki "dehanın yüzde biri ilham, yüzde doksan dokuzu terdir" özdeyişi Darwin'i kolayca tarif edebilir) ve hiçbir güven eksikliğine razı olmama. Sırf bilimsel itibardan etkilenmezdi fakat birinin ne hakkında konuştuğunu bilen biri olduğuna ikna olduğu zaman, bahçıvandan güvercin meraklısına kadar herkesle yazışmaktan mutlu olurdu. Darwin bir şeyi tanımak isterse, olağan tepkisi "hadi

keşfedelim” ve “deneysel araştırmaya dayanmayan her türlü fikrin başına taş düşsün” şeklinde olurdu. Bu nedenle, bugün olduğu gibi bilimsel okuryazarlığı olmayanlar arasında moda olan Homeopati konusunda da tavrı açıktı.

Bu beni falcılıktan bile daha çok öfkeliendiren bir mesele. Falcılık sıradan duyuların konu dışı olduğu yükselen bir inanç, fakat Homeopati’de sağduyu ve genel gözlemler devreye girer ve eğer ölçülemeyecek küçüklükteki dozların herhangi bir etkisi varsa, bu kavramların her ikisi de heba olur. Tedavi edici süreçlerin kanıtlanması açısından geçen gün gördüğüm Quetelet tarafından yapılan açıklama ne kadar da doğrudu, şöyle ki. Hastalık konusunda hiçbir şey yapmamanın basit sonuçlarının, Homeopati ve tüm ona benzer kabul edilen şeylerle karşılaştırmasının sonucunun ne olduğunu kimse bilmiyor.

Darwin’in çalışmalarının bir başka tutarlı özelliği de üzerinde çalıştığı konu ne olursa olsun, başlangıçtaki motivasyonundan bağımsız olarak ona karşı konulmaz bir tutkuya dönüşene kadar âşık olma eğilimiydi. Kum midyeleri de bir istisna değildi; aksi durumda kum midyeleri üzerinde çalıştığı sekiz yılı başka nasıl açıklayabiliriz? Hastalanıp iyileştiği bir dönemden sonra 1849 yılının Mart ayında “sevgili kum midyeleriyle” yeniden çalışmaya dönmeyi dört gözle beklediğini yazıyordu. Aklınızda olsun, Darwin de yutabileceğinden büyük lokma yemeye hepimiz kadar meylliydi. 1849’un sonuna doğru, kum midyelerinin eskisinden daha az eğlenceli olduklarına dair bir ima vardı: “Günümün iki buçuk saati zihnimi meşgul eden herhangi bir şeyle dolu olduğu kadar kum midyeleriyle dolu.” 1852’de ise aşk ilişkisi tamamen bitmişti: “İnanılmaz derecede bıktığım Cirripedia’nın ikinci cildi üzerinde çalışıyorum. Kum midyelerinden daha önce kimsenin, kıyıda ilerleyen bir yelkenlideki denizcinin bile, etmediği kadar nefret ediyorum.” 1855’te Darwin’in rahatladığı hissedilir: “Kör olası kum midyeleriyle işim sonunda bitti.”

Kum midyeleri Darwin’in ilk tutkularından biri olabilir ama bu heyecan sonra doğa tarihinin diğer dallarına yöneldi. Bu aşk ilişkilerinin çoğu, en azından başlangıçta, bitkiler uygun deneysel materyal sağladığı için botanik alanındaydı. Oğlu Francis’in babasının ölümünden sonra belirttiği gibi, Darwin bitkiler hakkında bilgi edinme konusunda kararlıydı: “Bitkileri kuramının inşasında kulla-

nıyordu” fakat daha sonra “durum tersine döndü ve kuram ona bitkilerin sırlar dünyasına daha fazla girmesi için güçlü bir itici güç olarak hizmet etti.” Unutmayın ki Darwin hiçbir zaman bir botanikçi gibi davranmadı; bu alanda hiçbir profesyonel eğitimi yoktu ve “gerçek” botanikçiler ile botanik kurumlarından övgüler almaktan memnuniyet duyardı. Darwin’in doğal yaşama olan sevgisinin sınırları yoktu, daha önce bir kum midyesi veya solucana âşık olduğu gibi bir bitkiye de âşık olabilirdi.



Darwin'in kum midyesi kitabının ikinci cildinden George Sowerby'nin bir çizimi. Darwin kötü bir çizirdi ve bu kitapta görülen kendisine ait eskizler basit çizimlerdi.

Bir konuda az bilgiye sahip olmanın veya hiç bilmemenin en büyük avantajlarından birisi, elbette, olaya yeni bir gözle bakabilmek ve önceden tasarlanmış (genellikle hatalı) fikirlerden bağımsız bir yaklaşıma sahip olabilmektir. Fakat bilgisizlik sizi

çok uzaklara da savurabilir. Darwin'in (ve bizim) en büyük şansımız, onun yaşamı boyunca sürdürdüğü botanik çalışmalarının botaniği gerçekten bilen Kew Botanik Bahçesi direktörü Joseph Hooker kılavuzluğunda gerçekleşmesiydi. Aslında Darwin'in bir biyografisini istiyorsanız, Hooker'la yazışmaları size onun zamanını nasıl geçirdiğine dair bir gerçeklik hissi verecektir.

1860'larda, *Türlerin Kökeni* (ilk baskısı) ve kör olasıca kum midyelerinin aradan çıkmasıyla, Darwin, botanik biliminin çoğunu tek başına kökten değiştirecek bir dizi farklı bitki türüyle seri ilişkiye girmek konusunda artık rahattı. Yazdığı mektuplar 1860 yılındaki tutkusunun etçil bitkiler olduğunu, "böcekkapanla çalışmaktan sonsuz bir memnuniyet duyduğunu", "böcekkapanla deli gibi çalıştığını" ve böylece "sevgili kum midyelerinin" artık "sevgili böcekkapan" olduğunu ortaya çıkarıyor. Bununla birlikte, kum midyelerinden farklı olarak etçil bitkiler Darwin'in ilgisini muhafaza etmiş gibi görünüyor. 1874 sonlarında bile, etçil sumiğferiyle günlük çalışma hakkındaki fikri şuydu: "Hayatımda şimdiye dek bugün çalıştığım günden daha keyifli bir gün neredeyse olmadı." Ama sumiğferleri bile venüs böcekkapanının yanında sönük kalmıştı. Darwin onun hakkında şöyle bir fikre sahipti: "Hareketlerinin hızı ve gücü sebebiyle dünyanın en güzellerinden biri." Diğer zamanlarda, Darwin'i bir süreliğine diğer her şeyi dışarıda tutacak kadar meşgul eden en büyük tutkuları tırmanıcı bitkiler, orkideler ve hatta çuhaçiçeklerinin tozlaşmasıydı.

Elbette, sıradan birisi de bir venüs sinekkapanından etkilenebilir. Darwin'in dehası, bizlerin ikinci defa bakmayacağımız olağan ve sıradan şeylerin mucizesini ve önemini görmesindeydi. Bir örnek vermek gerekirse, *Türlerin Kökeni*'nin üçüncü bölümünün esas teması "varolma mücadelesi" idi. *Türlerin Kökeni*'nde Darwin'in kendi sözleriyle: "Bu nedenle, hayatta kalabileceğinden daha fazla birey doğdukça, ister aynı türe ait bireyler arasında ister farklı türlerin bireyleri arasında veya yaşamın fiziksel koşullarına karşı olsun, her durumda bir varolma mücadelesi olmalıdır." Bu, doğal seçimdeki "seçilim"dir: Bitkilerin ve hayvanların sadece azınlığı (çok ufak bir azınlık) geriye yeni nesiller bırakabilecek kadar uzun yaşar.

Darwin'in buradan hareketle kendi bahçesinde, doğal yaşamın genç organizmaları toplu olarak katletme eğilimine dair

herhangi bir kanıttan aldığı şen tatmin örneği, 1857 senesinde Hooker'a yazdığı bir mektupta belirttiği gibidir:

Benim çayırlığa 16 çeşit tohum ekildi. Bunlardan 15'i çimlendi fakat şimdi öylesine bir oranda telef oluyorlar ki birden fazlasının çiçeklenebileceğinden şüpheliyim. Daha büyük ölçekte ise çayırlığın bir kısmındaki bitkiler de diğer bitkileri (fideleri değil) bütün alanı kaplayarak boğuyorlar. Diğer taraftan, 60 cm'ye-90 cm'lik çıplak bir alanda, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında her bir fidelik tohumu çimlendiği anda not ettim. Çimlenen 357 tohumdan 277'si şimdiden sümüklü böcekler tarafından öldürüldü bile.

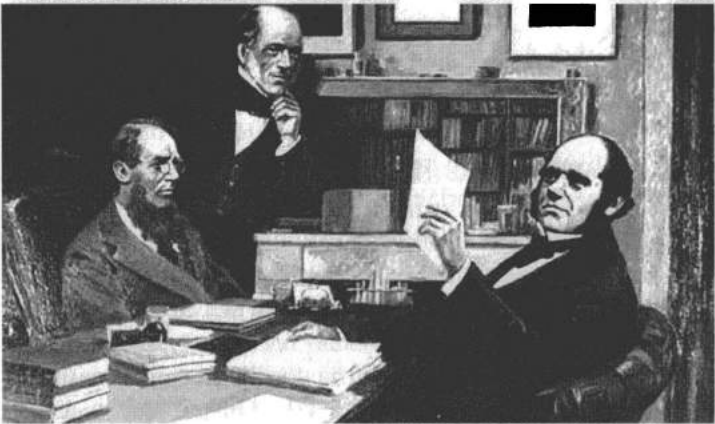
Kısacası, yerleşik bir çayırılıkta tohum ekerek doğal çiçeklerden oluşan bir kır örtüsü oluşturmaya çalışmak boş bir çabadır ve fidelerin çoğu eğer korunmuyorlarsa sümüklüböcekler tarafından yenir. Tecrübeli bahçıvanların ilgisini çekmeyecek olan bu gözlemler, gelişmekte olan doğal seçilimle evrim bulmacasında Darwin için önemli bir parçayı temsil ediyordu. Darwin bu bulmacayı orada bırakmadı, daha sonra aynı mektupta görebileceğimiz gibi, tüm bunlar aklına başka bir soru getirdi: "Çayırılık bir alanda her bir bitkinin çeşit ve oranının belirlenmesi. Nasıl bir hayretler uyandıran problemdir, nasıl bir güçler oyunudur bu böyle! Bence gerçekten muhteşem."

Darwin'ın farkına vardığı gibi, çoğu fidenin kaderi otoburlar tarafından yenilmek veya diğer bitkiler tarafından ortadan kaldırılmaksa ve nesil en güçlü, en zorlu bitkilerle ilerliyorsa, metrekarelik bir çayırılıkta otuz ya da daha fazla türün bulunmasını nasıl açıklarız (Böyle bir çayırılık gerçekten var mı)? Bu soru benim çalışmamın bir kısmı dahil tüm bilimsel çalışmalarda yer alıyor ve o zamandan beri şiddetli anlaşmazlıkları kışkırtmaya devam ediyor.

Nihayetinde, Darwin mektubunu tüm sorunların en büyüğüyle bitirmiştir: "Yine de bir hayvanın veya bitkinin soyu tükendiğinde şaşırıktan memnuniyet duyuyoruz." Diğer bir deyişle, ölüm her köşe başında gizlenmişken yaşam doğal bitkiler ve hayvanlar için kırılğan bir meseledir. Bu tam olarak şaşırtıcı bir hadise değildir. Aslında daha az uyum gösteren formların düzenli olarak duvara çarpıp daha iyi uyum sağlayan formlarla yer değiştirmesi kesinlikle kaçınılmazdır. Kısacası, doğal seçilim birçok bahçıvanın her gün yaptığı sıradan gözlemlerin bir özetidir.

Biz hiçbir zaman bitkileri Darwin'in gözünden göremeyeceğiz ama bu kitapta buna mümkün olduğunca yaklaşmayı ve en azından Darwin'in yaşadığı merak ve heyecanın bir kısmını paylaşmayı, çalışmalarının orijinalliğinin ve dikkate değer ölçüde kalıcılığının değerinin bilinmesini umut ediyorum.

Peki, bunu nasıl yapmalı? Bazen Darwin'in ne yaptığı ve ne keşfettiğine dair basit bir hesabın yeterli olduğunu düşünüyorum. Mesela, onun üzerinde çalıştığı biyolojinin tüm alanlarında bilim kaçınılmaz bir ilerleme gösterse de Darwin'in tırmanıcı bitkiler üzerine olan çalışması zamanının o kadar ötesindeydi ki, bugün neredeyse hiçbir güncellemeye ihtiyaç duyulmuyor. Şu anda bile tırmanıcı bitkiler üzerine bildiğimiz şeylerin çoğu Darwin'in 1865 tarihli kitabına kadar uzanıyor ve eğer bugün tırmanıcı bitkiler üzerine bir doktora yapmayı planlıyorsanız, Darwin'in çalışması hâlâ temel olmaya devam ediyor. Darwin bizim henüz cevaplamaya başladığımız, tırmanıcı bitkilerin neye tutunacaklarını ve neye tutunmayacaklarını nasıl bildiklerine dair sorular sordu. Ayrıca neredeyse tüm sarmaşıkların aynı yöne doğru sarıldığını da işaret etti. Fakat Darwin'in sahip olduğu pek çok meziyetten biri, deneysel incelemeye uygun olmayan soruları dert etmemesiydi. Sarılma yönü muhtemelen bu sorulardan biriydi ve biz çoğu bitkinin neden aynı yöne doğru sarıldığını hâlâ bilmiyoruz.



Darwin (sağda) Down House'taki evinde, jeolog Charles Lyell ve Botanikçi Joseph Dalton Hooker'la birlikte. Victor Eustaphieff tarafından resmedilmiştir.

Darwin'in zamanından bugüne bilim alanındaki ilerlemelerin sebebi genellikle teknolojik gelişmelerdir. Mesela, duvar sarmaşığı tarafından ağaç ve duvarlara yapışmak için kullanılan son derece akıllı bir nanoparçacıklı kompozit yapıştırıcı üzerinde yapılan son çalışmalarda (diğerşeylerin yanı sıra); Phenomenex Biosep-SEC-S 4000 silika jel kolonu, 4-20 Nm⁻¹ döner sabitli PPP-NCHR-20 silikon konsollu nanosensörlerle donatılmış bir Agilent 6000 ILM/AFM ve bir Malvern ZetaSizer Nano ZS kullanıldı (Bu sonuncusu, duvar sarmaşığının nanoparçacıklarının zeta potansiyellerini ölçmek için yeterlidir). Hepsi taramalı elektron mikroskobu yardımıyla izlendi. Gerekli kanıtları üretmek için bu tür araçlara kesinlikle ihtiyaç olduğu için, Darwin'in bitki yapışkanlarıyla ilgili (ev yapımı, mutfak lavabosu deneyleriyle) yaptığı araştırmaların neden hiçbir zaman çok fazla ilerleme sağlayamadığı gayet açık.

Değişen başka bir şey de artık modern dünyanın daha küçük ve çok daha iyi keşfedilmiş bir yer olması, yani bizim bugün bitkiler hakkında Darwin'in zamanında henüz keşfedilmemiş şeyler biliyor olmamızdır.

Günümüzde bahçıvanlar tarafından yetiştirilen iki morsalkım türü oldukça yaygın ve bilindik olduğu halde, Darwin'in bunlardan sadece birini tanımış olduğunu ve bu yüzden bu türlerde olduğu gibi aynı cinse ait iki türün farklı yönlere dönerek tırmandığı bir örnek üzerine düşünme şansı olmadığını fark etmek oldukça şaşırtıcı. Darwin'in zamanında hiç bilinmeyen bukalemun sarmaşığı, destek olarak kullandığı bitkileri taklit etme kabiliyetine sahip tropikal tırmanıcı bir bitkidir. Fakat modern deneysel araçlarla dahi hiç kimse bu bitkinin bunu nasıl başardığına dair bir bilgiye sahip değil.

Aynı mesele etçil bitkilere baktığımızda daha da büyük ölçekte belirir. Her zaman olduğu gibi Darwin çağının çok ilerisindedir. Darwin'in çalışmalarından önce, etçil bitkilerin etçil olması bile genel kabul görmüyordu. Bitkilerin etçil olması normal düzeni tamamen altüst ettiği için bütün etçil bitkiler doğası itibarıyla büyüleyicidir. Biz bugün Darwin'in hiç bilmediği çok sayıda örneği tanıyoruz. Tuhaf bir örnek, sadece yarı zamanlı bir etçil olan ve aynı zamanda çengelli kancalara dönüştürülmüş

yapraklarla tırmanan tropikal bir tırmanıcıdır (Bu bitkiyle, *Triphyophyllum peltatum*, ilgili daha fazla bilgi 3. bölümde).

Darwin'in bakabileceği ancak herhangi bir nedenden ötürü bakmamayı seçtiği bitkilere göz atmak da ilgi çekici. Mesela kendisi hem ılıman hem de tropik dış görünüşlü ibrikotu bitkilerini neredeyse tamamen göz ardı etmişti. Bu kitapta onların kimyasal savaşta kullanımı ve karıncalardan yarasalara ve ağaç sivrifarelerine kadar her şeyi içeren karmaşık ortaklıklar hakkındaki son araştırmalardan bazılarına değineceğim.

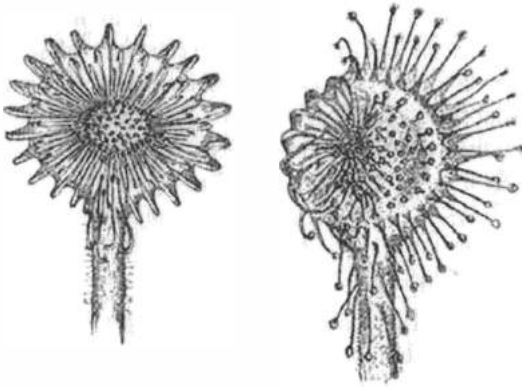
Teknolojik ilerleme etçil bitkileri kavrayışımızı da değiştirdi. Sumiğferlerinin su altı tuzaklarının nasıl çalıştığını anlamaya çalışırken olaya Darwin'in omuzlarından bakmak heyecan verici. Darwin sonuçta başarısız oldu ancak bu tam olarak onun suçu değildi çünkü sumiğferleri gezegendeki en hızlı etçil bitkilerdir. Sumiğferlerinin nasıl çalıştığına dair bugünkü (berrak fakat hâlâ tam olarak kesinleşmeyen) kavrayışımız saniyede binlerce kare çekebilen kameraların gelmesini beklemek zorunda kaldı.

Genetik biliminin tamamı bir başka teknolojik gelişmedir. Darwin etçil bitkilerin evrimi konusundaki tahmininde oldukça başarılıydı, ancak özellikle etçil bitkiler gibi alışılmadık bir yaşam tarzına uyum sağlamış olan bitkilerle ilgilenirken dış görünüş konusunda yanılmağa düşmek oldukça kolaydır. Bu yüzden günümüzde doğrudan DNA'yla çalışma kapasitemizin ortaya çıkardığının aksine, yapışkan dokunaçları olan tüm etçil bitkilerin birbiriyle ilişkili olduğunu düşündüğü için Darwin'i suçlayamayız.

Bu kitabın bir başka yerinde, sürekli olarak alanında ilk olduğu konularda keşifler yapan ve yaptığı çalışma sıklıkla beklenmedik bir şekilde botanik alanında yeni alanlara öncülük eden Darwin'in çalışmalarının başka yönlerinde de benzer meseleleri keşfedeceğim. 30 cm'lik boru şeklinde nektarlı çıkıntıya sahip bir orkide çiçeğinin, (o zamanlar henüz keşfedilmemiş) 30 cm'lik dile sahip bir güve tarafından tozlaşması gerektiğine ilişkin onun meşhur tahminini göreceğiz. Darwin'in, çuhaçiçeği bitkisinin çiçeklerinin erkek ve dişi kısımlarının olağandışı düzenlenmesinin önemini, bu düzenlemenin açıklanmasının gerekliliğini kimsenin fark etmediği zamanlarda nasıl çözdüğünü göreceğiz. Hatta son yıllarda gerçekten gelişmekte olan bir

tartışmanın n izlerini, bitkilerin akıllı olduklarından (iyi bir sebeple) emin olduğunu bile göreceğiz. Bu sırada, Darwin'in bahçıvanlık işini nasıl dönüştürdüğünü ve Kraliyet Bahçecilik Topluluğu'nun bahçıvanlığa bilimsel yaklaşıma nasıl ilham verdiğini göreceğiz.

Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim üzerine çalışmasının parlaklığı yüzünden tüm bu çalışmaları gözden kaçırmak kolaydır. Elbette hiçbir Şey onun evrimsel alandaki başarılarıyla boy lşmez, Darwin bile dünyayı temelinden ancak bir kez sarsabilirdi. Fakat onun botanik çalışmaları da yaptığı diğer Şeyler kadar etkileyiciydi. Darwin'e zaten hayran olabilirsiniz, *Türlerin Kökeni*'ne aşına olabilirsiniz, ancak Botanikçi Darwin'i tanıyor olma ihtimaliniz pek yok. Bunu değiştirmeyi umuyorum. Nihayetinde Darwin'in "en müthiş bitkilerinin" en az onun düşündüğü kadar heyecan verici oldukları ve *Türlerin Kökeni*'ni hiç yazmamış olsaydı bile Darwin'in bugüne kadar yaşamış en iyi botanikilerden biri olduğu konusunda mutabık kalacağımızı mit ediyorum.



Darwin'in bcekiyiye bitkiler hakkındaki kitabından iki böcekkapan (*Drosera rotundifolia*) izimi.

bölüm 1

TEPEDEKİ ODA

Tırmanıcı bitkilerin hareketleri ve yapıları üzerine (1865)

Darwin neden tırmanıcı bitkilerle ilgilenmişti? Tabii ki, doğal seçilimle yaprakların (ve diğer yapıların) tırmanıcı araçlara kademeli değişimi arasında bağlantı olduğu için. Gerçekten de göreceğimiz gibi Darwin, tek bir amaç için oldukça farklı bir şeye evrimleşmiş bir yapının kademeli dönüşümü söz konusu olduğunda, sarmaşıkların herkesin isteyebileceği en iyi örneği sunduğunu düşünmüştü. Fakat büyük ölçüde kum midyesi hikâyesi tekrar etti. Darwin işe başladı ve duramayacağını anladı. Onu ilk teşvik eden şey, 1858’de, Amerikalı botanikçi Asa Gray tarafından sakızkabağı ailesinden bir bitkinin sülükleri hakkında yazılan kısa bir makaleydi. Darwin, Gray’in kendisine gönderdiği bazı tohumları yetiştirdi ve sülüklerin hareketinden anında “büyüdü ve hayrete düştü.” Karmaşık görünüyorlardı ama Darwin bazı basit ilkelerin işlediğinden şüphe ediyordu. İşte hepsi bu, bağlanmıştı: “Çeşitli tipteki diğer tırmanıcı bitkileri edindim ve tüm konuyu çalıştım.” Darwin “tüm konuyu” dediği zaman gerçekten de “tüm konuyu” kastediyordu.

Darwin yıllardır orkidelerin tozlaşması üzerine çalışmaktaydı ve bu büyük bitki grubunda görülen bazı polen taşıma mekanizmalarına tepkisini “hayatımda bu kadar güzel bir şey görmedim” şeklinde ifade ediyordu. Fakat burada kalmayıp şu sonuca vardı: “Tırmanıcı bitkilerin gösterdiği bazı adaptasyonlar orkidelerin karşılıklı tozlaşmadan emin olmak için gösterdiği adaptasyonlar kadar güzel.” Darwin için bu güzellik anahtardı;

doğal seçilimin herhangi bir ürünü, hayati bir işlevi tutumluluk ve zarafetle yerine getiren bir güzellikti.

Ben tırmanıcı bitkilerin Darwin'in keşfettiği kadar güzel ve muhteşem ve aynı zamanda bağımlılık yapıcı olduklarını sadece onaylayabilirim.

Sarılcı bitkiler

Darwin *Tırmanıcı Bitkilerin Hareket ve Yapıları*'nın en başında, tırmanıcı bitkilerin çok çeşitli biçimlerde olabildiğini ve sarılmanın "en büyük alt bölüm olduğunu ve açık bir şekilde sınıfın en ilkel ve basit hali olduğunu" gözlemler. Ona göre, tırmanıcı olmayan bir bitkiyi tırmanıcı bir bitkiye dönüştürmenin en kolay yolu, bitkinin ilk olarak sarılma özelliğine sahip olmasıydı. Diğer tüm seçenekler çok daha radikal değişimlere ihtiyaç duyacaktı. Darwin daha sonra tipik bir tırmanıcı olan şerbetçiotundaki genç bir sürgünün "güneşle birlikte bir tarafa doğru kıvrılıp bir saatin kolları gibi pusulanın tüm noktalarına doğru yavaşça ilerleyişini" gözlemledi.

Darwin'in bu gözleme karşı tepkisi onun ne kadar dikkatli bir bilim insanı olduğunu gösterir. Tabii ki soru şuydu: bu hareket nasıl gerçekleşiyor? Darwin'in çağdaşları gövdenin kendisinin kıvrıldığını varsaymaya meyilliydi. Buna inanmak kolaydı çünkü Darwin'in de belirttiği gibi "sarılıcı bitkilerin neredeyse hepsinin eksenini gerçekten kıvrıktı." Ama Darwin aynı zamanda bunların *yeterince* kıvrılmadıklarını da kaydetti. Bir gövde otuz veya daha fazla dönüm geçirmiş olabilir, ancak bu sadece iki veya üç dönüşün kanıtını gösterebilir. Dolayısıyla, sürgünün kıvrılması ve dönüşü bağlantılı değildir. Aslında, kıvrımlar gövdenin bir desteğin etrafına sarılmasının basit mekanik sonucudur, ancak dönüşler gövdenin etrafında dolaşan, büyüme ucunu sıralı olarak bir tarafa iten büyüme bölgelerinden kaynaklanır. Böylece, dönme hareketi Darwin'in öne sürdüğü gibi "pusulanın tüm noktalarına başarılı bir şekilde yönlendirilen devamlı bir eğilme hareketi" olarak daha doğru bir şekilde tarif edilmiş olur.

Bu hareketin amacı elbette bir desteğe temas etme şansını artırmaktır ama bunun da ötesinde dönme hareketinin anahtar-

dır. Her zamanki gibi Darwin'in çağdaşlarından bazıları sarılcı bitkilerin gövdelerinin dokunmaya karşı duyarlı (Darwin'in deyimiyle *hassas*) olmaları gerektiğini varsayan ve bu sayede dokunabildikleri her nesneye doğru büküldüklerini öne süren yanlış bir fikre sahipti. Ne var ki Darwin, sarılcı gövdelerin herhangi bir şeye tepki verdiklerine ikna olamadı ve bir desteğin etrafına sarılmanın normal dönüm hareketinin doğal bir uzantısı olduğu sonucuna vardı. Kendisinin ifadesiyle:

Eğer bir adam başının etrafına bir ip dolar ve sonunda bir sopayla vurursa, ip salınım hareketinin yönüne göre sopaya dolanır ve ipin serbest ucundaki momenti değiştirir. Sarılcı bir bitkide büyüme çizgisinin sürgünün serbest kısmı etrafında hareket etmesi, bitkinin ters tarafa doğru bükülmesine sebep olur.

Bu fikir o kadar iyi çalıştı ki, Darwin hassasiyetin gereksiz olduğu sonucuna vardı ve görüşünü klasik Darwin tarzıyla ifade etti:

Sarılcı bitki gövdelerinin hassas olmadığı sonucuna vardım. Doğa her zaman kendisini tutumlu hale getirdiğinden ve hassasiyet ihtiyaç fazlası haline geleceğinden, aslında bu mümkün de değil.

Darwin aynı zamanda bahçıvanlar için de önemli bir şeyi açıklıyordu. Eğer sarılcı bir bitkinin gövdesi gerçekten potansiyel bir desteğe sarıldıysa, sonunda tam bir tur atma umuduyla başladığı noktaya dönebilir ve bu tarz yöntemlerle çok kalın bir desteğe bile asılabilirdi. Fakat Darwin bunun pek de öyle olmadığını fark etti:

Bir *Wistaria*'nın (yazım hatası korunmuştur) dönmüş uzun sürgünlerini 13-15 cm çapında bir sütuna yerleştirdim, birçok yönden yardım etsem de sütunun etrafına dolanmadılar. Başka bir deyişle, normal dönme hareketi, bir gövdenin kendisini göreceli olarak dar bir desteğe sarmasına neden olmak için yeterlidir. Ama belirli bir çapın ötesinde, büyümenin hareketli bölgesi gövdeyi desteğe doğru iterek yola koyulsa da kısa bir süre sonra onu tekrar destekten uzağa iter ve hiçbir sarılma gerçekleşmez.

Böylece Darwin pek çok bahçıvanın kendi deneyimlerine dayanarak teyit edeceği bir şeyi, sarılcı bitkilerin kalın destek-

lere tutunamayacağını, kendisini tatmin edecek şekilde gösteriyordu. Fakat Darwin sadece ılıman bölgelerde yetişen sarılıcılar üzerinde deney yapabildiğinin ve tropiklerin bazıları devasa boyutta sarılıcılarla dolu olduğunun kendisini rahatsız edecek şekilde farkındaydı. Acaba tropiklerdeki sarılıcılar, ılıman bölgelerdekilerin yapamadıklarını yapabilir miydi?

Bunu bulmak için botanik problemlerle karşılaştığında genellikle yaptığı şeyi yaptı. Kasım 1864'te Kew'de bulunan Hooker'a yazdı:

Bunu yalnızca tamamen emin olma şansın varsa cevapla, senin bu konudaki bilgine güveniyorum. Herhangi bir sarmal sarılıcı (süslüklü değil) bitki 30 cm ve daha kalın bir gövde veya desteğin etrafına sarılabilir mi? Bizim ılıman iklim tırmanıcılarımız yapamıyor, hareketlerindeki bir gariplikten ötürü ancak 9 cm çapına kadar olan bir desteğin etrafına sarılabiliyorlar. Bazı tropikal sarılıcıların çok daha büyük çaplara sarılmayı başarabileceğinden şüpheleniyorum. Kew'deki seralarda böyle kalın gövdeler var mı?

Hooker kendisinin gözlemleri ve başkaları tarafından kendisine aktarılanların bir karışımıyla cevap verdi. Darwin üçüncü kişilerden gelen verilerden şüphe duyuyordu ve Hooker'ın gözlemlerinin önemli bir eksiği vardı: "Bizim seralarımızda üzerinde bazı tırmanıcılar olan 9 cm çapında gövdelere sahip bitkiler var fakat bunlar sarılmaları için (buna *ihtiyaçlarının* olup olmadığını söyleyemeyeceğim) bizim yardımcı olduğumuz bitkiler."

Bu yardım çok kritikti; sarılıcı tırmanıcılar yeterli zorlamayla her türlü numarayı hayata geçirebiliyordu. Sussex'teki West Dean Bahçeleri'nde yaygın olarak yetiştirdiğimiz kalın gövdelere sarılmış Salkımçiçeği türlerin her ikisini de gördüm, ancak onlar bunu yapmaları için planlı bir şekilde "şiddetle" desteklenmişlerdi. Bunun açık bir işareti her ikisinin de (şans eseri) yanlış yönde büyümesiydi (sonraki bölüme bakınız). Bu yüzden Darwin, Hooker'ın tırmanıcı bitkiler üzerine gözlemlerini kayda geçirmesine rağmen, öz deneyimlerine güvenme eğilimindeydi. Bu deneyimler kendisine, ne salkımçiçeğinin ne hanımeline ne de çok sayıdaki başka türün kendi rızasıyla

11-12 cm çapından daha geniş bazı şeylere tırmanmaya ikna edilemeyeceğini söylüyordu.

Tropiklerde bile sarılıcıların geniş destekleri kavrayamamaları meselesi daha yakın zamandaki araştırmalarla doğrulanmıştır. Ekvador'da yapılan bir çalışmada, genişliği bir metreye kadar olan ağaçlar üzerinde yetişen tropikal tırmanıcılar bulundu. Ne var ki en geniş ağaçlar sadece kök tırmanıcılarına –ki bunlar konakçının çapıyla sınırlanmazlar– desteklik sunmuştu. Kalın konaklardaki sarılıcıların kendilerinin de nispeten kalın olduğu çok açıktı, bu da birlikte yaşamaya konaklar daha inceyken başladıklarını ve ikisinin birlikte büyüdüğünü gösteriyordu. Eğer sadece nispeten yakın bir zamanda konakçılarına yerleşen ince sarılıcılara (1 cm'den küçük) bakarsak, bunlarının %90'ının 8 cm'den daha küçük çaplı konaklarda büyümüş oldukları görülür. Sarılıcı bitkiler ayrıca büyük ağaçların tepelerine daha küçük ağaçları hatta diğer tırmanıcıları “merdiven” gibi kullanarak da erişebilirler.

Sağa ve sola sarılma

Yani, sarılıcı gövdeler döner ve bir desteğe rast geldiklerinde bu dönüm daha önce dönmüş oldukları yöne doğru doğal bir sarılmaya yol açar. Peki, hangi yöne doğru? Darwin, sayısız sarılıcı bitkiyi dikkatlice gözlemledi ve onları “güneşle” veya “güneşe karşı” sarılanlar olmak üzere ikiye ayırarak sınıflandırdı. Bu etiketlerde yanlış bir şey yok ancak kuzey ve güney yarımkürede farklı şeyleri ifade ediyorlar. Bu nedenle, her yerde işe yarayan sarılma yönünün açıklamasını yapmak daha iyi bir fikir olabilir. Bu konuda kullanılan daha kötü bir başka terminoloji ise saat yönü veya saat yönünün tersidir. Çünkü şimdi, sadece hangi yarımkürede olduğunuzu bilmek yerine, yerden *yukarıya* doğru tırmanıcı bir gövdeye mi, yoksa bir gövdenin yükseldiği yerden *aşağıya* mı bakmakta olduğunuzdan emin olmalısınız. Yeryüzü saat yönünde mi yoksa saat yönünün tersine mi döner? Kimin baktığına göre değişir. Sarılma yönünü tarif etmenin daha iyi bir yolu *sağlaklık* veya *solaklıktır*. Diğer bir deyişle, sarılıcı gövdesi desteği sol alttan sağ üste (sağlak) veya sağ alttan sol üste (solak) kat eder. Bu tarif sizin nerede

durduğunuzdan veya hangi yarı kürede olduğunuzdan bağım-sız olarak her zaman aynı sonucu verir.



Solak ve sağlak sarılıclar: sol, alıfasleyesi (*Phaseolus coccineus*); sağ, siyah algam (*Tamus communis*).

Bitkilerin hangi yöne sarıldıkları hakkında iki popüler fikir vardır. Biri, muhtemelen daha yaygın olanı, bitkilerin güneşin gökyüzünde gün boyunca açıkça görülen doğu-batı yönünü takip ettikleridir. Gerçekten de daha geçen gün, güneşini takip edebilmeleri için geçen şerbetiotlarının gövdelerine dikkatlice yardım eden bir şerbetçiotu yetiştiricisinin gazete açıklamasını okudum (Eğer bitkilerin herhangi bir yardıma ihtiyaçları varsa veya onları herhangi bir şey yapmaya ikna etmek mümkünse). Diğer bir fikir ise, her şeyin Koriyolis etkisiyle, yani banyo suyunuzu süzülürken kuzey ve güney yarımkürede (iddiaya göre) farklı yönlere döndüren şeyle belirlendiğidir. İkinci hipotez, kuzey yarımkürede sağlak sarılmayı ve güney yarımkürede solak sarılmayı öngörür. Güneş hipotezinin ngrleri daha karmaşıktır, ancak yine de sarılma yönünün yarımküre ve enlemlerle değişmesini bekleyebilirsiniz.

2007'de Yeni Zelandalı ekolojist Angela Moles, dünyadaki sarılıcı bitkilerin yaklaşık %92'sinin sağa kıvrıldığını gösteren

bir makale yayımladı. Bu makaleye göre söz konusu durum gezegendeki her yerde geçerlidir –bu yüzden her iki hipotez de yanlıştır– ve şerbetçiotları küçük solak bir azınlıktır. Fakat Darwin’in 140 yıl önceki gözlemleri sağlıklı tırmanıcıların çoğunluğuna zaten kuvvetle işaret ediyordu. Darwin’in çalıştığı 40 türün 27’si sağlıklı, 13’ü solak sarılıcıydı. Eğer Darwin’in zamanında doğru dürüst istatistik testler icat edilmiş olsaydı, bu fark belirgin bir şekilde kanıtlanırdı: Mesela sağlıklı ve solak sarılıcıların dağılımı rastlantısal değildi. Aslında Darwin bu haberin o zaman için bile eski olduğunu tahmin etmiş görünüyordu: “Sarılıcı bitkilerin çoğu ters yöne gitmekten ziyade, güneş ışığına veya saat yönüne doğru dönüm yapar ve sonuç olarak, *bilindiği üzere*, desteğin solundan sağına doğru yükselirler” (italikler bana ait).

Darwin meraklı bir şekilde işaret ediyordu: “Aynı cinse ait iki türün farklı yönlere doğru sarıldığı herhangi bir örnek görmedim, bu durum nadiren görülüyor olmalı.” Betimlediği türlerden biri olan *Wisteria sinensis*’i (mor salkımçiçeği) doğru bir şekilde sağlıklı olarak kaydetmişti. Çin salkımçiçeği Britanya’da 1816 yılında tanıtılmıştı ve 1835 yılında yaygın şekilde bulunabiliyordu, bu yüzden Darwin’in bu bitkiyi bilmesi şaşırtıcı değil. Darwin’in Kent şehrindeki evi, Down House, büyük bir Çin salkımçiçeğine ev sahipliği yapıyor. Bu bitkinin bizzat Darwin tarafından ekildiğini düşünmek bana çok romantik geliyor. Maalesef, eski siyah-beyaz ve renkli fotoğraflar Down House’ın tırmanıcılarla kaplı olduğunu gösterse de bunlar zaman içinde çoktan yitip gittiler ve biz onların hangi bitkiler olduklarını bilmiyoruz. 1994 tarihli bir fotoğraf Down House’ın tırmanıcılarından tamamen yoksun olduğunu gösteriyor. Yani evin bugünkü kaplanmış hali çok büyük ihtimalle İngiliz Mirası tarafından satın alındığı 1996 yılından itibaren olmalıdır ve bugün kullanılan salkımçiçeğinin sağlıklı olması da sadece bir tesadüf olabilir.

Darwin’in Japon salkımçiçeğinden haberdar olamayacak kadar erken bir zamanda yazmış olması üzücü. Japonya’dan *Wisteria floribunda* (Japon salkımçiçeği) 1870’lere kadar (Hollanda aracılığıyla) tanıtılmamıştı, yani Darwin (bu özelliği sayesinde tamamen yapraksız olduğunda bile Çinli kuzeninden ayırt edilebilen) bu solak sarılıcıdan haberdar değildi.



Ailesinin evindeki bahçe duvarında yetişen *Wisteria sinensis*, Darwin'in belirttiği gibi sağa doğru kıvrılır.

Darwin yine de aynı cinse ait 2 türün ters yönlere dönmesinin nadir olması gerektiği konusunda şüpheye yer bırakmayacak şekilde haklıydı; ben salkımçiçeği dışında bir örnek bilmiyorum. Basit botanik koleksiyonerleri, Japon salkımçiçeğinin herhangi bir melezinin sarılma yönünü bu ebeveynden miras aldığını öğrenmekten mutluluk duyacaktır.

Sağlak doğa

Aslında farklı bitkilerin farklı yönlere doğru sarılması, (görünürde) yarısı bir yöne ve diğer yarısı diğer yöne doğru olacak şekilde rastgele olsaydı bile ilginç olurdu. Fakat tek yöne doğru sarılmanın ezici üstünlüğü bizi bariz soruya ulaştırıyor: Neden?

Mademki sarılma müdahale edilmemiş çok farklı bitkilerin söz konusu olduğu pek çok durumda açık bir biçimde bağımsız

şekilde evrimleşiyor, evrimsel süreç neden –neredeyse her zaman– sağlık dönüşle sonuçlanıyor? Şaşırtıcı bir şekilde bu, Darwin’i çok da rahatsız eden bir soru gibi görünmüyor. Darwin basit bir şekilde “sarılıcıların çoğu sağlıklıdır” diye yazıp meseleyi öylece bırakmıştır.

Gerçekten de bu şaşırtıcı bir şey mi? Darwin neredeyse her şey hakkında yoğun bir şekilde meraklıydı ama aynı zamanda, bitkilerin ve hayvanların neden şu an oldukları şekilde ortaya çıktıklarına ilişkin adaptasyon kaynaklı nedenlerin de peşindeydi. Belki de solak veya sağlaklık için adaptasyona dair bir açıklama düşünmenin bile zor olduğunu düşünüyordu hatta meseleyi herhangi bir şekilde araştırmayı düşünmenin bundan da zor olduğunu düşünüyordu. Solaklık nadir olabilir ama bunun bitkilere herhangi bir zarar verdiğine dair hiçbir delil yok; bahçemdeki iki hanımeli de solak görünüşlerine rağmen yeterince mutlu görünüyorlar. Bir bitkinin fikrini değiştiremezsiniz. Peki, fikrini değiştirmeye çalışırsanız ne olur? Bunu yapmak için gerçekleştirilen herhangi bir denemenin sonucunda bitki tırmanmayı tamamen reddeder.

Aslında bugün bile bitkilerin çoğunun neden sağlıklı olduğunu bilmiyoruz ama doğa çoğunlukla böyle; insanların çoğunluğu sağlık ve sümüklü böceklerin kabuklarının %90’ı sağlık helezon yapıdadır. Belki de doğa basit bir biçimde bazı temel moleküller seviyesinde çoğunlukla sağlıklıdır; DNA molekülünün teorik olarak solak olması mümkün olduğu halde DNA sağlıklıdır.

Hayatın temel yapıtaşı, kendilerini ufak bir aminoasit paletinden inşa eden proteinlerdir. Aminoasitler çoğu organik molekül gibi (mesela şeker) tamamen aynı formüle sahip ancak birbirinin ayna görüntüsü olan iki formda ortaya çıkabilirler. Gerçek anlamda bir karşılığı olmasa da kendilerini sağlık ve solak olarak düşünmenin cazip olduğu bu iki form L ve D olarak adlandırılırlar. İlginç olan şudur ki, yaşam, aminoasitlerin sadece L formunu kullanır (hiç kimse bunun sebebini bilmiyor) ve L-aminoasitler protein formunda bir araya geldiklerinde bu form genellikle α -helix denilen sağlık bir helezondur. Solak α -helixler de vardır ama bunlar son derece azdır.

Hayvanların ve bitkilerin yaygın gözlemlenen sağlık hareketine bir şekilde tüm bu bir elin diğerinden baskın olmasının veya *kirali-tenin* yol açıyor olduğu kolaylıkla varsayılabilir. Çinli araştırmacılar,

sukabağı sülüklerinin sarılma davranışlarını, hücre altı düzeyde selüloz liflerinin sarmal açısına dayanarak takip etmeye çalıştılar ama iddialarını geçerli kabul etmeyi zor bulduğumu itiraf etmeliyim. Belki bu mesele kütleçekim dalgalarına ve Higgs parçacığına veya başka bir şeye dayanıyordur. Benim bütün bildiğim, eğer öğleyse bile henüz hiç kimsenin bu meselenin mekanizmasına dair kabul edilebilir bir açıklaması yok. 140 yıl sonrasında fazlasıyla açık olan şey, Darwin'in, bütün bu sorunun özellikle o zaman sahip olduğu teknolojiyle araştırmaya değmeyeceğini düşünmekte büyük olasılıkla haklı olduğuydu.

Sülükler

Darwin sarılıcı bitkilerle çalışmaktan keyif alsa da tırmanmak için sülükleri kullanan bitkileri çok daha ilgi çekici buluyordu. Başlangıçta sülükler doğal seçilimin çok önemli bir özelliğini gösteriyordu. Bitkiler ve hayvanlar yeni bir özellik ihtiyacıyla karşılaştıklarında, nadiren tamamen yeni bir özellik veya davranış evrimleştirirler. Neredeyse her zaman, var olan özellikler yeni ihtiyaçları karşılamak için değişim geçirirler.

Canlı organizmalar gerçekten de sıfırdan başlayarak tasarlanmış olsaydı, dünya çok farklı bir yer olabilirdi. Eski yapıların genellikle en şaşırtıcı ve dolambaçlı yollardan geçerek yeni amaçlar için değiştirildiği sayısız yöntem, hiçbir şeyin *tasarlanmadığına* dair en ikna edici kanıtlardan biridir. Örneğin, memelilerde ses titreşimlerini kulak zarına aktaran minik kemikler başlangıçta sürüngen çenesinin bir parçasıydı. Tırmanıcı bitkilerin sülükleri bu prensibi mükemmel şekilde gösterir. Çok sayıda sülük, belki de sülüklerin çoğunluğu, bezelye sülüklerinde olduğu gibi açık bir şekilde değişime uğramış yapraklardır. Aslında bazı tırmanıcıların sülükleri hâlâ yapraktır fakat tüm tırmanıcı sarmaşıklarda olduğu gibi kavrayıcı saplara sahip olacak şekilde değişime uğramıştır.

Sülükler diğer tırmanıcı bitkilerde de aynı şekilde açıkça çiçek saplarından türemişlerdir. *Türlerin Kökeni*'nin yazarı şunu keşfettiği için çok belirgin şekilde mutluydu: "Eğer *Vitis* cinsi (üzümler) bilinmiyor olsaydı, türlerin değişim geçirmesi fikrinin en koyu takipçileri bile tek bir bitkinin aynı yetiştirme döneminde, çiçek ve meyveleri destekleyici sıradan çiçek sapları ve özellikle

tırmanmak için kullanılan sülükler arasındaki her olası aşamayı gösterecek şekilde geliştirdiğini tahmin edemezdi. Fakat üzüm bitkisi bize böyle bir durumu açıkça gösteriyor. Bu durum bana olabildiğince iyi düşünülmüş, çarpıcı ve merak uyandırıcı bir geçiş örneği gibi görünüyor.”

Bu sülükler tarafından gösterilen değişimin gücünün sonu değildir. Sülüklerin öncelikli fonksiyonu çok açık bir biçimde sürgün ve dallara sarılmak olsa da bitkiler bir defa sülüklere sahip olduklarında epeyce farklı amaçlara uyacak şekilde uyum gösterebilirler. Virginia sarmaşığı –*Ampelopsis hederacea* (günümüzde *Parthenocissus quinquefolia*– sülüklerinin tutundukları bir çubuğu bırakmak konusunda normalde çok da istekli olmadıkları Darwin tarafından gözlemlenmişti:

Tahtadan düz bir yüzeye veya duvara denk geldiklerinde (bu açıkça uyum gösterdikleri şeydi), tüm yapraklarını ona doğru yöneltip geniş şekilde sarıp çengelli uçlarını yan yana getirip yüzeye temasa geçerler. Bunun etkisiyle, çok sayıda dal, yüzeye dokunduktan sonra genellikle yükselip kendilerini yeni bir pozisyona oturtur ve yüzeye tekrar temas eder. Bir sülük herhangi bir yüzeye temas edip dallarını düzenledikten yaklaşık iki gün sonra çengelli uçlar şişer, parlak kırmızıya döner ve alt kısımlarında sıkıca yapıştığı iyi bilinen küçük diskler ve yastıklar oluşturur.

Darwin bu yapışkan sülüklerin olağanüstü sıkı yapışma özelliğinden etkilenmişti:

Sülükler... Hızla kalınlıklarını artırır ve muazzam bir kuvvet kazanırlar. Gelecek kış boyunca yaşama ara verir fakat ölü sezonda kendi gövdelerine ve tutunma yüzeyine sıkıca yapışırlar. Bir sülüğün tutunmadan sonra kuvvet ve dayanıklılık kazanması muhteşem bir şey. Şu an benim evime yapışan hâlâ kuvvetli ve on dört ya da on beş yıldır ölü sezonda hava şartlarına maruz kalmış sülükler var. Bir sürgünün yaklaşık on yaşındaki tek bir yatay dalcığı, hâlâ esnek ve tam olarak 900 gram ağırlığı destekliyor.

Sülüklerin çalışması

Darwin sadece sülüklerin evrimin işleyişinin en iyi örneklerinden biri olmasını değil, aynı zamanda davranışlarını da büyü-

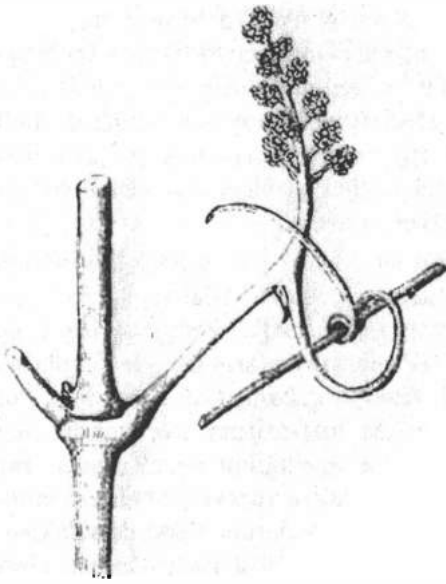
leyici buluyordu. Sarılıcı bitkilerin sıkıcı, duyarsız gövdelerinden oldukça farklı olarak, sülükler m kemm l derecede hassastırlar. Hafif bir fırçalı kurşun kaleme ya da sadece birkaç gram ağırlığındaki bir ip düğümüne yanıt verirler. Yanıt oldukça ani bir şekilde gerçekleşebilir. Mesela *Passiflora gracilis*'te (tek yıllık  arkıfelek):

Bir dokunu tan sonraki hareket çok hızlıdır: Birkaç sülüğün alt kısmını aldım ve daha sonra ince bir dalla içbükey uçlarına dokundum ve bir mercek aracılığıyla dikkatle izledim; uçlar gözle görülür biçimde kıvrılmaya ba ladı. ...dokunu tan yarım dakika sonra. Böylece 31 saniyede kıvrılan sülüklerden biri, dokunulduktan iki saat sonra bir helezon halinde sarılmıştı. Böylece bu sürede kendini toplamış ve uyarılma yeteneğini m kemm l bir şekilde ortaya çıkarılmıştı.

Bitkilerin r zg r nedeniyle neredeyse her zaman sabit bir hareket içinde olduğu gerçek dünyada, bir s l k genellikle bir desteğe temas eder fakat onu düzgün bir şekilde kavrayamaz. Bu yüzden, tutunmakta başarısız olan s l kle beklendiği üzere tekrar ve tekrar denemeye devam edebilirler. Mesela tek yıllık  arkıfelekte "aynı sülüğün dokunulduğunda ne sıklıkta kıvrıldığını belirlemek için ...uzantı, ince bir çubukla dört veya be  kez hafifçe ovuldu ve bu, harekete geçtikten sonra tekrar hemen hemen düz hale geldiği görüldükçe tekrarlandı; uyarılan uzantı, 54 saat boyunca uyarıcıya her seferinde kıvrılarak veya sarılarak 21 kez cevap verdi." Darwin'in nasıl azimli bir gözlemci olduğuna dair bir tasvir istiyorsanız, 54 saat boyunca sürekli olarak tek bir çarkıfelek s l ğ n  izlemeye devam etmesinden daha iyi bir tasvir yapamazsınız.

Darwin ayrıca, tipik bir s l k neredeyse her şeyi sarıp tutabilse de sülüklerin kayda değer bir ayırım yapma yeteneğinin de olduğuna dikkat çekti:

Echinocystis üzerinde yapılan deneyi, çok sayıda *Pasiflora* bitkisini birbirine çok yakın şekilde yerleştirerek tekrar ettim. Bitkilerin sülükleri tekrar tekrar birbirine doğru s r klense de hiçbir kıvrılma meydana gelmedi. Aynı şekilde bir fırça yardımıyla küçük su damlalarını çok sayıdaki sülüğün üzerine tekrar tekrar damlattım ve diğerlerine öyle kuvvetli şekilde  ınga ettim ki tüm s l k altüst oldu, ama hiçbir şekilde kıvrılmadılar.



Darwin'in tırmanıcı bitkiler hakkındaki kitabından, bir sarmaşığın çiçek salkımı, çiçek tomurcuklu bir dal, diğeri sülûğe dönüşmüş.

Minnesota Üniversitesi'nden D. T. MacDougal, Darwin'den kısa bir süre sonra aynı yüzyılın sonuna doğru yaptığı çalışmalarda, sülüklerin sadece yağmur değil aynı zamanda buza karşı da tepki vermediklerini tespit etti. Çok daha yakın zamanda, 1960'larda, Besançon Üniversitesi'nde çalışan Fransız botanikçi Antonin Tronchet, *Passiflora coerulea* (yaygın olarak çarkıfelek) sülüklerinin, sadece sabit desteklerin etrafına sarıldıklarını keşfetti.

Her durumda uyum değeri gayet açık; bir bitki geçip giden bir yağmur damlası veya dolu tanesini tutmaya çalışmaktan hiçbir şey elde edemez. Sabit olmayan veya rüzgârda kayıveren bir desteği tutmaya çalışmak neredeyse tamamen kötü bir fikirdir. Ayakkabı bağlarınızı tutarak kendinizi yukarı doğru kaldırmaya çalışmak nasıl bir zaman kaybıysa sabit olmayan bir desteğe tutunmak da bu hareketin botanik karşılığıdır. Kısacası, bitkiler

zekâyâ sahip olduklarına dair türlü türlü işaretler gösterirler fakat bunu nasıl yaptıkları hâlâ açıklanmaya muhtaçtır. Darwin yağmur damlasının bir tepki vermeye yetmeyecek kadar kısa bir etki oluşturduğunu tahmin ediyordu fakat bir bitkinin bunu görmezden gelip söz gelimi bir cam veya plastik çubuğa sarılmayı nasıl becerebildiği yeterince açık değildir. Belki sıcaklığın bununla bir ilgisi olabilir, yapılan başka çalışmalar daha sıcak sülüklerin daha soğuk olanlara göre genellikle daha iyi iş gördüklerini göstermektedir.

Sülüklerin aynı bitkiye ait diğer sülükleri fark etme veya görmezden gelme yeteneği başlangıçta şaşırtıcı gelebilir ama belki de şaşırtıcı gelmemeli. Kendine ait olanla olmayanı ayırt etme yeteneği hem hayvanların hem de bitkilerin sahip olduğu evrensel bir özelliktir. Bağışıklık sisteminin çalışmasının ve bitkilerin kendine tozlaşmadan kaçınmasını sağlayan kendi polenini reddetme özelliğinin temeli budur. Bunlar genetik olarak belirlenmiş, hücre yüzeyinde bulunan proteinler aracılığıyla işleyen mekanizmalardır. Belki de sülükler de aynı yöntemle çalışıyorlardır... Fakat başa dönecek olursak belki de böyle çalışmıyorlardır. Mesela son yirmi yıldır yapılan çalışmalar, köklerin, aynı bitkiye ait kökleri tanımak ve aynı besin ve su için anlamsız bir mücadeleden kaçınmak üzere davranışlarını değiştirmek konusunda çok iyi olduklarını göstermiştir. Fakat bu genetik olarak birbirinin eşi olan bireylerin birbirini kimyasal olarak tanınması temelli değildir. Aynı bitki kesilip ayrıldığı zaman, kökler, artan bir şekilde birbirlerine daha yabancı hale gelirler ve sonunda birbirlerine genetik olarak yabancı bitkiler gibi davranmaya başlarlar. Yani köklerde kendine ait olan-olmayan ayrımı, aynı bitkiye ait kökler arasındaki şimdilik bilinmeyen bir mekanizma aracılığıyla gerçekleşen fizyolojik eşgüdümüne bağlıdır.

Sülükler böyle midirler? Yakınlarda, bir Japon ekibi bu meseleyi *Cayratia japonica* üzümünü kullanarak çözmeyi amaçladı. *Cayratia* üzümgiller ailesinden, yayılmak için yeraltı gövdelerini kullanma yeteneğine sahip bir sülüklü-tırmanıcıdır. Bu yetenek, araştırmacıların kendine ait olan-olmayan meselesinde, aynı kökteki tek sürgünden tamamen farklı popülasyonlara ait bitkilere kadar uzanan değişiklikte varyasyonlar

yaratmasına izin verdi. Aynı bitkiye ait ama sadece toprak altında bağlantılı sülüklerle, aynı şekilde olup toprak altı bağlantısı bölünmüş ve aynı popülasyona ait (genetik olarak farklı ama muhtemelen benzer bazı genlere sahip) bitkiler arasında varyasyonlar.



Cayratia japonica genellikle çalıöldüren olarak bilinen, Avustralya ve Asya'ya özgü otsu bir bitki.

Peki ne buldular? Temelde, kökler arasında kendine ait olan-olmayan ayrımının, büyük ölçüde fizyolojik eşgüdüme bağlı olduğu fikrine kuvvetli bir destek buldular. Sülükler toprak altında bağlantılı oldukları sülüklere hafif bir tepki verirlerken, aynı köke ait sülüklere çok daha az bir tepki verdiler. Fakat ayrı bitkilerden gelen sülüklerin, ister genetik olarak özdeş bir bitkiden veya isterse tamamen farklı bir popülasyondan gelsinler, tepki verme olasılıkları çok daha yüksekti. Ne var ki verilen bu tepki siyah ve beyaz olmaktan uzaktı. Bir tarafta sülüklerin aynı kök üzerindeki diğer sülüklere bile *ufak* bir yanıt verdiklerini, tam aksi tarafta ise uzaktan ilişkili olmalarına rağmen diğer *Cayratia* sülüklerine göre bambu çubuklarını daha kuvvetle muhtemel kavradıklarını keşfetmek ilginçti.

Bu araştırmayla ilgili iki dikkat çekici şey var. Birincisi, sonuçlar fizyolojik eşgüdüm hipotezini ne kadar çok desteklerse

desteklesinler, bu üzüm hâlâ kendi türüyle canlı veya cansız fakat kendisiyle tamamen alakasız destek arasındaki farkı söyleyebilir ve dahası bunlardan ikincisini tercih eder. Bunu nasıl yaptığına dair hiçbir fikrimiz yok fakat birtakım kimyasal sinyaller bununla alakalı olabilirler ve söz konusu üzüm bir temasa bile ihtiyaç duymayabilir. Aynı şekilde, otçul hayvanlar tarafından saldırıya uğrayan adaçayı (*Artemisia tridentata*) bitkisinin uçucu kimyasalları yakındaki diğer adaçayı bitkilerinin otçul hayvanlara karşı direnişini teşvik ederler. Bu teşvike genetik olarak benzer bitkiler akraba olmayan bitkilerden daha iyi yanıt verirler. İkincisi, bu çalışma 21. yüzyılda bile özü itibarıyla çok düşük teknoloji deneylerden gerçekten ilginç sonuçlar elde edilebilmesinin çok güzel bir örneğidir. Hakikaten, tüm bu çalışmanın Darwin'in kendisi tarafından yürütüldüğünü hayal etmek oldukça kolay.

Sülüklerin sarılması gerçekte nasıl gerçekleşir? Darwin'in bazı çağdaşları bunun tamamen kıvrımın dış (tümsek) tarafının, iç tarafından daha hızlı büyümesinin bir sonucu olduğunu düşünüyordu. Darwin, Sachs'ın (modern bitki fizyolojisinin kurucusu kabul edilen Alman botanikçi, Julius von Sachs) sülüklerin tüm hareketini, sülüğün içe doğru bükülecek olan kısmının karşı tarafının hızlı büyümesine dayandırdığını gözlemledi. Konu hakkındaki alçak gönüllülüğünü itiraf etmekle birlikte, Darwin bu açıklamadan çok da emin değildi: "Böyle büyük bir otoriteye karşı çıkmak cesaret istese de bu hareketlerden en azından birine –dokunuşla kıvrılma– sebep olduğuna inanmıyorum." Darwin'in sebepleri çok çeşitli olsa da esas itirazlarından birisi şuydu:

Dokunmayla gerçekleşen sarılmanın büyümenin sonucu olduğundan şüphe etmemin başlıca sebeplerinden biri, sarılma hareketinin olağanüstü hızıdır. Bir *Passiflora gracilis*'in sülüğüne ait uzantının, dokunulduktan 25 saniye sonra belirgin şekilde büküldüğünü gördüm. Bu kadar kısa süre içinde yapısal olarak kalıcı bir değişimi ifade eden, dış yüzeylerinin gerçek anlamda boyuna büyüebilmesi çok inandırıcı görünmüyor.

Birbirleriyle anlaşıp anlaşıpamadıklarından beri, Darwin'in yalından alçakgönüllülüğünün Sachs'ın gözünde hiçbir değeri yoktu. Sachs, Darwin'in umutsuz bir amatör olduğunu düşünüyordu.

Aslında modern çalışmalar Darwin'in fikrini destekleme eğilimindedir. Başlangıçtaki çok hızlı kıvrılma ağırlıklı olarak sülüğün iç (çukur) tarafındaki hücrelerin su kaybından kaynaklanan hidrolik-güdümlü büzülmedir. Sülüğün diğer (tümsek) tarafındaki büyümesinin güdümlendiği sonraki cevap, dakikalar-dan ziyade saatlerle ölçülür.

Bununla alakalı soru, sülüklerin en başta dokunma sinyalini nasıl tespit ettikleridir. Beyaz şalgam (*Bryonia dioica*) bitkisinde “dokunma baloncuğu,” dokunma kabarcığı veya noktasal dokunma gibi çeşitli isimlerle anılan özel dokunma reseptörleri açığa çıkar. Kubbe şekilli dokunma baloncukları, sülüklerin dıştaki (epidermal) hücrelerinin çevresel hücre duvarından gelişirler. Akrabalık ilişkisi olmayan Şili zaferçiceği –*Eccremocarpus scaber*– sülüklerinde tam olarak nasıl çalıştığı hâlâ gizemini koruyan, oldukça benzer yapılar tanımlanmıştır. Fakat kas ve sinir gibi uyarılabilen hayvan hücrelerinde, bir hareket potansiyeli yaratmak buna yol açıyor gibi görünüyor. Hareket potansiyeli, artı yüklü iyonların hücre zarının bir tarafından diğerine seri hareketinin sebep olduğu bir elektrik sinyalidir. Bir nöronda sinir sinyalini ileten, hareket potansiyelinin aksondan aşağıya doğru hareketidir. Hayvanlarda bununla alakalı artı yüklü iyon potasyumdur fakat bitkilerde bu kalsiyum olarak ortaya çıkar. Dokunma sinyalini iletilmesi, bitki hücreleri arasında taşıma ve iletişime izin veren mikroskobik kanallar olan plazmodezma ve muhtemelen kas kasılmasında iş gören aktin lifleriyle de alakalı görünüyor.

Kıvrımlar ve daha çok kıvrımlar

Fakat sülükler için, bir desteği yakalamak ve etrafına kıvrılmak hikâyenin ancak yarısıdır. Darwin'in, bir sülüğün bir defa sıkıca tutunduğu zaman neler olduğuna dair gözlemi şu şekildeydi: “Uzantısıyla bir desteği yakalayan bir sülük ... her zaman bir tarafı bir yöne ve diğer tarafı ters yöne kıvrılmış hale gelir. Ters yöne dönmüş kıvrımlar kısa düz bir kesitle ayrılma-ya başlar,” ve “Kıvrımlar bir defa veya bir defadan fazla karşı-

lıklı yönle doğru dönmüş olsun; bir yöne ne kadar dönüş varsa diğer yöne de o kadar dönüş vardır.” Darwin'in gözlemleri şöyle devam ediyor:

Şimdi kıvrımların her zaman karşılıklı yönle dönmesinin ne anlama geldiğini, iki ucundan sabitlenmiş bir nesneyi yakalayan sülüklerden anlayabiliriz. Tutunan bir sülüğün tamamı aynı yöne doğru 30 kıvrım yaptığını varsayalım; kaçınılmaz sonuç kendi eksenine 30 defa kıvrılması olurdu. Bu kıvrılma sadece çok ciddi bir güç harcamaya ihtiyaç duymakla kalmaz, aynı zamanda tecrübeyle sabit ki 30 dönüşü tamamlamadan sülüğün kırılmasına sebep olurdu.

Görünüşe göre bu fikirlerin hiçbiri tam olarak net değildi. Darwin meseleyi örneklerle açıklamada sıkıntı yaşıyordu:

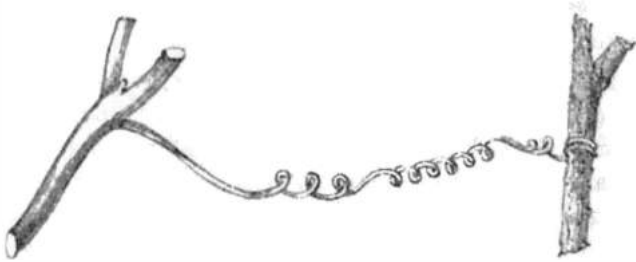
Bir parça ip alalım, alttaki ucu yere sabit olacak şekilde yukarıdan turalım; sonra üst ucunu (ipi oldukça hafif tutarak) dik duran bir kalemin etrafına dolayalım, bu hareket ipin alt ucunun kıvrılmasına sebep olur ve sonunda tam olarak kıvrılır. Kıvrımın kendisinin, kalemi saran yönün tersine doğru hareketiyle ve sonunda karşılıklı kıvrımlar arasındaki düz bir iplik parçasıyla açık bir spirale dönuştüğü görülür.

Darwin bunun ardından tuhafiyecilerin şerit sarmasıyla alakalı bir başka örnek daha üretiyordu. Bunu söylediğim için üzgünüm ama bu bana çok da mantıklı gelmedi.

Darwin'in söylemeye çalıştığı fakat bunun için doğru kelimeleri bulmakta bir şekilde zorlandığı şey şuydu: Bir sülüğün her iki ucu da bir defa sabitlendiğinde, eğer sülük daha fazla kıvrılacaksa, bunun biçimlenişinin ters yönlü dönüşle ilgili, çift yönlü sarmal olması topolojik bir zorunluluktu.

Sülüklerin sarmal büzümesi tarafından yerine getirilen çok daha önemli bir hizmet, bu sayede oldukça esnek yapıda olmalarıydı. Daha önce *Amelopsis* (Virginia sarmaşığı) altında belirtildiği gibi, gerilim birbirine bağlı çok sayıdaki dallar arasında eşit olarak dağılmış durumdadır; bu ayrı ayrı dalların kırılmaması gibi her şeyi diğer türlü olasılıklardan tamamıyla çok daha sağlam bir şekilde ifade eder. Fırtınalı havalarda bu dallanmış ve basit sülükleri desteklerinden kopup ayrılmaktan koruyan şey bu elastikiyettir.

Bir başka deyişle, sarmal bir şekilde büzülen sülükler daha çok birinin bir çadırı ipe bağlaması veya bir gemiyi halatla sabitlemesi gibi bütün bitkinin *gerilmesine* sebep olur, böylece bitkinin tüm kısımları bu gerilimden payına düşeni alır. Sadece bu değil, sarmal sülükler aynı zamanda bitki rüzgâra maruz kaldığı zaman genişleyerek ve büzülerek yaylar gibi davranırlar. Sarmal büzülmenin Darwin'i etkileyen uyum yeteneğinin dikkat çekici bir tasviri şöyleydi: Birbiriyle akraba olmayan çok sayıda bitkide bağımsız bir şekilde evrimleşmelerine ve genellikle oldukça farklı kökenlere sahip olmalarına rağmen, günümüz sülüklerinin (tamamı değilse de) çok büyük çoğunluğu bir kez bir desteğe tutundular mı, gelişimlerini aynı sarmal büzülmeleri gösterecek şekilde tamamlarlar. Sarmal büzülme göstermeyen birkaç tür dallanmış sülüklere sahip olmaya meyillidir ve fazladan yakalama noktaları güvenle tutunmak için alternatif bir yol olabilir.



Darwin'in tırmanıcı bitkiler kitabından, ters yöne halkasal büzülme gösteren bir beyaz şalgam (*Bryonia dioica*) sülüğü.

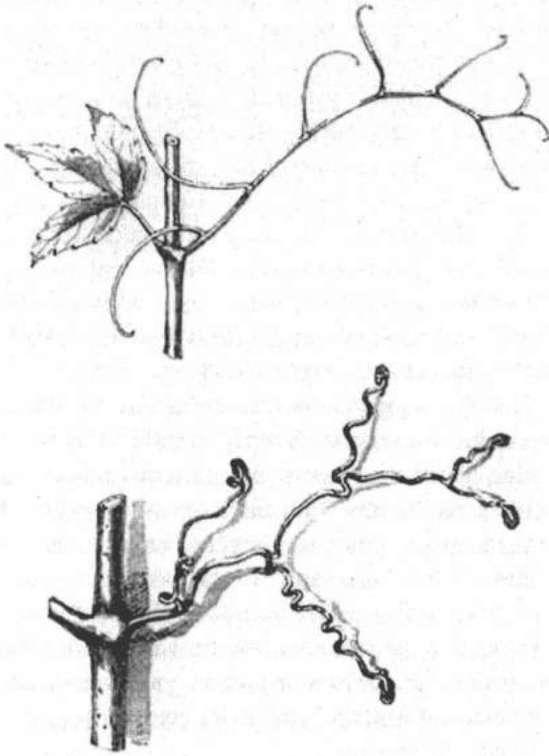
Sarmal büzülmenin nasıl gerçekleştiğini ancak oldukça yakın zamanda anlamaya başladık. Kabak sülükleri üzerinde yapılan çalışmalar anahtarın g-lifleri denilen odun lifleri olduğunu açığa çıkardı. G-lifleri ağaçlarda normal büyümeden ziyade belirgin bir strese karşı verilen yanıtın şekillendirdiği *reaksiyon odunlarının* karakteristiğidir. Reaksiyon odunu, mekaniksel yapısı normal odundan farklı olduğu için, kullanıcılar için son derece istenmeyen bir yapıdır. Bu fark sebebiyle testereyle kesmek zordur ve sıklıkla tahtaların kıvrılmasına veya eğrilmesine sebep olur. G-lifleri, sülüklerde, iç tarafında artan bir ligninleş-

meyle (sertleşmeyle) sarmalın içinde bir şerit formundadır. G-lifleri olgun sülüklerde oldukça karakteristiktir, sadece sülüğün bir desteğe tutunması tamamlandıktan sonra oluşurlar. Kıvrılma, şeritlerin iç ve dış katmanları özellikle sülük su kaybettiği zaman oldukça farklı davrandığı için gerçekleşir. Davranış farkı iç katmanın dış katmandan fazla büzülmesine sebep olur. Eğer lif şeritler sülüğün kalanını çözen uygun bir enzimle sülükten çıkarılırsa, sahip olduğu sarmal yapıyı korur.

Yapışkan tırmanıcılar

Darwin tırmanıcı bitkiler macerasını kök tırmanıcılar ve sürünücü tırmanıcılardan bahsederek sonlandırdı. Her ikisi için de söyleyecek pek az sözü vardı ve bu daha isteksiz tutum oldukça yakın zamana kadar sürme eğilimdeydi. Fakat günümüzde her ikisi hakkında da en azından bazı şeyler biliyoruz; ben daha sonra sürünücüler (özellikle bir sürünücü) hakkında daha fazla şey söyleyeceğim, ama gelin son dönemin ilgi odağı sarmaşığın yapışkan özellikleriyle başlayalım.

Sizin de kolayca görebileceğiniz gibi, sarmaşık kendini duvarlara ve ağaç kütüklerine doğrudan gövdesinden gelişen yapışkan kökleriyle tutturur. Bu tutunma basit bir süreç değildir. Anahtar, normalde aşırı derecede hassas, kısa ömürlü yapıda, topraktan su ve besinlerin alınmasıyla alakalı olan kök tüylerinden meydana gelmektir. Sarmaşık kökleri oldukça farklıdır; eninde sonunda sert ve odunlaşmış hale gelirler ama öncesinde, kendilerini destek yüzeydeki ufak çatlak ve yarıkların içine sızdırırlar (mükemmel derecede pürüzsüz yüzeylerde hafifçe farklı davranırlar fakat bence sarmaşığın gerçekte plastik veya cama tırmanmak için evrimleşmediğini varsaymak güvenlidir). Her bir kök tüyü, sarmal-düzenli selüloz mikro-liflere sahiptir ve kurduğu zaman, ürkütücü bir şekilde kabak sülüğünün g-lifli şeridi gibi sarmal kıvrımlı bir şerit halinde düzleşir. Bu sarmal büzülme ana kökü tutunulacak maddeye doğru çeker ve bu şekilde tutunmayı sıkılaştırır. Yani, sarmaşığın tırmanma mekanizması sülük tırmanıcılarındakinden tamamen farklı görünse de mikro ölçekte kayda değer bir yakınlık vardır. Sadece temel hücresel mekanizma aynı görünmez, tamamen aynı şekilde çalışır ve aynı işlevi yerine getirir.



Darwin'in tırmanıcı bitkiler kitabından, tamamen gelişmiş fakat genç bir sürgün ve kalınlaşmış ve halkasal olarak bükülmüş olgun bir dal ve yapışıcı kaide içinde gelişmiş uzantılar gösteren Virginia sarmaşığı (*Parthenocissus quinquefolia*).

Fakat bütün bunlardan önce, genç kök tüyleri yapışkan salgılayarak kendilerini bir yüzeye tutturmalıdır. Darwin yapışkan salgılayan başta sürünücü incir (*Ficus pumila*) ve sarmaşık olmak üzere kök tırmanıcılar üzerinde bazı gözlemlerde bulundu fakat gerçek bir ilerleme sağlayamadı. Bunun nedenini anlamak oldukça kolay; kök tırmanıcıların nasıl çalıştığını anlamak için mikroskop ve kimya alanında Darwin'in zamanında henüz var olmayan gelişmelerin ortaya çıkmasını beklemek gerekiyordu.

Tüm yapışkanlar aynı şekilde iş görmez fakat birbirine yapıştırmak istediğiniz iki şey arasındaki son derece yakın temasın altında yatan prensip, *van der Waals* bağlarının (bitişik moleküller arasındaki zayıf bağlar) onları bir arada tutmasıdır. Kertenkelelerin camda yürüebilmesinin arkasındaki sır budur. Kertenkelenin ayağı son derece ince milyonlarca tüyle kaplıdır ve her bir tüy de yüzlerce çok daha küçük kılla kaplıdır. Bu kılların her biri pencere molekülleriyle yakın temas kurar ve aralarındaki küçük elektrostatik bağların toplamı kertenkelelerin düşmesine engel olur. Sarmaşık yapışkanının kertenkelelerle pek çok ortak noktası olduğu ortaya çıkmıştır. Bu ortaklık kertenkele kıllarında rol alan nanoparçacıklarla sıvı polimer matris içindeki nanoparçacıklardan oluşmuş bir *nanokompozit* tir. Sarmaşığın onları nasıl ürettiğini hâlâ bilmesek de nanoparçacıklar, 50-80 nanometre (metrenin milyonda biri) genişliğinde glikoproteinlerdir. Tam olarak nasıl işlediklerini de bilmiyoruz; sarmaşık yapışkanı bugüne kadar keşfedilmiş açık ara en kuvvetli biyolojik yapıştırıcıdır ve bu durumun açıklanmasında başvurabileceğimiz *van der Waals* bağlarının kendisinden yaklaşık 3 kat daha kuvvetlidir, yani bizim hâlâ anlamadığımız şeyler var. Benzer biyolojik yapıştırıcılar midye ve kum midyeleri tarafından kendilerini çok sıkı şekilde kayalara yapıştırmakta kullanılırlar.

Düz yüzeylere (az veya çok) tutunma yeteneği net bir şekilde avantajlara sahiptir. Bu yetenek sadece çok sayıda birbiriyle yakın olmayan bitkide evrimleşmekle kalmaz, aynı zamanda çok farklı şekiller alır. Sarmaşık, kök tırmanıcıların bilindik bir örneğidir ve biz halihazırda Darwin'in Virginia sarmaşığının yapışkan sülüklerine ait açıklamasını gördük. İkisi de benzer türde yapışkan salgısı içerir. Çok sayıda tırmanıcıya sahip bir başka büyük familya da sıklıkla gösterişli çiçeklere sahip olan ve hem ılıman hem de tropik bitkilerle ilgilenen bahçıvanlar için bilindik olan *Bignoniaceae* (trampet sarmaşığı) familyasıdır.

Darwin çok sayıda türün davranışları üzerinde çalıştı ve türler arasında pek çok varyasyon olsa da bu bitkilerin özünde tutunucu sülük tırmanıcılar olduklarını fark etti. Bu yüzden

kuzey Amerikan *Bignonia capreolata* (melez sarmaşık) bitkisinin biraz daha farklı olduğunu keşfettiğinde şaşırmişti:

Sonunda bunun nasıl eşsiz bir durum olduğunu söyleyebilirim. Bir yaprağın dallanmış bir organa dönüşmesi gerekir. Bu organ kök gibi çatlaklara doğru sürünen veya çok küçük çıkıntı noktalarına sarılabilen uzantılarıyla ışıktan uzaklaşır. Bu uzantılar daha sonra yapışkan bir çimento salgılayan hücre sel sürgünler halini alır ve ardından devamlı büyüyen incecik liflerle örtülür.

Kendini çatlaklara sokan ve her küçük çıkıntıyı kavrayan ince sülükler Bignoniaceae familyasında yaygındır. Benim kendi bahçemdeki Şili zaferçeği –*Eccremocarpus scaber*– her yıl az çok düz olan duvarlara tırmanmayı başarıyor. Görünüşe göre duvardaki kaba zımparadan biraz daha kabartmalı sıva yeterince pürüzlü ki bitkinin kendisini destekleyecek kadar kavramasını mümkün kılıyor. Yeterince pürüzlü diyorum çünkü benim bitkim hiçbir zaman tamamen güvende görünmüyor. Genellikle bir yaz fırtınası tüm bitkinin yere devrilmesi için yeterli oluyor. Melez sarmaşık çok benzer bir şeyi şüphesiz yapabilir. Fakat işi sağlama almakta benimsediği yaklaşım, yapışkan salgılayan uç kılıflar geliştirmek. Bunun tamamı sonunda Virginia sarmaşığının yapışkan sülüklerinin çok benzeri haline geliyor.

Benim Şili zaferçeğiminin başarısına rağmen; bir duvara, yamaca veya ağaç kütüğüne sıkıca tutunmanın püf noktasının yapışkan olduğunu varsaymak kolay. Sarmaşık, Virginia sarmaşığı ve tırmanıcı ortanca (*Hydrangea anomala* ssp. *petiolaris*) dahil en başarılı örnekler yapıştırıcı kullanır. Fakat görünen o ki Bignoniaceae familyasının bir başka üyesi (*Amphilophium crucigerum*) üzerinde yakın zamanda yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre bu böyle değil. Maymun tarağı sülüklerinin uçları küçük yakalama kancaları gibi çalışırlar fakat bir kez pürüzlü bir yüzeyle karşılaştıklarında tutunma yastıkları geliştirirler. Yastık dokusu en küçük çatlak ve boşlukları bile tamamen doldurmak için gelişir. Daha sonra katılaşır ve sertleşir ve büyük temas alanı yapıştırıcı olmadan, demirleme sistemine dayalı, etkili bir sürtünme yaratır.



Maymun tarağı (*Amphilophium crucigerum*).

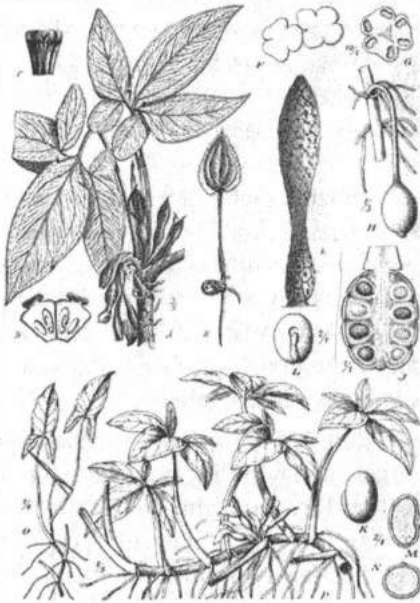
Karanlıkta görünürlük

Sarılıcılar ve sülüklü tırmanıcılar göreceli olarak dar bir nesnenin etrafına sarılma veya yakalayıp tutunma zorunluluğuyla sınırlanmıştır. Sonuç itibarıyla en azından genç olanları, göreceli olarak iyi aydınlatılmış ortamlara özgü olmaya meyillidirler. Fakat her türlü dikey yüzeye tırmanabilme kabiliyetleri biraz farklı davranma fırsatını ortaya çıkarır. Florida niversitesi'nden Donald Strong ve Thomas Ray 1974 yılında tropikal kök tırmanıcı *Monstera gigantea*'nın tırmanış davranışlarını çalışmak üzere Kosta Rika'ya doğru yola koyuldular. Bu isim biraz belirsiz bu yüzden hangi bitkiyle çalıştıklarından emin değiliz fakat bir devetabanı türü olduğu gayet açık. Bir baēka deyiēle, bir eēit İsviçre peyniri bitkisi gibi belirsiz bir tanım.

Devetabanı tohumları, az ışık bulunan, tropikal orman zemininde imlendiklerinde, fidelerin her Şeyden ncelikli bir hedefleri vardır: En yakındaki ağacı bulmak ve üzerinde büyümek. Bunu yapmak için, neredeyse her bitki için geçerli olan,

her zaman ışığa doğru büyümek altın kuralını çiğnemeleri gerekir. Devetabanı fideleri bunu yapmak yerine etraftaki en karanlık yere, tabii ki doğrudan en yakındaki ağacın altına doğru büyür. Bu noktada fidelerin davranışı tamamen değişir. Aslında devetabanı bitkileri üç belirgin aşamadan geçer. Karanlığın hâkimiyetinde çok yavaş büyüyen genç fideler küçük taç yaprak benzeri yapraklara sahip, ince yere yatık gövdelidirler. Fideler temas yoluyla tespit ettikleri bir ağaçla karşılaştıklarında ışıktan etkilenmeye başlar ve başlangıçta 1 cm genişliğinde olup daha sonra 25 cm çapına kadar büyüyen, çay tabağı şekilli yapraklara sahip, yükselici biçime farklılaşırlar. Bitki ancak doğrudan güneş ışığına ulaştığında, sahip olduğu karakteristik olgun yaprakları gelişir.

Karanlığa doğru büyüme açık bir şekilde devetabanı fidelelerinin bir uyumu ama yine de çok riskli bir taktiktir. Bu yüzden Strong ve Ray bitkinin bu taktik işe yaramadığı zaman ne kadar ısrarcı olabildiklerini ortaya çıkarmak için yola koyuldular. Fidelerin karanlıkta ne kadar büyüyebildiklerini görmek için, üç taraflı kutu şeklinde ve çok sayıda fidenin yanında yerde bir tepesi olan karanlık bir çıkmaz sokak tasarladılar. Fideler kararlılıkla kutuya doğru büyüyüp sonra durdular ve kutunun hemen ağzının içinde amaçsızca geri ve ileri doğru büyümeye başladılar. Fideler ışık çok loş olduğunda olumlu cevap vermeye açık görünüyor fakat biraz parlak olduğunda karanlığı tercih etmeye geri dönüyorlar. Sonuç olarak, karanlık bir kutunun iç kısmıyla karşı karşıya kaldıklarında kalıcı bir kararsızlık durumuna sıkışıp kalmış hale geliyorlar. Doğal seçilimin onları hiç hazırlamadığı bir durum. Pek çok bitki büyüme alışkanlıklarını veya yaprak şekillerini (veya her ikisini) yetişirken ve olgunken değiştirir. Fakat belki de yaşamları boyunca sıklıkla oldukça farklı çevrelerle karşılaştıkları için, bu durum özellikle tırmanıcılarda yaygındır. Devetabanı güzel bir örnektir ve sarmaşığın faklı genç ve olgun yaprak formları iyi bilinmektedir fakat çok daha aşırı örnekler de vardır ve bu anlamda *Syngonium*'u yenmek zordur. Devetabanı gibi *Syngonium* da yılanıyastığı (Araceae) familyasına dahildir ve aynı zamanda tropikal ormanların zeminindeki soluk ışıktaki çimlenir.



Adolf Engler tarafından *Das Pflanzenreich*'in 71. Cildinde (1920) çizilen *Syngonium podophyllum*.

Fideler işe rozet yapraklar oluşturmakla başlarlar, sonra küçük yapraklı uzun ince bir gövde oluştururlar. Bu gövde de her zaman olduğu gibi karanlığa ve en yakındaki ağaca doğru yönelir. Fakat devetabanının aksine tedbirli bir stratejiye sahiptir. Eğer sürgün 2 metre uzunluğuna ulaştığında, hâlâ bir ağaca ulaşmamış olursa durur ve başka bir rozet yaprak oluşturur. Bunun özü tekrar bir başka arama gövdesi oluşturmadan önce yeni bir fotosentetik “ana kamp” kurmaktır. Bu süreci tırmanacak bir ağaç bulana kadar süresiz olarak tekrar edebilir. Şimdi gövde ağaca tırmanır, tıpkı devetabanı gibi güneşe ve çiçeklere ulaşana kadar yaprakları daha büyük ve daha karmaşık şekilli hale gelir.

Fakat bu durum hikâyenin sonu olmaktan çok uzaktır. Ağacın tepesindeki sürgün, ağaçtan ayrılıp aşağı sarkacak hale gelene kadar büyümesini sürdürür. Aşağı doğru büyürken, yaprakları yere ulaşana kadar tekrar daha küçük ve daha az karma-

şık hale gelir. Bundan sonra, sadece küçük, geniş aralıklı yaprakları üreten, 20 metreye kadar uzayabilen bir yapı oluşturmaya koyulur. Bu aşamada, döngünün yükselici kısmı başladığında, sürgünler ışığı dikkate almazlar fakat başka bir ağaca temas edene kadar düz bir hat boyunca ilerlerler. Varsayımsal olarak tohumdan yeni bitkiler oluşturmak bir şans işi, bu yüzden *Syngonium* olgun bitkiler için bu aşamayı geçmek ve üzerine yerleşecek kendisine ait yeni ağaçlar bulmak için bir yol bulmuş. Araceae içindeki çok sayıda tropikal tırmanıcı benzer stratejiyi benimser. Bunlar bizim Tarzan'ın orman boyunca salınmasından bildiğimiz klasik sarmaşıklardır.

Kök tırmanıcılar veya aslında her tür yapışıcı tırmanıcı, karanlığa doğru ilerlemenin maliyetini karşılayabilir. Çünkü eğer bir ağaç kütüğüne temas ederlerse, onu destek olarak kullanabileceklerini bilirler. Çoğu ağaç kütüğü kullanıma uygun olmayacağı için sarılıcılar daha dikkatli olmak zorundadır. Yine de tırmanacak bir şey bulmak isterler. Bunu nasıl yaparlar? Açıkçası, Amerikan tohum bilimcileri merakla sarmaşık yapraklı sabahsefası (*Ipomea hederaceae*) tohumlarının tırmanacak mısır bitkilerini nasıl bulduklarıyla ilgili uygulamalı iyi bir deneme yapsalar da bilmiyoruz. Bu bilimciler hem arazide hem de seralarda çok sayıda deney yaptılar. Genç sabahsefası bitkilerine yakınlarındaki mısır bitkisi ve siyah, parlak kırmızı, açık mavi, normal yeşil ve beyaza boyanmış çubukları arasında seçme şansı verdiler.

Sabah sefaları çoğunlukla mısıra tırmanmayı seçtiler, siyah ve siyaha yakın diğer renklerden gerçekten hoşlanmadılar. Araştırmacılar bitkilerin potansiyel destekten yansıyan toplam ışıktan veya yansıyan ışığın dalga boyundan etkileniyor olabileceğini düşündüler. Fakat her iki varsayım için de bir kanıt bulamadılar ve bu nedenle şaşırmış bir şekilde bu varsayımlarından vazgeçtiler. Biz nasıl bildiğini bilmesek de sabahsefası açıkça ne yaptığını biliyor.

Bukalemun sarmaşığı

Söz konusu şekil değiştirme sanatı olduğunda *Syngonium*'un yenilmesinin zor olduğunu söylemiştim ama bu durum bukalemun sarmaşığının (*Lardizabala* familyasından *Boquila tri-*

foliata), neredeyse halüsinojik yeteneklerinin 2014 yılında keşfedilmesinden önceydi. Bukalemun sarmaşığı bir taklit ustasıdır. Farklı konaklara tırmanırken görünüşünü değiştirir. Eğer konak uzun ince veya kısa geniş veya küçük yapraklara sahipse sarmaşık da aynı yapraklara sahiptir. Eğer konağın yaprakları soluk yeşilse sarmaşığınkiler de öyledir. Eğer konağın yaprakları uçlu (yaprağın ucunda ufak bir diken olan) tipteyse sarmaşık da uçlu yapraklara sahiptir. Parçalı yaprakları tam olarak taklit edemez fakat yaprak kenarlarının birkaç düzensiz girintili olmasını sağlayabilir. Aynı sarmaşık yaprak boyutu ve şeklini birden fazla konak üzerinde büyürken bile değiştirebilir. Bu durum bitki teşhisinde bariz zorluklara sebep olur. Sarmaşığın resmî betimi onun yalnız başına büyürkenki standart görünüşüdür. Çoğu zaman hiç de öyle görünmez.

Akla hemen iki soru gelir: neden ve nasıl? “Neden” sorusunun cevabı sürpriz bir şekilde açıkça ortaya çıkar: Bu durumun otçullardan kaçınmaya yardım ettiğine dair bazı kanıtlar vardır. En azından, yapraksız dallar üzerinde yetişen ve bu yüzden taklit edecek hiçbir şey olmayanlarla kıyaslanınca, konak yaprakları arasında yetişenler otçullardan daha az zarar görürler.

“Nasıl” sorusunun cevabı, olasılıklardan hiçbiri makul görünmediği için biraz daha az açık. Bitkiler bu konuda çok iyi olduğu için, konaktan gelen uçucu kimyasalların tespit edilmesi oldukça yüksek olasılıklı görünüyor. Ama sarmaşık özel bir kokunun kesin bir yaprak şekline, boyutuna ve rengine eşlik ettiğini nasıl öğrenmişti? Yatay gen transferi, örneğin konaktan bir şekilde birkaç geni gerçekten çalmak da aynı sorunla karşılaşır. Bunu yapıyor olabilir ama bu doğru yerde ve doğru zamanda nasıl gerçekleşir? Bu bizi, gerçekten bilinmeyen bir bölge olan bir çeşit görmeyle baş başa bırakır.

Gözlem yapmak muhtemelen bizi yapabileceği kadar ileri götürür; bizim şimdi örneğin, eğer bukalemun sarmaşığı numarasını karanlıkta hâlâ yapabiliyorsa bunu görmeye ihtiyacımız var. Bu da çok geçmeden görme kuramını test eder. Kısacası, ihtiyacımız olan şey bazı kurnaz deneylerdir; Darwin'i o deneyleri yaparken neredeyse hayal edebilirsiniz.

İğneler ve kancalar

Darwin bariz bir şekilde, kendilerini bir desteğe iğneler veya kancalar yardımıyla tutturarak karışık tırmanıcıların tırmanıcılar dünyasıyla zayıf bir ilişkisi olduğunu düşünüyordu. Kitabında onlara sadece iki sayfa ayırmıştı. Bu durumda bile ilginç bir soru sormayı ve mümkün olduğunca cevaplamayı başardı. Bazı tırmanıcı güllerin eğer bir çit temin edilmişse yüksek evlerin duvarlarında yükselebildiğini kaydetti. Konu üzerinde şöyle düşünüyordu:

Bu nasıl gerçekleştiriliyor bilmiyorum; bir çeşit gülün genç sürgünleri pencere kenarında bir saksıya konulduğunda, tıpkı herhangi sıradan bir bitkinin sürgünleri gibi gündüz ışığa doğru ve geceleyin ışıktan uzağa doğru düzensizce kıvrılır. Yani duvara yakın bir çitte nasıl yapabildiklerini anlamak kolay değil.

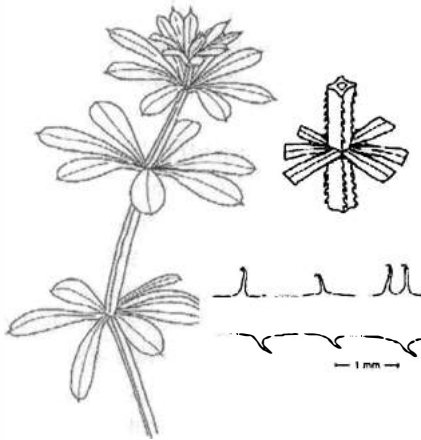
Başka bir deyişle eğer bir gül ışığa doğru büyüyorsa duvardaki bir çite nasıl gelir ve duvardan uzakta olacak şekilde orada nasıl kalır?

Darwin sorusunu daha sonra bir dipnotta cevapladı. Arkadaşı ve mektuplaştığı 19. yüzyılın oldukça saygın Amerikalı botanikçisi Asa Gray şunu gözlemlemişti: “Michigan Gülü’nün (*Rosa setigera*) sağlam yaz sürgünleri ışıktan uzaklaşıp karanlık çatlaklardan içeri sokulma konusunda güçlü bir eğilime sahipti, böylece kendilerini bir çitin altına yerleştirdiklerinden neredeyse emin olabilirlerdi.” Gray ayrıca şunu eklemişti: “Sonraki baharda oluşan yan kökler ışığı aradıklarında çitten çıkarlar.” Yani tırmanıcı güller bir destek bulacaklarından ve asılacaklarından emin olmak için ışığa karşı cevaplarını yukarıda bahsedilen Araceae’den daha çok ayarlamışlardır fakat bunu bir defa başardıklarında, normalde olduğu gibi ışığa doğru büyürler.

Darwin az çok sırası gelmişken *Gallium aparine*’den (yoğurtotu), muhtemelen İngiltere florasının en yaygın ve en tanıdık karışık tırmanıcısından bahsetti. Belli ki bu konuda söyleyecek fazla bir şey olmadığını düşünüyordu. Ne var ki yakın zamanda yapılan çalışmalar bu sıradan yabancı otun düşündüğünüzden daha zeki olduğunu gösterdi. Yoğurtotu, sizin de tesadüfen keş-

fetmiş olabileceğiniz gibi, botanik dünyasının Velcro'su¹ gibi çorap ve süveterlere yapışmasına izin veren kancalı tüy veya kıllarla kaplıdır. Ama yoğurtotu çoraplara yapışmak için evrimleşmemişti; öyleyse bu sistem nasıl işliyor?

Aslında, işin çoğu yapraklar üzerindeki kancalar tarafından yerine getirilir. Bu kancalar üst ve alt yaprak yüzeylerinde farklıdır. Üst yüzeydeki kancalar yaprağın uç kısmına doğru ileri kıvrılır. Alt yüzeydekiler yaprak tabanına doğru bükülür, kıvrılır ve çok daha sağlam yapılıdır. Üst kısımdaki kancaların etkisi çoğunlukla, yaprakların desteğin yapraklarının altında sonlanmasını önlemektir ve bunlar tekrar kolayca kayabilir. Fakat alt yüzeydeki sağlam yapılı, geriye doğru dönük kancalar yakalama kancaları gibi iş görürler. Bunlar yaprakları yaprakların üst yüzeyine, gövdelere ve hatta konağın çiçeklerine sıkıca tuttururlar.



Yaprağın alt ve üst yüzeyinde kancaların düzenlenişini gösteren yoğurtotu (*Galium aparine*).

Konak ve yoğurtotu rüzgârda birlikte hareket ettikleri zaman sonuç dişli çark etkisidir. Yoğurtotu yaprakları konağın yapraklarının altından kolayca kayar fakat üstündekiler daha ileri

1 Velcro, kumaş kanca ve ilmek bağlantılı kopçaları ilk kez üreten ve ticari olarak pazarlayan firmadır -ç.n.

doğru kayar ve geri çekilemezler, sonuç çok daha yakın ve sıkı tutunmadır. Böylece yoğurtotu yaprakları tam olarak nerede olmaları isteniyorsa orada, desteğin yapraklarının üst kısmına sıkıca bağlanmış halde olurlar. Bu dişli çark öyle etkilidir ki tüm bitki yerden sökülüp çıkma riski altındadır. Bunu başarmak için yoğurtotu gövdesinin alt kısımları alışılmadık şekilde uzayabilir ve alışılmadık şekilde kırılmadan yüksek miktarda büzülebilir. Aslında bunların her ikisini de nasıl yaptığı bilinmese de yoğurtotu bir çeşit mühendislik harikası olarak ortaya çıkar.

bölüm 2

YAVAŞ ÖĞRENENLER

Bitkilerde Hareketin Gücü (1880)

Yaşamının ve son büyük eserinin sonuna doğru Darwin, (ile-ride kendisi de ünlü bir botanikçi olacak olan) oğlu Francis’le birlikte yazdığı, *Bitkilerde Hareketin Gücü* kitabında bitkilerde hareket konusuna geri döndü. Onu motive eden şeylerden biri bitki hareketi konusuna olan içten merakıydı; diğeri ise *Türlerin Kökeni*’ne yönelik eleştirileri irdeleme konusundaki sürekli çabasıydı.

Türlerin Kökeni’nin büyük bir kısmı, doğal seçilimin, var olan yapıların veya küçük de olsa bazı seçicilik avantajları sağ-layan davranışların birikimiyle gerçekleştiğini göstermeye ayrılmıştır. Kritik paragraflardan biri şöyledir:

Bay Mivart yeni türlerin kendilerini “aniden ve bir defada ortaya çıkan değişikliklerle” gösterdiğine inanmaya daha meyilli ve bazı doğa bilimciler de onunla aynı fikirde. Mesela, nesli tükenmiş olan üç toynaklı *Hipparion* (atın atası) ile at arasındaki farklılıkların bir anda ortaya çıktığını varsayıyor. Bir kuşun kanadının, ‘bariz ve önemli bir türün nispeten ani değişimlerinden başka bir yolla gelişebileceğine’ inanmanın zor olduğunu düşünüyor. Açıkçası, aynı görüşü yarasa ve uçan sürüngenlerin kanatlarına kadar genişletiyor. Serilerde büyük kopukluklar ya da devamsızlık gösteren bu sonuç, bana en yüksek seviyede olanak dışı görünmektedir.

Daha sonra aynı paragrafta, kendini yeterince açık ifade edememiş olması ihtimaline karşı şunları belirtmiştir:

İtiraf etmeliyim ki, tüm bunlar (Mivart'ın 'büyük dönüşümler' fikri), bana mucizeler diyarına giriş ve bilimi terk etmek gibi görünüyor.

Darwin'in bahsettiği Bay Mivart, onun en ateşli muhaliflerinden biri olan ve 1871 yılında *Türlerin Doğuşu* kitabını yazan St. George Jackson Mivart'tır. Mivart'ın bazı itirazları, özellikle Darwin'in tırmanıcı bitkiler üzerindeki çalışmalarına gönderme yapıyordu. Mivart'ın inanmadığı pek çok Ŗeyden biri, bitkilerde tırmanmanın yavaş yavaş balayabileceğiydi. Darwin'in 1880'de yayımladığı kitabında bitkilerde hareket konusuna geri dönmesinin arkasındaki etkenlerden biri onun haksız olduğunu kanıtlamaktı.

Darwin'in favori yöntemlerinden biri, potansiyel eleştirileri kendi fikrini destekleyen bir deneysel kanıtlar yığınıyla alt etmektir. Bu yaklaşımın sorunlarından birisi ileri yavaşlatma eğilimi göstermesiydi. Hiç kimse Darwin'i aceleci sonuçlara atlamakla sulayamazdı. Darwin meşhur doğal seçilim kuramının kısa bir taslağını 1842 yılında yazdı, 1844 yılının yazında 230 sayfaya genişletti. Fakat daha sonra kanıt toplamaya devam etti. Bu yüzden, 1858 yılında Alfred Russel Wallace aynı fikirle ortaya çıktığında eseri hâlâ yayımlanmamıtı.

Bu iki adamın kuramları öylesine benzerdi ki, Darwin "Eğer Wallace benim 1842'de yazılan makalemin taslağını okumuş olsaydı bundan daha iyi bir zeti ortaya çıkaramazdı," diye yazar. Sonunda ortak sunumları Linnean Society of London'ın 1 Temmuz 1858'deki toplantısında yapıldı. Darwin'in aksine Wallace vakit kaybetmeden harekete geçen insanlardandı; doğal seçilim fikri daha 1858 yılının Ŗubat ayında, Endonezya'da bir sıtma krizi esnasında aklına gelmişti. Darwin'in Wallace'ın makalesini gördüğü andaki telaı, Linnean Society sunumunun, makalenin İngiltere'ye ulaşmasından sadece 14 gün sonra hazırlanmış olmasından anlaşılabilir.

Bitkilerde Hareketin Gücü, Darwin'in çalışma yöntemine iyi bir örnektir. Darwin'in aynı deneyi çok çeşitli bitkilerle defalarca tekrarlaması, kitabın heyecan verici olmasını sağlamayıp aksine okuyucunun kitabın sonuna gitmesi için derin bir istek duymasına neden oldu. Darwin taslağın düzeltmelerini yapar-

ken, kitabın “korkunç sıkıcı” olduğunu bizzat kendisi belirtti. Okuyucularını kitabın çoğu kısmını atlayıp doğrudan son bölümdeki özeti okumaya içtenlikle teşvik etti. Bu Darwin’in bugüne kadar verdiği en mükemmel tavsiyeydi.

Darwin, kendi aşamalılık fikrini desteklemek için tırmanmanın en basit formu olan sarılmanın bütün bitkiler tarafından paylaşılan bir değişimden evrimleştiğini ve büyüme ucunun bütün bitkilerde “pusulanın tüm noktalarına başarılı bir şekilde büküldüğünü, böylece ucun döndüğünü” ileri sürdü. Bu hareket Sachs tarafından “dönerek eğilme” olarak adlandırılır; fakat biz çepeçevre dönme terimini kullanmayı çok daha uygun bulduk. Bu terim tırmanmanın çepeçevre dönmenin doğal gelişimi olması fikrine uygundur: “Böylece sarılıcı bitkilerin gövdelerinin ve diğer tırmanıcıların sülüklerinin yaptığı büyük kavis, çepeçevre dönüşün sıradan hareketinin büyüklüğündeki önemsiz bir artıştan kaynaklanır.”

Darwin, bitkinin tüm parçalarının çepeçevre dönüş sergilediğini ve bunun tohumun çimlenmesinden hemen sonra başladığını göstermeye girişti. Darwin dönüşün başlangıçta, fide köklerine toprağın içine girmek, yol boyunca taşlardan uzak durmak ve genç gövdelere topraktan yükselmeye yardım etmek için ortaya çıktığını öne sürdü. Böylece, bir bitkinin büyüyen bütün parçaları devamlı olarak hareket halinde olduğundan, bu durum hareketin daha yönlendirilmiş, kullanışlı formlarına giden küçük bir adımdı. Bu hareket formlarından biri ışığa tepki vermektir ve Darwin bu konuda çok sonradan bütün bitki biyolojisine derin etkiler bırakacak gözlemler yaptı.

Darwin ilk olarak birkaç istisna dışında bütün bitkilerin ışığa duyarlı olduğunu ve her zaman ışığa doğru büyüdüğüne dikkat çekti. Daha sonra çim fidelerinin tohum yaprağının (veya koleoptilin) ufak miktarda ışığa bile son derece hassas olduğuna işaret etti. Bunun sebebi, ışığın büyük ihtimalle, “gömülü tohumların topraktaki çatlaklarda veya toprağın üzerini örten vejetasyon yığını boyunca rehberi olarak” aşırı öneminden kaynaklanıyordu. Bu yüzden kullanışlı bir deney sistemi için (*Phalaris canariensis*) kuşyemi fidelerinin koleoptilleri üzerinde karar kıldı. Ardından çok önemli bir gözlemlerde bulundu:

Bu bitkinin kotiledonlarının küçük bir lambanın ışığına doğru bükülme hassasiyetini gözlemlerken, en üst kısmın orta kısmın eğileceği yönü tayin etmesi fikrinden etkilendik. Kotiledonlar yatay ışıktan etkilendikleri zaman, önce üst kısım bükülür ve ardından bükülme kademeli olarak aşağı doğru genişler ve bizim kısa süre sonra görebileceğimiz gibi toprağın biraz altında bile devam eder.

Bu gözlem koleoptilin üst kısmına ait özel bir şeyin olduğu varsayımına neden olur. Fakat bu nedir? Üst kısım, alt kısım aynı-sını yapabilecek duruma gelmesinden önce bükülmek zorunda mıydı? Aslında hayır, üst kısım ince bir tüpün içine kapatıldığında veya ince bir tahtaya sabitlendiğinde ve böylece hareket edemeyecek hale geldiğinde, alt kısım yine de ışığa doğru bükülüyordu.

Darwin devamında ameliyat yapmayı denedi. Tepe kısımdan 2.5 mm'den 4 mm uzunluğa kadar herhangi bir parçayı kesip aldığı anda koleoptilin kalanının bükülmediğini gözlemledi. Sadece 1 mm'den biraz büyük bir parça alındığında bükülme azalmış ama yine de gerçekleşmişti.

Bu hasarın ışığı algılama yeteneği yerine bükülme yeteneğini ortadan kaldırması hâlâ mümkündü fakat kısa bir süre sonra gerçekleştirilen başka bir deney bu sorunu çözdü. Koleoptiller ışık geçirmeyen kalay folyo kapaklara veya siyaha boyanmış kısa cam tüplere konduklarında, bunların büyük kısmı hâlâ tamamen ışığa maruz kalsa bile bükülmedi. Sonunda, koleoptillerin uç kısmı sadece bir tarafından hint mürekkebiyle boyandığında, doğrudan pencerenin önünde olmasalar bile, boyanmayan tarafa doğru büküldü.

Darwin'in belirttiği gibi "bu deneyler kaçınılmaz olarak tek bir vargıya götürdü: Bu sonuçlar üst kısımda bulunan, ışık varlığında harekete geçen ve etkisini alt kısımlara ileten bir maddenin varlığına işaret ediyor gibi görünüyor."

Darwin'in deneylerinin önemini olduğundan büyük göstermek zor. Öncelikle, bu deneyler çim koleoptillerini (meyve sineği *Drosophila*'nın hayvan genetiği açısından model organizma haline gelmesine oldukça benzer şekilde), bitki fizyolojisinin birçok temel araştırması için bugün hâlâ kullanılan gidiş yolu modeli olarak yerleştirdiler. Darwin'in çalışması aynı zamanda,

bitki hormonu oksin'in 50 yıl sonraki keşfine doğrudan yol açtı. Oksin'in nasıl çalıştığı, ışığın büyüme üzerine etkisine nasıl aracılık ettiği ve bununla alakalı fotoreseptörlerin doğası, 20. yüzyıl boyunca ve 21. yüzyılda bitki biyolojisinde temel araştırma konuları oldu.

Fakat bunun ötesinde, Darwin'in çalışmaları geçmiş yüzyılın hâkim ortodoks anlayışının son bulmasına katkı sağladı. Hâkim anlayışta bitkiler algı ve hassasiyete sahip olmayan sıradan makine parçalarıydı. Bu anlayışa göre, eğer bitkiler çevreye bir şekilde cevap veriyorlarsa bu cevap sadece doğrudan mekanik bir sonuçtu. Böylece eğer kökler aşağı doğru büyüyorlarsa, Newton'ın ağaçtan düşen elmasının sahip olduğundan daha fazla bir algıya sahip olmadan, kütleçekime cevap veriyorlardı. Eğer bir gövde ışığa yöneliyorsa, bunun tek sebebi ışığın aydınlık tarafta olgunlaşmayı hızlandırmasıydı (böylece büyümenin durması) veya aydınlatılmış hücrelerin kuruması ve böylece karanlık taraftakilerden daha yavaş büyümeleriydi.

Fakat Darwin bitkilerin uyarıyı algılayabildiklerini gösterdi. Bu uyarı daha sonra bitkinin başka bir parçasının özelleşmiş ve açıkça uyum gösteren bir şekilde yanıt vermesine sebep olur. Darwin açısından hayvanlarla paralellik açtı: "Bu nedenle, bu yeteneğin özellikle kazanılmış olması mümkün. Pek çok açıdan, ışık bitkiler üzerinde neredeyse hayvanların sinir sistemiyle aynı şekilde etki ediyor gibi görünüyor." Bitkilerin düşünebileceği fikrinin tohumları ekilmişti.

Bana yaslan

Bir bitkinin doğuştan gelen hareketleri çevreye verdiği cevaplara göre değişir. İki büyük çevresel etki ışık ve kütleçekimdir. Az önce gördüğümüz gibi Darwin bitkilerin ışığa cevabı üzerine çığır açan bir araştırma gerçekleştirdi. Darwin'in üzülecek kabul ettiği gibi, kütleçekimle çalışmak aslında o kadar kolay değildi "Kütleçekimi doğrudan herhangi bir şekilde değiştirmek imkânsız." Ancak uzaya yolculuğun ortaya çıkmasıyla, yeryüzüne bağlı hiçbir gözlemcinin yapmayı ummadığı bir şekilde kütleçekimi değiştirmeyi başarabildik. Buna rağmen Darwin kütleçekimin kök uçları üzerindeki etkisinin, bu etki kökün diğer kısımlarının bükülmesine sebep olsa da ışığın

sürgün uçları üzerindeki etkisi gibi olduğunu gösterebildi. “Artık ucun tek başına harekete geçtiğini ve bu parçanın etkiyi bitişik parçalara ileterek onların aşağı doğru bükülmesini sağladığını biliyoruz.”

Işık ve kütleçekim genellikle ters yöne çalışır; bunlardan birine olumlu yanıt veren organlar genellikle diğerine olumsuz yanıt verirler. Yani, Darwin'in belirttiği gibi, bir bitki gündüz ışık tarafından bir yöne çekilse de kütleçekim doğal düzeni yerine koymak için geceleri hep oradadır: “Herhangi bir bitkinin gövdesi gün boyunca yatay bir ışığa doğru eğildiğinde, kütleçekime göre büyüme (kütleçekimin tersi yönde, yerin merkezinden uzağa doğru eğilme) hareketi ters yöndedir fakat akşam ışık yavaş yavaş azalırken, diğeri yavaşça üstünlüğü kazanır ve gövdeyi dikey pozisyona geri çeker.”

Bu nedenle sonunda kütleçekim kazanır; bu neredeyse çok belirgin bir görüş gibi görünüyör olabilir fakat bitkiler ekvator dan uzağa ve ışığın çok daha fazla yandan geldiği yerlere gittiğimizde bile dik olmaya meyillidir. Bu dikey büyüme, hiçbir örnekte, yaslanmanın mekanik dezavantajlarının çok açık olduğu ağaçlardan daha belirgin değildir; aslında biz eğer yatık bir ağaç görürsek, genellikle onun bir tür sorun yaşadığını varsayırız. Bu yüzden ağaçlar her türlü yatıklık eğilimini tespit eden ve cevap oluşturan detaylı bir şekilde evrimleşmiş kendini düzeltme mekanizmasına sahiplerdir. İlginç bir şekilde, bu durum eğilmeye oluş an asimetrik kuvvetlere tepki olarak “reaksiyon odunu” büyümesini her zaman içerse de mekanizmanın tamamı her zaman aynı değildir; tepki odunu yumuşak ağaçlarda eğilen gövdenin alt tarafında oluşurken, sert odunlu ağaçlarda gövdenin üst tarafında oluşur.

Fakat dünya sürprizlerle dolu ve dikkate değer bir yatık ağaç var. *Araucaria columnaris* (Kaledonya arokaryası) ücra Yeni Kaledonya adası için endemik bir türdür fakat dünyanın ılıman iklim kuşağı boyunca bolca yetiştirilmektedir. Kaledonya arokaryası sadece eğilmez, her zaman ekvatora doğru eğilir. Buna ek olarak ekvator dan uzaklaştıkça eğikliği artar. Kısacası nedenine dair hiçbir fikrimiz olmasa da Kaledonya arokaryası kütleçekimin üstünlük sağlayamadığı tek ağaç gibi görünüyör. Tıpkı yakın akrabası salonçamı gibi Kaledonya arokaryası da 40° Kuzey ve Güney'den ötede yaşa-

mak için buzlanmaya karşı fazla hassastır. Fakat salonçamından farklı olarak, yardımcı bir faktörle daha Kuzey veya Güney'e giden Kaledonya arokaryası öylece devrilir miydi diye insan merak etmeden duramıyor.



California'dan Kaledonya arokaryası (*Araucaria columnaris*), aşırı şekilde ekvatora doğru eğilirken yerçekimine meydan okuyorlar.

Darwin, *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nde ağaçlardan çok az bahseder çünkü otsu bitkilerin açık bir şekilde en uygun deneysel materyali sunduğunu keşfeder. Ağaçlar üzerinde nadiren deney yaptığına fideleri veya çok genç bitkileri kullanır. Britanya ikliminde yetişmek için fazla hassas, Tresco'da bile sorun yaşayan Kaledonya arokaryasının varlığının farkında olma ihtimali de pek yok. Fakat şu an bildiklerimizi bilince, bunlardan birine sahip olmaktan mutlu olacağını düşünmekten kendinizi alıkoyamazsınız.

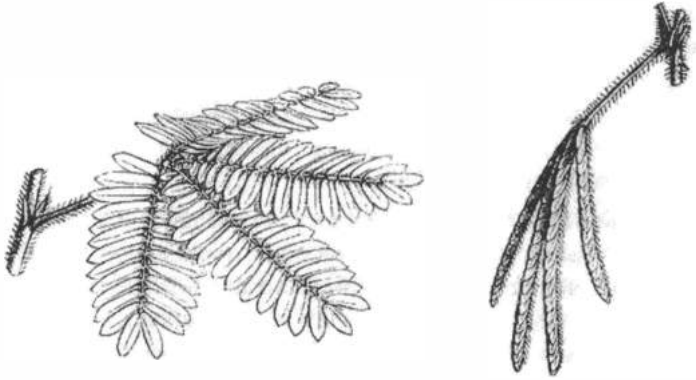
Mimosa pudica

Bitkilerde Hareketin Gücü'nün ilginç bir özelliği de Darwin'in neredeyse açık bir inatla konuşmamayı seçtiği şeydi. Hassas bitkilerin yaprakları, *Mimosa pudica*, belirgin şekilde dokunmaya hassastırlar. Darwin bunu elbette biliyordu ama sadece laf arasında bahsediyordu: "*Mimosa pudica* yapraklarının en yüksek düzeyde hassas oldukları oldukça iyi bilinmesine rağmen, kotiledonları dokunmaya karşı sadece hafifçe hassaslar." Daha sonra ise şöyle diyordu: "Bu bitki sayısız gözleme konu oldu." Belki de Darwin dillendirilmeyen yorumunu mevcut bilgi yığına eklemeyi diğerlerine bırakıyordu.

Darwin küstümotuyla ilgilenmekte haklıydı; o da Venüs sinekkapanı gibi herkesin duyduğu ve neredeyse herkesin merakını cezbedebilen bitkilerden biriydi. Onun hareketini açıklamak amacıyla yakın zamanda oluşturulan Kraliyet Cemiyetini yöneten 2. Charles'ın bile dikkatini çekmişti. Bitkinin cevabının büyüklüğünün, dokunmanın büyüklüğüne bağlı olduğunu gösteren özel deneyler yürüten bir komite kuruldu. Komitenin çoğunluğu fizikçiydi, vakitlerinin çoğunu William Harvey'in yakın sayılabilecek bir süre önce keşfettiği kan dolaşımı alıyordu. Yani bitkinin içinde belirsiz bir çözelti veya özün varlığını kabul eden bir teoriyle ortaya çıkmaları sürpriz değildi. Bitkinin hareket edebilme kabiliyeti bir şekilde bu oldukça hayali özün hareketine bağlıydı. Aslında, eğer bir bitki hareket edebilirse, bu hayvana dönüşme yolunda gerçekleştirmeliydi diye düşünüyor gibi görünüyorlardı.

Daha önce görmediyseniz, *Mimosa pudica* her biri çok sayıda küçük segment veya daha küçük yaprakçıklı, iki veya dört yaprakçıktan oluşan bileşik yapraklara sahiptir. Yaprğa dokunulduğunda küçük yaprakçıklar bir kitabın kapanması gibi katlanır. Bu tarz şeyler geceleri pek çok bitkide gerçekleşir. Darwin *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nün büyük bir kısmını bu tarz "uyku hareketlerini" incelemeye ayırmıştı. Küstümotunu sıradışı yapan hareketin hızıdır. Hareketin başlaması bir saniyeden kısa sürer ve yaklaşık 4-5 saniye sonra tamamlanır. Aynı anda tüm yaprakçıklar normal yatay durumlarından aşağıya doğru bazen neredeyse tamamen dikey pozisyonda olacak şekilde sarkarlar. Bu

durum genellikle otçullara karşı bir adaptasyon olarak değerlendirilir; bir böceğin böylesine hızlı bir hareketle yerinden olabileceğini hayal edebilirsiniz. Aynı zamanda bitkiyle çok yakından ilgilenmeyen omurgalı bir otçul da bitkinin sadece ortadan kaybolduğunu düşünebilir.



Hassas bir bitki: *Mimosa pudica* yaprağı açık ve kapalı durumda.

Böylesi hızlı hareketin anahtarı, “dinlenme” halinde kapalı veya katlanmış halde ve hassas bitki yaprakçığıdır. Yaprakçık “açık” halini ancak su basıncıyla korur. Bitki her bir küçük yaprakçığın tabanındaki yastık veya “menteşeye” su pompalar, böylece yaprakçığı dik durmaya zorlar. Dinlenme halinde bitki, bir uyarıcıyı takiben porlarını açar ve bu suyun hücrelerden dışarı çıkmasına izin verir, bu da yaprağın geriye doğru çöküşüne sebep olur. Çelişkili olan şudur, doğal olarak oldukça aktif görünen bu hareket pasiftir ve yaprak veya kapanın doğal durumuna dönmesiyle çok az alakalıdır.

Küstümotuna olan ilgi zamanla azalmadı ve son zamanlarda küstümotu bitkilerin gerçekten ne kadar zeki olduklarına dair tartışmada kilit bir rol oynadı. Mesela, biz küstümotunun yapraklarına dokunma veya çarpmanın kendilerini hızla kapatmalarına sebep olduğunu biliyoruz. Bu oldukça hayvanlara özgü bir davranış: Bir hayvana bir uyarıcı vermek bir çeşit savunma tepkisinin ortaya çıkmasına sebep olur ve tepki elde edersiniz. Peki, bunu yapmaya devam ederseniz ne olur? Hayvan bir süre sonra

kötü bir şey olmadığını öğrenir böylece tepki vermeyi bırakır. Bu cevap verme eksikliği alışkanlık olarak adlandırılır ve hayvanın tekrar tekrar ortaya çıkan alakasız veya zararsız şeyleri filtre ederken çevresindeki önemli şeylere odaklanmasına izin verir.

Küstümotu da tam olarak bunu yapar. Tek bir dokunuş veya şoka cevap verir ama eğer dokunmaya devam ederseniz kısa sürede rahatsızlık duymamayı öğrenir. Yaprakları kapandıktan sonra oldukça hızlı bir şekilde geri açılmaya başlar ve sonunda kapanmayı tamamen bırakır. Tabii ki bu durumun kendisi, hafıza veya öğrenme veya daha fazlası için çok iyi bir kanıt değil. Belki de küstümotunun yaprakları sadece yoruldukları için cevap vermeyi bırakıyordur.

Aslında *Mimosa*'nın tepki vermeyi yorulduğu için bırakmadığını gösterebiliriz. Eğer farklı bir uyarı (dokunmaktan ziyade iyice sallamak diyelim) verirsiniz, her zamanki savunma amaçlı yaprak kapanmasıyla cevap verir ama ardından ilk uyarıyı tekrar verirsiniz hiçbir şey olmaz. Sizin için gerçek öğrenme: İlk uyarıyı görmezden gelmek ama yeni uyarıyı görmezden geldiği için kandırılmamaktır.

Küstümotunun düşündüğünüzden daha zeki olduğuna dair bir başka kanıt ışık şiddetinin değişkenliği deneylerinden gelir. Otçulları kandırmak için bir taktik olarak yaprak kapanmasının, kapanan yapraklarda neredeyse yarıya inen fotosentez üzerindeki negatif etkisinin düzenlenmesi gerekir. Bu sebeple küstümotu loş ışıktaki büyürken tekrarlı ama zararsız uyarıyı görmezden gelmekte daha hızlıdır. Bir başka deyişle yaprakları tamamen açık tutma ihtiyacı daha önemlidir. Dahası, küstümotu tam olarak aynı sebepten ötürü uyarıyı görmezden gelmeyi daha uzun süre hatırlar ve bu hatıra en azından bir ay boyunca varlığını sürdürür. Bütün bunlar bir beyin veya herhangi bir çeşit sinir sistemi olmadan gerçekleşir.

Küstümotunun bir çeşit dahi, bitkiler arasında gerçek bir Einstein olması fikrine ulaşmak oldukça kolay. Fakat buna dair hiçbir kanıt yok. Bütün bu çalışmaların küstümotuna odaklanmasının sebebi sadece hareket (ve hız) yeteneğinin onu uygun bir deneysel obje haline getirmesidir. Bu da bizlerin ne kadar aceleci bir topluluk olduğumuzu açığa çıkarır; diğer bitkiler küstümotundan daha zeki olabilirler ama biyologlar genel olarak çok

yakın zamana kadar bunu ortaya çıkarmanın çok uzun zaman alacağına karar vermişlerdir.

Bitki zekâsı üzerine çalışacak kadar sabırlı çok az sayıdaki insandan biri Avustralyalı botanikçi Monica Gagliano'dur. Gagliano'nun son çalışması bezelyelerin en az küstümütu kadar zeki olduğunu gösteriyor. Biz hayvanların ödülle ilişkili bir uyarana cevap vermeyi kolayca öğrendiğini biliyoruz. Pavlov köpekleri metronom sesiyle yemeği ilişkilendirmek üzere eğitti, böylece sonunda köpekler sadece sesle salya akıtmaya başladılar. Biz bu tarz ilişkilendirmeli öğrenmenin hayvanlarla sınırlı olduğunu düşünmeye yatkınız ama Gagliano bunu bitkilerin de yapabildiğini gösterdi. Eğer bezelye sürgünleri bir fandan gelen hava akımıyla ışığı ilişkilendirmek üzere "eğitilirse", kısa zamanda ışık yokluğunda sadece fana cevap vermeyi öğrenirler. Dahası, bu eğitim ancak gün içinde gerçekleşirse başarılı olur; bir bitkiyi bir uyarani ışıkla ilişkilendirmek konusunda geceleri kandıramazsınız çünkü milyon yıllık evrim bitkileri geceleri asla hiçbir ışık olmadığına ikna etmiştir.

Bitki zekâsı

Darwin küstümütu hakkında çok fazla bir şey söylememiş olabilir ama bitki zekâsı hakkında bazı şeyler söylemiştir. Aslında, *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nün en sonunda söyledikleri bugüne kadar söylediği en kâhince sözler olabilir:

Harekete katılan diğer parçaları yönlendirme gücü olan kökçüklerin ucu, basit hayvanların beyni gibi davranma yeteneğine sahiptir dersek abartmış olmayız; beyin vücudun ön ucunda yerleşmiş durumdadır, duyu organlarından gelen etkileri toplar ve çeşitli hareketlere yönlendirir.

Darwin, bitkilerin gerçek bir beyninin olmamasının onları aptal yapmadığını açıkça görmüştü. Aslında bizim beyin hakkında bu kadar merak içinde olmamızın tek sebebi, bir beyne sahip olmamızdır. Bitkiler akciğer, karaciğer veya böbreğe de sahip değillerdir ama bu organların işlevlerini yerine getirirler. Bu durumda neden bir beyinleri olmadan düşünemesinler? Darwin'in yukarıdaki alıntıda söylediği şey, bitkilerin, bitkinin her bir parçasının bilgiyi işlemek ve karar vermekte işbirliği

yaptığı “yayılmış zekâyâ” sahip göründükleridir; her bitki çoğu toprak altında bulunan kendi özel “ağına” sahiptir. Aslında, bitkiler düzenli olarak kendilerini saran çevreyi izler ve gereği neyse yaparlar. Topraktaki kökler yakındaki diğer köklerin farkındadırlar ve dahası köklerin kime ait olduklarını bilirler.

Peki, Darwin haklı mıydı? Bitkiler zeki mi? İsviçreli psikolog Jean Piaget davranışı “çevre koşullarının veya bu çevreyle ilgili kendi durumlarının değiştirilmesi adına dış dünyaya yönelik tüm eylemler,” olarak tarif ediyor. Bu tanım açık bir şekilde bitkileri içerir. Bitkiler sorunlarını çözmek için kasıtlı, bir amaca yönelik beceri gösterirler.

Moleküler biyolog Anthony Trewavas'ın ifade ettiği gibi: “Bitkiler zekice davranarak, bir kök veya sürgünü sıradan veya kaynak bulunmayan bir yere yerleştirmek yerine kaynak elde etmek için en uygun yere yerleştirebilirler. Hangi dalların veya yaprakların daha fazla yeterli kaynak üretmeye devam edemeyeceğini en hızlı şekilde hesaplayan ve onların kökten gelen kaynağa ulaşmaya devam etmelerini engelleyen bitkiler, daha yüksek kapasiteli problem çözme yeteneğine sahiplerdir. Gerçekleşecek olan kaynak erişimini veya otçul zararını daha doğru biçimde tahmin eden ve kaynak dağılımını buna uygun şekilde yapan bitkiler diğerlerinden daha zekilerdir ve bunun ödülü muhtemelen zindelik kazanmaktır.”

Bitkilerin çok zeki olmadığını düşünmemizin esas sebebi bizim farkındalık ve zekâyı bile hareketle ilişkilendirmemizdir. Bitkiler, çok az sayıdaki istisnalar hariç, bizim fark edebileceğimizden çok daha yavaş hareket ederler. Alman bitki fizyoloğu Wilhelm Pfeffer'in 1906 yılında söylediği gibi:

Aslında, büyük bitkilerde büyümenin gücü ve hareketin göz alıcı şekilde belirgin olmaması bitkilerin durağan bir yaşama sahiplermiş gibi kabul edilmelerine sebep olur... Eğer insanlık eskiden beri kinemotograf yardımıyla mümkün olan, haftalar veya aylar süren aktiviteyi bir dakikada algılamaya alışkın olsaydı bu hatalı fikir tamamen ortadan kalkmış olurdu.

Bitkilerin zekâsı hakkındaki tartışma daha çok 21. yüzyıla ait bir olay. Darwin her zaman olduğu gibi çağının çok ötesindeydi, bitki zekâsının bizim fark etmekte başarısız olacağımız

şekilde insanlarınkine benzemediğini fark etti. Stefano Mancuso'nun küçük kitabı *Akıllı Yeşil*'de belirttiği gibi, biz gerçek yabancı zekâyı onu aradığımız süreçte tanıyamazdık ve bizim dış uzaydaki zekâ arayışımız ancak "uzayda bir yerlerde kaybolmuş kendimize ait zekâ" için arayıştır. Eğer bitkilerin zeki olduğunu inkâr edersek, bunun bütün anlamı bitkilerin bizim gibi olmadıklarıdır.

Helianthus annuus

Darwin'in dairesel dönüş ve bitkilerin ışığa cevaplarının çeşitli yollarına ne kadar yer ayırdığını düşününce, *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nde hayret verici şekilde atlanan bir başka konu ayçiçeğinin büyük dönüş hareketi gizemidir. Doğa tarihinin bir parçası neredeyse herkes tarafından biliniyormuş gibi görünür. Ayçiçeği güneşin gökyüzündeki hareketini dönerek takip eder. Sahi eder mi?

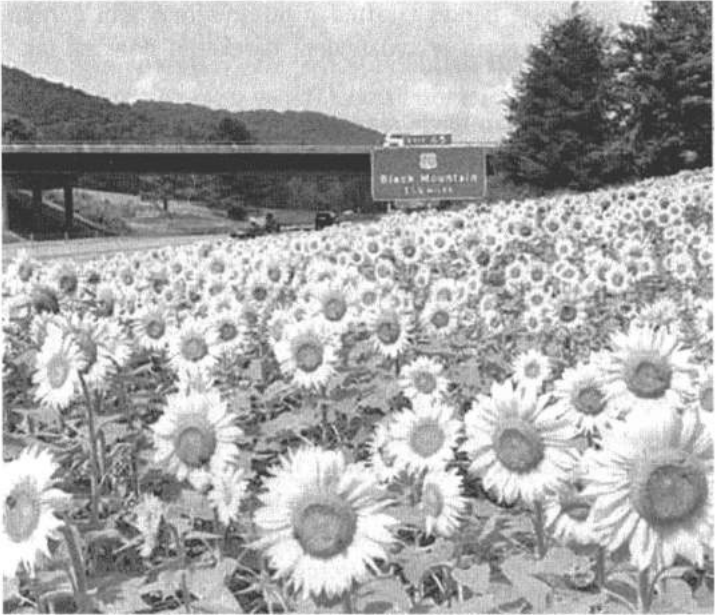
Çok sayıda insan böyle olduğunu düşünüyor olmalı. Çünkü ayçiçeğinin başka dillerdeki isimleri doğrudan bu davranışa atıfta bulunur, mesela İspanyolca girasol ve Fransızcada tournesol. Ne var ki [John] Gerard 1597 tarihli ünlü kitabı *Herball*'da bunu kabul etmez. "Bazıları onun güneşle birlikte döndüğünü bildirmiş, bu konudaki gerçeği bulmak için çabalasam da ben bunu hiç gözlemleyemedim."

Bugün Gerard'ın kafasının neden karıştığını bildiğimizi düşünüyoruz; olgunlaşmamış ayçiçeklerinin kafaları güneşi takip ederler ama çiçekler bir kez olgunlaştığı ve polen saçmaya başladığında, durulur ve yüzlerini hayatlarının sonuna kadar doğuya dönerler. Ama başkalarının da bu konuda kafası karıştı. Ayçiçeklerinin günlük döngüsü sonunda şüpheye yer bırakmayacak şekilde ancak 1890'larda (fotoğraflarla) kanıtlandı.

Fakat bu sadece başlangıç; bunu neden yapıyorlar? Bir Amerikalı botanikçi ekibi yakınlarda kanıtları gözden geçirdi ve açıkçası, hipotezlerin sayısında bir eksiklik olmasa da kimsenin bunu gerçekten bilmediği sonucuna vardı. Mesela, Darwin yapıraklarıyla güneşi takip eden bitkilere ait çok sayıda örnek ortaya koymuştu ve bu tarz bir davranış kesinlikle fotosentezi teşvik eder. Çiçeğin dönmesi belki sadece yaprakların rastlantısal bir

yan etkisidir veya belki de kafanın altındaki fotosentetik yaprak-
çıkların kendisi güneşe dönmeyi seviyordur. Alternatif olarak,
esas sebep daha yüksek ve daha sürekli sıcaklığı devamlı kılmak
olabilir, belki daha fazla tozlaştırıcıyı cezbetmeye veya tohum
gelişimini hızlandırmaya yardım etmek olabilir.

Dönme hareketi bittiği zaman ayçiçeği neden yüzünü her zaman
doğuya döner? Yine bununla ilgili bir şekilde çelişkili hipotezler
var. Belki sabahları yüzünü doğuya dönmek sabah çiğini kurutur ve
mantar enfeksiyonu riskini azaltır veya dönüşün kendisi gibi sabah-
ları daha hızlı ısınma da tamamen daha fazla tozlaştırıcıyı cezbet-
mekle ilgili olabilir. Alternatif olarak, belki yüzünü doğuya dönmek
sıcak öğleden sonralarda çiçeklerin serin kalmasına yardım eder
(özellikle polenler çok ısınmaktan hoşlanmazlar).



California'da bir ayçiçeği tarlası, hepsi güneşe doğru dönmüş.

Bir problem de çoğu araştırmacının yağ veya süs için kültüre
alınmış ayçiçekleriyle çalışmalarıdır. Fakat dönme davranışı
muhtemelen oldukça farklı bitkiler olan, daha fazla dallanmış ve

çok daha küçük çiçekli yabani atalarında evrimleşmiştir. Belki de bu yabani atalara daha fazla ilgi göstermeliyiz.

Mesele nedenden ziyade nasıl olduğu zaman, biraz daha fazlasını biliyoruz. Başlangıç için hareketli bir ışık kaynağı gerekli. Ayçiçekleri eğer onları sabit bir tepe ışığı altında yetiştirirseniz dönmezler. En azından günlük döngünün bir kısmı ışığa ihtiyaç duymaz çünkü ayçiçekleri geceleri yüzlerini doğuya dönerler. Gerçekte bu hareket gündüz hareketinin iki katı hıza sahiptir. Ayçiçekleri bir kere başladıklarında, aynı rutine bağlı kalma eğilimindedirler. Eğer bir ayçiçeğinin kafasını gece 180° döndürerek karıştırırsanız, birkaç gün sonra sadece güneş yardımıyla tekrar eski düzenine kavuşur. Ayrıca çiçeğin kendisi de o kadar önemli görünmüyor; bir ayçiçeğinin kafa kısmını koparırsanız kalan kısım dönmeye devam eder. Fakat yapraklar gereklidir, yaprakları alırsanız hareket durur. Sadece eski yaprakları değil tüm yaprakları almanız gerekir; eğer olgun yaprakları alırsanız hareket durur ama genç yapraklar olgunluğa eriştiklerinde tekrar başlar.

Eğer “nasıl” sorusuna daha detaylı bakarsak, ayçiçekleri bize hayatımızın ilgilenmeye değer sorusunu sunar.

Ayçiçekleri en azından; (1) Gün boyunca ışık kaynağının varlığını ve yönünü tespit etme yeteneğine sahiplerdir. (2) Bu algıyı gövdenin farklı taraflarının güneşin gün boyu doğudan batıya hareketiyle dikkatlice koordine edilmiş farklılaşan büyümesine çevirirler. (3) Bütün bu büyümeyi nasıl ve ne zaman tersine çevireceğini bilir, böylece çiçekler *Sinđrella*’nın arabası gibi güneş doğmadan önce nerede olmaları gerekiyorsa oraya dönerler. Son ama çok önemli olarak; (4) Çiçeklerin kafaları olgunlaştığında bütün bu hareketi durdururlar.

İlk sorun Darwin’in ustaca tasarlanmış deneyiyle az çok çözüldü. İlginç bir şekilde, ayçiçekleri ve koleoptillerin her ikisi de mavi ışığa tepki verip kırmızı ışığa vermezler. Darwin bunun genel bilgi olduğunu düşünüyor gibi görünüyordu. Hiçbir yorum yapmadan şunları söylemişti: “Bir parafin lambadan gelen, potasyum bikromat çözeltisinden geçen ışık (mesela kırmızı ışık), ışığa göre hareket etmeye sebep olmaz.” Bugün reseptörler fototropinler olarak biliniyorlar fakat 1990’lara kadar tam olarak tanımlanmamışlardı.

İşığa tepkide farklı büyüme için ilk aday “madde”dir. Darwin mesela oksin’in çim koleoptillerinde aynı etkiye sebep olduğunu varsayıyordu. Oksin kesinlikle bitkinin gölgede kalan kısmının büyümesinin artırılmasından sorumlu olabilir-mi  gibi görünüyor ama gerçek mekanizma aynı olmayabilir. Önceleri bu mekanizma, büyümeyi teşvik edici oksinin bitkinin  lık alan bölgelerinden gölgedeki bölgelerine taşınması gibi görünüyordu. Fakat ay  e inin sunduğu son kanıtlar, oksin durdurucuların üretiminin bununla ilişkili olduğunu gösterdi. Hepsinin içinde 4. soru en basiti gibi görünüyor, belki de öyle, ama biz hâlâ kafanın dönmeyi neden bıraktığını kesin olarak bilmiyoruz. Belki sinyal basit bir şekilde kapatılıyordur veya bekli de olgunlaşmış kafada üretilen yeni ve bilinmeyen bir sinyal aktif bir biçimde yanal gövde büyümesini baskılıyordur. Belki de basit bir mekanik etkidir; hücreler artan şekilde a ırla an kafayı desteklemek için bir araya gelir ve daha az esnek bir hal alırlar. Birçok doktora tezi sadece bu basit soruyu bekliyor.

3. soru, hakkında açık ara en az şey bildiğimiz sorudur. G ndo umuyla batıya doğru hızlı hareketin doğası ve de bitki deneysel olarak  a ırtılsa bile hareketin devam etmesi gerçeği, kuvvetli bir şekilde sirkadiyen (Latince sirka ‘etrafında’ ve diem ‘gün’ kelimelerinden gelir) saatin varlığını, örneğin 24 saatlik periyotta çalışan bir çeşit kalıtsal moleküler saati akla getirir. Tüm yaşam formlarında bulunan sirkadiyen saatler, organizmanın öngörülebilir çevresel değişime doğru zamanda doğru şekilde cevap vermek için hazır olmasını sa lar.

Ay  e inin sirkadiyen saatinin gerçek doğası bilinmezli ini koruyor. Özellikle, aynı saatin günün farklı saatlerinde zıt yönlerde, gövdenin gün boyu bir yana ve gece başka bir yöne e ile-rek çalışıp  alı madı ını bilmiyoruz. Sirkadiyen saatin aynı organda bu tarz farklı çalışması bunun dışında sadece memeli beyninde bilinir ve bitkilerde hiç görülmez. Yani bunu ay  e inde bulmak bir çeşit oyun de i tirici olabilir.

Darwin doğal olarak *Bitkilerde Hareketin Gücü*’nde sirkadiyen ritimden yeterince bahsetmiyor; bu konudaki ciddi bilimsel araştırmalar 19. yüzyılın sonuna kadar ba lamadı ve bu terim ancak 1950’lerde kullanılmaya ba landı. Fakat Darwin üzerinde

çalıştığı pek çok bitkinin günlük ritim gösterdiğinin farkındaydı; bitkilerde ‘uyku’ hareketleri bölümünün sonunda şunu gözlemledi:

Çoğu bitkinin yaprağı ışık olmasa bile sabahları normal gündüz pozisyonlarını bildiği ve bazı bitkilerin yaprakları karanlıkta, en azından tüm gün, normalde olduğu gibi hareket etmeye devam ettiği için hareketlerinin periyodikliğinin kesin bir ölçüde kalıtsal olduğu sonucuna varabiliriz.

Dahası, Darwin bu periyotların sadece değişen çevreye verilen doğrudan bir cevap olmadığından emindi. Bir dipnotta şunu ekledi:

Pfeffer bu tarz kalıtımı inkâr ediyor; periyodikliği karanlıkta bir veya iki gün sürdüğünde, ‘Nachwirkung’ veya ışık ve karanlığın sonradan ortaya çıkan etkisine dayandırıyor. Ama biz onun düşünce zincirini takip edemiyoruz.

Kısacası, Alman bitki fizyoloğu Wilhelm Pfeffer bitkilerin önemsiz pasif makineler olduklarını düşünüyordu. Darwin ise onların bundan daha akıllı olduklarını düşünüyordu ve genellikle olduğu gibi haklıydı.

Sonunda ayçiçeğini geride bırakmadan önce son bir soru: Ayçiçeği dönerken tam olarak ne yapar? Pekâlâ, yapmadığı tek şey dönmektir. Bir sarılcı tırmanıcının sapının kıvrılmasından daha fazla bir şey yapmaz aslında. Tüm hikâye, başın altındaki sapın gölge tarafının aydınlatılmış taraftan daha hızlı büyümesidir. Yani, çiçek dönüşten ziyade güneşe doğru eğilmeyle daha iyi betimlenir.

Hızlı ve öfkeli

Gördüğümüz üzere, Darwin *Mimosa pudica* hakkında çok fazla bir şey söylemedi. Ayçiçeği hakkında ise bundan da az şey söyledi. Yapabilecek durumdayken yapmamış olmasına ben hâlâ biraz şaşırmış durumdayım zira ilgili deneylerin bazıları Darwin’e öylesine uygundu ki! Sadece onun gece kalkıp saksıları etrafında döndürerek ayçiçeğinin kafasını karıştırdığını kafamda canlandırabiliyorum. Diğer yandan, bitki hareketinin diğer yönleri genellikle Darwin için ulaşılabilir olmayan tekno-

lojilerin rehberliğinde, onun zar zor hayal edebileceği şekilde gelişti. Birkaç örneğe bakmak yol gösterici olacaktır.

Eğrelti sporangiyumu: bir mancınık

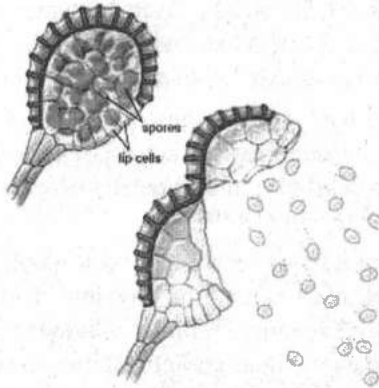
Hareket veya herhangi bir şekilde hızlı hareket söz konusu olduğu zaman bitkiler her türlü zorlukla karşı karşıya kalırlar. Hiç de azımsanmayacak şekilde, genel biyoloji dersinde herkesin öğrendiği gibi bitki hücrelerinin ayırıcı özelliği her birinin kalıcı selüloz hücre duvarıyla çevrili olmasıdır. Hücrelerin varlığının ilk olarak bitkilerde fark edilmiş olmasının sebebi de budur. Bu durum büyük bitkilerde daha sert bileşenlerle desteklenir ve daha küçük olanlarda biraz turgor desteğiyle bitkilerin dik durmasını sağlar. İnşası ucuz, oldukça sağlam ve çok büyük yapılar inşa etme kapasitesine sahip, hareket etme ihtiyacınız olmadığı müddetçe harika bir sistem.

Yani bitkiler sadece kaslara sahip olmamakla kalmaz. Eğer kaslara sahip olsalardı, bu onların yararına da olamazdı. Çünkü kas hücreleri şekillerini değiştirmek zorundadır ve sert hücre duvarları bunu engeller. Fakat biz soruna doğru şekilde yaklaştığımız sürece her bitki hücresinin etrafındaki bu sert kutu sorunun değil çözümün bir parçasıdır. Hücre duvarı bitkilerin yavaş bir şekilde elastik enerji biriktirmelerine ve sonra seri şekilde serbest bırakmalarına izin verir. Bitkilerin bu konuda ne kadar iyi olduklarını çok uzun zaman önce keşfettik. 1250 ve 1450 yılları arasında iki yüzyıl boyunca Avrupa savaş alanında hâkim silah olan İngiliz büyük yayı, tamamen bir parça odunu bükerek depolanan enerjiye dayanıyordu. Bir büyük yayda depolanan ve büyüklüğü sadece dayanıklılık ve okçunun eğitimiyle sınırlanan enerjinin miktarı muazzamdı. En iyi okçular genç yaşta eğitimlerine başlar, büyüdükçe daha küçük yaydan büyüğe doğru ilerlerdi. VII. Henry'nin amiral gemisi Mary Rose'dan çıkarılan iskeletler büyük yay kullanımının nasıl belirgin iskelet değişimlerine neden olduğunu ortaya çıkardı. Eğer bitkiler sert bitki dokularının büyük miktarda enerjiyi depolama ve sonra hızlı bir şekilde serbest bırakma olanaklarından yararlanmak için kendi yollarını bulamamış olsalardı, bu şaşırtıcı olurdu. Tabii ki buldular.

En iyi örneklerden biri eğrelti *leptosporangiyumudur*. Eğreltiler, küçük ve çok hafif sporlarla çoğalan ilksel bitkilerdir. Bu yüzden bir

defa havalandıklarında rüzgârla çok büyük mesafeleri katledebilirler. Fakat bu ilk adım problemin kendisidir. Bir çeşit fırlatma mekanizmasına ihtiyaç duyulur. Eğreltilerin bitkiler âlemindeki en mükemmel makine parçalarından biriyle çözdüğü bir problemdir bu.

Sporangiyum küçüktür ve etrafındaki sarılı kısım, kübik hücrelerden oluşan bir şerit olan annulustur. Kuru ortamlarda bu hücreler su kaybeder ve büzülürler veya en azından büzülmeye çalışırlar. Bu büzülme çabası bükülmeye dönüştürülür çünkü hücre duvarları dış yüzeyde ince ve diğer yerlerde kalın u-şekilli kalınlaşmalara sahiptir. Bu arka tarafa bükülme annulusu bir mancınığı geriye doğru germek gibi yavaşça düzleştirir, sporangiyumu parçalayıp açar ve annulus hücrelerinde yavaş yavaş yüksek negatif basınç oluşturur. Bu negatif basınç kritik bir değere ulaştığında annulus hücreleri içinde boşluk oluşur, mesela baloncuklar meydana gelir ve gerilimi serbest bırakıp hızlı hücre genişlemesine neden olur. Bu, sporları saniyede 10 metreye kadar hızla dışarı fırlatır. Sporları kısa süreliğine sizi veya beni bir krep gibi ezecek 10000 g kuvvete maruz bırakır (neyse ki sporlar insanlardan çok daha dayanıklıdır). Bütün bu işleyiş, Ortaçağ'da kuşatmalarda kullanılan mancınığın çalışmasına benzer.



Hareket halindeki bir eğrelti sporangiyumu. Annulus hücreleri ve hücrelerin U şeklindeki kalınlaşmalarına dikkat edin.

Mekanizma tarif edildiği gibi yeterince akıllıdır fakat son çalışmalar tam olarak nasıl çalıştığına dair çok daha fazla detayı gün

yüzüne çıkarmıştır. Eğer annulusun yaptığının hepsi bu kadar olsa, gerilim serbest bırakıldığında bu basit bir şekilde nişan almadan ateş etmek olurdu ve sporlar başladıkları yere geri dönerlerdi. Ortaçağ mancınıklarını yapanlar bunu biliyordu, bu yüzden bu tarz silahlar silahın hareketini yarı yolda durduran bir engel mekanizmasına sahipti. Böylece silah aniden tutulurdu fakat atılan cisim hareketine devam ederdi. Engel mekanizması olmadan mancınık atılan cismi kolayca yere çarpardı. Sporangyumlar, belli ki, bir engel mekanizmasına sahip değiller, yleyse nasıl çalışıyorlar?

Artık sporangiyumun iki adımda kapandığını biliyoruz. Birinci adımda hücre duvarında saklanmış olan elastik enerji olağanüstü bir hızla kinetik enerjiye dönüştürülür ve sporangiyum saniyenin 100000'de biri sürede kısmen (%30-40 kadar) kapanır. Bu hayvan veya bitkiler arasında kaydedilmiş en hızlı hareketlerden biridir. Sporları fırlatan bu kısmi kapanmadır. Bu olağanüstü hızlı ilk adım esnasında, su kaçmaya vakit bulamadan hücre duvarları arasında hapsedilir, böylece kısa süre için halkanın ilk haline dönmesini engelleyen basınç yaratılır. İlk adımdan çok daha yavaş olsa da hâlâ çok hızlı (birkaç yüz milisaniye) olan ikinci adımda, suyun hücre duvarlarının selüloz matrisine doğru akışıyla bu basınç yavaşça hafifler ve annulusun tamamen kapanmasına izin verir. Annulus hâlâ açıkken yarı yolda hızı azaltıp sporların atılmasına izin vermesiyle bu iki adım çok önemlidir.

12 veya 13 hücrelik bir sıranın, bir Ortaçağ mancınığının güç kaynağı, tetik mekanizması ve kapalı konuma dönüşü kısa süre için engelleme dahil tüm fonksiyonlarının aynısını yapabilmesine insan ancak hayran olabilir.

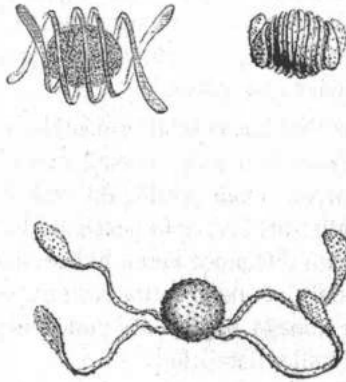
Darwin tüm bunları sevebilirdi fakat eğreli sporangiyumunun tam olarak nasıl çalıştığına dair ince detaylar ancak 2012 yılında keşfedildi ve saniyede binlerce kareye sahip yüksek hızlı bir kameraya dayalı, diğital görüntü analiziyle izlendi.

Tekrar kullanılabilir hareket: atkuyruğu sporları

Eğreli sporangiyumu harekete 'tek atımlık' yaklaşımın bir örneğidir. Doğal olarak yeterli bir şekilde, sporları havaya doğru fırlatmak için biçimlenmiştir. Bu sporlar bir kere fırlatıldıklarında tekrar fırlatılmalarına gerek kalmaz. Sadece bu değil, 'tek

kullanımlık' mekanizmanın serbest bırakılmasını tetiklemenin kolay bir yolu, bir çeşit kırılmadır. Yani fırlatıcı bir kere kullanıldığında tıpkı teneke içecek kutusu gibi kırılır.

Fakat bitkilerde yapıları tekrar ve tekrar kullanılabilen çok sayıda hızlı hareket örneği vardır. Mesela, atkuyrukları, onlarla çok yakın akraba olmasalar da eğreltiler gibi sporla çoğalan ilksel iletim demetli bitkilerdir. Eğreltilerin mükemmel balistik makinelerinin aksine, atkuyruğu sporangiyumları çok fazla şey yapmazlar; onlar sadece spor keseleridirler. Sihir sporların kendisindedir, her biri elater olarak adlandırılan dört şerit benzeri yapıya sahiptir. Her bir elater sert, su geçirmez tarafa ve su aldıkça genişleyip kaybettikçe daralan daha esnek, su tutan tarafa sahiptir. Bunun sonucu ise şudur: Spor ıslanınca elaterler sporun etrafını sıkıca sararlar fakat spor kuruduğu zaman ise kuru sporun bacaklarının yarısı kayıp bir örümcek gibi görünene kadar geri gevşerler. Bu tamamen ve hızlıca geri çevrilebilen sarma ve gevşeme, sporlara sporangiyumlardan dışarı atılmalarında yardım eder ve bir defa yere ulaştıklarında onların 'yürümelerine' yardım eder. Bazen, sporlar beş veya altılı gruplar halinde bir araya gelirler ve bu tür gruplar bir şekilde tekli sporlardan daha büyük 'adımlar' atarlar. Ne var ki bunların hiçbiri onları çok uzağa götürmez ve her zaman daireler çizerek dolaşma ve başladıkları yere dönme riski vardır.



Bir atkuyruğu (*Equisetum*) sporu, elaterleri ıslandığı zaman sıkıca sarılı halde (üstte sağda) ve kuruduğu zaman açılmış halde (altta).

Yine de elaterler bundan daha fazlasını yapabilirler. Bir spor ısladığı zaman, elaterleri bir araya gelebilirler. Spor kuruduğu zaman, kuruma düzleşmek istedikleri anlamına gelse bile başlangıçta bir arada kalırlar. Sonunda elaterler ansızın düzleşirken bu gerilim serbest bırakılır. Elaterler enerjilerini bir yayın serbest bırakılması gibi serbest bırakırlar ve sporları saniyede 1 metre hızla havaya doğru bir santim iterler. Bu çok fazla görünmeyebilir ama 0,005 cm'den küçük bir nesne için, bu bir insanın birkaç adımda bir gökdelenin tepesine sıçramasına eşit, çok büyük bir mesafedir. Elbette sıçramanın kendisi sporu çok uzağa taşımaz fakat bu sporu gerçek uzun mesafe dağıtımı yolundaki ilk adım olan rüzgâra taşımak için yeterlidir. Tıpkı kısa mesafe 'yürüyüş' gibi sıçramalar süresiz olarak tekrarlanabilir, yani bir spor kaçışını gerçekleştirene kadar sıçramaya devam edebilir.

Nuytsia floribunda

Eğrelti sporangiyumu ve atkuyruğu sporları çok küçük ölçekte olsa da çok hızlı hareketin örnekleridir. Fakat hareketin şaşırtıcı olması için hızlı veya mikroskobik olması gerekmez. *Nuytsia floribunda*, Avustralya noelağacı, Güneybatı Avustralya'da yetişir. Burada kuru iklim ve yeryüzünün en fakir toprağı, bitkilerin hayatta kalmak için beklenmedik bir yolla üremesine yol açar. Buna parazitler ve etçillerin kayda değer çeşitliliği de dahildir. Avustralya noelağacı bir *yarı parazit*dir. Yani toprağın üzerinde normal bir bitki gibi görünürken, toprağın altında diğer bitkilerin köklerinden faydalanır.

Tüm kök parazitleri konak bitkilerin köklerine tutunan emeçler oluştururlar. Fakat Avustralya noelağacının emeçleri bildiğimiz kadarıyla eşsizdir. Orak şekilli, iki keskin bıçaklı, bir çift botanik makas geliştirir. Sıvı dolu bezler iki bıçağı beraber iten ve konağın köklerini düzgünce kesen hidrostatik bir güç oluşturur. Avustralya noelağacı daha sonra basit bir şekilde kendi iletim sistemini bu konağa bağlar. 15 mm genişliğe kadar olan kökler bu şekilde kullanılabilirler.

Nuytsia hakkındaki her şey bitkilerin ne yapabildikleri ve yapamadıklarına dair bütün inançlarınıza meydan okuyor. 'Orağın' bıçakları son derece keskindir ve sadece kâğıdı değil eğer dikkatli olmazsanız aynı zamanda insan derisini de kesebi-

lir. Tüm bu kök kesme işlemi olağanüstüdür. Araştırmacılar toprağı kazıp 400 emeç incelediklerinde, bunların ancak beş tanesini bir köke doğru hareket edip kesme işlemi esnasında yakalayabildiler. Bu da olayın çok hızlı gerçekleştiğini akla getiriyor. Avustralya noelağacı hiç de bir konağa özgü değildir. Karşılaştığı herhangi bir köke tutunabilir. Hatta plastik kaplı yer altı kablolarını kestiğı ve ekstra kalın kaplamalara sahip kabloları kullanmak zorunda kalan telekomünikasyon şirketlerini şaşkınlığa düşürdüğü biliniyor.

bölüm 3

AVA GİDEN AVLANIR

Böcekkapan bitkiler (1875)

Neredeyse söylemeye gerek olmayacak kadar açık olsa da bitkilerde etçillik hayvanlardakinden farklıdır ve temelde farklı bir sebepten ortaya çıkmıştır. Etçil hayvanlar için avları temel bir enerji ve kalori kaynağıdır. Etçil bitkiler içinse avları bir mineral, özellikle azot ve fosfor kaynağıdır. İstisnalar olsa da çoğu etçil bitki, ilerleyen kısımlarda göreceğimiz gibi, genellikle aydınlık yerlerde yaşar. Fotosentez konusunda genellikle bir şekilde yetersiz olsalar da yine de çok miktarda CO₂ bağlayabilirler ve normalde beslenmek için öldürmeye ihtiyaçları yoktur.

Darwin bunu elbette biliyordu, böcekkapanı gözlemliyor:

Yetiştikleri yerin toprak yapısını düşününce, bitki bu önemli elementi yakaladığı böceklerden elde etme yeteneğine sahip değilse, azot miktarı çok sınırlı veya oldukça yetersiz olmalıydı.

Darwin böcekkapanların kendileri için neyin iyi olduğunu bildiklerine dikkat çekiyor:

Yaprakların disklerine çeşitli azotlu ve azotsuz organik sıvıların damlacıklarının yerleştirilmesinin sonuçları verildi ve hemen hemen hatasız kesinlikle azot varlığını algıladıkları gösterildi.

Aslında Darwin etçil bitkilerin ekolojisini tam olarak anlamış görünüyordu. Bu çok şaşırtıcı görünmeyebilir ama onun yazdığı zamanda etçil bitkilerin yakaladıkları avlarından her-

hangi bir fayda sağlamaları fikrinin hâlâ tartışmalı olduğunu hatırlamakta fayda var. Darwin için doğal seçim, bitkilerin böcek yakalamak için gerçekten ihtiyaçları olmadıkça böyle dikkat çekici adaptasyonlara sahip olamayacakları anlamına geliyordu. Etçil bitkilerin av buldukları zaman gerçekten de daha iyi büyüdüklerinin son kanıtı oğlu Francis'in daha sonra gerçekleştirdiği deneylerle ortaya kondu.

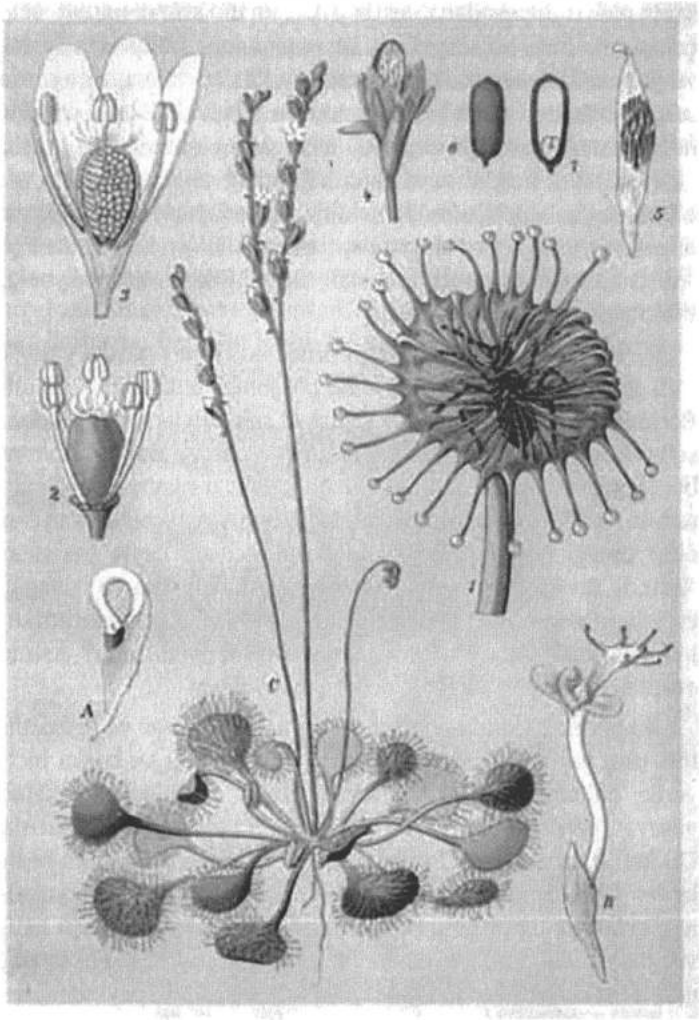
Etçil; yoksa değil mi?

Neredeyse herkes etçil bitkilere hayrandır. Dolayısıyla Darwin'in tavrı bu bakımdan hiç de olağandışı değildi. Fakat etçil bitkiler üzerinde detaylı çalışmalar yapmak için onun kendine özgü bir sebebi vardı. Bu sebep daha önce tırmanıcı bitkilere değinirken bahsettiğim sebebin tam olarak aynısıydı. Tıpkı tırmanmanın gözle görülür şekilde bitkilerde az çok evrensel kademeli gelişim ve çoğalma davranışı olması gibi etçillik de bariz bir şekilde, en azından en basit formunda, bitkilerin çoğunun sahip olduğu araçlarla başlar. Örneğin, hayvanları tuzağa düşürmek için gerekli olan bir çeşit yapışkan sıvı veya başka bileşikler salgılayan salgı tüyleri gerçekte çiçekli bitkiler arasında yaygındırlar ve sadece tesadüfen olsa da küçük böcekleri sıklıkla yakalar ve öldürürler.

Bu şekilde daha uzmanlaşmış etçil çeşitleri her türlü ayrıntılı tuzakları ve bazen hızlı hareketin gücünü geliştirmelerine rağmen, yapışkan "sinekkâğıdı yapraklarının" bu daha ayrıntılı formların gelişiminde ilk aşama olduğu açıktır.

Darwin bu konuda şunu fark etmişti:

Yapışkan tüylere sahip, tesadüfen böcekleri yakalayan herhangi sıradan bir bitki, böylece uygun koşullar altında gerçek sindirim yapabilen bir türe dönüşmüş olabilir. Böyle olunca, birbiriyle herhangi bir yakınlığı olmayan çok sayıda bitki cinsinin, nasıl bağımsız şekilde aynı yeteneğe sahip olduğuyla alakalı her türlü büyük gizem çözülür. Pek çok bitkide bulunan, bildiğimiz kadarıyla hayvansal materyali sindiremeyen ama yine de amonyak tuzunu ve hayvansal sıvıları absorbe edebilen tüyler, muhtemelen sindirime giden yolda ilk aşamadır.



Darwin'ın böcekçil bitkiler kitabının çoğunluğunun konusu böcekyiyen (*Drosera rotundifolia*) bitkisiydi.

Etçillik açık bir şekilde aşamalı şekilde geliştiği için, ‘kaç etçil bitki vardır?’ sorusunun cevabı tamamıyla net değildir. Eğer etçillğin oldukça kesin bir tanımını alırsak, sadece hayvanları cezbetmek, yakalamak ve sindirmek için uyum gösteren özelliklere

sahip türleri hesap ederiz, bu da yaklaşık 1000 tür demektir. Fakat çok sayıda bitki bu adaptasyonların tamamına sahip olamayabilir ve yine de daha sınırlı bir anlamda etçildir. Örneğin, dışkılardan salınan besinleri sonradan emen bitkiler kendi sindirim enzimlerini salgılamak zorunda olmayıp enzimleri yakalanan hayvanları yiyen bakteri, mantar veya hatta başka hayvanlardan 'ödünç alacaklarına' güvenebilirler. Bu şekilde etçil adaptasyonların tümüne olmasa da bazılarına sahip tartışmasız şekilde etçiller binden çok çok daha fazladır ve sadece ufak bir şekilde bu adaptasyonlara sahip olanlar bile etçil olabilir.

Bu tür 'ön-etçilliğe' güzel bir örnek iki Güney Afrika yarı çalı türü *Roridula dentata* ve *Roridula gorgonias* bitkilerinde görülür. *Roridula* böcekleri yakalayan yapışkan salgı tüyleriyle kaplı olmasıyla böcek yiyeni andırır. Darwin (öyle olmasa da) *Roridula*'nın böcek yiyenle yakından ilişkili olduğunu düşünüyordu fakat o sadece kurutulmuş bir örnekten faydalanmış ve hiçbir zaman canlı bitki örneği görmemişti (kitabında sadece bir sayfa yer tutar). Aslında *Roridula* hem sindirim enzimlerinden hem de "düzgün" etçil bitkilerin erimiş avdan gelen besinleri alan özel emilim tüylerinden yoksundur. Öyleyse bunların tümü etçil midir? Aslında evet ama ilginç bir biçimde dolambaçlı yoldan.

İki böcek (*Hemiptera*) türü, *Pameridea roridulae* ve *P. marthothii*, tüm hayatlarını *Roridula* üzerinde geçirirler ve başka hiçbir yerde bulunmazlar. Deniz anemonunun dokunaçları arasında yaşayan palyaço balığı gibi onlar da yakalanmamayı başarırlar. Dikkatli incelemeler, bitki böceklerin atıklarında bulunan besinlerden faydalanırken, *Pameridea*'nın *Roridula* tarafından yakalanan avları yediğini göstermiştir. Yani, tam olarak palyaço balığı ve anemonlar gibi, bu da bir mutualistik ilişkidir. Fakat çoğu mutualist ilişkide olduğu gibi, bir ortağı kendi adil payından daha fazlasını almaya çalışmaktan alıkoyacak hiçbir şey yoktur. *Pameridea* aynı zamanda *Roridula*'dan bitki özü emer, yani bitki çok sayıda böcek bulunmasından memnun olmaz. Neyse ki düzen hem yakalanan av hem de *Pameridea* ile beslenen bir örümcek – *Synaema marlothi* – tarafından kontrol edilir ve böylece simbiyotik üçgenin dengede tutulmasına yardımcı olunur.

Bu durum *Roridula*'yı yeterince olağanüstü yapar. Fakat bu bitkinin avını yakalamak için kullandığı yapıştırıcının çok daha olağa-

nüstü olduğu ortaya çıkmıştır. *Roridula*'nın yapıştırıcısının biraz özel olduğuna dair şüphe onun enteresan şekilde büyük böcekleri yakalayabiliyor gibi görüldüğü gözlemlerden geliyor. Bu nedenle, dallarını sinekkâğıdı gibi sarkıtan bitki, Güney Afrikalı çiftçiler tarafından *vliegebos* (uçan çalı) olarak adlandırılır. Araştırmalar öbür (böcekkapan ve diğer) sinekkâğıdı etçillerinin yapışkan sulu müsilajından farklı olarak, *Roridula* müsilajının suda çözünmeyen triterpenoidler ve açılgliseridlerin bir karışımı, diğer bir deyimle bir reçine olduğunu hızlıca ortaya çıkardı. Dahası bu reçinenin az çok parçalanamaz olduğu ve yapışkan damlaların, ölü ve kurutulmuş ve hatta koruyucu formalin içinde saklanan yapraklar üzerinde en az beş yıl bozulmadan ve yapışkan kaldıkları ortaya çıktı.



Güney Afrika sinekkâğıdı bitkisi *Roridula gorgonias*, alışılmadık yapışkan ve kalıcı yapıştırıcıya sahiptir.

Roridula'nın Güney Afrika'ya özgü doğal bitki örtüsünün kuru yazlarında neden kurumaya dayanıklı müsilaj istediği anlaşılabılır. Fakat burada nemli kışlar da görülür, peki o zaman

neler olur? Müsilajın su geçirmez 'olduğunu ve su altında tıpkı kuru ortamda olduğu gibi çalıştığını gösteren çok sayıda deney sıralanmıştır. Sinekkâğıdı etçillerinin yapışkan böcekkapan müsilajının iki yoldan birinden gidebileceğinden şüphelenilmektedir: 'ucuz ve keyifli' (ama kolayca değiştirilebilir) yol veya pahalı, su geçirmez ve kurumaya dayanıklı yol. *Roridula* zırhla kaplanmış yoldan giderken, müsilajının %96'sı su olan böcek yiyenler ucuz yoldan giderler. Bu seçim neredeyse kesin bir şekilde *Roridula*'yı avın sindirilmesi için bir çift böceğin taşeronluğuna mecbur bırakır. Böcekyiyenlerin avlarını sindirmek için kullandıkları enzimler sulu çözelti içinde çalışırlar ve su geçirmez reçine sindirim ortamı olarak yarırsızdır.

Roridula'nın yapıştırıcısı tüm yapışıcı etçil bitkiler arasında en kuvvetli olanıdır. Öyleyse sıradaki bariz soru şudur: *Roridula* üzerinde yaşayan özelleşmiş böcekler yapışmaktan nasıl kurtulurlar? Gözlemler özelleşmiş böceklerin yapıştırıcıdan kurtulmak veya temizlenmek için herhangi bir çaba harcamadığını, yalnızca yapışmadıklarını açığa çıkardı. Böceklerin kutikulasının kimyası üzerinde elektron mikroskobuyla yapılan gözlemler, cevabın kalın bir yağ tabakası olduğunu akla getiriyor. Yağın dış tabakası bitki reçinesine yapışır fakat böcek hareket edince kurtularak böceğin kendisinin mahsur kalmasını önler. Böyle yağlı tabakalar böcekler arasında genel olarak alışılmadık şeyler değildir, ne var ki bunlar çoğu böcekte *Roridula* yapışkanından koruyacak kadar kalın veya kesintisiz değildir.

Tahminen *Roridula*'da ne olduğunu anlamak dikkatli çalışmayla geçen yıllar almıştı, belki de botanikçilerin bitki yapışkanlarının ne işe yaradığından hâlâ tam olarak emin olmaması şaşırtıcı değildir. Örneğin, Yeni Zelanda paraparası veya kuşkapan ağacının (*Pisonia brunoniana*) aşırı yapışkan meyvelerinin küçük kuşları korkunç biçimde tuzağa düşürdüğü sıklıkla gözlemlenmiştir. Parapara sığ, fakir topraklarda yetiştiği için, ölü kuşlardan gelen, kullanışlı olduğu ispatlanmış besinlerin bu olağandışı özelliğe yol açtığını varsaymak cazip geliyor. Bir başka deyişle bitki dolaylı yoldan etçil olarak evrimleşmiştir. Fakat ekolog Alan Burger araştırmasında, çürümüş kuşlar tarafından cezbedilen leşçi yengeçlerin verdiği zararın bitki fidelerinin elde ettiği herhangi bir faydaya ağır bastığını buldu. Aslında

çok yapışkan tohumlar muhtemelen bir dağılım uyumu olarak evrimleşmişti ve bazı potansiyel dağıtıcıların ölümü sadece istem dışı zararın talihsiz bir örneğiydi.

Bazen etçillığe giden daha net bir aşama vardır. Yeni Dünya'nın pek çok Bromeliaceae üyesinin rozet yaprakları yağmur suyu dolu 'tanklar' biçimindedir. Özellikle epifit bitkilerde (çoğunluğunda), su depolama açıkça esas işlevdir ancak tanklar sıklıkla tüm ekosistemin hayvanlarını içerirler ve ağaç kurbağaları için önemli üreme bölgeleridirler. Ölü böcekler dahil her türden döküntü tankları boylar ve bitkiler çürük ve atıklardan elde edilen besinleri emebilirler. Fakat en azından bir karasal tür ultraviyole yansıtıcı pullara ve sindirim enzimlerine, bir başka deyişle etçil adaptasyonların tamamına sahiptir.



Yeni Zelanda paraparası veya kuşkapan ağacı (*Pisonia brunoniana*) arada sırada fakat görünüşe göre sadece kazayla kuşlar yakalar.

Etçilliğin evrimi

Etçil bitkilerin aile ilişkilerini çözmek oldukça problemlidir. Bunun bir sebebi, bitkiler (veya hayvanlar) olağandışı ortamlara uyum sağladıklarında, dış görünüşlerindeki çok belirgin değişimlerin normal ilişkilerini belirsizleştirme eğilimidir. Başarılı bir etçil olmak için göreceli olarak az sayıda yol vardır. Dolayısıyla, alakasız bitkilerin oldukça benzer görünümlü hale geldiği “yakınsak evrim” özel bir sorundur.

Biz bugün gerçek bitkisel etçilliğin en az altı defa oldukça bağımsız şekilde ortaya çıkmış gibi göründüğünü biliyoruz; “en az” altı defa diyebiliyoruz çünkü sadece geriye kalan bazı yaşayan soylara bakabiliyoruz. Bu hayatta kalan türler arasında, “bol ışık, bol su, sınırlı miktarda besin” olarak özetlenebilecek oldukça açık bir “etçil yaşam alanı” var. Besin maddeleri çok önemlidir çünkü sadece azot ve fosfor gibi besin maddeleri gerçekten yetersizse onları avlanan hayvandan almak kâr getirir gibi görünüyor. Çoğu bitki ihtiyaç duydukları mineral besinleri topraktan geleneksel yoldan almakta ufak zorluklar yaşar. Tuzağın kendisi sıklıkla suyla doludur veya yapışkan müsilaja bel bağlar; her iki durumda da bol miktarda su bir avantajdır. Su basması ayrıca organik maddelerin bozulması yoluyla ortaya mineral çıkmasını engelleyerek besin eksikliğine katkıda bulunabilir.

Her tür bu klasik şablona uymaz. Ne var ki böcekyiyen, Venüs sinekkapanı ve *Sarracenia* (Kuzey Amerikan ibrikotu) gibi ılıman kuşağın tanınmış etçil bitkileri açık, asit bataklık bitkileridirler. Kısacası, etçil bitkiler besin yetersizliğinin hayatı zorlaştırdığı yerlerde yaşarlar. Hayvanları yiyerek kaynak takviyesi yapmak işleri birazcık daha iyi hale getirebilir. Fakat bitkilerde etçilliği kolay kazanılmış bir başarı olarak tanımlamak oldukça zordur. En uygun habitatlarda bile pek çok tür olsa da bu türler nadiren en yaygın türler arasında yer alırlar. John Wyndham'ın *triffid*lerine² rağmen, etçil bitkiler dünyayı ele

- 2 John Wyndham'ın *Triffidlerin Günü* adlı bilimkurgu romanında geçen uzun boylu, hareketli, çok çabuk yayılabilen oldukça zehirli kurgusal bir etçil bitki türüdür. Kitap, insanlığın genetiğe müdahaleleri sonucunda yarattığı *Triffid* denen etçil bitkilerin dünyayı ele geçirmeye çabasını ve onlara karşı verilen mücadeleyi anlatır. —e.n.

geçirmek için büyük bir istek duymuyorlarmış ve hâlâ çok az yeteneğe sahiplermiş gibi görünüyorlar.

Etçiller için iyi ışık faydalıdır çünkü kapanlar neredeyse her zaman yapraklardan dönüştürülmüştür. Bunun anlamı etçil bitkilerin her zaman fotosentezden bir dereceye kadar taviz vermek zorunda olmasıdır. Darwin *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nde etçil bitkilerin konu ışığa cevap vermek olduğu zaman kuralları çiğnediğini bulmaktan mutluydu. Bunun doğal seçilimin bir şekilde beklenmedik sonuca yol açmasının güçlü bir örneği olduğunu görüyordu:

Heliotropizma yüksek bitkiler arasında çok geniş ölçüde yaygındır; gövde, çiçek, çiçek sapı, yaprak sapı veya yaprak gibi bazı kısımların ışığa doğru yönelmemesi son derece nadirdir. *Drosera rotundifolia*, heliotropizmanın izini göstermeyen az sayıdaki bitkiden biridir. Çok detaylı bir şekilde incelenmiş olmasa da *Dionaea* (Venüs sinekkapanı) bitkisinde de bunu göremeyiz. Sör J. Hooker, *Sarracenia*'nın (ibrikotu) ibriklerini bir süre yanal ışığa maruz bıraktı ama onlar ışığa doğru eğilmediler. Bu böcekçil bitkiler karbonik asidi ayrıştırarak yaşamadıkları için (örneğin fotosentez), heliotropik olmamalarının sebebini anlayabiliriz; yapraklarının böcekleri yakalamak için en iyi pozisyonu almaları onlar için ışığa tam olarak maruz kalmalarından çok daha önemlidir.

Mekanizmalar ve ilişkiler

Yapışkan tuzaklı etçil bitkiler (sinekkâğıdı yapraklar) açık ara en çok çeşide sahiptirler ve bunun sebebini anlamak kolaydır. Çünkü çoğu bitkinin halihazırda sahip olduğu araçların ufacık değişikliğine ihtiyaç duyarlar. Çoğunlukla (böcekiyende olduğu gibi) yapışkan tüyler ilişkilidir ve bizim halihazırda bildiğimiz üzere, Darwin her ikisi de benzer türde yapışkan dokunaçlara sahip olduğu için *Roridula*'nın böcekiyiyenle ilişkili olduğunu düşünmüştü. Darwin yapışkan dokunaçlara sahip tüm bitkileri böcekiyien ailesi içine yerleştirdi fakat bizim DNA aracılığıyla evrimsel yakınlığa (filogeni) doğrudan bakabilme konusunda ki çağdaş yeteneğimiz bazılarının gerçekte yakın ilişkili olmadığını ortaya çıkardı.

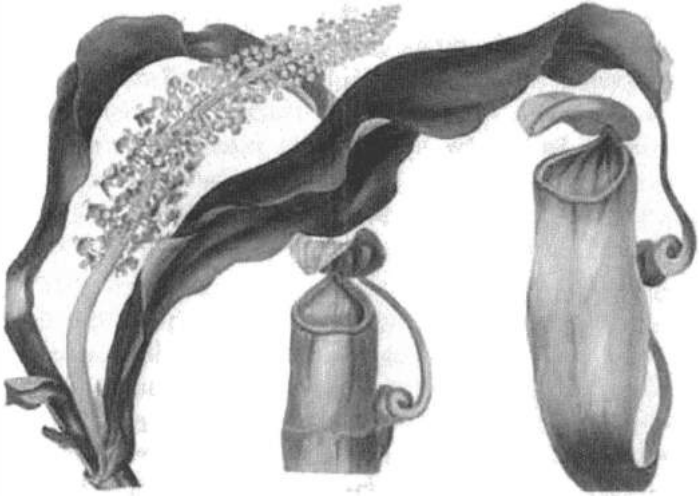
Darwin'ın bir tür böcekiyen olduğunu düşündüğü bir başka bitki de *Byblis*'ti. Darwin *Roridula* gibi *Byblis*'e ait de sadece bir kuru örnek görmüştü (her iki örneği de ona Kew Herbaryumundan Hooker göndermişti). Ben bir Avustralya seyahatinde *Byblis*'i görece kadar şanslıydım. Böcekiyene çok benzediğini söylemek zorundayım. Ne yazık ki Darwin Avustralya seyahat ettiğinde *Byblis*'i hiç görmedi; aslında etçil bitkilerden büyülenmiş olsa da (Güneybatı Avustralya bu konuda olağanüstü şekilde zengindir), dünyanın bu kısmından çok da etkilenmemişti. *Beagle* Günlüğü'nde yazdığı gibi:

Beagle, Tazmanya'dan denize açıldıktan sonraki ay Avustralya'nın güneybatı ucundaki King George's Sound'a ulaştı. Orada sekiz gün geçirdik ve ben İngiltere'den ayrıldığımızdan beri daha sıkıcı ve yavan bir zaman geçirdiğimi hatırlamıyorum. Fundalık ve diğer bitkilerin genel parlak yeşil rengi uzaktan incelendiğinde bereketliliğe işaret ediyor görünüyordu; ancak basit bir yürüyüş böyle bir illüzyonu büsbütün dağıtır ve eğer (o) benim gibi düşünse, böylesi çekici olmayan bir ülkede bir daha asla yürüyüşe çıkmak istemez.

Nihayetinde, anlamamış olma ihtimalinize karşı:

İngiltere'den ayrıldığımızdan beri King George's Sound gibi gerçekten sıkıcı ve yavan bir yer ziyaret ettiğimizi zannetmiyorum. Elveda Avustralya, sen büyümekte olan bir çocuksun ve şüphesiz ki bir gün Güney'in muhteşem bir prensesi olarak hüküm süreceksin; sevmek için fazla büyük ve iddialı olsan da saygı duymak için yeterince büyük değilsin; senin kıyılarını üzüntü ve pişmanlık olmadan terk ediyorum.

İbrik otları ve Venüs sinekkapanı, bitkilerde etçilliğin sinek-kâğıdıyla başlayıp daha özelleşmiş tuzakların gelişmesine yol açtığına dair bir başka kanıt sunarlar. Her ne kadar şu anki görünüşleri benzemese de Venüs sinekkapanı ve *Nephentes* gibi ibrikotları, (başka bir sinekkâğıdı cinsi *Drosophyllum*'a ait) böcek yiyenlerle oldukça yakından ilişkilidirler. Böylece her ikisi de sinekkâğıdı benzeri bir atadan evrimleşmiş gibi görünüyor. Büyük ihtimalle avın tuzaklanması ve sindirimi ilk başta evrimleşti. Bu, işlevini geliştirmek için daha ileri değişiklikleri çok daha mümkün kılar.

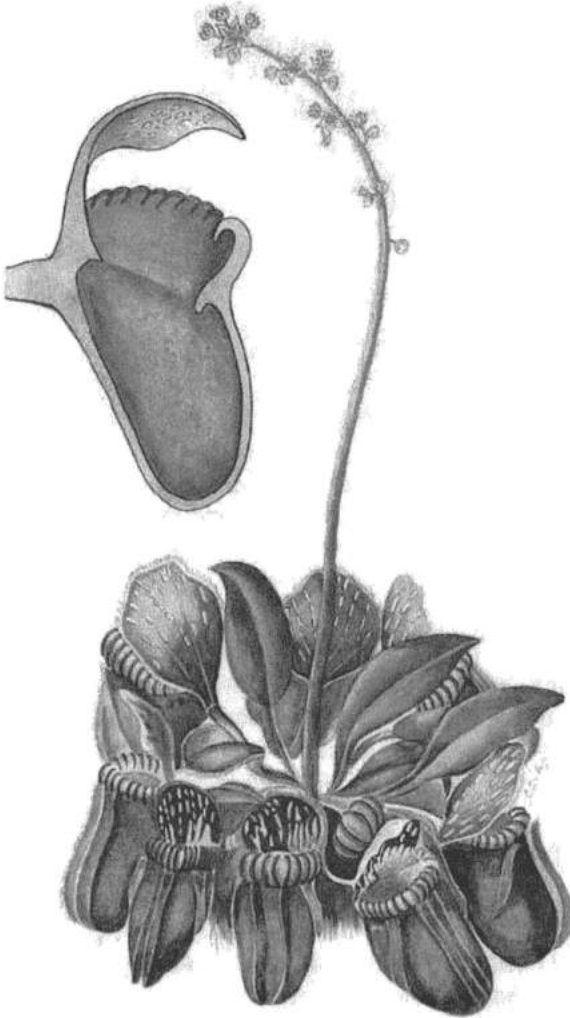


1838 yılının Joseph Paxton'ın *Magazine of Botany* dergisinden *Nepenthes distillatoria*. "Mucizevi damıtcı bitki" olarak betimlemen bu tür, on yedinci yüzyılda Avrupalı botanikçiler tarafından ilk bilinen ibrikotu bitkilerinden birisidir.

Aynı şekilde, Kuzey Amerikan Sarraceniaceae ailesindeki ibrikotu bitkileri (esasen *Sarracenia* ama aynı zamanda *Darlingtonia* ve *Heliamphora*) *Roridula*'yla ilişkilidirler. *Nepenthes* ve *Sarracenia* yakınsak evrimin çok bilinen örnekleridir. Eğer doğal seçilim bir yaprağın su dolu tuzağa değişimini gösterirse, ne tür bir yaprakla başlarsa başlasın, her zaman neredeyse aynı görünen bir şeyle sonuçlanır.

Cephalotus ve yakınsak evrim

İbrikotu tuzağı oluşumunun gerçekten sadece tek yolunun yapraktan gelişmek olduğuna dair son kanıt Güneybatı Avustralya'da coğrafik ve taksonomik olarak kendine özgü *Cephalotus follicularis*, yani Albany ibrikotu bitkisidir. *Cephalotus* hiçbir etçil bitkiyle yakından ilişkili değildir ve bir sinekkâğıdıyla ilişkili olmayan "gelişmiş" tipte tuzaklı tek bitki olmasıyla benzersiz görünüyor. Üzülerek belirtmeliyim ki, Güneybatı Avustralya'ya yaptığım tek seyahatte *Cephalotus*'u göremedim. Darwin de görmemişti.



Albany ibrikotu bitkisi, *Cephalotus follicularis* diğer ibrikotu bitkileriyle ilişkisi yoktur ve yakınsak evrimin klasik bir örneğidir.

Aslında *Cephalotus* 1806 yılında tanımlanmış olsa da Darwin kitabında ondan hiç bahsetmedi. Bu durum çok şaşırtıcı değil; eğer iyi bilinen *Sarracenia* ve *Nepenthes*'ten bahsetmemeyi seğ-

tiyse, hiç dikkat çekmeyen *Cephalotus* hakkında herhangi bir şey söylemenin kesinlikle bir faydası yoktu. Darwin kesinlikle *Cephalotus*'tan haberdardı ve daha çok (diğer ibrikotlarıyla olduğu gibi) Hooker'ın üzerinde çalışma fırsatı bulabildiğini umuyordu. Ne var ki Hooker, *Cephalotus* konusunda diğer ikisinden daha az şanslıydı. Bir noktada Darwin'e şöyle yazdı: "*Cephalotus*'a gelince o bir canavar (öldürmeyecek ve yemeyecek) ve bu konuda çaresizlik içindeyim."

Cephalotus kesinlikle garip bir bitki. Kendisinden başka hiçbir etçilin olmadığı bir grup çiçekli bitkiyle bir arada sınıflandırılıyor. Elbette bu durum onu yakınsak evrim çalışmak için mükemmel bir fırsata çeviriyor. Bir seviyede bu yakınsak evrim tamamen aşikâr. *Nepenthes*, *Sarracenia* ve *Cephalotus* botanik anlamda en sağlam gözlemcilere bile oldukça benzer görünürler. Fakat bu benzerlik dış görünüşten fazlası mıdır? Öyle olduğu anlaşıyor. Bunu biliyoruz çünkü yakınlarda uluslararası bir ekip tüm *Cephalotus* genomunu inceledi ve böcekleri cezbetmek, yakalamak ve sindirmekle alakalı anahtar genlerin *Nepenthes* ve hatta Venüs sinekkapanıyla aynı olduğunu –bu bitkilerde etçillik *Cephalotus*'tan oldukça bağımsız bir şekilde evrimleşse de– buldular. Bu bitkiler aynı zamanda, bir işlevleri yokmuş gibi görünseler de benzer rastgele aminoasit ikameli proteinleri paylaşırlar. Bu proteinler etçillik için önemli midirler? Öyle olmalılar ama hiç kimse nedenini bilmiyor.

Doğal seçim, eğer var olan bir özellik veya davranış bir işi yapmak için değiştirilebiliyorsa, hiçbir zaman yeni bir şey icat etmez. Bu prensip her zaman yapraklarını değiştiren ibrikotu tuzaklarını açıkça kapsar fakat aynı zamanda bunun altında yatan, görünmeyen biyolojiyi de kapsar. Patojenlere veya otçullara karşı savunmayla ilgili aynı atasal genler çok çeşitli etçil bitkilerde etçilliğin hizmetinde bir araya geliyorlarmış gibi görünüyor. Bazen bu dönüşümün nasıl meydana geldiği çok açıktır. Örneğin, mantarlar hücre duvarlarını kitin adı verilen bir şeker polimerinden oluştururlar, böylece bitkiler genellikle kitini parçalayan enzimler oluşturarak kendilerini savunurlar. Fakat böcek iskeletleri de kitinden yapılmıştır, yani aynı enzim yakalanan böceklerin sindirilmesi için ön adaptasyondur.

Sinekkâğıdından kapan-tuzaklara

Darwin herkes gibi *Dionea muscipula*'dan büyülenmişti: "Venüs sinekkapanı denen bu bitki hareketinin hızı ve gücüyle dünyanın en harika bitkilerinden biri."



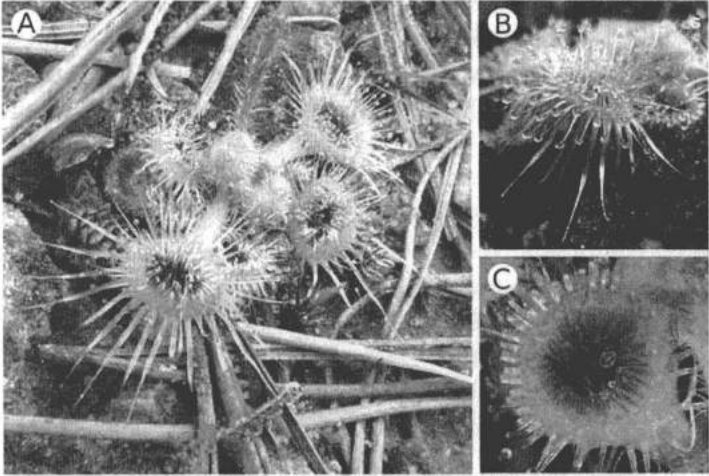
Venüs sinekkapanı (*Dionaea muscipula*) simgeleşmiş bir böcekçil bitkidir. Bu çizim William Curtis tarafından yapılmıştır (1746-1799).

Darwin modern moleküler tekniklerin doğruladığı gibi Venüs sinekkapanının böcekçiyenlerle yakından ilişkili olduğunu kavramıştı. Bu türün böcekçiyen benzeri bir atadan dereceli değişim yoluyla nasıl ayrılmış olabileceğinin de farkına vardı:

Dionaea ve *Aldrovanda*'nın ebeveyn formları *Drosera*'yla yakından akrabaymış gibi görünüyorlar. Bunlar belirgin taban saplarıyla desteklenmiş ve kenarı tamamen dokunaçlarla bezen-

miş dairesel yapaklara sahipler, diğer dokunaçlar ve sapsız salgı tüyleri yaprağın üst yüzeyindeler. Böyle düşünüyorum çünkü *Dionea*'nın kenardaki dikenleri açık şekilde *Drosera*'nın kenar dokunaçlarına karşılık geliyorlar. *Aldrovanda*'da daha fazla sayıda olan üst yüzeydeki altı (bazen sekiz) hassas filament, *Drosera*'nın salgı yeteneğini kaybetmiş ama hassasiyetini koruyan merkezi dokunaçlarına karşılık geliyor.

Bu yüzden Darwin'in Avustralya böcekiyeni *Drosera glanduligera*'nın inanılmaz yeteneklerinden haberdar olmaması çok üzücü. Bu göreceli olarak yaygın bir türdür. Ancak sahip olduğu olağandışı davranış ancak 1974 senesinde gözlemlendi ve 1990'ların ortasına kadar yayımlanmadı. Bu böcekiyen yaprak kenarında daha uzun, yapışkan olmayan dokunaçlara sahiptir. Bu dokunaçlar dokunmaya duyarlıdır ve geçen bir sinek tarafından dokunulduklarında hızla iç tarafa doğru bükülürler, böceği merkeze, tuzağın yapışkan kısmına doğru döndürürler. Bitkiyi inceleyen araştırmacılar bunlara "mancınık dokunaçları" adını verdiler. Bu hareket saniyenin onda biri hızla, yani Venüs sinek-kapanıyla yaklaşık aynı hızda gerçekleşir.



Drosera glanduligera, avı merkezdeki yapışkan dokunaçlara fırlatan "havada kapan dokunaçlara" sahip bir böcekiyen. (A) Bitkinin genel görünüşü, (B) tek bir yaprağın yapışkan ve havada kapan dokunaçlarının yakından görünüşü ve (C) yakalanmış meyve sineği bulunan bir tuzak.

Mekanizma dokunacın tabanında dayanak bölgesi hücreleri arasında hızlı su hareketi şeklinde ortaya çıkar, bir başka deyişle dokunacın kendisi bükülmez ama kaldıraç gibi hareket eder. Hızlı hareket dayanak bölgesindeki hücreleri çatlatır, yani mancınık sadece bir defa kullanılabilir. Fakat bu tür kısa ömürlü tek yıllık bir bitkidir ve sadece üçle dört gün içerisinde yeni yapraklar geliştirir, yani tahminen tekrar kullanılabilen bir sistem geliştirmek için çok büyük bir baskı altında değildir.

Bu süper güçlü böcekiyeni, bize bir böcekiyenin tam teşekküllü kapan tuzağa doğru evrimleşmede ilk adımı nasıl attığını gösteren “kayıp halka” olarak görmek çok cezbedici. Mancınık dokunaçların nasıl başlangıçta avı yapışkan tuzağa doğru döndürmenin bir yolu olarak ortaya çıktığını kafada canlandırmak kolay. Bu zamanla o kadar etkili hale gelir ki, yapışkana daha fazla ihtiyaç kalmaz.

Venüs sinekkapanının nasıl evrimleştiği oldukça açık görünüyor fakat Darwin'in canını sıkan diğer bir soru neden evrimleştiği sorusuydu. *Drosera* 180 türü ve Antarktika hariç bütün kıtalarda bulunmasıyla her bakımdan son derece başarılı bir cinstir. Öyleyse atalarından biri neden çok farklı formdaki Venüs sinekkapanına evrimleşmişti?

Darwin daha büyük böcekleri yakalamak için seçici baskı olduğunu tahmin ediyordu; kendi gözlemleri böcekiyenin küçük uçan böcekleri yakalamaya meyilli olduğu izlenimi uyandırıyordu. Fakat Venüs sinekkapanı ne yakalıyordu? Yazıştığı bir Amerikalı ona içinde yakaladığı avı bulunan on dört yaprak gönderdi:

Bunların dördü oldukça küçük böcekler yakalamıştı, yakalanan böceklerin üçü karınca ve dördüncüsü oldukça küçük bir sinekti. Fakat diğer on tanesi hep büyük böcekler yakalamıştı. Bunlar beş kırmızı palmiye böceği, iki kavak yaprak böceği, bir fındık kurdu, bir kalın ve geniş örümcek ve de bir çiyandı. Bu on böceğin sekizden fazlası kınkanatlı ve bu on dördün sadece biri gerçekten uçabilen iki kanatlı böcekti. Diğer yandan *Drosera* esasen iyi uçucu olan böcekleri özellikle de yapışkan sıvısı yardımıyla yakaladığı iki kanatlıları yiyerek yaşamını sürdürür. Fakat bizi en çok düşündüren şey daha büyük olan bu on böceğin boyutlarıdır. Avlar kafadan kuyruğa

ortalama 6,5 mm uzunluğundayken, yaprak lopları ortalama 13,5 mm'dir. Yani böcekler yakalandıkları yaprakların yaklaşık yarısı büyüklüktedirler. Çok sayıda küçük böceğin sürünüp yakalanmış fakat sonra parmaklıklar arasından kaçmış olması mümkün olsa da bu yaprakların ancak birkaçı güçlerini küçük avları yakalayarak boşa harcarlar.

Modern görüşe göre “seçilimin, ufak avların serbest bırakıldığı fakat daha büyük, daha faydalı avların tutulduğu kenetlenen dış dişlere sahip tuzağı destekleyeceği” şeklindeki Darwin'in varsayımı doğrudur. Diğer yandan bir kapan tuzağın evrimleşmesi için gerek duyulan karmaşık değişimler, daha büyük böcekleri yakalamanın ibrik tuzaklar gibi (belki de) daha iyi, daha hatasız yollarıyla birlikte, Venüs sinekkapanı gibi herhangi bir şeyin sadece bir defa evrimleşmiş olmasını açıklamaya yaramıyabilirler.

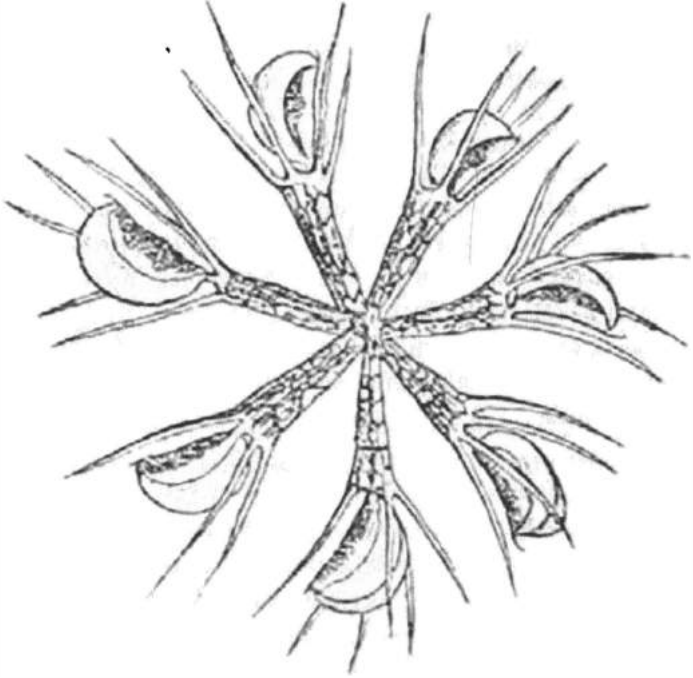
Aldrovanda

Bu bölümdeki Darwin alıntıları arasında alışılmadık bir ismin ortaya çıkıverdiğini belki fark etmişsinizdir: *Aldrovanda*. Peki, *Aldrovanda* nedir? Bir böcekiyen atası, kapan tuzağı sadece bir defa evrimleştirmiş olabilir. Ne var ki bu olaydan geriye iki nesil kaldı: Biri gerçekten de herkesin duyduğu Venüs sinekkapanı ve diğeri neredeyse kimsenin duymadığı *Aldrovanda vesiculosa*, yani suçarkı bitkisi.

Darwin onu “minyatür sucul bir sinekkapan” olarak tarif etti ve ona (kısa da olsa) tüm bir bölüm ayırdı. *Aldrovanda* dikkat çekici biçimde dünyada en yaygın yayılışa sahip, Amerika hariç neredeyse her yerde doğal yayılışa sahip bir etçil bitkidir. Köksüz, suda serbest yüzen her biri Venüs sinekkapanına oldukça benzeyen şekilde bir tuzakla sonlanan halkasal dizilişli yapraklara sahip, ayrıca (bence) oldukça zarif bir bitkidir. Doğru açıdan bakıldığında gerçekten su çarkına benzer.

Aldrovanda tıpkı Venüs sinekkapanı gibi sindirim enzimleri dahil tüm etçil adaptasyonlara sahiptir; Darwin normalde onun küçük sucul kabukluları ve böcek larvalarını yakaladığını belirtse de yakalanmış bir kınkanatlıyı gözlemlemiştir. “Bu kınkanat-

lının tüm yumuşak dokuları tamamen çözünmüş ve kitinden kabuğu kezzapta kaynatılmış gibi temizdir.”



Suçarkı bitkisi, *Aldrovanda vesiculosa*, bir çeşit su altı Venüs sinekkapanıdır.

Yağçanaklarından sumiğferlerine

Bu sırada taksonomi ormanının bir başka kısmında, bir başka bitki grubu da etçilliği icat ediyordu, normalde olduğu gibi sinekkâğıdıyla başlıyor ve oldukça kendine has bir şekilde sonlanıyordu. Bunlar Lentibulariaceae ailesi içinde yer alan yağçanakları ve sumiğferleriydi; tüm aile etçildi.

Yağçanakları (*Pinguicula*) pek çok bitki gibi yapışkan yapraklara sahiptir ve çoğu insan böceklerin (onlarla birlikte diğer çeşit döküntülerin) yapraklara yapışıp kaldığını fark etse de yağçanağının etçil olup olmadığını hiç kimse bilmiyordu. Darwin'in belirttiği gibi “Bay W. Marshall tarafından Cumberland dağlarında çok

sayıda böceğin yapraklara yapıştığından haberdar edilerek bu bitkinin alışkanlıklarını araştırmaya yönlendirildim.”

Darwin bunu kendi gözlemleriyle onayladı ve sonra yağçanaklarının avlarını sindirdiği ve ortaya çıkan besinleri içine aldığını gösteren çok sayıda titiz deney yürüttü:

Böylece çok sayıda böcek ve diğer nesnelerin yapışkan yapraklar tarafından yakalandığını görürüz; ama bu alışkanlığın bitkiye daha önce bahsettiğimiz akşamsefası veya atkestanesi örneklerinden daha faydalı olacağı sonucunu çıkarma hakkımız yoktur. Ancak, ölü böceklerin ve diğer azotlu cisimlerin, salgı tüylerini salgılamayı artırması yönünde uyardığı görülecektir. Bu salgılama daha sonra aside dönüşür ve albümin, fibrin benzeri hayvansal içeriklerin sindirilmesi gücüne sahiptir. Dahası çözünmüş azotlu madde; berrak içeriği, yavaş hareket eden granül protoplazma kütlelerinde toplanmasıyla gösterildiği gibi tüyler tarafından emilir. Böcekler fakir topraklarda yaşayan küçük köklü bitkiler tarafından doğal olarak yakalandıklarında da benzer sonuçlar görülür. Bu bitkilerin düzenli olarak yakaladıkları çok sayıda avdan elde edilen sindirim enerjisinden ve madde emiliminden yarar sağladıklarına şüphe yoktur.

Yağçanakları Darwin'in fark etmediği başka ilginç özelliklere de sahiptirler. Mesela, yağçanağı yaprakları böceklerin sindirilirken çürümelerini önleyen bir bakterisit üretirler. Bu özellik hem hayvanlarda hem de insanlarda iltihaplanmayı gidermek ve yaraları temizlemek için geleneksel tıp uygulamalarında kullanılır. Yağçanağı (aynı zamanda böcekyiyen) yaprakları da İskandinavya'da filmjölk (İsveç) ve tjukkmişjölk (Norveç) denilen, süttten kaymak benzeri fermente bir süt ürünü elde etmekte geleneksel kullanıma sahiptir. Tahminen bu bitkilerin yaprakları tarafından üretilen protein parçalayan enzimler bir çeşit bitkisel maya gibi hareket ederler.

Yağçanakları açık, nemli alanlarda yetişen küçük bitkilerdir. Bunun aksine ılıman kuşakta yetişen sumiğferleri genellikle köksüz, suda serbest yüzen ve çiçeklenene kadar oldukça farklı görünen bitkilerdir. Çiçeklendiklerinde yağçanaklarıyla yakın ilişkileri görünür hale gelir. Aslında bu Darwin'in başlangıçta onlarla ilgilenmesinin sebeplerinden biriydi:



Dr. Otto Wilhelm Thomé'nin *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz* kitabından bir yağçanağı (*Pinguicula vulgaris*) bitkisi (1885).

Pinguicula'yla aynı doğal ailenin parçası olmaları ama daha çok da Bay Hollande'ın 'su böcekleri sıklıkla çanaklar içinde hapsedilir' ve 'bitkilerin besini olmak kaderleridir' ifadeleri beni bu cinsin türlerinin davranış ve yapılarını araştırmaya yönlendirdi.

Yaklaşık 200 kadar sumiğferi bitkisi çok geniş yayılış alanına sahiptir. Çok bilinen sucul formların yanı sıra bu bitkinin karasal, epifitik hatta tırmanıcı türleri de vardır. Darwin dikkatinin çoğunu sucul olanlara vermişti ancak bazı karasal türlerle de ilgilenmişti. Kendisinin belirttiği üzere, tüm durumlarda "keseler en ilgi çekici kısmı oluştururlar." Keseler küçük tuzak kapılara sahiptirler ve sıklıkla çok sayıdaki, küçük sucul hayvanları yakalarlar. Keselerin bir şamandıra gibi iş gördüğü fikrini bir kenar bırakarak

Darwin şöyle söylüyor: “Keselerin gerçek kullanım amacı küçük sucul hayvanları yakalamaktır ve bunu büyük ölçekte yaparlar.”

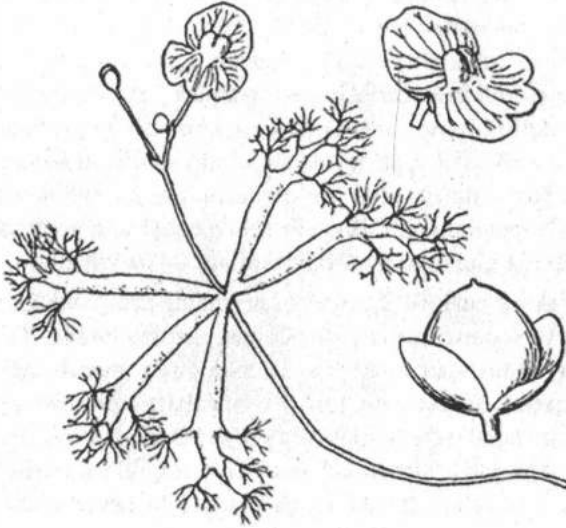
Darwin sumiğferlerinin avlarını sindirebildiklerini göstermekte başarısız oldu ama bunu yapamadıklarından emin değildi. “Keselerin çürüme sürecini hızlandıran bazı mayalar salgıladıkları şüphesine” dikkat çekiyordu. Fakat her durumda şundan emindi: “Yakalanan hayvanların çürümesi bir şekilde hızlandırılabilir veya hızlandırılmasın, maddenin iki veya dört parçalı süreçlerle emilerek içeri alındığı kesindir.” Bu duruma muhtemelen etçilliğin en önemli parçası olan bir çeşit tuzaklama yeteneği eşlik eder. Çok sayıda etçil bitki sindirimi kendine dert etmez, hayvanların veya mikropların bu işi halletmesinden fazlasıyla memnun olur. Bunu *Roridula*’da gördük ve daha sonra göreceğimiz gibi aynı durum ibrikotlarında da yaygındır.

Ancak bu noktada, Darwin’in normalde sahip olduğu keskin gözlem ve sonuca varma yeteneği onu yüzüstü bıraktı. Bu kadar çok hayvanın çanaklara nasıl dolduğunu merak ediyordu. Yazdıklarını okurken bu soru üzerine kafa yorarken yaşadığı şaşkınlığı neredeyse hissedebilirsiniz: “Bu kadar canlıyı; hayvan ve sebzeyle beslenen kabukluları, kurtçukları, tardigradları ve çeşitli larvaları çanaklara girmeleri için neyin cezbettiğini tahmin etmek zor” ve “belki de küçük su hayvanları alışkanlık olarak yemek veya korunacak yer bulmak için her küçük çatlağa girmeye çalışıyordur.”

Yine de yaptığı tahmini okuduğunuz zaman gerçeğe çok yaklaştığını fark edeceksiniz. Gerçekten de Darwin ne olup bittiğini ortaya çıkarmasına yarayabilecek gözlemler yaptı ama anlamını kavramakta başarısız oldu:

Kapakçık su altındayken üzerine üç defa (kolayca ayırt edilebilmeleri için) mavi cam parçaları yerleştirildi; bir iğne yardımıyla nazikçe kaldırmaya çalışıldıkları zaman, o kadar hızlı bir şekilde ortadan kayboldular ki ne olduğu fark edemedim; onları düşürdüğümü sandım. Fakat keseler incelendiğinde, güvenli bir şekilde keselerin içindeydiler. Aynı şey kapakçığa küçük (bir inçin 1/60’ı, 0,423 mm) yeşil tahta kutular yerleştiren oğlumun da başına geldi, üstüne yerleştirmeye veya nazikçe yerlerini değiştirmeye çalıştığı üç defada da kapak aniden açıldı ve her şey içeri çekildi.”

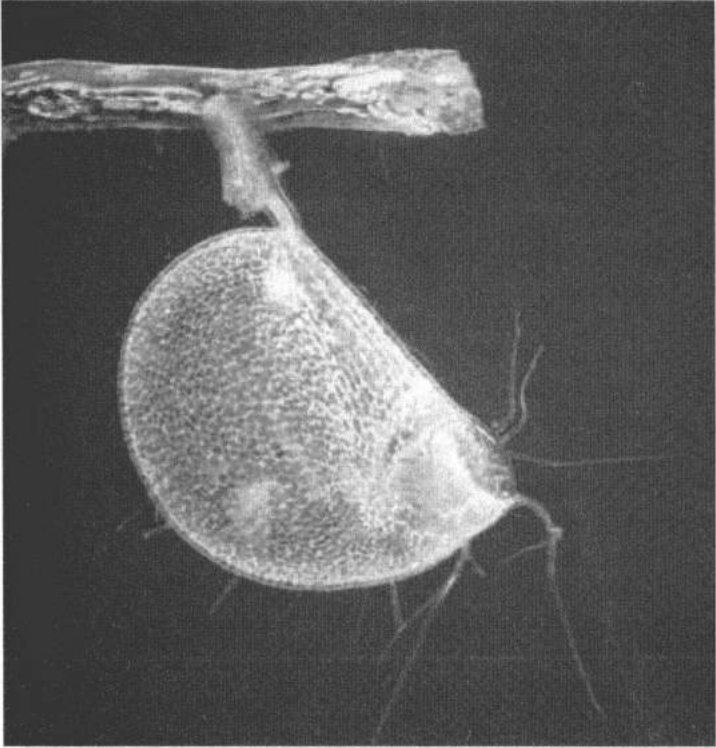
Darwin'in talihsizliği, sumiğferi tuzaklarının çalışmasının çıplak gözle takip etmek için fazla hızlı olmasıydı. Tam olarak nasıl çalıştıklarını incelemek ancak yüksek hızlı, saniyede 15.000 kareye kadar çekim yapabilen, modern kameralarla mümkündür.



Sumiğferleri.

Tuzak “gevşemiş” durumdayken karşılıklı i bükey duvarlara sahip, hafifçe düzleşmiş silindir şekildedir. Bitki, duvarlar ie çekilip sonunda içbükey olana kadar suyu dışarı pompalayarak tuzadı kurar. Bu aşamada silindirin bir ucundaki tuzak kapağı dış tarafta, dış bükey, sığ bir kubbe şekillindedir, böylece bir taş kemerin üzerindeki ağırlığı taşımasına oldukça benzer şekilde tuzadındaki suyun basıncına karşı direnç gösterir. Tuzak kapısının tabanında uzun tetikleyici tüyler bulunur ve bunlardan birisine oradan geçmekte olan bir kabuklu tarafından dokunulursa, tuzak kapısı aniden içe doğru açılır, anakta depolanan elastik enerji hızlıca kinetik enerjiye dönüştürülür ve hem su hem de av kesenin içene doğru emilir. Tam olarak ne olduğunu fark edebilmesi için fazlaca hızlı olsa da Darwin'in gözlemlediği şey buydu.

Tetik mekanizmasının nasıl çalıştığı hâlâ gizemli bir konu. Tetiklemenin tuzak kapısının bükülmesine sebep olduğunu biliyoruz, bu da eğriliği hızlıca dış bükeyden iç bükeye dönüştürür, bu durumda dış basınca daha fazla dayanamaz ve böylece açılır. Fakat tetikleyici tüyün basit mekanik bir mekanik kol gibi mi çalıştığını yoksa bir çeşit elektriksel veya kimyasal anahtarı mı aktive ettiğini bilmiyoruz.



Sumığferleri (*Utricularia* türleri) küçük yaratıkları tuzağa düşürmek için özel organlar ("keseler") geliştiren etçil bitkilerdir. Tuzak av girişteki uzun tetikleyici tüylere dokununca tetiklenir.

Sadece yarım milisaniyelik emme işlemi aşamasıyla birlikte bütün tuzaklama silsilesi yaklaşık üç milisaniye sürer. Bu bütün etçil bitkiler arasındaki uzak ara en hızlı tuzaklama hareketidir, hatta bitkiler âleminde bilenen en hızlı hareketlerden birisidir.

Tuzağa çekilen suyun hızı $1,5 \text{ m s}^{-1}$ olup 600 g'lık maksimum akışkan ivmesi verir. Bu ne anlama gelir? Eğer siz ezkaza tetikleyici bir tüye dokunan bir supiresiyseniz, sonrasında gerçekleşecek şey, ondan kaçınmak hatta onu fark etmek için bile fazlaca hızlıdır; bir anda kendinizi suda yüzüyor, kendi derdinizle uğraşıyor bulursunuz. Hemen ardından oraya nasıl geldiğinizi bilmeden bir tuzağın içindesinizdir. Sonunda yakalanan av, salgı tüyleri tarafından salgılanan sindirim enzimleriyle eritilir, açığa çıkan besin maddeleri bitki tarafından emilir ve tuzak tekrar kullanıma hazırdır.

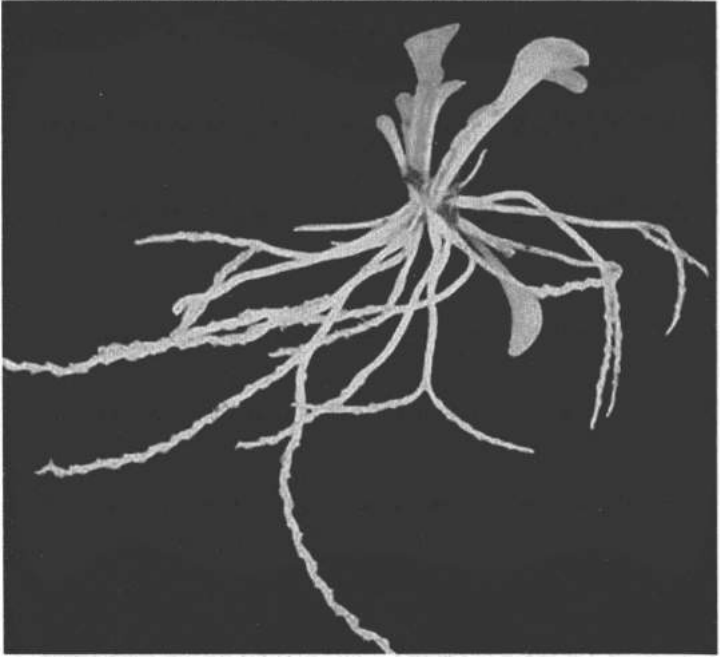
Bu insanlar tarafından da kullanılabilecek ustaca işleyen bir süreçtir. Kısa bir süre önce Portekiz'de içindeki suyun doğal yöntemlerle temizlendiği yapay yüzme gölleri inşa eden bir tasarımcıyla tanıştım. Bu kişi sivrisinek ve diğer sucul böcek larvalarını kontrol etmeye yardımcı olması için suya *Utricularia* ekliyor. Görüldüğü kadarıyla işe yarıyor ve botanik eğilimli yüzücüler için tüm deneyime yeni bir boyut kazandırıyor.

Sumiğferlerine veda etmeden önce *Utricularia humboldtii*'den bahsetmek zorundayım. Bilinen tek yaşama alanı, tartışmasız şekilde etçil olduğu bilinen tek Bromeliad olan *Brocchinia*'nın su tanklarıdır. Bu ne kadar garip bir durum?

Fakat yağçanakları ve sumiğferleri, Lentibulariaceae familyasının tamamı değildir. Sumiğferleri gibi köksüz, bazı türleri sucul bazıları karasal ama tamamı tropik, üçüncü bir cins daha vardır: *Genlisea*. Darwin kitabındaki *Utricularia* bölümünün son birkaç sayfasını ve aslında böcekçil bitkiler üzerine olan son kısmı *Genlisea*'ya ayırdı. Üzerinde çalışmak için sadece (her zamanki gibi Kew'dan Hooker tarafından gönderilmiş) kurutulmuş örneklerle sahip olsa da kayda değer gözlemler yaptı.

Genlisea'nın sıradan yaprakları vardır fakat bu cins toprak altında (veya su altında) en tuhaf tuzaklar oluşturacak şekilde değişime uğramış yapraklara sahiptir. Yaprığın sert, ince orta kısmı bir soğan oluşturur ve sonra ucunda iki spiral şeklinde kıvrılmış kola ayrılan bir tüp şeklinde kısalır, bu yüzden yerel adı "tırbuşon bitki"dir. Kollar dar açıklıklara sahiptir. Nematod, protozoa, rotifer, kurtçuk, kabuklular ve akar gibi küçük hayvanlar bu açıklıklardan içeri girerler ve geriye doğru yönelmiş tüyler sebebiyle kaçamazlar. En sonunda hepsi sindirilip besinle-

rinin emileceği soğanın içini boylarlar. Tüm bu şey, Darwin'in işaret ettiği gibi geleneksel bir yılanbalığı tuzağına benzer: “*Genlisea* tarafından daha karmaşık olsa da yılanbalığı tuzağına benzeyen bir aygıtla yakalanan hayvanlar...” Darwin avları tuzağına girmeleri için neyin ikna ettiğini bilmiyordu fakat en son çalışmalar bitkilerin avları tuzağına çekmek için kimyasallar salgıladıklarını gösterdi.



Yeraltı “tirbuşon tuzakları” göstermek için toprak altından çıkarılan *Genlisea violacea*.

Etçillikle bağlantısız olması çok muhtemel ve aslında neredeyse kesin olsa da Lentibulariaceae’yle ilgili son bir sürpriz şeyle ilgilenmeye değer. Her zaman net olmayan ancak muhtemelen kendileri hakkında baştan sona ayrı bir kitap yazımına layık sebeplerden dolayı, bitki genomlarının büyüklüğü son derece değişkendir. Uzun süre, ölçeğin küçük ucunda, rekoru elinde tutanın bitki genetikçilerinin favorisi *Arabidopsis thaliana* olduğu düşünülüyordu fakat

Genlisea'nın iki türünün onun yarısından daha küçük bir genomu sahip olduğu ortaya çıktı. *Utricularia* genomu da ufaktır fakat *Genlisea* rekoru elinde tutar. Onun genomu ancak bir bakteriyle aynı büyüklüktedir. Bilinen en büyük genom, (Avrupa ormanlık alan bitkisi Paris'in akrabası) *Paris japonica*'ya aittir ve 2000 kat daha büyüktür. Tek bir *Paris* hücresinin DNA'sı bir uçtan diğerine 91 metre uzunluğunda olabilir.

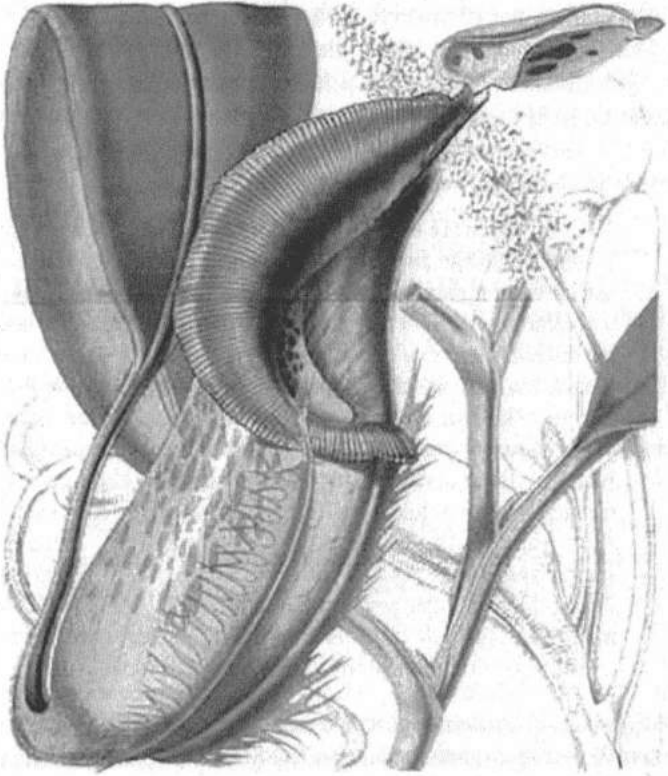
İbrikotları

Şimdiden Darwin'in araştırmamayı bilinçli olarak tercih etmiş gibi görüldüğü bir iki örnek verdim. Fakat etçil bitkiler üzerine kafa yordüğümüz müddetçe odada bulunan gerçek fil tam karşınızda. İbrikotlarının iki büyük grubu vardır: ılıman kuşağa ait Sarraceniaceae ve tropikal Nepenthaceae. Darwin'in bunların her ikisi hakkında da söyleyecek pek az şeyi vardı. Doğrudur, Darwin yakalanan avın sindirilmesi yeteneği (veya bu yeteneğin eksikliği) konusunda her ikisine de yeri gelmişken değinmiştir. Fakat hepsi bu, bize neden onları diğer yönlerden bu kadar kapsamlı bir kitabın dışında tuttuğunu dahi söylemez.

Darwin'in, Viktorya döneminin tamamen uydurma insan yiyen tropikal ağaçlarla ilgili gezgin hikâyelerine olan toplumsal açlığıyla (Madagaskar beğenilen bir mekândı) gotik takıntısının zirvesinde olduğu bir dönemde yazdığını hesaba katınca bu eksiklik daha da dikkat çekici. Güney Asyalı, klasik nemli ormanların yerlisi *Nepenthes*, bu hayali bitkiye en yakın olandır. Yakınlarda keşfedilen *Nepenthes attenboroughii* gibi en büyüklere bile hiç kuşkusuz insan yiyen bitki değildir fakat tek bir fare veya kertenkeleyi yakalayacak kadar büyüktür. Doğada kuşların yakalandığına dair bir bilgi olmasa da Somerset'te kültüre alınmış bir örnek bir büyük başatankara yakalamasıyla (ve muhtemelen yemesiyle) meşhurdur.

Elbette pek çok *Nepenthes* oldukça büyüklerdir, uygun sıcak sera ortamına ihtiyaç duyarlar ve yetiştirilmeleri kolay değildir. Aslında Darwin'in Hooker'la yazışmaları, Hooker'ın onun için üzerlerinde deneyler yapabilmesini umduğunu gösterir. Hooker, Kew'ın yardımcı direktörü William Thiselton-Dyer'ın yardımıyla *Nepenthes*'ler üzerinde gerçekten de bazı ilerlemeler sağlamış gibi görünür fakat bu ilerleme Darwin'i bu bitkileri kitabına eklemeye

ikna etmek için yeterli olmaz. Darwin en sonunda *Nepenthes* ibriklerindeki sıvının Hooker'ın gösterebilmeyi başardığı gibi kesin olarak sindirim kabiliyetli olduğunu basitçe belirtir.



Borneo'dan *Nepenthes veitchii*, büyük tropik ibrikotu bitkileri cinsine ait epifit bir üye. Tuzağın parlak renkli ağzı böcekleri cezbeder.

Buna karşın *Sarracenia* türleri soğuğa dayanıklı otsu bitkilerdir, doğru tipte asidik ve bataklık ortamı verebilirseniz yetiştirmesi o kadar da zor değildir. *Sarracenia purpurea* İngiltere ve İrlanda'da pek çok noktada iyi yerleşmiştir. Belki de Darwin sadece, ibrikotlarını doğru dürüst çalışmadıysa *Sarracenia* türlerini hiç çalışamayacağına karar vermiştir. Aynı zamanda Hooker'ın üzerinde çalıştığı *Sarracenia* türlerinin

herhangi bir şey salgıladıklarını tespit edemediğini söyleyen raporu da cesaretini kırılmış olabilir.

Darwin'ın daha “aktif” etçil bitkilere karşı zaafı olduğuna dair gizli bir şüphem var. Böcekçil bitkiler on sekiz bölüme sahiptir ve bunların on ikisi böcekciyenlere ayrılmıştır. İki tanesi Venüs sinekkapanı ve *Aldrovanda*'ya aittir, ikisi de kapan tuzaklıdır ve iki tanesi ibrikotlarına ayrılmıştır, Darwin fark edememiş olsa da bunlar da aktif tuzaklara sahiptir. Darwin, böcekciyenlerini onları neyin harekete geçirip neyin geçirmediğini görmek için her türlü şeyle beslediği zamandan daha mutlu olmamıştı.

Ufak bir parça çiğ et (diğer her türlü besinden daha fazla enerji verici özelliğe sahiptir), kâğıt, kurutulmuş karayosunu ve tüy kalem, bunların hepsi yaklaşık 2 saat içinde aynı miktarda sarmalanmıştı. Diğer durumlarda yukarıda adı verilen maddeler dışındakiler veya daha genel olarak cam, (ateşten alınmış) kömür cürufu, taş, altın yaprak, kurutulmuş ot, şişe mantarı, kurutma kâğıdı, hidrofil pamuk ve küçük toprak halinde yuvarlanmış saç parçaları kullanıldığında bazen iyi sarılsalar bile, genellikle dıştaki uzantılarda herhangi bir harekete sebep olmadılar veya oldukça hafif ve yavaş harekete sebep oldular. Aynı yaprakların çiğ veya pişmiş et parçaları, haşlanmış yumurtanın sarısı veya beyazı, tüm takımlara ait böceklerin, örümcekler ve diğer şeylerin parçaları, gibi çözülebilir azotlu maddeler sağlayan cisimler tarafından hareket etmeleri için uyarıldıklarında aktif bir durumda oldukları ispatlandı.

Darwin ibrikotu deneyleriyle en derin şekilde ilgilendiği dönemde jeolog arkadaşı Charles Lyell'a yazdığı bir mektupta; “şu anda *Drosera*'yla dünyadaki bütün türlerin kökeninden daha fazla ilgileniyorum.” diyordu. Başka bir yerde ise birden fazla defa “benim sevgili *Drosera*'m” diyor ve “*Drosera*'yla çalıştığım için sonsuz bir mutluluk içindeyim” ve “öldüğüm güne kadar *Drosera*'ya sadık kalacağım” yazıyordu.

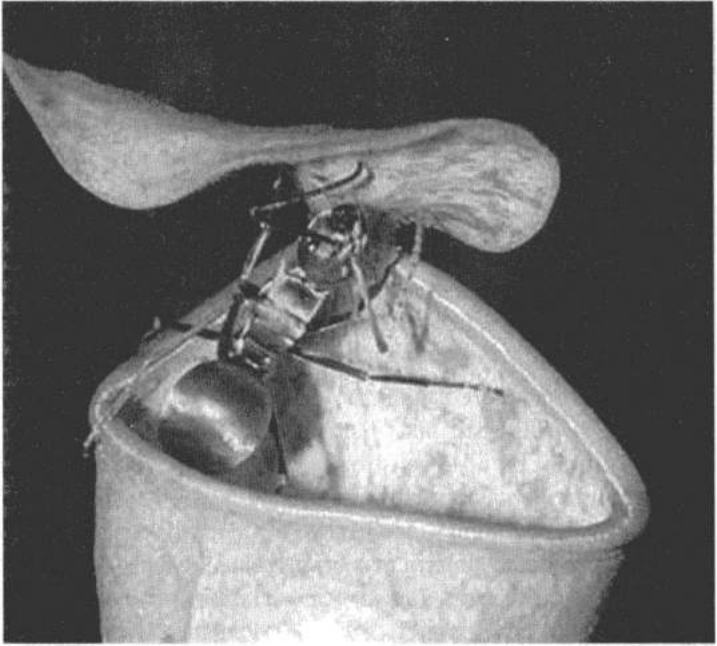
Darwin'ın böcekçil bitki kitabı neredeyse kesin olarak ibrikotu kitabı olarak adlandırılabilir. Aslında Amerikalı botanikçi Asa Grey'e yazdığı bir mektupta “*Drosera* ve beraberindekiler kitabında” diye bahsediyordu. Darwin belki de ibrikotu bitkilerinin kıyaslama yapıldığında çok da heyecan verici olmadığını düşünmüş veya en azından bundan korkmuş olabilir. Darwin'ın kitabın-

daki kanıtlara dayanarak ibrikotu bitkileri hakkında bildiğini düşündüğü tek şey şuydu: *Nepenthes*, sindirim enzimlerini salgılamak yeteneğine sahipken *Sarracenia* sahip değildi. Fakat her iki durumda da bunlar başkalarının gözlemlerine dayanıyordu ve bu gözlemler tam olarak doğru değildi. *Sarracenia* hakkındakiler hiçbir seviyede doğru değildi. Aslında, Darwin *Sarracenia*'nın sindirim enzimleri salgılamadığından oldukça emin olsa da "aslında henüz tamamen kanıtlanmış olarak kabul edilemez" diye not düşerek iddiasını hatalı olma ihtimaline karşı sigortalamaya karar verdi. Bugün *Sarracenia*'nın sindirim enzimleri salgılayabildiğini fakat bunun az miktarda olduğunu ve bakterilerin, protozoa ve böcek larvalarının onun yerine bu işi yapmasına izin vermekten ötürü genel olarak mutlu olduğunu biliyoruz. Gerçekte sindirim enzimleri salgılama yeteneği ibrikotu bitkileri arasında olağan üstü bir şekilde değişkenlik gösterir. Bir uçta *Sarracenia*'nın *Heliamphora*'ya yakın türlerinin çoğu enzim üretmez ve aslında ibriklerin içine hiçbir sıvı salgılamaz, yağmur suyuna güvenir ve sonuç olarak normalde çoğu türün ibriğini örten kapak oldukça indirgenmiş durumdadır.

Sindirim enzimleri salgılama yeteneği *Nepenthes* türlerinde genellikle iyi gelişmiştir fakat bunlarda bile, çok sayıda tür diğer türlerle mutualist bir ilişki geliştirmeyi tercih eder. Bunların bazıları, diğer besin kaynakları lehine etçillikten büyük ölçüde vazgeçmekle de alakalıydı; örnek olarak, çoğu türün ibriği sadece tuvalete benzemekle kalmaz bunların bazıları gerçekten öyledir; *Nepenthes lowii* ibriği ağaç sivrifaresi *Tupaia montana* tarafından tuvalet olarak kullanılır. Bitki, sivrifareleri cezbetmek için büyük miktarlarda nektar üretir ve sonra onların dışkılarından elde edilen besinleri içine alır; bitkinin yapraklarındaki azotun yarısından fazlası ve bazen tamamı ağaç sivrifarelerinin dışkılarından kaynaklanır.

Nepenthes rajah da gündüzleri ağaç sivrifaresi ve geceleri geceye özgü fare *Rattus baluensis* tarafından tuvalet olarak kullanılır. Her iki memeliyi de cezbeden ve onların dışkılarını toplamak için hayvanları mükemmel bir şekilde ibrik üzerine yerleştiren şey nektar salgılayan kapaktır. Ağaç sivrifareleri ana renklerin sadece ikisini görebildiği için (retinasında sadece mavi ve yeşil ışığa duyarlı iki tip reseptöre sahiptir), sivrifarenin görüşüne mükemmel şekilde ayarlı ibrik kapağı mavi ve yeşil

ışığın her ikisini parlak bir Şekilde yansıtır. İbrik aynı zamanda her iki memeliyi cezbeden kuvvetli meyvemsi ve  i eğimsi kokular yayar. Aktif kırk iki *Nepenthes rajah* tuzağını inceleyen araştırmacılar bunlardan birinin içinde bir ağaç sıvrifaresinin bedenini bulmuş olsalar da bu düzenleme bitkiler ve hayvanların her ikisi için de neredeyse her zaman iyi çalışıyor gibi görünüyor.



Nepenthes gracilis ibriği, kapağından salgıladığı nektarla beslediği karıncayla birlikte. Sert ibrik kapağına çarpan yağmur damlaları titreşmesine sebep olur, ziyaretçi karıncaları tuzağın içine fırlatır.

Borneo'dan *Nepenthes hemsleyana* bir adım öteye gider. Araştırmacılar bu türü inceledikleri zaman avı hapsetmek konusunda etkisiz olduğunu keşfettikleri için hayret içindeydiler. Bunun yerine, onun ibrikleri alışılmadı  derecede büyüktür ve yarasa *Kerivoula hardwickii* tarafından gündüz tneği olarak kullanılır. Yarasanın dışkaları bitkinin azot ihtiyacının üçte birinden fazlasını sağlarken, yarasa da yağmur ve avcılardan

korunur. Bu bitki ile yarasanın ortak evriminin boyutunu açığa çıkaran daha ileri araştırmalar devam ediyor: İbrik şeklindeki keskin bir koni yarasanın kendisini kaygan kenarlara asmakla uğraşmaya gerek kalmadan ibriğin içine rahat bir şekilde sıkıştırmasına izin verir ve tuzağın dibindeki sıvıya düşme tehlikesini ortadan kaldırırken, bitkinin ibrikleri bir anne yarasa ve yavrusunu ağırlamaya yetecek kadar büyüktür. Bundan daha dikkat çekici bir şekilde, son yapılan çalışmalar *Nepenthes hemsleyana* ibriklerinin, yarasaların sesle yer belirlemesini daha kolay hale getiren özel bir akustik yansıtıcıya dönüştüğünü ve bunun söz konusu türü yakından ilişkili olduğu iyi tüneler yapamayan diğer türlerden ayırdığını gösterdi. Darwin eylem halindeki doğal seçilimin bu kanıtlarından mutluluk duyardı. Ne var ki insan bu bitkileri araştırmanın neden onun normal “mutfak-lavabo bilimi” hareket tarzının biraz ötesinde olduğunu anlamaya başlıyor.

Hizmetçi karıncalar

Çok sayıda bitki, karıncalarla simbiyotik bir ilişkiye sahiptir. Bitkiler karıncalara yaşam alanı sağlar; buna karşılık olarak karıncalar çoğu zaman istilacı olan rakipleri keserler veya otçullara saldırırlar. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, *Nepenthes* bazen karınca ve diğer böcekleri yemesine rağmen benzer bir ilişki geliştirir. Örnek olarak, Borneo türü *Nepenthes bicalcarata* karınca ortağı *Camponotus schmitzi* için yuvalama alanı sağlayan şişkin, içi boş ibrik sülüklerine sahiptir. Nasıl olduğunu kimse bilmiyor ama karıncalar içine düşmeden kaygan ibrik yüzeylerin öbür yanına kolayca kaçabilir; aynı zamanda ibriğin avı cezbetmek için ürettiği nektarla beslenirler, ayrıca avları kovaladıkları ve batık yiyecekleri aldıkları ibrik sıvısı içine dalabilir ve yüzebilirler. Açık bir şekilde karıncalar için harika bir durum fakat uzun zaman boyunca bitkinin bundan ne çıkar elde ettiği anlaşılamadı.

Erken ileri sürülen bir fikir, karıncaların büyük avı parçalaması ve böylece ibriğin içeriğinin çürümesini azaltmasıdır. Ancak bu tür bir çürüme, ibrikler üretilen amonyağı kolayca emdiği zaman iyi bir şey olabilir. Bir diğer fikir, karıncaların bu tür bir ortaklıkta karıncalar genellikle ne yaparsa onu yap-

tığıdır, yani bitkiyi otçullardan koruduğudur. *Camponotus* özellikle saldırgan görünmese de belki de bunu mütevazı bir şekilde yapıyordu. Üçüncü bir olasılık da karıncalar ava saldırır, bu da onu ibriğin içine düşürür ve kaçmasını engeller. Fakat gözlemler ibriklerin bu konuda kendi başlarına oldukça iyi olduklarını gösteriyor.

Karıncaların gerçekten ne yaptığına dair bir ipucu ibriklerin çalışma şeklinden gelir. İbriğin ağız kenarı pürüzsüz, üst üste geçmiş epidermal hücrelerden oluşur, bu hücreler ibrikten kaçmaya çalışan böcekleri yakalamaz. Ağız kenarı aynı zamanda oldukça ıslanabilir yapıda ve ince bir su tabakasıyla kaplıdır. Bu yüzeye adım atan böcekler boğulup sindirilecekleri ibriğin içine “kayarlar.” Bu güzelce iş görür, tabii eğer ibrik temizse. İbrik toz veya mantarlar tarafından kirletilirse daha az kaygan hale gelir ve o kadar da iyi çalışmaz.

Karıncaların olaya dahil olduğu nokta da burası. Yakın zamanlı bir çalışmada karıncaların ibrik ağızının kenarını düzenli olarak temizledikleri ve bu davranışın etçil bitkinin yakalama oranını artırdığı bulundu. Karınca bulunmayan ibriklerle kıyaslandığında, karıncaların yerleştiği ibrikler neredeyse %50 oranında daha fazla av yakalamıştı. Araştırmacılar ayrıca eğer deneysel olarak ibrikleri çalışmalarını tamamen durduracak şekilde nişasta tozuyla kirletirlerse karınca “hademelerin” bir hafta içinde onları mükemmel şekilde temiz hale döndürdüğünü de keşfettiler. Bu temizlik öyle etkilidir ki karınca bulunmayan ibrikler ibrik ağız kenarının kirlenmesi yüzünden çalışmayı oldukça hızlı bir şekilde durdururlar fakat karıncaların yerleştiği ibrikler on altı ay sonra hâlâ yeni açılmış ibrikler kadar etkin bir şekilde çalışırlar.

Kaygan veya yapışkan mı?

Nepenthes bicalcarata etkili ve (bir kez fark edilince) belki belirgin bir gizli tuzağa sahiptir: Pürüzsüz, kaygan kenara bir defa adım atan herhangi bir şey aşağıdaki sindirim sıvısı havuzuna atılır. Fakat bütün ibrikotu bitkileri böyle midirler? Kaygan kenar sürünücü böceklerle karşı iyi bir taktiktir; sıvıdan kaçsalar ve ibriğin içinde yukarı doğru sürünseler bile kaygan, yapışkan alana ulaştıklarında hemen geri kayarlar.

Diğer yandan, gözlemler bu tür tuzağın uçan böcekleri yakalamakta göreceli olarak etkisiz olduğunu gösterir. Eğer sıvıdan kaçarlarsa kolayca dışarı uçabilirler. Sinekler konusunda uzmanlaşan ibrikotu bitkileri bu yüzden sıvı içerisinde uzun zincirli “viskoelastik” polimerlere sahip alternatif bir stratejiyle ortaya çıkarlar. Böcekler bir defa viskoelastik sıvıyla temas ettiklerinde kaçmak için ufak bir şansa sahiptirler; ne kadar çok mücadele ederlerse sıvı hareketlerine o kadar çok karşı koyar ve hızla bitkin hale gelip boğulurlar.

Fakat ister karıncalar ister sinekler konusunda uzmanlaşmış olsunlar, gerçek böcekçil ibrikotu bitkileri yakalanan av miktarını artıran bir adaptasyon grubunu paylaşırlar. Bunlar böcekleri tuzaklara çeken nektar ve çiçeksi kokuları ve bunların yanında bazen bir parça kimyasal silah içerirler. *Sarracenia flava* nektarı bir böcek anesteziği olan koniin alkaloidi içerir. *Nepenthes madagascariensis* ibriklerini ziyaret eden böcekleri izleyen araştırmacılar böceklerin tek bir ibrikten nektar alırken otuz dakika veya daha fazla zaman harcayabildiklerini gördü. Bu zaman boyunca sonunda ibriğin içine düşmeden önce belirgin şekilde daha sersemlemiş ve yönünü şaşırılmış hale geliyorlardı. Bunun nedeni uçucu alkaloidler ve uçucu yağlar gibi görünüyor; bu kimyasalları sadece kimyasal analizler açığa çıkarmadı, aynı zamanda araştırmacılar ibriklerle birkaç saat çalıştıktan sonra baş ağrısı yaşadıklarını ve sersemlemiş hissettiklerini bizzat fark ettiler.

Hareketsiz parçalar mı?

İster böcek yakalamaya ister hayvan dışkılarını toplamaya uyum sağlamış olsunlar, ibrikotu bitkilerinin hepsi temelde tuzak çukurlarıdır. Ya da en azından neredeyse hepsi. *Sarracenia*’nın bir akrabası olan *Darlingtonia californica* birçok yönden kendine özgüdür. İlk olarak, ibrikotu bitkileri genellikle bitkinin kendisi tarafından salgılanan bir sıvı ve (kaçınılmaz olarak) yağmur suyu karışımını içerir. Fakat *Darlingtonia* ibriğin su seviyesini suyu köklerine doğru pompalayarak düzenler. Aynı zamanda yağmur suyu kullanmaz çünkü ibriğin tepesi yukarı doğru kıvrıktır (bu yüzden adı, kobra zambağıdır) ve giriş aşağı doğrudur.



Darlingtonia californica, Kaliforniya ibrikotu veya ibriğin dikilen bir kobraya benzerliği sebebiyle kobra zambağı.

Gayet açık ki hiçbir şey gerçekten de yukarı doğru dönmüş ibrik ağzından içeri düşemez fakat bu durum tuzağın oldukça etkili olmasını engellemez. Alışılmış nektar ve koku açığağızdan içeri doğru kendi yollarını bulan böcekleri cezbeder. Orada bir kez ibriğin kenarlarındaki ışıklı, yarı saydam camlı pencereler tarafından cezbedildiklerinde, aşağı doğru yönelmiş tüylerle kaplı tüpün ağzına bir adım atarlar ve sindirilecekleri kendi sonlarına doğru düşerler. Tüm olay alışılmış çukur tuzaktan çok farklıdır ve aslında daha çok ıstakoz sepetine benzer.

Darlingtonia kadar garip olanlar bile önemli bir konuda hepimizin kabul ettiği bir kurala uyar: İbrikotu bitkilerinin hareketli parçaları yoktur. Yoksa var mıdır? Çoğu ibriğin kapağı vardır ve kapak normalde ibriğin yağmur suyuyla dolmasını önlemek içindir. Fakat *Nepenthes gracilis*'te (yalnızca bu türde), kapağın alt

yüzeyi biraz ibriğin iç tarafındaki duvarlardakine benzeyen bir parça kaygan bir mum tabakasıyla kaplıdır. Bu kapakla ilgili başka alışılmadık şeyler de vardır. Benzer yakın türlerle karşılaştırdınca alt yüzey aynı zamanda çok miktarda nektar üretir ve tüm kapak anormal şekilde serttir.

Bütün bunlar neye sebep olur? Bu çalışmayı yapan araştırmacıların söylediği gibi, “*Nepenthes gracilis*’in ibrik kapağı, taban bükülme yayıyla eklemellenmiş sert bir levhaya benzer.” Basit bir ifadeyle, yağmur damlaları kapağa yukarıdan vurduğu zaman bu kapak süratle titrer. Kapak hızı en yüksek noktada yaklaşık 300 m.s⁻² maksimum ivmeyle, saniyede yaklaşık 1,5 metredir. Başka bir deyişle, büyüklük sıralamasında Venüs sinekkapanının kapan tuzaklarından daha hızlıdır; daha hızlı hareket eden tek etçil tuzak, sumiğferlerinin emme tuzaklarıdır.

Sonuçta, kapağın alt tarafındaki nektardan faydalanan karıncalar kendilerine neyin vurduğunu anlamadan şiddetle ibriğin içine atılırlar. Karıncalar açısından *Nepenthes gracilis*’i özellikle tehlikeli yapan şey bu hareketin öngörülemezliğidir. Normalde tuzak kapağı tamamen güvenilir bir nektar kaynağıdır fakat tek bir yağmur damlası onu ölümcül bir tuzağa dönüştürür. Bu karıncaların yakalanmaktan kaçınmasını çok zorlaştırır.

Darwin, göreceli olarak küçük evrimsel değişikliklerin mevcut bir organa nasıl yeni ve oldukça beklenmedik bir işlev sağlayabileceğinin daha iyi bir örneğini isteyemezdi.

Triphyophyllum peltatum

Gördüğümüz üzere, Darwin’in araştırmamayı seçtiği etçil bitkiler var. Bir de o dönem bilinmedikleri için araştıramadıkları var. Bunlardan biri, etçilliğin “kurallarının” çoğunu ihlal eden, *Triphyophyllum peltatum*’dur. *Triphyophyllum* çoğu etçil bitkinin “klasik” açık, güneşli habitatlarından uzak durur. Sierra Leone, Liberya ve Fildişi Sahilleri tropik ormanlarına özgü bir tropikal sarmaşık belki Güney Asyalı *Nepenthes*’in Afrikalı karışılığı olarak görülebilir.

Pek çok tropikal sarmaşık gibi *Triphyophyllum* heterofildir, yani yaşam döngüsünün farklı aşamalarında farklı tipte yapraklara sahiptir. Genç yapraklar çok sıradan görünürler; uzun, dar ve

oldukça yaprağa benzerler. Ama *Triphyophyllum* yağmurlu sezonun en tepe noktasından hemen önce çok dar, hem saplı hem de sapsız salgı tüyleri taşıyan salgı yaprağı kümeleri geliştirir. Bunlar çok etkili böcek tuzaklarıdır ve *Triphyophyllum* aynı zamanda sindirim enzimleri salgıladığından dolayı tam takım etçil adaptasyonlara sahiptir. Saplı tüyler bitkiler âleminde anatomik bakımdan bilinen en detaylı tüylerdir.

Böcek yakalayan yapraklar sadece kısa ömürlüdür ve ardından bitki her birinin ucunda iki yakalama kancası bulunan başka bir tür yaprak üreterek tırmanıcı forma dönüşür. Bu noktada salgı yapraklarından vazgeçer ve olgun tropikal sarılıcı etçil değildir. Yani *Triphyophyllum* sadece oldukça alışılmadık, gölge- li bir habitatta yetişmez, kendisi ayrıca “yarı zamanlı” bir etçildir de. Bu olağanüstü bitkiyle ilgili bir sürpriz daha var. Sıtmaya karşı çok umut vaat eden aktiviteye sahip çok sayıda naftil izokinolin alkaloidlerinin kaynağıdır.



Triphyophyllum peltatum hatırasına.

Yeraltı etçilliği

Darwin'in çalışmasından bu yana bildiğimizi düşündüğümüz şeylerden biri, tam takım etçil adaptasyonlara sahip “düzgün” etçillerin az sayıdaki iyi bilinen, çoğunluğu tamamen etçil bitki aileleri içinde yer aldığıdır. Fakat *Triphyophyllum* ve (etçil olma-

yan) iki kardeş cinsi, ancak 1950'lerde tanımlanan, tamamen yeni bir aile oluşturur: Dioncophyllaceae.

Hatta daha yakın zamanda 2000 yılında tanımlanan bir tür, bildiğimiz kadarıyla başka etçil üye bulunmayan büyük ve tanıdık bir familyada etçilliğin yeni bir örneğidir. Bu bitki Orta Brezilya'nın Campos Rupestres bölgesinde tür sayısı bakımından olağanüstü zengin, iyi aydınlatılmış ve besin bakımından fakir kayalar ve beyaz kumlu kumsal alanlarda ortaya çıkmıştır. Besin bakımından son derece fakir bu tip bir yerin etçil bitkileri desteklemesi beklenebilir. Gerçekten de (daha önce bahsettiğimiz yağçanakları ve sumiğferlerine yakın) *Genlisea* cinsine ait çok sayıda türe ev sahipliği yapar.

2012 yılında yayımlanan bir araştırma küçük bir bitki olan *Philcoxia*'nın yuvarlak solucanları yakalayan ve sindiren yapışkan toprak altı yapraklara sahip olduğunu gösterdi. Kendisi bunu yapan ilk bitkidir ve bu örnek dışında etçilliğin bilinmediği büyük bir aile (Plantaginaceae) içinde yer alır. Yani sadece etçilleri içerdiği bilinenler arasına başka bir bitki ailesi eklemekle kalmaz, aynı zamanda etçilliğin bağımsız bir şekilde ortaya çıktığı durumların sayısını da altıdan yediye yükseltir. Ayrıca, herhangi bir onaylamaya ihtiyaç duyulması halinde, yerin altında özellikle bitkiler ve diğer organizmaların etkileşimi konusunda bizim hâlâ anlamadığımız çok şeyler olduğunu doğrular.

bölüm 4

Cinsiyet ve tekil bitkiler

İngiliz ve yabancı orkidelerin böcekler aracılığıyla tozlaştığı çeşitli düzenekler ve çaprazlamamanın olumlu etkileri üzerine (1862) • Sebzeler âleminde karşılıklı ve kendine tozlaşmanın etkileri üzerine (1876) • Aynı türe ait bitkilerde farklı çiçek formları (1877)

Şimdiye kadar Darwin'in altı botanik kitabından üçüne baktık. Geriye kalan üçü botanikte aynı şeyi ifade eden cinsiyet veya en azından çiçekler hakkında. Bu üç kitap belki de en iyi şekilde üçleme olarak anlaşılabilir. Bu yüzden üçünü birden inceleyeceğiz.

Orkidelerde tozlaşma

Orkidelerin tozlaşması üzerine ilk kitabında tüm alışıldık Darwinci meseleler belirgindir. Özellikle, doğal seçimle yavaş ve kademeli olarak değiştirilen tüm davranışlar, organlar ve yapılar, genellikle başladıkları yerden çok farklı bir şekilde sonlanırlar:

Bence, orkide familyasının güzel adaptasyonların neredeyse sonsuz çeşitliliğini sergilediği gösterilmiştir. Şu veya bu kısmın bazı özel amaçlar için uyum gösterdiği söylendiğinde, başlangıçta hep bu tek amaç için oluşturulduğu varsayılmamalıdır. Olayların düzenli seyri, başlangıçta bir amaca hizmet eden bir yapının, oldukça farklı amaçlar için yavaş bir şekilde değiştiğini gösteriyor.

Darwin son projesine daldığı zaman, her zamanki gibi neredeyse diğer her şeyi unutmak konusunda takıntılı hale geliyordu.

Bir mektupta Joseph Hooker'a şöyle yazıyordu: "Hayatımda hiçbir zaman hiçbir konuyla bu orkidelerle ilgilendiğim kadar ilgilenmedim." Bir başkasında ise, piramidal orkidelerde polen transferi mekanizmalarına dikkat çekerken şunları ifade ediyordu: "Hayatımda hiç bu kadar güzel bir şey görmedim."

Türlerin Kökeni'nde olduğu gibi, Darwin genellikle özel bir amaç için mükemmel şekilde tasarlanmış gibi görünen, gerçekten *tasarlandığı* anlamına gelmeyen bir şeye tekrar ve tekrar işaret etmenin acısı içindeydi:

Bir organ başlangıçta bir çeşit özel amaç için ortaya çıkmamış olsa bile, sonunda bu amaca hizmet ediyorsa onun özellikle bu amaç için uyum gösterdiğini söylemekte haklı oluruz. Aynı prensipte, eğer bir insan özel bir amaç için bir makine yapmış olsa fakat eski tekerlekler, yaylar ve kasnaklar kullansa, tüm makine, tüm parçalarıyla sadece biraz değiştirilse şu anki amacı için özellikle değiştirildiğini söylemek biraz zorlama olabilirdi.

Orkidelerdeki sonuç etkileyiciydi:

Orkideler üzerindeki incelemelerimde; beni bir çiçeğin başka bir çiçeğin poleni tarafından döllenmesi denilen, yaklaşık aynı sonuca ulaşmak için sahip olunan yapıların sonsuz çeşitliliği (kaynakların bolluğu) kadar çok etkileyen herhangi bir unsura rastlamadım.

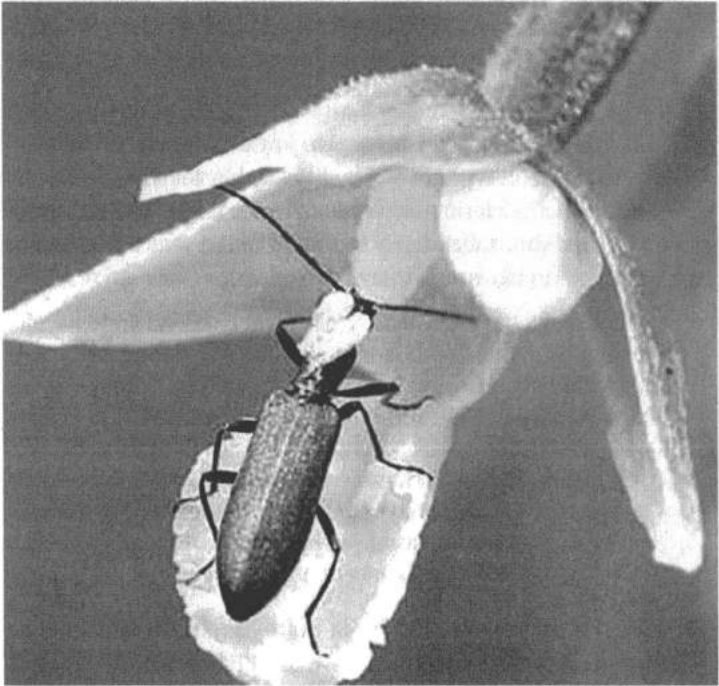
Sadece tozlaşma değil karşı tozlaşma olduğuna dikkatinizi çekerim; polenin çiçeğin bir yerinden aynı çiçeğin başka bir yerine taşınması için kuvvetli bir çaba gerekse de polenin aynı türe ait farklı çiçeklere güvenli bir şekilde taşınması çok daha zordur. Darwin'in daha sonraki kitaplarının ikisinin de ana konusu tüm bu çabanın neden gerekli olduğu hakkındaydı.

Fakat Darwin, orkidelerin, böceklerle tozlaşma sürecinde diğer bitki türlerine göre daha fazla beceriye sahipmiş gibi görüldüğüne dikkat çekti:

Orkide familyasının tozlaşma konusunda neden bu kadar mükemmel yetenek sergilediği doğal olarak sorulabilir. Pek çok botanikçinin ve benim şahsi gözlemlerime dayanarak, çok sayıda başka bitkinin yüksek mükemmellikte benzer adaptasyonlar sunduğundan eminim. Fakat orkidelerde adap-

tasyonlar gerçekten diğer bitkilerin çoğundan daha çok sayıda ve daha mükemmel gibi görünüyor.

Kısa bir süre için konunun dışına çıkalım, Darwin eğer aldatıcı tozlaşma hakkında bilgi sahibi olsaydı, orkidelerin “mükemmel yeteneklerinden” daha çok etkilenirdi. Orkideler böcekleri hiçbir ödül vermeden, genellikle böceklerin cinsel dürtülerini devre dışı bırakarak kendi çıkarları için polen taşıyıcı olarak kullanırlar. Aslında Darwin orkidelerin nektar üretmediğini gösteren çalışmalardan haberdardı ve bu durumun çok sayıda türde görülmesinden memnundu. Bununla birlikte, kendini böceklerin “böylesi büyük bir sahtekârlığa” kanacak kadar aptal olduklarına inanmaya ikna edemedi ve aldatıcı tozlaşma yirminci yüzyıla kadar tanımlanamayacaktı.



Bataklık bindallı orkidesi (*Epipactis palustris*) bir böcek aracılığıyla tozlaşıyor. Böceğin kafasına yapışmış orkidenin polinyumları (polen yığınları) görülebiliyor.

Sadece malum soruyu sormak Darwin'in düşüncesini en iyi şekilde gösterir. Orkideler gerçekten de tozlaşma konusunda ağız en açık bırakan adaptasyonları sergiler ve böylesi botanik bir çekicilik sebebiyle saf hayranlık içine çekilmek kolaydır. Fakat Darwin sadece etkilenmiyor, *sebebini* de bilmek istiyordu.

Darwin sadece malum soruyu sormuyor, cevabı da biliyordu.

Her şeyden önce, orkide polenleri polinyum denilen büyük paketler halinde üretilmeleriyle alışılmışın dışındadır. Orkidelerin tohumları anormal şekilde küçük ve buna bağlı olarak çok sayıda olduğu için bu kaçınılmazdır:

Orkideler tarafından üretilen tohumlar anormal sayıda çok olduğu için her bir çiçeğin stigmatına bırakılan polenlerin büyük yığınlar halinde olmasının kaçınılmaz olduğunu görebiliriz... Bu durum polen tanelerinin neden paketler veya büyük mumlu yığınlar halinde kaynaştığını görünür bir şekilde açıklar. Tıpkı birçok bitki grubunda yaptıkları gibi taşıma eyleminde israftan korunmak için.

Fakat bütün yumurtaları bir sepete koymak risksiz bir yöntem değildir ve bir polinyumun kaybedilmesi bir felakettir. Darwin polinyumların orkidelerin polenler konusunda enerji tasarruf etmelerine izin verdiğini fakat doğal seçilimin onları tam olarak doğru yere taşıdıklarından emin olmaya da zorladığını fark etti:

Orkideler, tohum sayısına kıyasla, diğer bitkilerin ürettiği kadar poleni detaylı bir şekilde üretseydi, en abartılı miktarda üretmek zorunda kalırdı ve bu durum yorgunluktan tükenmelerine sebep olurdu. Bu tükenmişlik, polenlerin bitkiden bitkiye güvenle taşınması ve stigma üzerine emniyetli bir şekilde yerleştirilmesi için sahip olunan çok sayıda özel yetenek sayesinde gereğinden çok daha büyük miktarda üretilmemesiyle önlenir. Orkidelerin karşı tozlaşma mekanizmaları konusunda neden diğer bitkilerden daha zengin olduğunu böylece anlayabiliriz.

Modern araştırmalar Darwin'in polinyumun ilk başta neden evrimleştiğini ve orkidelerin neden onları hedeflerine ulaştırmak konusunda özellikle "mükemmel detaylara" sahip olduğu konusundaki görüşünü destekleme eğilimindedir. Fakat her adaptasyonun bir bedeli vardır ve orkidelerin bu konuda kat ettiği mesafe tozlaşma verimini büyük ölçüde artırsa da aynı

zamanda orkideleri kendi özel tozlaştırıcılarına diğer bitkilerin çoğundan daha bağımlı hale getirir.

Angraecum sesquipedale

“Madagaskar yolcularında heyecan uyandıran kar tanesine benzeyen yıldız şekilli mumsu tabakaya sahip, altı eksenli çiçekli *Angraecum sesquipedale* göz ardı edilmemeli.” Gerçekten de göz ardı edilmemeli. Hikâyesi iyi bilinse de bir kere daha anlatacağım. Darwin’in dikkat çektiği gibi, bu türde:

Yeşil, şaşırtıcı uzunlukta kamçıya benzeyen nektaryum, çiçeğin dudakçık kısmının altında asılı durur. Bay Bateman tarafından bana gönderilen çok sayıda çiçekte, sadece alt kısımdaki 2.8 cm’lik kısmı nektarla dolu 29 cm uzunluğunda nektaryumlar buldum. Böylesi orantısız uzunluktaki bir nektaryumun kullanım amacının ne olduğu sorulabilir.

Bu Darwin’in sevdiği tarzda bir soruydu. 1863 yılında Down House’da yeni serasının yapımından sonra *Angraecum* gibi hassas bitkilere ihtiyaç duydukları ortamı sağlayabilecek durumdaydı. Hooker’a yazdığı mektupta belirttiği gibi: “yeni sıcak sera hazır ve ben okullu bir çocuk gibi özlemle bekliyorum.” Bu mektup Şubat ayında yazılmıştı. Darwin Hooker’a Kew’dan alabileceğini umduğu bitkilerin bir listesini vermiş olsa da bahara kadar bekleyemedi ve “limonluk” (mesela sıcak sera) bitkilerinin soğuk bir kış gününde Kew’dan Down’a yapılacak bir yolculukta hayatta kalıp kalamayacaklarını sordu. Hayatta kaldılar ve sadece bir hafta sonra Darwin Hooker’a bitkilerle dolu bir sıcak sera için teşekkür etti: “Bitkiler oldukça sağlam bir şekilde geldiler.” Bugün saksıya yerleştirilmiş bir *Angraecum*, Down’daki serada bulunan çok sayıdaki bitkinin arasında. Fakat şimdiki baş bahçıvanın kederli bir şekilde itiraf ettiği gibi çiçeklenmeye ikna edilecek en kolay bitki değil.

Darwin *Angraecum* üzerindeki çok dikkatli gözlem ve deneylerin ardından şu sonuca vardı: “Polinyum hayret verici şekilde uzun bir hortuma sahip çok büyük bir güve. Son damla nektarı da almaya çalışana kadar geriye çekilmez.” Sonrasında ise şunu itiraf etti: “Benim bu fikrim bazı böcek bilimciler tarafından alay konusu edildi.” Ne var ki Darwin bundan etkilenmedi. Orkide bir şey aracılığıyla tozlaşıyor olmalıydı ve Darwin bu

Ŗeyin tam olarak neye benzediğini biliyor olmaktan memnundu. Elementleri periyodik tabloda toplayan Mendeleev'in kendisi Ŗimdiye dek keŖfedilmemiŖ "eksik" elementlerin özelliklerini tahmin edebileceği konusunda daha emin değildi.



Darwin'ın güvesi. Alfred Russel Wallace'ın yazdığı "yasalarla yaratılıŖ" makalesinde Thomas Wood tarafından yapılan bir izim.

Varsayılan tozlaştırıcı atmaca güvesi *Xanthopan morgani* var. *praedicta*'nın Madagaskar ormanlarında keşfedilmesi kırk yıldan fazla zaman aldı ve orkidenin bu hayvan aracılığıyla tozlaşmasının gösterilmesi 1997'ye kadar beklemek zorundaydı. Darwin orkidenin mahmuzunun ve güvenin hortumunun her bir aşamada hem orkidenin çoğalmasını hem de güvenin yiyecek bulmasını daha etkin hale getiren bir çeşit silahlanma savaşı içinde birlikte evrimleştiğini tahmin ediyordu.

Alternatif bir evrimsel model, şahingüvesi tozlaştırıcısında uzun dillerin orkidelerin uzun mahmuzunun evrimleşmesinden önce ortaya çıktığını varsayar. Orkideler başarılı bir şekilde daha uzun dillere sahip tozlaştırıcılara doğru yönelirken, daha uzun mahmuzlar evrimleşir. Hâlâ hangi modelin doğru olduğunu bilmiyoruz. Modern görüş ikinci hipotezi destekleme eğilimdedir fakat her iki model de özünde Darwin'in daha uzun mahmuzların uzun dilli tozlaştırıcılar tarafından uygulanan seçici baskıya cevap olarak evrimleştiği fikriyle uyumludur.

Bir şey kesindir. *Angraecum* ve ona yakın cinslerde keşfedilecek çok sayıda müthiş ilginç orkide-tozlaştırıcı ortak evrimi mevcuttur ve biz hâlâ hemen hemen hiçbirini bilmiyoruz. 760'tan fazla türün yirmiden azı araştırılmıştır. Şahin güveleri en yaygın tozlaştırıcılar olsa da bazı türler kuşlar, diğer türlerse (çok alışılmadık) çekirgeler aracılığıyla tozlaşırlar.

Darwin ve bahçıvanlar - bölüm 1

Tropikal orkideler Viktorya dönemine ait bir takıntıydı, yani Darwin'in orkide kitabının heyecan yaratan bir olay olması şaşırtıcı değil. O dönem orkideler konusunda dünyanın en önde gelen otoritesi John Lindley tarafından *Gardeners' Chronicle*'da yazılan bir değerlendirme yazısı üç konuya değiniyordu. Lindley böcek bilimcilerin Darwin'in uzun dilli tozlaştırıcı tahmini üzerine yaptıkları eleştirilerin hiçbirine katılmıyordu:

Bu sorunun cevabı büyük ölçüde zorunlu olarak varsayıma dayalıdır fakat düşüncesindeki her varsayıma dayalı adımın benzer yapıdaki orkideler üzerinde ne olduğuna dair yapılan gözlemlere dayalı olduğu görünüyor. Açıklamanın çok yüksek ihtimalle mümkün olduğunu kabul etmek durumundayız.

Darwin'in kitabını botanik ve bahçecilik camiasından selamlayan onayın havasına, Joseph Hooker'ın bir mektup arkadaşına yazdığı mektuptan ulaşılabilir:

Darwin hâlâ deneyleri ve kuramıyla meşgul ve şimdi botanikte yaptığı şaşırtıcı keşiflerle bizi şaşırtıyor; tozlaşma üzerine gerçekleştirdiğı çalışmaları oldukça benzersiz. Botanik yazınının tamamında bununla ve onun diğ er eserleriyle karşılaştırılacak hiçbir şey yoktur... Onu şüpheye yer bırakmayacak şekilde Avrupa'nın ilk doğı bilimcisi konumuna yükseltiyor, gerçekten de bugüne kadar yaşıyan herkesten daha büyük kabul edilecek mi diye merak ediyorum; gözlem, hafıza ve değıerlendirme gücü mükemmel görünüyor, yorulmak bilmez alışkanlığı ve deney tasarlamadaki öngörüsü, kaynaklarının verimliliğı ve onları yönetirken özeni rakipsiz.



Darwin'in en yakın arkadaşı olan ve 20 yıl boyunca Kew Kraliyet Botanik Bahçesi direktörlüğü yapan Joseph Hooker.

Karşı tozlaşma ve doğal seçim

Çoğu bitki türünün çiçeklerinin zaman zaman veya sürekli olarak aynı bitki tarafından veya öyle olması gerektiğine inanmamız için sebepleri bundan sonra göreceğimiz gibi farklı bir bitki tarafından üretilen, başka bir çiçeğe ait polen tarafından karşı tozlaşmak üzere düzenlendiğine dair ciddi ve çok sayıda kanıt var.

Darwin'in 1876 yılında yayımlanan karşı tozlaşma konusundaki kitabı böyle başlar. Daha sonra bitkilerde karşı tozlaşmanın son otuz beş yıldır ilgisini çektiğini itiraf eder. Fakat bu bitmez tükenmez ilginin sebebi nedir?

Francis Darwin'in *Charles Darwin'in hayatı ve mektupları, bir otobiyografik bölümle birlikte* (1877) kitabında belirttiği gibi önemli bir motivasyon çiçekler üzerine çalışmalarla doğal seçim çalışmaları arasında açıkça mümkün olmayan fikir ayrılığıydı. Francis'in gösterdiği gibi:

Karşı tozlaşmanın ürünlerinin yaşam mücadelesinde, kendine tozlaşan ebeveynlerin fidelerini yenme ihtimalinin daha yüksek olması fikri ortaya çıkar çıkmaz, çiçeğin yapısının şekillenmesinde doğal seçilimin gücüne ilişkin çok daha kuvvetli bir inanca ulaşılmış olur.

Fakat büyük bilim insanları bile şansa ihtiyaç duyarlar ve Darwin kitabında karşı tozlaşmanın öneminin en başta ortaya çıkışının nasıl da büyük ölçüde tesadüfen olduğunu anlatır:

Kalıtımla ilgili belirli konuları saptamak adına ve yakın kendine tozlaşmanın etkileri hakkında hiçbir fikir yürütmeden, aynı *Linaria vulgaris* bitkisinden elde edilmiş kendine tozlaşmış ve karşı tozlaşmış fideleri birbirine yakın iki sıra halinde yetiştirdim. Bir de baktım ki, karşı tozlaşan bitkiler tamamen büyüdüklerinde açık ve net bir şekilde kendine tozlaşanlardan daha uzun ve sağlıklıydı.

Ama neden şaşırmıştı? Hemen hemen tüm bitkilerin karşı tozlaşmayı garanti altına aldığı “sonsuz güzellikteki düzeneklere” dikkat çekmişti. Herkesin içinde sadece o, doğal seçilimin çok iyi bir sebep olmadan böyle istikrarlı bir şekilde herhangi bir şey yapmayacağını kavramıştı. Cevap sadece karşı tozlaşmanın ne kadar önemli olduğunu henüz kavramamış olmasıydı:



Darwin'ın dikkatini karşı tozlaşmanın önemi konusuna ilk çeken, nevruzotu (*Linaria vulgaris*) bitkisinin 1796 yılına ait çizimi.

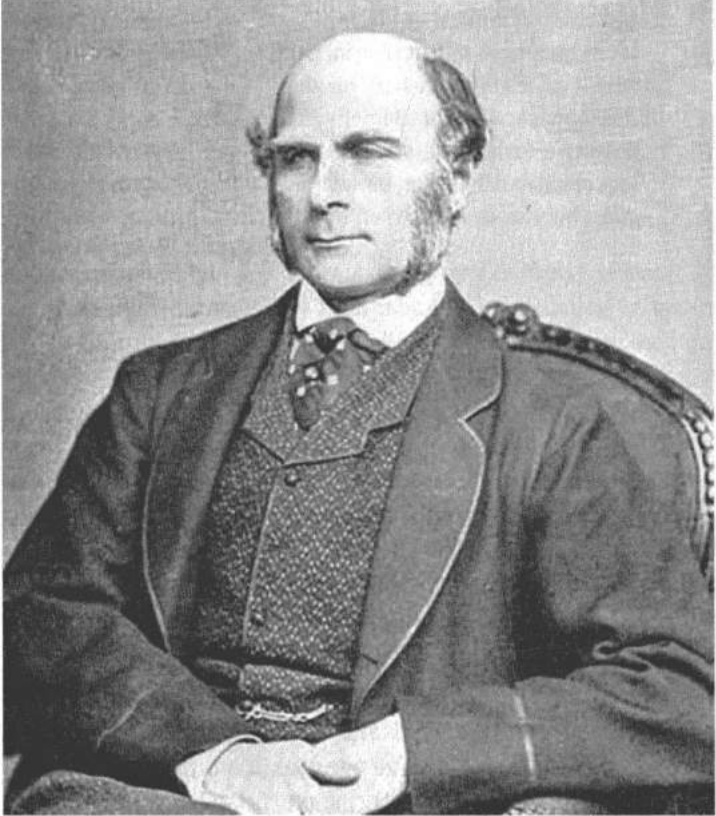
Sıkı sık, karşı tozlaşma gösteren çiçeklerin fidelerinin kendine tozlaşan çiçeklerin fidelerinden herhangi bir şekilde daha iyi olup olmadıklarını denemenin akıllıca olabileceği aklıma gelir-

di. Fakat hayvanlarda bir nesilde birbirine en yakın olanlar, kız ve erkek kardeşler, arasında olası üremenin zararlarına ait hiçbir örnek bilinmediği için, aynı kural bitkilerde de kabul edilebilirdi diye düşündüm; kendine tozlaşan ve karşı tozlaşma gösteren bitkilerin çok sayıda başarılı nesli boyunca herhangi bir sonuç elde etmek için çok fazla zaman harcamak gerekebilirdi. Sayısız bitkide gördüğümüz gibi karşı tozlaşmayı destekleyen bu detaylı malzemelerin, belirsiz ve hafif bir avantaj elde etmek veya belirsiz ve hafif bir zarardan kaçınmak adına edinilmiş olmayacağını düşünmeliydim. Dahası, bir çiçeğin kendi poleniyle tozlaşması, sıradan çift cinsiyetli hayvanlarla mümkün olandan daha yakın bir kendine döllenme biçimine karşılık gelir; bu yüzden daha erken bir sonuç beklenebilir.

Linaria üzerinde yaptığı gözlemler onu kendine tozlaşmanın olumsuz sonuçlarının ne kadar hızlı ve belirgin olduğu hakkında bir kere uyardığında; “şimdi ilgim baştan sona uyandırıldı” ve “bu yüzden çeşitli bitkileri kullanarak gerçekleştireceğim uzun bir deney serisine başlamaya karar verdim ve bu deneyler on bir yıl sürdü” dedi. Uzun yıllar süren bu çalışmaların sonuçları kitabında ayrıntılı bir şekilde yer aldı. Darwin bu bölümlerin, okurları arasındaki uykusuzluk çekenler için çok daha uygun olduğuna dair alışıldık sağlık uyarısını yaptı: “Bu konuyla özel olarak ilgilenmeyen hiç kimsenin tüm ayrıntıları okumaya çalışmasına gerek yok.”

Darwin kahkahaçiçeği, tavşanağzı, yüksükotu, lahana, sığırkuyruğu, nevrüzotu, menekşe, fasulye, bezelye, ebegümeci, lobelya, çarkıfelek, katırtırnağı, tütün, çuhaçiçeği ve diğer birçok bitki üzerinde çalıştı. Karşı ve kendine tozlaşan bitkiler dikkatli bir şekilde ölçüldü ve aynı şekilde tartıldı. Darwin iki grup arasındaki farklılıklar üzerine oturtulabilecek sonuçlarının bir örneğini, güvenilirlik konusundaki fikrini almak için Francis Galton’a verdi. Galton kelimenin tam anlamıyla çok yönlü bir bilim insanıydı; modern istatistiğin babası olmasının yanında, “12,5 cm’lik yuvarlak bir kek ve keki yemek için orta derecede iştahlı iki kişi olduğunda, kurumaya maruz kalan yüzeyi minimumda tutmak için kek hangi şekilde kesilmelidir?” problemini çözerek kek kesmenin yeni bir yolunu bulmuş ve bunu *Nature* dergisinde yayımlamıştı.

Bugünlerde *Nature*'da bu tarz makaleleri görmüyoruz. Galton'ın verileri hakkındaki analizleri bugün biraz yetersiz kabul edilebilirdi. Ancak Darwin'in güvenini tazeledi: "Karşı tozlaşan bitkilerin kendine tozlaşanlara üstünlüğünü hiçbir şekilde abartmamışım."



Sir Francis Galton'ın 1850'lerde veya 1860'ların başında çekilmiş bir fotoğrafı.

Bu üstünlük genellikle dikkat çekiciydi. Karşı tozlaşan katırtırnağı çiçekleri kendine tozlaşanların iki katı tohum ürettiyordu. Bu tohumlar daha ağırdı ve onlardan yetişen bitkiler daha uzundu ve çiçeklenme ihtimali daha yüksekti. Darwin kendine toz-

laşmanın dezavantajlarının genellikle çevreye bağlı olduğunu da belirtti; örneğin, kendine tozlaşan bitkilerin kalitesizliğinin gerçek derecesi ancak rekabete veya sert bir kış benzeri strese maruz kaldıklarında ortaya çıkar.

Darwin ve bahçıvanlar - bölüm 2

Darwin kendi gözlem ve deneylerine güvendiği kadar, diğer bilim insanları ve doğa bilimcileriyle de sürekli iletişim halindeydi.

Bitkiler üzerindeki çalışmalarında doğal olarak bahçıvanlarla da yazışyordu. Onlar da daha önceleri hurafelerden kendi payına düşeni alan mesleğe (hâlâ almaya devam ettiğini söylemeliyim) bilimsel titizlik kazandırdığı için ona minnettardı. Bu çerçevede, Darwin'in karşı tozlaşma üzerine çalışmaları, bitki ıslahı çalışmalarını pratik anlamda kısa sürede değiştirdi.

Kendine tozlaşmanın genellikle zararlı olduğunun farkında olsanız bile bunun nedenini yanlış anlamak kolaydı. Örneğin, kendine tozlaşma veya kendine döllenmenin zararlarına yaygın bir şekilde inanılıyordu, üstelik sadece bitki yetiştiricileri tarafından değil. Darwin'in belirttiği gibi "birbiriyle yakın ebeveynlerde bazı hastalık eğilimlerinin veya genel yapısal zayıflığın arttığı ürünler yaygındır." Ne var ki yaptığı dikkatli deneyler Darwin'i bunun anlamsız olduğuna ikna etti; kendine tozlaşma veya döllenme ürünleri zayıftı çünkü kendine tozlaşmanın kendisi zararlıydı ve bunun sebebi ebeveynlerdeki herhangi bir zayıflık değildi.

Bunları algılayacak kadar uyanık olanlar için pratik sonuçlar çok kritikti; kendine tozlaşma veya üreme problemlerini sadece sağlıklı bir ebeveynle başladığınızdan emin olarak çözemezsiniz. *Gardeners' Chronicle* editörü Maxwell T. Masters şöyle ifade ediyordu:

Darwin'e göre, bitkilerde kendine döllenmenin yanı sıra hayvanlarda da çok yakınlarla üremenin, hastalığa yatkınlık veya genel yapıdaki zayıflık gibi zararları yakın ebeveynlere bağlı değil.

Diğer yandan, karşı tozlaşmanın avantajları ebeveyn bitkilerin farklı koşullara maruz kalmış atalarına veya farklı koşullara maruz

kalan bireylerle karşı tozlaşmalarına bağlıdır. Böylece, aynı koşullar altında uzun süre art arda bitki yetiştirmekten kaynaklı hatalardan ve kötü sonuçlardan kaçınılabilmek için farklı koşullar altında yetiştirilmiş, farklı yerlerden tohumlar elde etmek şeklindeki bahçıvanların sıradan uygulamaları haklı çıkmıştır. Bu yüzden. ...yeni varyeteleri veya bilinen bitkileri yetiştirip güllerin yapısını kaybetmesinden; üzümlerin, salatalık ve çileklerin kısırlığından veya çoğaltılmasından ve diğer şeylerden mustarip olanlar açısından konunun muazzam önemi göz önüne alındığında; uzun yıllar boyunca sabırla sürdürülmesi gereken böyle bir deney serisinin ne kadar da değerli olduğu gayet açık olmalı.

Kendine tozlaşmanın genetiği

Yani, Darwin ve en azından okurlarının bazılarının önemini anladığı gibi, karşı tozlaşmanın avantajları, (bugün farkına vardığımız üzere) genetik olarak farklı bireyleri bir araya getirmekten kaynaklanır. Mendel öncesi bu günlerde henüz kimse gerçekten ne olduğunu bilmiyordu. Darwin'in şaşkınlığı karşı ve kendine tozlaşmayla ilgili şu pasajlarda açıkça görülüyor:

Karşı tozlaşma söz konusu olduğunda, iki grup bitkinin birkaç kuşak boyunca farklı koşullara maruz kalmasının üremeye dair unsurları bu koşullardan etkilenmedikçe yararlı sonuçlara yol açmayabileceği açıktır.

Bazı nesilleri farklı iklimler altında veya yılın farklı dönemlerinde çoğaltılmış bitkiler, fidelerinde farklı yapılar gösterir. Bu tarz koşullar altında sıvılarının kimyasal yapısı ve dokularının özelliği genellikle değişime uğrar.

Bir organizmayı herhangi bir şekilde etkileyen her neyse, aynı şekilde üremeye ait yapıları da etkileme eğilimindedir.

Öyle görünüyor ki genellikle karşı tozlaşmayı takiben ortaya çıkan faydalar yapı veya karakterdeki değişime bir şekilde bağlıdır.

Yani Darwin karşı tozlaşmanın kendisinin yararlı olmasının zorunlu olmadığını biliyordu; yavrular ancak karşı tozlaşan bitkiler “yapısal veya karakter” bakımından farklılaştıysa ve böy-

lece farklı “üremeye ait unsurlara” sahipse üstündü fakat bunların nerede olduğunu, nereye yerleştiklerini veya zamanla nasıl değiştiklerini bilmiyordu. Kısacası, kelime icat edilmeden veya hatta kavram tanınmadan önce genler hakkında konuşuyordu. Bu kaçınılmaz genetik anlayışı eksikliği üzücü. Çünkü bu, Darwin’in kendi gözlemlerinin bazılarını yorumlayamadığı anlamına geliyordu.

Mesela Darwin kendine ve karşı tozlaşan *Ipomoea purpurea* (sabahsefası) bitkilerini karşılaştırdı, olağan sonuç karşı tozlaşanların üstün olduğuydu. Fakat yavruları çok sayıda nesil boyunca tekrar tekrar kendine tozlaştırdığında, şaşırtıcı ve oldukça beklenmedik bir sonuç gözlemledi:

Kendine tozlaşan altıncı *Ipomea* neslinde Kahraman adında, karşı tozlaşan rakibini uzunluk olarak hafifçe aşan tek bir bitki ortaya çıktı. Böyle bir durum önceki nesillerin hiçbirinde ortaya çıkmamıştı. Kahraman çocuklarında, torunlarında ve onların çocuklarında uzunluğunu ve yüksek derecede kendine tozlaşmayı artırmanın yanı sıra çiçeklerinde tuhaf bir renk gösterdi.

Görüldüğü gibi, Darwin bu bitkinin beklenmedik sağlıklı durumu karşısında o kadar şaşırmıştı ki ona “kahraman” lakabını takmıştı. Bazen kendine tozlaşmanın açıklayamadığı sebeplerle avantajlı olduğuna dair tahminlerde bulunuyordu.

Ne olduğunu anlamak için kendine tozlaşma veya döllenmenin genellikle neden zararlı olduğunu anlamak zorundayız. Çok sayıda zararlı mutasyon çekiniktir, bunun anlamı büyük popülasyonlarda fark edilmeden gizlenebilirler çünkü nadiren aynı genin kopyaları olarak aynı genomda buluşurlar ve ancak bu durumda zararlı olurlar. Aynı soydan gelenlerin çiftleştirilmesi iki çekinik genin aynı genomda buluşmasını daha olası hale getirir. Fakat genetikçiler günümüzde kendine tozlaşma veya aynı soydan gelenlerin çiftleşmesinin bazen kötü genleri temizleyebileceğini fark ettiler. Temizlenen şanssız bireyler için kötü haber ama hayatta kalan şanslılar için iyi haber. Darwin’in “kahramanı” bugün kaydedilen ilk temizleme gözlemi olarak kabul ediliyor. Yine de Darwin’in ne bulduğuna dair bir ipucu bulmak için henüz çok erkendi ve temizleme 1990'lara kadar doğru düzgün bir şekilde anlaşılmadı.



Darwin, sabahsefası'nda (*Ipomoea purpurea*) zararlı mutasyonların temizlendiğini gözlemledi fakat gözlemlerini açıklamak için genetik bilgiden yoksundu.

Kendine uyuşmazlık

Darwin her zaman haklı mıydı? Hayır değildi. Bazı bitkilerde çiçeklerin aynı çiçeğe ait polenler tarafından döllenme kabiliyetlerinin olmadığını farkındaydı; polenler stigma üzerine yerleştirildiklerinde bile çok az sayıda veya hiç tohum üretilmiyordu. Yine de bu durumun doğal seçilim tarafından ortaya çıkabileceği fikrini reddediyordu: “Bütün bunlara rağmen kendine kısırlığın kendine döllenmeyi önlemek için özel olarak kademe şeklinde elde edilmiş bir özellik olduğu fikri bence reddedilmelidir.” Kendine kısırlığın “rastlantısal” olduğuna inanıyordu. Darwin bize bu fikrin birkaç nedenini veriyor fakat bence esas olarak, kendine döllenmeyi önleyen ayrıntılı morfolojik adaptasyonlardan öylesine büyülenmişti ki kendine kısırlığın neden gerekli olduğunu tam olarak anlamadı: “Bu sonucu önleyebilecek veya zorlaştırılabilecek başka birçok yol var... kendine kısırlık bu amaç için neredeyse lüzumsuz bir kazanım gibi görünüyor.”

Günümüzde kendine kısırlığın veya genellikle bilindiği şekliyle kendine uyuşmazlığın, kendine döllenmeden korunmada son derece yaygın ve önemli olduğunu biliyoruz. Bu konuya Darwin’in çiçeklerin farklı formları üzerine kitabını incelerken döneceğim.

Darwin sadece hatasız değildi, duruma göre aynı cümlede iki yanlı yapabiliyordu. Ayrı cinsiyetlere sahip anemofil (rüzgârla tozlaşan) bitkilerin eğilimlerini tartışırken, bu durumun sebebinin şu olabileceğini öne sürer “anemofil bitkiler ilksel bir durumu entomofil (böcekle tozlaşan) bitkilerden daha büyük düzeyde muhafaza eder, bu yüzden ayrı cinsiyete sahiptirler ve karşılıklı tozlaşmaları rüzgâra bağlıdır.” Darwin’in hakkını vermek gerekirse, burada, bir tartışmada başka bir yüzyılda pek çok otoriteyi kendi tarafına çekerek ses getirebilecek ilk atışı yapıyordu. Fakat Darwin yanılıyordu; bugün eldeki çok iyi kanıtlar ortaya çıkan ilk çiçekli bitkilerin iki eşeyli olduğunu ve böceklerle tozlaştığını belirsizliğe yer vermeyecek şekilde gösteriyor.

Kötü huylu arılar

Çiçeklerle ve tozlaşmalarıyla ilgilenmek çiçeklerin cezbettikleri arılar gibi tozlaşmanın başlıca sorumlusu böcekler olmadan büyük ihtimalle imkânsızdır. Bu nedenle, *Karşı ve Kendine*

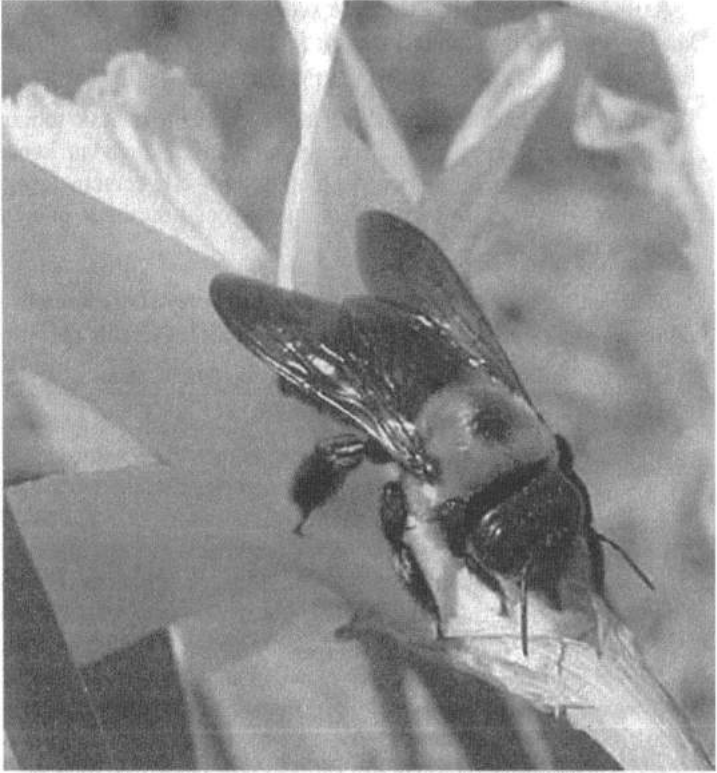
Tozlaşma'nın sondan bir önceki bölümüne “Çiçeklerinin Tozlaşmasıyla İlgili Böceklerin Alışkanlıkları” adının verilmesi büyük bir sürpriz değildi. Bu bölüm Darwin'in çok sayıda tüp şeklindeki çiçeğin tabanında, arıların bilindik yoldan girmeden çiçeğin nektarını çalmasına yarayan, ısırlarak açılmış deliklere sahip olmasından büyülediğini ortaya çıkardı. Hızlıca tespit ettiği üzere, suçlular güçlü ısıricı çenelere sahip bombus arılarıdır. Bal arıları bunu yapmazlar ama genellikle bombus arıları tarafından açılan delikleri kullanırlar.

Darwin fark ettiği anda bu davranış her türden soruyu gündeme getirdi. Arıların bunu yapmayı nasıl öğrendiğiyle başlayalım. Darwin'in gözlemlerine göre arılar bir defa soygun yapmaya başladıklarında çiçeklere bilinen yoldan girmeye ilgilerini çok hızlı bir şekilde kaybediyorlardı. “Alışkanlığın gücü öylesine kalıcı ki delikli çiçekleri ziyaret eden bir arı ısırılmamış bir çiçeğe denk geldiği zaman çiçeğin ağzına yönelmez, bunun yerine bir başka ısırılmış çiçek bulmak için hemen uçup gider.”

Yakın zamanda yapılan bir araştırma arıların hızlı öğrendiklerini fakat bunun beklediğiniz şekilde olmadığını gösterdi. Arılar soygun yapmayı diğer arıların suçlu davranışlarını izleyerek değil halihazırda soyulmuş çiçekleri ziyaretlerinden öğrenirler, yani arılar bir defa soyulmuş çiçekleri tecrübe ettiklerinde, zarar görmemiş çiçeklerde yeni delikler açma olasılıkları daha yüksektir. Hem sağ hem de sol tarafından soyulabilecek horozotu (*Rhinanthus*) ve adaçayı gibi çiçeklerde, arılar (eğer çiçek zaten soyulmuşsa) hangi tarafı ziyaret edeceklerini veya yeni bir delik açmayı da hızlıca öğrenirler, böylece yaması olan tüm çiçekler kısa zamanda aynı taraftan soyulmuş olur.

Darwin'in aklına başka ilginç sorular da geldi. Nektara erişilemeyen veya nektarın uzun bir mahmuzun tabanında bulunduğu çiçeklerde neden soygun yapıldığını anlamak kolaydır fakat arılar “çok az bir fazladan çabayla nektarı korolla ağzından bilindik yolla alabilecek olsalar bile genellikle ısırıp delikler açarlar.” Çok sayıda bahçıvan aynı şeye dikkat çekecektir. Ne *Abelia* ne de *Kolkwitzia* çiçekleri belirgin şekilde derin veya dar değildir, yani çiçeğin ağız kısmından girmek için fazladan harcanacak çaba çok az olmalı ama benim bahçemde her ikisi de düzenli

olarak soyulmuş durumdalar. Darwin şöyle düşünüyordu: “Arıları korollada delik açmaya iten sebep zaman kazanmakmış gibi görünüyor, onlar için büyük çiçeklerin içine doğru ve içinden dışarı doğru tırmanmak ve kafalarını kapalı çiçeklerin içine sokmaya çalışmak zaman kaybıdır.”



Nektarı bir doğu marangoz arısı tarafından “soyulan” bir nergis. Çiçeğin tabanındaki delik başka bir arı veya hatta başka bir tür tarafından açılmış olabilir.

Çiçeklerin tamamı veya çoğu soyulduğunda yeterince makul fakat en başta delik açmak için harcanan çabaya ne demeli? Darwin’in gözlemlediği üzere:

Bununla birlikte, her bir arı deneyim kazanmadan önce, her yeni delik açtığında özellikle de bu delik hem kaliks hem de

korolla boyunca açılıyorsa zaman kaybediyor olmalı. Bu nedenle onların inşaat faaliyetlerinde tespit ettiğimiz çok miktarda kanıt öngörüye işaret eder. Bazı toplumsal içgüdülerinin, yani toplumun diğer üyelerinin iyiliği için çalışmanın izlerinin burada ayrıca bir rol oynayabileceğine inanmayabilir miyiz?

Arıları boş verin, bitkiler üzerindeki etkilerine ne demeli? Darwin bunun felaket olabileceğini fark etti:

Tozlaşmanın esasen böceklerin çiçeğe girmesine bağlı olduğu bitkilerde, nektar çiçeğin dışından alındığı zaman tohum üretimi başarısız olur; herhangi bir yardım almadan kendi kendilerine tozlaşma becerisi olan türlerde bile karşı tozlaşma gerçekleşemez ve bu bildiğimiz üzere çoğu durumda önemli bir problemdir.

Kısacası, soyulmanın etkilerini azaltmanın veya hafifletmenin yollarını bulmak için bitkilerde güçlü bir seçilimin olması gerekir.

Darwin, bu sorulara dikkate alarak, birden fazlasına cevap verebileceğini düşündüğü bir fikir üretti:

Yıllar önce yabancılarının genel bir kural olarak, yalnızca çok sayıda yabancı bir arada yetiştiğinde çiçekleri deldiği gerçeğiyle çarpıldım. Doğal olarak yeterli, büyük çiçek toplulukları hem bilinen hem de suçlu çok sayıda tozlaştırıcıyı çeker ve böylece: büyük miktarda çiçek bulurlar. ... Nektarları emilip kurutulmuş durumdadır. Böylece çok sayıda boş çiçek ararken çok zaman harcarlar ve ısırp delik açmaya yönlendirilirler, yani herhangi bir nektar olup olmadığını en kısa sürede bulmak ve eğer nektar varsa almak için yönlendirilirler.

Çiçek yığınlarının soygunu teşvik etmesi de mümkündür çünkü tekil arıların diğer arıların açtığı deliklerden faydalanma olasılığı daha yüksektir. Böylece her şey ortaklaşa yapılan bir iş haline gelir. Darwin'in belirttiği gibi, bu durum belirli bir çiçeğin yamalı bölgesinden yiyecek toplayan arıların çoğunun aynı yuvadan gelmesine ve dolayısıyla kardeş olmalarına yardımcı olur.

Eğer bu tür kitlesel hırsızlıklar tohum üretimini azaltır veya tamamen önlerse:

Doğada çok yaygın şekilde, onarılmış bir dengeye doğru bir eğilim vardır. Bir bitki delikli olmanın sıkıntısını yaşarsa, daha

az sayıda birey üretilecektir ve eğer bitkinin nektarı arılar için büyük ölçüde önemliyse, sıra arılara gelecek ve sayıları azalacaktır. Daha etkili olan, bitkiler bir şekilde daha az bulunur hale gelip kalabalık yığınlar halinde yetişmedikleri zaman, arılar ısırp delik açmak konusunda daha fazla teşvik edilmeyecek ve çiçeklere alışılmış yoldan gireceklerdir. Ardından daha fazla tohum üretilecek ve karşı tozlaşmanın ürünü olan fideler daha kuvvetli olacaktır. Böylece söz konusu tür tekrar kalabalık yığınlar halinde yetişmeye başlar başlamaz, tekrar kontrol edilip birey sayısını artırma eğiliminde olacaktır.

Bu düzgün bir hipotez: Çok sayıda çiçeğe sahip yaygın bitkiler acımasızca soyulurlar, daha az sayıda tohum üretirler ve böylece daha az yaygın hale gelirler. Ardından daha az soyulurlar, daha çok tohum üretirler, daha bol bulunan hale gelirler ve soygun tekrar artar, bu sonsuz döngü böylece devam eder. Darwin'in deneyler üzerine kafa yorduğuna dair hiçbir kanıt olmasa da bu hipotez deneysel testlere bile müsaittir. Aslında yukarıda alıntı yapılan ifadeler, genel sonuçlara ayırdığı son kısım hariç bu konuda söylediği, *Karşı ve Kendine Tozlaşma*'nın son sözleriydi.

Peki, Darwin haklı mıydı? Söylenecik ilk şey, nektar soygunu günümüzde önemli bir literatüre ve tamamen veya kısmen bu çalışmalara adanmış çok sayıda kariyere sahip büyük bir çalışma alanıdır. Bu yüzden nektar soygunu hikâyesinin basit bir mesele olmadığını öğrenmek sizi şaşırtmayacak. İlk olarak, soygun zamana ve yere göre büyük çeşitlilik gösterir; soyulmaya son derece elverişli olan türler bile çoğu kez tamamen tesadüfen kurtulabilirler, bu da karşı önlemlerin geliştirilmesi için baskıyı azaltır. Ayrıca sürpriz bir şekilde soyulmak her zaman tohum üretimini azaltmaz ve hatta bazen burada ayrıntılarına girmek için fazla gizemli nedenlerden dolayı artırabilir de.

Bütün bunlara rağmen soygunun azaltılması için baskı olur ancak bu her zaman beklediğiniz şekilde olmaz. Zırh kaplama bir seçenekmiş gibi görünmüyor. Özünde zayıf, kısa ömürlü çiçekleri ısırmaya dayanıklı yapmak konusunda basit bir şekilde işe yaramaz. Fakat sadece sonunda kazanılacak ödül buna değerse, delik açmak için zaman ve çaba harcamaya değerdir, bu yüzden nektarın miktar veya yoğunluğunu azaltmak bir seçenektir. Tabii bu alışıldık tozlaştırıcıların şevkini kırabilir, bu yüzden

çok dikkatli bir şekilde karar verilmelidir ama yine de yapılabilir. Kızıl gilia'nın (*Ipomopsis aggregata*) nektarı, nektar hırsız bombus arılarını vazgeçirmeye yetecek kadar seyreltilmiştir fakat (alışıldık) tozlaştırıcısı sinekkuşunu cezbedecek kadar yoğundur. Belki de sürpriz bir şekilde, nektar soygununa karşı en iyi savunmalardan biri sadece çiçekleri yoğun kümeler halinde bir araya toplamak gibi görünüyor. Bu da soyguncuların çiçek tabanına dışarıdan girişini zorlaştırır.

Yeni çalışmalar bitkilerin nektar hırsızlığına karşı sürpriz yanıtlarını ortaya çıkarmaya devam ediyor. Örneğin, yaprakların epidermal hücreleri yassı olmaya yatkındır fakat petallerinki genellikle koni şeklindedir. Bu çiçeğin daha parlak görünmesine kısmen yardımcı olur; koni şeklindeki hücreler (antosiyanın pigmenti içeren) vakuolde bulunan ışığa odaklanan bir lens gibi davranır. Rengin yoğunluğunu artırır, ayrıca yansıyan ışığı düz bir yüzeye göre daha verimli dağıtır (düz hücreli mutant bir aslanagöz garip bir şekilde solgun ve rengi atmış görünüşe sahiptir). Fakat koni şeklindeki hücreler aynı zamanda arıların ayaklarıyla tutunabileceği daha iyi bir yüzey sağlar, bu yüzden bitkiler koni şeklindeki epidermal hücrelerini kaybeder, petal yüzeyini daha kaygan ve bu sayede arılar tarafından soyulmayı daha zor hale getirerek, arılarla tozlaşmadan kuşlarla tozlaşmaya geçiş yaparlar. Benzer şekilde arılarla tozlaşan bitkilerde, genellikle tabanda yer alan nektarın çalınmasına karşı savunmasız kısım genellikle düz epidermal hücrelere sahiptir.

Fakat Darwin bir açıdan kesinlikle haklıydı; daha sonraki çalışmalar, birim alanda çok miktarda çiçeğin bulunmasının daha fazla soyguna sebep olduğu yönündeki gözlemini tamamen desteklemektedir. Yani nektar soygununun herhangi bir bitkinin dünyayı ele geçirmesini engelleme eğilimindeki uzun kontrol ve denge listesine eklenmesi tamamen mümkündür.

Bir aile hikâyesi

Eğer Darwin'in Kent şehrindeki aile evi Down House'ı (yapmanız gerektiği gibi) ziyaret ederseniz, kaçınılmaz şekilde kumsalın etrafında Darwin'in "düşünme patikasında" bir tur atarsınız. Yolun Sandwalk Wood kavşağına ayrıldığı yolda, büyük bir dişbudak ağacı vardır. 8 Eylül 1854'te o zamanlar 9 yaşındaki

(hık demiş babasının burnundan düşmüş) genç George Darwin bu dişbudak ağacının dibinde, çok sayıda bombus arısı gördü, hepsi de bahçenin iki büyük dişbudak ağacı gövdesinin “çatalı” arasında uçmadan önce kısa bir süre duraklayan ve vızıldayan erkek (*Bombus hortorum*) bombus arılarıydı.

Tıpkı Darwin’in (yani Charles) doğa tarihinin açıklanmayan her parçasından etkilendiği gibi o da etkilenmişti. Darwin’in bitkilerin tozlaşması konusundaki çalışmaları halihazırda, arıların çiçekleri ziyaret ederken gösterdikleri davranışlarına ilgi duymasına neden olmuştu ve oradan arıların kendi menfaatine ilgisine kısa bir mesafe vardı. Darwin sonraki yedi yıl boyunca aralıklı olarak arıların davranışlarını gözlemledi. Arıların belirli bir rotada devriye gezdiğini, ilerlemeden önce her zaman aynı noktalarda kısa bir vızıltı için durduğunu tespit etti. Raporunda yazdığı üzere:

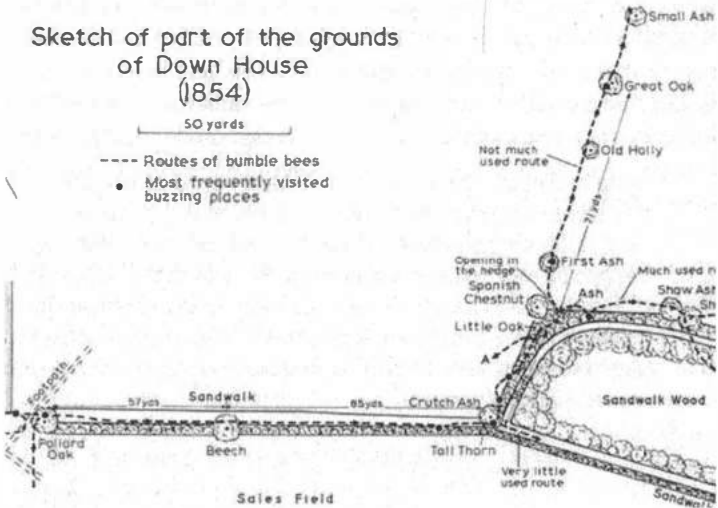
Rota makul bir süre boyunca aynı kalır ve vızıltı noktaları 1,5 cm içinde sabitlenir. Bunu, çocuklarımdan beş ya da altı tane-sini vızıltı noktalarına yakın bir yere yerleştirerek ve en uzak-takine bir arı vızıldar vızıldamaz “burada bir arı var” diye bağırmasını söyleyerek ispatlayabildim. Diğer çocuklar ilkini izledi, böylece aynı “burada bir arı var” sesleniş bir çocuktan diğerine doğru kesinti olmadan benim bulunduğum vızıldama noktasına kadar ilerledi.

Bu çalışmadaki yardımcıları George’un yanı sıra Willy (William Erasmus), Etty (Henrietta), Franky (Francis), Lenny (Leonard) ve muhtemelen Bessy (Elizabeth) idi; bugün benzer bir görevle karşı karşıya olan bir akademisyen lisans öğrencilerinden oluşan bir ekip kullanabilir.

Darwin tüm arılar erkek olduğu için, devriye ve vızıldama davranışının cezbetmek veya eş bulmakla ilişkili olduğundan şüpheleniyordu, kesinlikle öyle. Fakat kraliçe veya çiftleşmeye dair hiç kanıt görmedi ve bugün için bombus arılarında çiftleşme hâlâ tespit edilmesi zor bir konu. Darwin ayrıca bütün arıların “vızıldama noktasını” nasıl bildiğine de şaşıırıyordu. Notlarının kenarında “doğa kovanın farklı yerlerinden gelen arıların aynı yeri keşfetmesini nasıl sağlıyor, köşe başındaki köpekler gibi mi?” yazıyor.

Bugün bunun köşe başındaki (veya elektrik direğindeki) köpekler gibi olduğunu biliyoruz. Arılar vızıldama noktasını bir yaprak

veya dalı kafalarındaki bir salgı bezinden gelen bir feromonla boyayarak işaretlerler. Fakat (hiçbir erkek arı kışı atlatamadığı halde) aynı rotanın bir yıldan sonrakine nasıl kalıcı olduğu bilinmiyor. Darwin 1861 yılında Torquay tatilinde iken beyaz kuyruklu bombus arılarının (*Bombus lucorum*) devriyesini gözlemledi. Biz bugün tüm bombus arısı türlerinin aynı davranışı gösterdiğini biliyoruz. Ne var ki farklı yüksekliklerde uçuş eğilimi tahminen birbirlerinin yolundan çekilmekten kaynaklanıyor. Bahçe bombus arıları insanların gözlem yapması için uygun bir yükseklikte uçarlar.



Darwin'ın Down House'da günlük rutininin bir parçası olan Circuits of Sandwalk Wood. *Bombus* arısının devriye rotası hakkındaki gözlemlerini gösteren harita.

Darwin'ın oğlu Leonard tarafından 1870'te çekilen bir fotoğrafta "çatallı dişbudak" net bir şekilde görülüyor. Bugün hâlâ orada fakat iki gövdeden biri kesilmiş durumda, yani bir zamanlar olduğu gibi bir simge değil.

Tuhaf çuhaçiçeği

William Curtis'in 1777 ve 1798 arasında 72 bölüm halinde yayınlanan *Flora Londinensis* eseri on sekizinci yüzyılın en

önemli resimli floralarından biri olarak kabul edilir. Çuhaçiçeği (*Primula vulgaris*) bitkisinin ve parçalara ayrılmış çiçeklerinin güzel çizimlerini içerir. Metin şuna işaret ediyor:

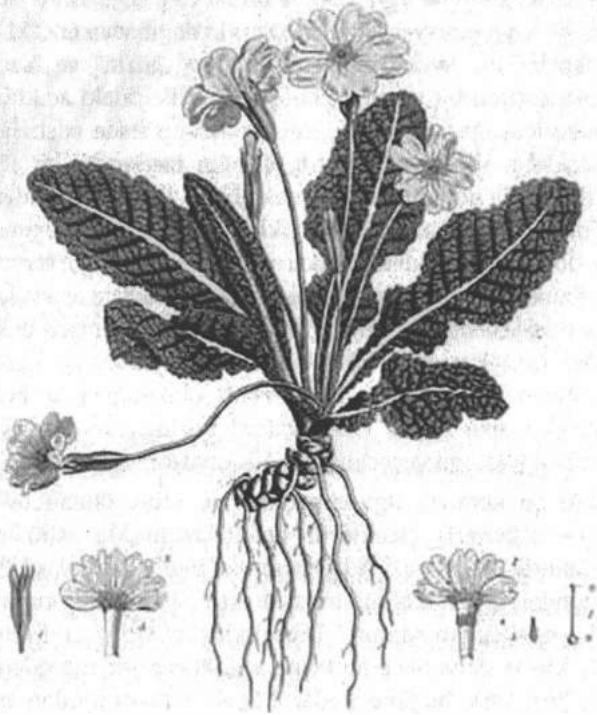
Bu bitkinin çeşitlerini böylelikle açıklarken, bazen çiçek tüpünün alt kısmında bazen ağız kısmında bulunan stamenin durumunun da büyük ölçüde değiştiğini gözlemlemek hatalı olmayabilir. Eski örnekte uzunlukları da değişen pistil yuvarlak stigmalara sahiptir ve yardımcı stilusuyla çiçeğin ortasında sıkışmış bir iğneye benzer; tüpün ağzına yakın anterlere sahip olanlara saçak gözlü denirken, çuhaçiçeğinin bu tarz çiçeklerine iğne gözlü denir. Çiçekçilerin gözünde bu ilk görünüm iyi bir çiçek için vazgeçilmez bir gerekliliktir.

Bu çuhaçiçeğinin belirgin şekilde iki farklı çiçeğe sahip olduğuna dair ilk kayıt olmayabilir fakat Darwin doğmadan önceki ilk kayıtlardan biridir. Ayrıca muhtemelen “iğne gözlü” ve “saçak gözlü” terimlerinin ilk yazılı kullanımıdır. Yukarıdaki açıklama açık olduğu için iğne gözlü sezgisel bir anlamı ifade eder: İğne gözlü çiçeklerin stilus ve stigmatı, çiçeğin merkezine bir iğne yerleştirilmiş gibi görünür. Peki, saçak gözlü? Darwin Çiçeklerin *Farklı Formları*’nda bunu şöyle açıklar: “Johnson Sözlüğünde, iğne’nin dokumacı ipliklerinin ucu olduğu söyleniyor; sanırım korolla ağzındaki anter kümeleri ve saçakların uçları arasındaki benzerlik derecesinden etkilenen çuhaçiçeği yetiştiren bazı dokumacılar bu ismi icat etti.” Eğer bir dokumacıyla tanışıklığınız yoksa bilmeyi beklediğiniz bir sözcük olmadığı için belki şaşırabilirsiniz ama benim Özet Oxford Sözlüğü’me göre iğne teriminin bu kullanımı geçerliliğini hâlâ kaybetmemiş durumda.

Darwin bu konuyla ilgilenmeden çok uzun zaman önce, Curtis (ve diğerleri) çiçeklerin farklı uzunlukta stiluslara (bugün heterostili olarak biliyoruz) ve buna paralel olarak çeşitli stamenlere sahip olduğunu fark etti. Fakat neden çuhaçiçekleri bu özelliklere sahipti? Darwin’in belirttiği gibi neredeyse hiç kimse daha önce bu konuya herhangi bir ilgi göstermemişti: “Bu fark bugüne kadar küçük farklılıklardan biri olarak görülüyordu.” Gerçekten de modern bitki adlandırmasının babası Linne özellikle “*Varietates levissimas non curat botanicus*” yani “botanikçiler küçük farklılıklarla ilgilenmez” görüşündeydi. Hatta Linne çuhaçiçeğini çiçek meraklılarının

aklı başında hiçbir botanikçinin önemli kabul etmeyeceği önemsiz iek detaylarına odaklanma eğiliminin bir rneği olarak kullandı. şüphesiz ki, önceki bir veya iki botanikçi, iki iek formunun bir işlevi olması gerektiğinden şpheleniyorlardı ancak bunun ne olabileceği konusunda ne yapacaklarını bilmez haldeydiler. Darwin'in belirttiği gibi:

Bu iki form arasındaki fark çok sayıda botanikçinin ilgisini çekti. Sprengel (Alman botanikçi ve fizikçi Kurt Sprengel) 1793'de alışıldık öngörüsüyle, iki formun varlığının amacını açıklayamasa bile bunun kazara olabileceğine inanmadığını ekler.



William Curtis'in *Flora Londinensis* kitabından uhaieği (*Primula vulgaris*) resmi.

Şunu söylemek zorundayım, Linne'nin neden zamanını "küçük farklılıklarla" harcamak istemediğini anlayabilirsiniz. Bahçıvanların yukarıda alıntı yapılan *Flora Londinensis*'te çok açık bir sebep olmadan, saçak çiçekleri iğne çiçekten üstün kabul ettikleri açıktır. *The Gardener and Practical Florist*'in ilk baskısında, 1843'te yazılan bir makale bu konudaki kuralı saptar: "Bazı çuhaçiçeği türleri pistillerini gösterir ve çivi gözlü olarak adlandırılırlar, bunlar işe yaramaz olarak kabul edilir." Gerçekten ağır sözler, özellikle (Darwin'in gösterdiği gibi) eğer tohum elde etmek istiyorsanız hem saçak hem de çivi çiçeğe ihtiyacınız olduğunu göz önüne alırsak. Fakat Linne'nin hakkını vermek gerekirse, çuhaçiçeği gariplikleri toplayan kısmı dışında çiçek yapısında gerçekten ilgi çekmeyen farklılıklar sergilemeye yatkındır: Neredeyse beyazdan koyu sarıya ve hatta pembe renkli; çiçekleri bir sap üzerinde; çiçekler iki sıralı; normal kaliksin yerini küçük yapraklardan oluşan bir yaka aldığı Jack-in-the-green; ikinci çiçeğin birinci çiçeğin ortasında büyüdüğü hose-in-hose.

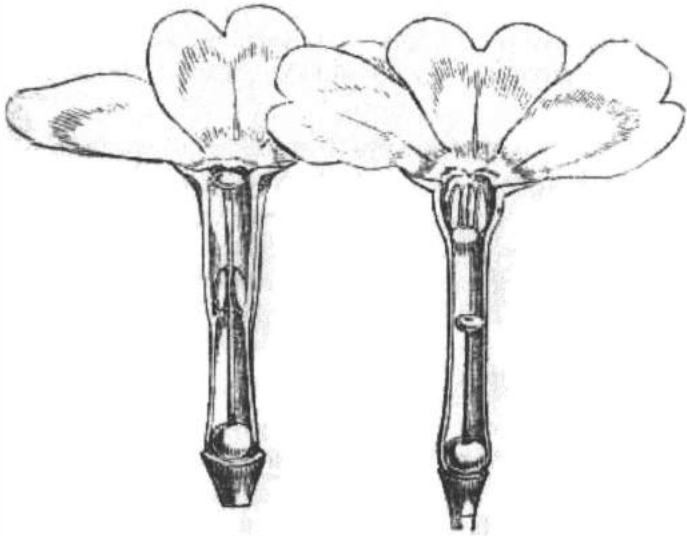
Fakat Darwin heterostilinin "önemsiz bir farklılık" olmadığını biliyordu. Öyle olsaydı, neden her bir çiçek ara formu olmadan çivi veya saçaktı? Neden (hızla tespit ettiği gibi) her popülasyon iki biçimi yaklaşık olarak eşit oranlarda içeriyordu? Hayır, heterostili bir doğal seçilim ürününün tüm işaretlerini taşır; amacı olan bir yapı. Fakat bu amaç neydi?

Garip çuhaçiçekleri

1877'de *Çiçeklerin Farklı Formları* yayımlandığında, Darwin uzun yıllardır heterostili üzerinde çalışıyordu. İlk başta çuhaçiçeği çiçeklerinin iki formunun ayrı cinsiyetlerin hermafrodit bir atadan evriminde bir aşamayı temsil ettiğini düşünüyordu; bu yüzden her iki form da erkek ve dişi eşey organlarına sahip olsa da biri sadece erkek, diğeri dişi olma yolundaydı:

Elbette aklıma gelen ilk fikir, bu türün düşücü bir duruma doğru eğilim gösterdiği yönündeydi. Daha uzun pistilli, daha pürüzlü stigmalı ve daha küçük polenlere sahip uzun stiluslu bitkiler, doğada daha dişildi ve daha fazla tohum üretebilirdi. Daha kısa pistilli, daha uzun stamenli ve daha büyük polenlere sahip kısa stiluslu bitkiler, doğada daha erkeksiydi.

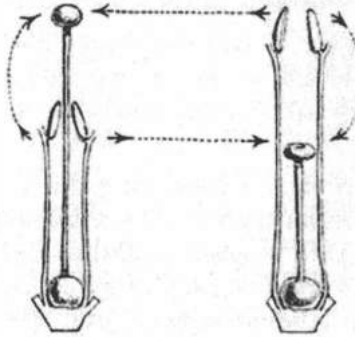
Fakat Darwin kısa sürede her iki form çok sayıda verimli tohum ürettiği için bunun doğru olamayacağına kendini ikna etti. 1861'de Asa Gray'e yazdığı bir mektupta her iki formunda hermafrodit olduğu sonucuna zaten varmıştı; "A'nın poleni B'nin stigmatına uygun ve tersi de." Konuyu kısaca özetlemek gerekirse; bir çiçek formu (iğne) çiçek tüpünün yarısına kadar uzanan anterlere sahiptir, bunlar çiçek tüpünün yarısına kadar uzanan stigmalara sahip diğer formun müstakbel polenlerini üretirler. Diğer (saçak) çiçek tüpünün tepe kısmında anterlere sahiptir. Bunun polenleri de çok açık şekilde iğne çiçeklerin çiçek tüpünün tepesinde yer alan stigmatının müstakbel polenleridirler.



Tutya'da (*Primula veris*) heterostili. Darwin'in *Aynı Türe Ait Bitkilerde Çiçeklerin Farklı Formları* kitabından iğne gözlü (solda) ve saçak gözlü (sağda) çiçekler.

Çok açık şekilde dedim çünkü Darwin'e çok açık görünüyordu; doğal seçilim iyi bir neden olmadan heterostili gibi bir şeyle sonuçlanmazdı. Darwin hemen tam olarak neler olduğunu bulmaya

koyuldu. İlk önce tutya (*Primula veris*), ardından diğer heterostil çuhaçiçeği türleri ve sonunda aynı familyanın bir başka üyesi olan sumenekşesi (*Hottonia palustris*) üzerinde çalıştı.



Darwin'ın *Aynı Türe Ait Bitkilerde Çiçeklerin Farklı Formları* kitabından, çuhaçiçeği çiçeklerinde polenlerin bilindik ve alışılmadık yolla taşınmasını gösteren çizim.

Darwin düşüncesini ispatlamak için iki türlü, alışıldık (kısa anterlerden kısa stiluslara veya uzun anterlerden uzun stiluslara) ve alışıldık olmayan (kısadan uzuna veya tam tersi) yolla özenli çaprazlama deneyleri yürüttü. Her durumda sonuç aynıydı, alışıldık çaprazlama daha çok, bazen çarpıcı şekilde çok tohum üretti. Darwin etkilenmişti:

Bugün alışıldık yolun alışıldık olmayan birliğe üstünlüğünü ortaya koyan olgular en ufak şüpheyi olanak vermez; burada bitkiler veya elbette hayvanlar âleminde benzeri olmayan bir durum var. Çuhaçiçeklerinin diğer birçok türünde göreceğimiz gibi, mevcut türün bireyleri iki farklı cinsiyet olarak adlandırmayacağımız, her ikisi de hermafrodit olan iki grup veya birliğe bölünmüştür. Mükemmel doğurganlık için karşılıklı bir birliğe ihtiyaç duydukları için yine de bir dereceye kadar eşey olarak farklılar. Dörtlü grupların farklı cinsiyetlerden neredeyse eşit iki birliğe bölünür, böylece artık sayısal olarak neredeyse eşit, üreme yetenekleri farklı ve birbirleriyle erkekler ve dişiler gibi etkileşime giren iki gruba sahip oluruz.

Bu sadece karşı tozlaşmadan emin olmak için geliştirilen adaptasyonun, *Karşı ve Kendine Tozlaşma* konusunda hâlihazırda keşfedilenlere eklenen, bir başka örneğiydi.

Çuhaçiçeğinin ötesinde

Fakat *çuhaçiçeği* ve yakınları hikâyenin sonu olmaktan uzaktı. Eğer heterostili o kadar iyi bir fikirse, mutlak surette *çuhaçiçeği* ve ona yakın cinslerin yanı sıra başka örnekler de var olmalıydı.

Başka örnekler vardı. Darwin heterostiliye sahip çok sayıda keten (*Linum*) örneğini kaydetti ve her zamanki sonuçları veren, her zamanki alışıldık ve alışıldık olmayan çaprazlamaları gerçekleştirdi. *Linum grandiflorum* polenleri üzerindeki yakın gözlemler de bunun sebebini açığa çıkardı; spermin yumurtaya başarılı bir şekilde ulaştırılması, bir polen tüpünün stigmadan aşağı ovaryuma doğru büyümesini gerektirir. *Linum* polenleri “yanlış” stigma üzerine kondukları zaman tamamen olgunlaşmakta başarısız olurlar veya polen tüpü az gelişme gösterir:

Doğurganlığın farklılığın ölçütü olarak alınmasının, uzun stiluslu *Linum grandiflorum* (ve tam tersi formun) poleninin bir farklılaşma derecesini beraberinde getirdiğini söylemek abartı olmaz. Polenin aynı formdaki stigma üzerindeki hareketine gelince, farklı cinslere ait türlerin polenleri ve stigmaları arasında var olan hareketle aynıdır.

Darwin ayrıca ciğer otu (*Pulmonaria*), karabuğday (*Fagopyrum*), *Forsythia* ve Rubiaceae (kahve ve yoğurtotu) familyasının çok sayıda üyesi de dahil olmak üzere daha nicelelerinde heterostiliyi inceledi. Her zaman deney yapma imkânı yoktu ve bazı durumlarda sadece yazıştığı kişilerin gönderdiği kuru örnekleri kullandı. Fakat ne zaman bir deney gerçekleştirmek imkânı olsa hikâye her zamanki hikâyeydi. Kısacası heterostili tam olarak ortak bir özellik değildi ama yaygındı.

Darwin ve bahçıvanlar - bölüm 3

Çuhaçiçekleri popüler bahçe bitkileriydi ve on dokuzuncu yüzyılın başları “ayıkulağı, tavşanağzı ve karanfil” yetiştiriciliğine odaklanmış “Çiçek Yetiştiricileri Toplulukları”nın kurulu-

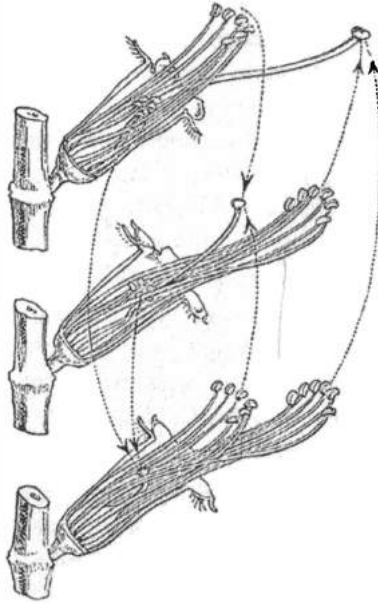
şuna şahit oldu. Görünür bir şekilde Islington ve Chelsea’de kurulan topluluklar “sadece sayısal anlamda en kalabalık olan değil, aynı zamanda onları oluşturan üyeler açısından da en saygınlıydı.” Fakat saygın veya değil, dikkatini türlerin melezleştirilmesine ve yeni kültür varyetelerinin yetiştirilmesine yönlendirenler, çuhaçiçeklerini moral bozucu bir şekilde işbirliği yapmaktan uzak buldular. Dönemin bahçıvanlarından Donald Beaton, “çuhaçiçeğinin kültür varyetelerinin, karşı döllenmenin doğal yasalarına uymadığını” bile iddia etti.

Darwin’in kitabı, döneme hâkim olan karanlığı bir fener gibi aydınlattı. En sonunda birinin neler olup bittiğini çözmesinden kaynaklanan, hayal kırıklığı içermeyen genel bir rahatlama her zamanki gibi *Bahçıvanların Günlüğü* yazarı Maxwell Masters tarafından dile getirildi:

Çiçek yetiştiricileri ve bahçıvanların, söz konusu varyasyonların önemi konusunda en ufak bir fikre sahip olmadan “iğne gözlü” ve “saçak gözlü” üzerinde nesiller boyunca oyalandıklarını fark etmeleri bir miktar aşağılanma ve zamanın boşa harcanması olmadan gerçekleşmedi. Sınırlı bakış açısına sahip olan bir çiçekçinin bakış açısından bile, söz konusu oluşumların anlamı ve yetiştiriciliğe doğrudan pratik etkisi ve keyfi olarak belirlediği standartlara en uyumlu formların seçimi tamamen göz ardı edildi. Sözde botanikçiler, çok az sayıda istisnaya rağmen, hiçbir şekilde daha iyi değildi. En azından bu kadar titiz şekilde gözlemledikleri değişikliklerin nedenleri hakkında kendilerini yormadan, tüyleri birbirinden ayırıp lekelerin durumunu hesap ediyor, bir örneğin tür mü yoksa varyete mi olduğunun kavgasını ediyor, belirli bir cinsin İngiliz temsilcilerinin sayısının iki mi elli mi olduğunu tartışıyorlardı vesaire.

İki form iyidir, üç form daha iyidir

Şimdi Darwin’in belirttiği şekliyle “Tozlaşma yöntemlerinde. ... Başka herhangi bir bitki veya hayvanda bulabileceğinizden daha dikkat çekici bir örnek sunan” heterostili örneklerine geliyoruz. Dünya genelindeki botanik kitaplarında en çok bahsi geçen klasik örnek hevhulma (*Lythrum salicaria*) bitkisidir.



Darwin'in *Aynı Türe Ait Bitkilerde Çiçeklerin Farklı Formları* kitabından, hevhulma (*Lythrum salicaria*) çiçeğinin üç farklı formu, başarılı döllenmeden emin olmak için polenin nereye taşınması gerektiği gösteriliyor.

Darwin *Lythrum* konusunda şunu belirtti:

Bu bitki, stilusun uzunluğu ve eğim derecesi, stigmanın boyutu ve yerleşimi, tohumların sayı ve büyüklüğü bakımından farklılık gösteren üç farklı dişi formunda bulunur. Bunlar, filamentlerin uzunluğu, eğriliği ve rengine (anter boyutu ve özellikle polenlerin renk ve çapına) göre her biri bir düzineden oluşan üç gruba ayrılabilir. Her bir formda yarım düzine bir çeşit ve yarım düzine başka bir çeşit bulunur ancak üç çeşit birden bulunmaz. Üç çeşit stamen, uzunluk bakımından üç çeşit pistille uyumludur. Bu uyum her zaman iki forma ait stamenlerin yarısıyla, üçüncü formun pistili arasındadır.

İşlevsel açıdan:

Üç hermafrodit bir arada olduğu ve polen birinden diğerine taşındığı zaman, düzen mükemmeldir; hiçbir polen israf edilmez ve birlikte uyumda hata yoktur. Kısacası doğa üç her-

mafrodit arasında üçlü birleşme denilen, en karmaşık evlilik düzenlenmesini gerçekleştirir. Her bir hermafrodit diğer iki hermafroditten, dişi organı bakımından oldukça farklı, erkek organları bakımından kısmen farklıdır ve her biri iki erkek tipiyle donatılmıştır.

Bu başınızı döndürmeye yeter ve Darwin'in çabucak fark ettiği gibi *Primula*'dan çok daha karmaşık tozlaşma deneyleri gerekiyordu.

Hiçbir şey, bu bitkinin üreme sisteminin olağanüstü karmaşıklığını, üç formun göreceli döllenme gücünü açığa çıkarmak için on sekiz belirgin grup oluşturma zorunluluğundan daha net bir şekilde göstermez.

Darwin yürüttüğü çalışmanın düzgün bir şekilde yapılmasının güç olduğunu fark etmesine rağmen yine de her zamanki gibi işe koyuldu.

Tozlaşmada olduğu gibi her zaman bazı başarısızlıklar olacaktır, on sekiz grubun her birinin sonucunun bir defa tekrarlanmış olması tavsiye edilebilirdi; fakat yapılacak iş çok büyük olurdu. Beklendiği gibi, 223 grup oluşturdum, yani ortalama olarak bir düzineden fazla çiçeği on sekiz farklı şekilde tozlaştırdım.

Bunu yapmak her zaman kolay değildi:

Bazen arılar ve sinekler tarafından sürekli rahatsız edilirken ve rüzgârlı günlerde on sekiz farklı grup oluşturmaya çalışırken gerçekleştirecek bazı hatalardan kaçınmak oldukça zordu. Arılar sadece birkaç saniyede onarılmaz hatalara sebep olabilecekleri için, bir gün arıların üstü açılan bitkileri ziyaret etmelerini sürekli olarak engellemek için üçüncü bir adam tutmak zorunda kaldım.

Fakat sonunda, ortaya çıkan sonuçlar en azından tatmin edici şekilde çıktı. Eşit uzunluktaki anter ve stilusları arasında bilindik şekilde çaprazlanan altılı grup, alışılmışın dışında çaprazlanan on ikili gruptan ortalama olarak iki kat fazla tohum verdi. Bu detay yığınının ek olarak, Darwin tozlaştırıcısının davranışları üzerine de detaylı gözlemler yaptı. Çiçeklerin, böceklerin genellikle bilindik polenleri taşıyacaklarından tam olarak emin olmak için nasıl tasarlandıklarına dikkat çekti.



Brezilya su bitkisi *Pontederia cordata*, hevhulma gibi üç stilusludur.

Doğal seçilim trimorfik heterostili kadar tuhaf bir şeyle bir defadan fazla ortaya çıkabilir miydi? Görünüşe göre evet; Darwin çok sayıda *Oxalis* türünü incelediğinde, her zamanki sonuçla karşılaştı: Bilindik çaprazlama iyi, alışılmadık

çaprazlama kötüydü. Fakat en şaşırtıcı örnek Brezilya su bitkisi *Pontederia*'ydı. Darwin'in bildiği diğer heterostil bitkilerin hiçbiri monokotil değildi. Monokotiller çimenler ve zambaklardan palmyeler ve orkidelere kadar her şeyi kapsayan büyük bir azınlıktır. Fakat *Pontederia* sadece bilinen tek heterostil monokotil değildi, aynı zamanda en karmaşık trimorfik değişikliği gösterendi.

Tavuklar ve yumurtalar

Darwin bir dâhiydi ve onun dehasının bir göstergesi de bazı çok zor problemlere sıklıkla doğru cevaplar bulmasıydı. Fakat Darwin bir başka ölçüte göre bundan bile büyüktü. Herkesin kafasını kurcalayan bir meseleyi çözmek bir şeydir. Zorlu bir problemin çözüm yolunu bulan ilk kişi olmak ise bambaşka bir şeydir. Tarihteki gerçek büyük dehaların hepsi (Copernicus, Newton, Einstein, levha tektoniği konusunda Alfred Wegener) kimsenin fark etmediği veya daha kötüsü fark ettiği ama ciddiye almadığı problemleri çözdüler.

Darwin heterostili üzerine çalışmasında hiç kimsenin fark etmediği bir problemi çözdü. Her zamanki gibi mütevazı olan Darwin, başarısından anlaşılar şekilde memnundu. Otobiyografisinde belirttiği gibi, “hiçbir keşfim bana heterostili çiçeklerin önemini ortaya çıkardığım zamanki kadar keyif vermedi.” Fakat Darwin'in çalışması fark edemediği bir boyutta, bugün bile tam olarak çözülemeyen bir tartışmaya veya aslında çok sayıda tartışmaya yol açtı.

Darwin heterostilinin karşı tozlaşmayı desteklemek için evrimleşmiş diğer çok sayıdaki adaptasyonlar arasında olmasından memnundu. Her şey bu görüşü destekleme eğilimindeydi. Örneğin Darwin'in belirttiği gibi:

Çiçek yapıları böceklerin yardımıyla karşı tozlaşmaya zaten adapte olmuş bitkiler genellikle böceklerin ziyaretine göre şekillenmiş ve heterostiliye sahip olmaktan çok az veya hiç fayda görmeyen düzensiz bir korollaya sahiptir. Leguminosae, Labiatae, Scrophulariaceae, Orchideae vb gibi düzensiz çiçeklere sahip böyle büyük familyalarda neden tek bir türün heterostiliye sahip olmadığını bu sayede anlayabiliriz.

Kısacası, heterostili karşı tozlaşmanın teşvik etmenin ustaca bir yoludur, fakat bu sonuca ulaşmanın en bariz yolu değildir ve kesinlikle en yaygını olmaktan çok uzaktır.

Modern çalışmalar Darwin'in heterostilinin işlevine dair görüşünü tamamen haklı çıkarmıştır ama aynı zamanda heterostili hakkında kolay çözölemeyen soruları da beraberinde getirmiştir. Mesela Darwin'in defalarca gösterdiği gibi "alışılmadık" tozlaşma "bilindik" tozlaşmadan daha az verimliydi. İncelediği tüm heterostil bitkilerde, farklı formlar fizyolojik olarak tamamen veya kısmen yetersizdi (böyle yetersizliğin fizyolojisi ve genetiği diğer aktif araştırma alanlarıdır). Yani türler arası eşleşme polenin "yanlış" stigmatı döllemesi polendeki basit bir yetersizlik tarafından garanti altına alınabiliyorsa, neden karmaşık morfolojilere sahip olmakla da uğraşsın? Veya daha da basitleştirmek adına, her biri kendi başına yeterliyken, özünde aynı işi yapan iki adaptasyonu neden gerçekleştirsin?

Günümüzde üzerinde genel olarak hemfikir olunan cevap, heterostili gerçekte *dişi* çiçeğin işlevinde küçük farklar meydana getirir. Aynı zamanda (anter ve stigmaları tek bir çiçeğin içinde ayrı tutarak) kendine tozlaşma ihtimalini (böylece polen israfı) azaltırken, *erkek* çiçeğin işlevinde polen yayılmasının etkinliğini artırarak *yaptığı* değişiklik daha etkilidir.

Bu büyük ölçekli evrimsel sorular bırakır: Eğer heterostili her zaman veya en azından genellikle, formlar arasında yetersizlikle birlikte görülüyorsa, hangisi önce evrimleşmiştir? Darwin bu konuda emin olmaktan çok uzaktı: "Bu benim az miktarda aydınatabildiğim anlaşılması çok güç fakat tartışmaya değer bir konu" Fakat heterostil morfolojinin önden evrimleştiğini, yetersizliğin daha sonra az çok kazara ortaya çıktığını fakat bunun büyük bir önemi olmadığını öne sürdü:

Daha olası bir görüş erkek ve dişi organların iki grup bireyle-
rinin karşılıklı hareket için bir anlamda özel olarak uyum
sağlaması ve aynı grup veya formdaki bireyler arasındaki
kısırlığın rastlantısal ve belli bir amaca yönelik olmayan bir
sonuç olduğudur.

Modern görüş yetersizliğin Darwin'in düşündüğü kadar rastlantısal olmadığını yönünde fakat gerçek evrimsel dizilim her iki

yöndeki kuvvetli fikirlerle belirsizliğini koruyor. Fakat Darwin'in bilmediği bir kaynaktan gelen ve detayları ancak yirmi birinci yüzyılda incelenen yeni bir ipucu var. Bildiğimiz gibi Darwin'in bildiği tek heterostil monokotil Brezilya su bitkisi *Pontederia*'ydı. Sadece bu değil, aynı zamanda nergis heterostilisi diğer iki açıdan olağan dışıdır (gerçekten düpedüz garip). İlk olarak, iki tip stilusa sahip olmak ve üç tip stilusa sahip olmak her ikisi de nergis cinsinde görülür. Diğer altmış civarı tür heterostiliye sahip değilken, *Narcissus triandrus* üç stiluslu ve *Narcissus albo-marginatus* iki stilusludur. Bu iki nergis cins içinde farklı seksiyonlarda yer aldığı için heterostili nergislerde en az iki defa bağımsız olarak evrimleşmiş gibi görünüyor.

Darwin'in keşfetmek için heves ettiği ve büyük olasılıkla aynı zamanda onu memnun eden bir başka şey şuydu. Darwin'in inceleme imkânı bulduğu tüm bitkilerden farklı olarak heterostil nergislerin her iki türündeki formlar üreme bakımından yeterliydi. Üretilen tüm polenler tüm stigmalara ulaşabilir, her form diğer formlarla tozlaşabilirler. Diğer bir deyişle, heterostil nergislerde karşı tozlaşmadan emin olma işi uyuşmazlık tarafından desteklenmeden yalnız heterostili tarafından gerçekleştirilir. Bu durum da Darwin'in tamamen haklı olabileceği fikrini kuvvetli şekilde akla getirir.

Heterostili, genler ve süpergenler

Doğal olarak Darwin heterostilinin genetiği üzerine bir tahminde bulunmaya bile cesaret edemezdi. Fakat dimorfik heterostilinin iki formunu ayrı cinsiyetlere sahip türlerdeki erkek ve dişilerle karşılaştırırken konuya çok uzak değildi. Cinsiyet genellikle genetik olarak belirlenir ve insanlarda ve diğer hayvanların çoğunda görüldüğü için bizim için en bilindik sistemlerde, cinsiyet bir çift kromozom, X ve Y, tarafından belirlenir. Y kromozomu erkekliği belirler, yani XY erkek, XX dişidir.

Benzer türde, fakat (tüm kromozom yerine) bir baskın diğeri çekinik bir çift genle alakalı kalıtım genellikle Gregor Mendelin bezelyeler üzerinde yaptığı çalışmalara atıfla Mendelci kalıtım olarak adlandırılır. Genetikçiler artık geleneksel olarak baskın genleri büyük harflerle ve çekinik genleri küçük harflerle belirtiyorlar. Yani örnek olarak, Mendel'in bezelyelerinde mor çiçek-

ler için (M) geni baskın ve beyaz çiçekler için (m) geni çekiniktir. Bitkiler anne ve babanın her birinden söz konusu genin bir kopyasını (teknik olarak *allel*) genetik olarak miras alırlar. M geninin en azından bir kopyasına sahip oldukları sürece çiçekleri mor olur. Bu yüzden mm çiçekler beyaz çiçeklere sahipken, MM ve Mm bitkiler mor çiçeklere sahiptir.



Bitki hibridizasyonu üzerine yaptığı çalışmalar sebebiyle “modern genetiğin babası” olarak tanımlanan Agustinyan katolik rahibi Gregor Mendel. Mendel ve Darwin aynı dönem yaşamışlar fakat hiç tanışmamışlardır. Darwin, Mendel'in çalışmalarından haberdar olmamıştır.

Mendel'in çalışması 1900 senesinde nihayet "yeniden keşfedilince" heterostili tipik bir örnek olarak görüldü. "Genetik" terimini ilk defa kullanan William Bateson'ın 1905'te yazısında belirttiği gibi: "Darwin, Hildebrand ve diğerleri tarafından elde edilen sonuçlar ışığında, Primulaceae ve diğer ordolarda iyi bilinen, uzun stiluslu ve kısa stiluslu olma özelliğinin Mendelci bir kalıtım olması mümkün görünüyor. Deneylerimiz *P. sinensis* örneğinde kısa stiluslu olmanın baskın, uzun stiluslu olmanın çekinik olduğunu gösteriyor." Yani *Primula*'da heterostili (kısa stilus için) baskın S geni ve (uzun stilus için) çekinik s geni klasik bir Mendelci karakterdir; saçak çiçekli bitkiler SS veya Ss ve iğne çiçekli bitkiler ss'dir.

Yoksa öyle mi? Heterostili görüldüğü kadar basit değil, tüm hikâye ancak 2016 yılında yayımlanan çalışmada ortaya çıktı. Başlangıçta "S" tek bir gen değildi, genetik olarak her zaman birlikte aktarılan, birbiriyle çok yakın bağlantılı beş genin bir bileşimiydi; genetikçiler bu tür şeylere *süpergenler* adını veriyor. İkinci olarak, "s" geni yoktur; S süper genine sahip olmayan bitkiler, onun olması gereken yerde sadece hiçbir şeye sahip değildir. Aynı çalışma S süpergeninin eski olduğunu da ortaya koydu. Bildiğimiz evrim hikâyesinde, zaten sahip olduğunuz bir şeyi değiştirebiliyorsanız yeni bir şey icat etmenin bir anlamı yoktur, bu durum başlangıçta normal çiçek gelişiminde düzenlenmiştir. Fakat yaklaşık elli milyon yıl önce, *Primula*'nın ve yakın cinslerinin atasında, bu süpergen kopyalandı ve bu kopyanın yeni bir işe ihtiyacı vardı: Heterostili.

Primula'da heterostilinin genetiğinin ortaya çıkarılmasına ilişkin iki ilginç ilave yazı var. Söz konusu araştırmanın (ve aynı konuda başka pek çok şeyin) arkasındaki beyin East Anglia Üniversitesi'nden Profesör Philip Gilmartin'dir. Gilmartin bu yayını anlatan basın bülteninde şöyle diyor: "Bu çalışma Darwin zamanından beri sorulan çok önemli bazı soruları cevaplıyor. Bana gelince, ben ilk *Primula* tohumu paketimi yirmi yıl önce aldım." Bu tohumlar neredeydi? Gilmartin buluşunun tamamen bir paket *Primula* tohumuyla başladığını söylemek için tohum satıcısı Thompson ve Morgan'ın adını verdi ve bunu kanıtlamak adına elinde 1995 Thompson ve Morgan kataloğu vardı. Söz konusu varyete *Primula* "Mavi Jean" idi; anlaşılan *Primula* var-

yetesinin bu özel F1 hibridi, onun araştırmasına temel oluşturan çok homojen bir ana hat verdiği için çok önemliydi.

Darwin ve Mendel

Darwin ve Mendel aynı dönemde çalışıyorlardı fakat hiç tanışmadılar ve söyleyebildiğimiz kadarıyla Darwin Mendel'in çalışmalarından tamamen habersizdi. Fakat Darwin Mendel'in çalışmasını keşfetmeye ne kadar yaklaşmıştı? Bu soruya belki biraz dram eklemek için oluşturulmuş popüler bir hikâye var. Darwin Down House'daki kütüphanesinde Mendel'in önemli yayınının bir kopyasına sahipti. Ne var ki sayfalar açılmamış durumdaydı ve Darwin yayını hiç okumamıştı. Fakat bu bir şehir efsanesi gibi görünüyor. Söz konusu derginin hiçbir kopyası Darwin'in kütüphanesinin kataloğunda ne günümüzde ne de şimdi kaydedilmemiştir.

Eğer Darwin Mendel'in makalesini okumuş olsaydı ne olurdu sorusu bilim tarihinin en büyük "eğer" sorularından biri olmaya devam ediyor.

Darwin'in kalıtım sorununu çok açık biçimde anladığını biliyoruz. *Türlerin Kökeni*'nde yazdığı gibi:

Kalıtımı düzenleyen kurallar oldukça bilinmez durumda. Aynı türün farklı bireylerinde veya farklı türlerin bireylerdeki bir farklılığın neden bazen genetik olarak aktarıldığını ve neden bazen aktarılmadığını hiç kimse söyleyemez. Bir çocuk neden genellikle belirli karakterlerde büyükbabasının veya büyükannesinin veya diğer uzak akrabalarının özelliklerini gösterir? Bir farklılık neden genellikle bir cinsiyetten iki cinsiyete veya tek cinsiyete daha yaygın olarak aktarılır fakat sadece aynı cinsiyete aktarılmaz?

Mendel'in çalışması bu soruların kesin cevabını (veya en azından bir cevabı) içerdiği için Darwin'in bunun önemini anlamadığını düşünmek oldukça zor. Mendel'in çalışması bu sayede otuz yıl boyunca bilinmezlik içinde kaybolmayabilirdi, evrimsel biyoloji ve genetiğin sentezi nihai sentezi çok daha erken ortaya çıkabilirdi ve aslında tüm biyoloji tarihi oldukça farklı olabilirdi.

Mendel'in kendisi, doğal olarak Darwin'in çalışmasından haberdardı fakat arada bağlantı kuramadı. Diğer taraftan Mendel dikkatli ve sabırlı bir araştırmacıydı, Darwin ise bir dâhiydi.

bölüm 5

LAHANA TARLASININ GİZEMLERİ

Evcilleştirilen hayvanlar ve kültüre alınan bitkilerin çeşitliliği (1868)

Darwin *Türlerin Kökeni*'nin 1859'da yayımlanmasından sonra bile “doğa kanunlarını” destekleyecek kanıtlar toplamaya devam etti. İlk ciltte: modifikasyon, varolma mücadelesi, en uygun olanın hayatta kalması ve özellikle aşamalı evrimin ana hatlarını belirtti. 1872'de yayımlanan altıncı baskıda *Türlerin Kökeni*'nin boyutu üç katına çıkmıştı ve yeni bulguların büyük çoğunluğu bitkilerle alakalıydı.

Darwin'in altı kitabı özünde muazzam botanik çalışmaları-
nın bir ürünü olarak tamamen bitkilere ayrılmıştı. Darwin bu
çalışmalarına ek olarak, gözlemlerinin bir özeti olan ve aslında
Türlerin Kökeni'nin birinci bölümüne çok geniş bir ek anlamına
gelen *Evcilleştirilen Hayvanlar ve Kültüre Alınan Bitkilerin
Çeşitliliği* kitabını da yayımladı. Bu çalışmada, kitabın okuru
“pek çok ifadeyi güvene dayalı kabul etmek durumundadır.”
dedi. Fakat sonunda bu çalışmada, hakkında her şeyi bilmek
isteyebileceğiniz ancak nispeten kısaca ele alınan bir konu da
vardı: “doğal” ve “yapay” seçilim arasındaki benzerlik:

Bu nedenle, insanın devasa ölçekte bir deney yaptığı söylene-
bilir; doğanın uzun zaman aralıklarında hiç durmadan tekrar-
ladığı bir deney. Bu yüzden takip ettiği evcilleştirme ilkeleri
bizim için önemlidir. Temel sonuç, bu şekilde muamele edilen
canlı varlıklar büyük ölçüde çeşitlilik gösterir ve bu çeşitlilik
genetik olarak aktarılır.

Aslında “doğal seçim” terimi doğrudan eğer biyolojik çeşitlilik insanlar tarafından seçilebiliyorsa, şüphesiz ki yapabiliyor, doğal çevrenin de özellikle hayal edemeyeceğiniz kadar uzun bir zaman dilimde aynısını yapabileceği fikrinden gelir.

Bu terim, insanın seçim etkisiyle kültüre alınmış ırkların üretimi, varyetelerin ve türlerin doğada olağan olarak korunmasını birbirine bağlayan çok iyi bir terimdir.

Darwin varyasyonun bu süreç tarafından yaratıldığını düşünmeye gerek olmadığını, tüm gerekli olanın seçim olduğunu belirtmeye özen gösterdi:

“Doğaya müdahale eden” ve çeşitliliğe sebep olan insandan bahsetmek bir hatadır. Canlı varlıklar doğuştan değişkenlik gösterme eğiliminde olmasaydı, insanlık hiçbir şey yapamazdı. İnsan hayvanlarını ve bitkilerini istemsiz olarak çeşitli yaşam koşullarına maruz bırakır ve insanın önleyemediği ve kontrol edemediği çeşitlilik bunun peşinden gelir.

Evcilleştirilen Hayvanlar ve Kültüre Alınan Bitkilerin Çeşitliliği kitabı başlığının da belirttiği gibi bitkiler ve hayvanları kapsar fakat biz sadece bitkisel yarısıyla ilgileneceğiz. Ayrıca hiçbir büyük bilimsel prensibi tehlikeye atmayan bu kitap bizim daha önce incelediğimiz altı kitaptan oldukça farklı. *Kültüre Alınmada Çeşitlilik* basitçe şunu söyler: *Türlerin Kökeni*’ndeki en önemli görüşü ve eğer bu görüşü destekleyen bütün delilleri istiyorsanız, burada ziyadesiyle bulabilirsiniz.

Darwin okurlarına sık sık, kitaplarındaki tüm ayrıntıların doğrudan sonuca gitmek isteyenler için tam olarak gerekli olmadığı tavsiyesinde bulundu. Burada aceleci bir mizacı olanlara verdiği tavsiye açıktır:

Herhangi bir öneri veya sonucu desteklemek için sayısız ayrıntı vermeyi gerekli bulduğum yerlerde, küçük punto kullanıldı. Bence kitabın okuru, sonuçlardan şüphe duymuyor veya detayları önemsemiyorsa, bu kısımları kolayca atlayabildiği bu sunumu elverişli bulacaktır.

Bütün bunlara rağmen, sadece bahçecilik bilimindeki etkisi geniş kapsamlı olduğu için, *Kültüre Alınmada Çeşitlilik*’i tamamen göz ardı etmek hata olurdu.

Meyve, sebze ve çiçekler

Darwin, kültür bitkilerinin çeşitliliğini ve kökenlerini araştırmanın aşılması zor engellerle karşı karşıya olduğunu fark etti:

Kültür bitkilerinin çeşitliliği hakkında, evcilleştirilmiş hayvanlar konusunda olduğu gibi çok fazla ayrıntıya girmeyeceğim. Bu konu çok miktarda zorluk içeriyor. Botanikçiler genellikle altında yatanı fark ettiklerinde, kültür çeşitlerini ihmal etmişlerdir. Çoğu durumda doğadaki ilk örnek bilinmiyor veya yanlış biliniyor. Diğer bazı durumlarda ekili alanlardan kaçan fidelerle tamamen doğal bitkileri ayırt etmek pek mümkün değil. Bu yüzden, varsayılan herhangi bir değişiklik miktarını değerlendirmek için güvenli bir karşılaştırma standardı yoktur. Eski zamanlarda kültüre aldığımız bitkilerin birçoğunun ilk ortaya çıkan ebeveyn biçimlerini tanımanın mümkün olmayacağı şekilde derinlemesine değiştirildiğini düşünen botanikçilerin sayısı az değil. Bunların bazılarının tek bir türden mi yoksa çaprazlama ve varyasyonla içinden çıkılmayacak şekilde karışık çok sayıda türün soyundan mı gelmiş olduğu eşit derecede kafa karıştırıcıdır.

Veyahut Darwin'in sebzeler ve meyve ağaçları hakkındaki notlarını gözden geçirdikten sonra Hooker'a yazdığı mektupta belirttiği gibi, "korkunç iş herhangi bir sonuca varmıyor."

Sizi uyarmıştım. Yine de bazı ilkeler açıldı. Mesela, her ne kadar seçilimin hedefi, bu seçilimin sonucu olarak değişse de seçilmeyen kısımlar aynı kalma eğilimindedir. Dolayısıyla Darwin, (Brüksel lahanasından karnabahar ve alabaşlara kadar) mütevazı kabağın yenilebilen kısımlarında seçilimin açığa çıkardığı şaşırtıcı miktardaki değişimden etkilenmesine rağmen, bunların çiçekleri, tohum kabukları ve tohumları çok değişmez.

Bir yandan lahananın çeşitli tiplerinin yaprak ve gövdelerini çiçek, kabuk ve tohumlarıyla ve diğer yandan mısır ve buğday çeşitlerinde bunlara karşılık gelen parçalarla karşılaştırsak, farklılık anlamında ne karşılık görülür! Açıklama gün gibi açık; tahıllarımızda tohumlar tek başına değerlidir ve değişimleri seçilmiştir; tohumlar, tohum kabukları ve çiçekler lahanada tamamen ihmal edilirken, eski Keltler tarafından kültüre alınan lahanalarda yapraklarındaki ve gövdelerindeki birçok faydalı varyasyonlar fark edilmiş ve son derece uzun bir dönem korunmuştur.

Darwin ayrıca bu değişimin ne kadar çabuk seçilebileceğine de şaşırdı. Turpla ilgili olarak, M. Carrière, doğal *Raphanus raphanistrum*'un tohumunu verimli topraklarda ekerek ve birkaç kuşak boyunca seçime devam ederek, kökleri bakımından kültüre alınmış turp'a (*R. sativus*) benzeyen birçok çeşit yetiştirmiştir. Bugüne kadar kültüre alınmış turpun kökeni gizemi koruyor; kendisi dört bin yıldan fazla bir süredir yetiştirilmiş ve yenilmiş olup yabancı bir bitki olarak bilinmemektedir. Belki de uzak atalarımız, M. Carrière'nin iştah kapatıcı bir otu salataya lezzetli bir ek haline getirirken yaşadığı kadar az sorun yaşamıştır?

Lahanadan devam. Darwin kültüre alınan tek türün *Brassica* olmadığını belirtti:

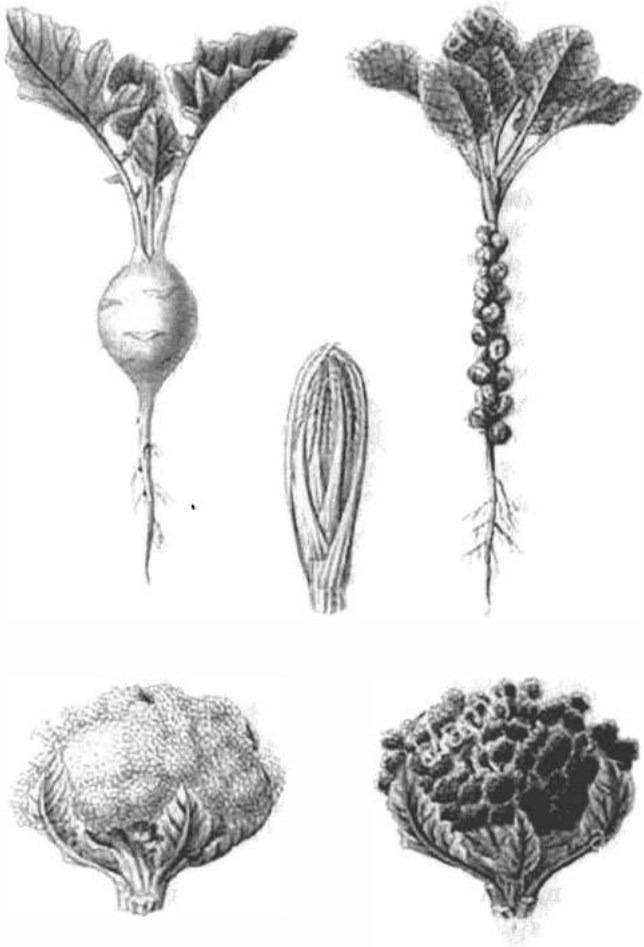
Godron ve Metzger'in görüşüne göre *Brassica* cinsinin diğer kültüre alınmış formları iki türden, *B. napus* ve *B. rapa* türlerinden fakat başka botanikçilere göre üç türden kökenlenmiştir. Diğerleri ise, doğal ve kültüre alınmış tüm bu formların tek bir tür olarak değerlendirilmesi gerektiğinden kuvvetli şekilde şüpheleniyorlar.

Darwin kafası lahanagiller yüzünden karışan ilk (veya son) kişi değildi. İlk etapta, *Brassica napus* ve *Brassica rapa*'dan biri kolza (Kuzey Amerika'da kanola) bitkisi ise, genel kanı kesinlikle *Brassica rapa* olması gerektiğini söyler, ama aslında *Brassica napus*'tur.

Bir, iki veya üç tür mü olduğu konusundaki tartışmalara gelince, kolza doğru dürüst bir tür bile olmadığı için (aslında *Brassica oleracea* (lahana) ve *Brassica rapa* (şalgam) arasında bir hibrittir) doğru cevap bir buçuktur. Ayrıca sadece kültür ortamında bulunur ve gerçek bir doğal bitki olarak bilinmez.

Sakız kabağı ve kestane kabağı yüzünden, atalarımızın bize bıraktığı kültüre alınmış bitkiler hakkında herhangi bir şey söylemek mümkün değil.

Günümüzde *Cucurbita* cinsi içinde altı tür ayırt edilir; bunların yalnızca tüm bal kabağı, su kabağı, kestane kabağı ve sebze kabağını içeren *C. maxima* ve *C. pepo* ve *C. moschata* adlı üçü kültüre alınmıştır ve bizim için problem oluşturur. Bu üç türün doğal formları bilinmiyor.



Lahanagillerin kültüre alınmış bazı tür ve varyeteleri.

Darwin'in Down House'da çok yeri olması bir şanstı. İnanılmaz çabasının sadece bir örneği olarak, sadece altınçileğin 54 varyetesini yetiştirmişti. Bu onun sadece belirli seçim nesnesinin değiştiği ilkesine göre, meyvelerin çeşitliliğinin sık görüldüğünü fakat çiçeklerin çoğunlukla ayrılmadığını biraz

güvenle söylemesini sağladı. Darwin'in dediği gibi daha kötü olabileceğini unutmayın:

1842 yılı Bahçecilik Topluluğu Kataloğunda 149 varyete ve 300 ismin yazılı olduğu Lancashire fidanlık bahçıvanları listesi bulunuyor. 1862 yılına ait 'altınçilek yetiştiricileri sicilinde' çeşitli zamanlarda ödül kazanmış 243 farklı varyete buldum.

Darwin, İngilizlerin kuzey ve orta bölgelerinde yetişen altınçilek konusunda Viktorya dönemi çılgınlığının zirvesinde yazdığı için şanslıydı (veya bakış açınıza göre şansızdı). RHS Bitki Kâşifi günümüzde yirmiden az varyete listeliyor.

Down House'da hâlâ altınçilek yetişiyor fakat şu anki baş bahçıvanın bana hatırlattığı gibi, Darwin tarafından yetiştirilen tüm çeşitler Avrupa'ya yirminci yüzyıl başında ulaşan Amerikan altınçilek küfüne karşı büyük ihtimalle oldukça duyarlıydı. Bugün gerçekten sadece günümüz dayanıklı çeşitleri yetiştirmeye değer; ne yazık ki 'Roaring Lion', 'Highwayman' ve 'Henderson's Porcupine' büyük ihtimalle sonsuza dek yok oldu.

Bahçe çiçekleri daha iyi değildi ve belki de daha kötüydü:

Çeşitli nedenlerle uzun süre çiçekleri için yetiştirilen bitkilerin değişkenliğini ele almamalıyım. En beğendiğimiz türlerin çoğunun şu anki hali iki veya daha fazla türün çaprazlanmış veya birbirine karışmış torunlarıdır ve bu durum tek başına, varyasyon nedeniyle oluşan farklılığın tespitini zorlaştırabilir. Örnek vermek gerekirse, bizim güllerimiz, petunyalarımız, çantaçiçeklerimiz, fuşyalarımız, mineçiçeklerimiz, kılıçotlarımız, sardunyalarımız ve diğerleri kesinlikle çoklu kökene sahipler.

Darwin, ebeveynliği (belki) makul derecede iyi anlaşılan bir şeyle karşılaştığında yaşadığı rahatlamayı neredeyse hissedebilirsiniz:

Bu çiçeğin geçmişi oldukça iyi biliniyor gibi görünüyor; 1867'de Evelyn'in bahçesinde yetiştiriliyordu fakat 1810-1812'ye kadar, Leydi Monke tanınmış çiçekçi Bay Lee'yle beraber etkili bir şekilde kültüre almaya başladığı zaman varyeteleri yoktu. Birkaç yıl içinde 20 varyete üretililebilecekti.

Fakat işler hızla kontrolden çıktı ve 1835'te "tamamen bu çiçeğe ayrılmış bir kitap yayımlandı ve dört yüz farklı varyete

satışa çıktı.” Darwin’in önceki iyimserliğinin tükendiğini neredeyse hissedebilirsiniz:

Fakat daha yakından soruşturduğum zaman, her ne kadar varyeteler oldukça yeni olsalar da ebeveynlik konusunda çok fazla kafa karışıklığı ve şüphenin hâkim olduğunu keşfettim. Çiçekçiler bu varyetelerin, *V. tricolor*, *V. lutea*, *V. grandiflora*, *V. amoena* ve *V. altaica* olarak bilinen, az çok karşılıklı çaprazlanan, çok sayıda doğal soydan kökenlendiğine inanıyor. Bu formların tür olarak değerlendirilip değerlendirilmediğini öğrenmek için botanik çalışmalara baktığımda, eşit şüphe ve karışıklık buldum.



Doğal menekşe veya hercai menekşe (*Viola tricolor*), kültüre alınmış bahçe menekşelerinin çok sayıdaki atalarından biri.

Darwin ve bahçıvanlar - bölüm 4

Evcilleştirmeye Çeşitlilik'in bilimsel olarak büyük bir ilerleme içermemesi önemli değildi; evcilleştirmeye çeşitlilik bahçıvanlıkla ilgili her şeydi ve *Gardeners' Chronicle*'daki tepki mutluluk vericiydi:

Hayranlık uyandıran bir İngilizceyle yazılmış, bilimsel terimler kullanılmayan, ortalama bir eğitim almış insanların anlayabileceği, berrak bir biçimde düzenlenmiş ve titiz bir şekilde sıralanmıştı. Ülkede, sanatının tarihi veya teorisine dair herhangi bir merakı olup keyif alarak ve yararlanarak okumayacak ve bir gerçekler deposu olarak (bunu yine söyleyebilirsiniz) değer mi verdiğini veya gözlemlemek ve düşünmek için bir teşvik olarak mı gördüğünü söylemeyi zor bulmayan bir bahçıvan yoktur. İşvereni bir avcı mı? Avlak bekçisi, ahır bakıcısı veya tazı yetiştiricisinin atlar ve köpeklerin bireyleri ve üremeleriyle ilgili hiçbir zaman aklına gelmeyen türden bilgileri Bay Darwin'in sayfalarında bulabilir. Bir çiftçi mi? İşte hayvanlar, domuzlar, koyunlar ve keçilerle ilgili hiçbir profesyonel yetiştiricinin nicelik veya doğruluk bakımından boy ölçüşemeyeceği ve doğru olmadığı için değil fakat deneyimli kabul edilen insanlar hayvanlar hakkında kendilerini tam olarak ilgilendiren şeyin ötesindekilerle ilgilenmediği için çok azının inanabileceği veya fark edebileceği hikâye ve gözlemler. Leydisi kümes hayvanı meraklısı mı veya kuş kafesi mi var? Bahçıvanı burada kanarya ve tavuskuşundan hindi ve kaza kadar her büyüklük, ses ve davranıştaki evcil kuşlar hakkında bir bilgi hazinesi bulacak. Son olarak, efendisinin çocukları tavşanlar, güvercinler, bal arıları, japon balıkları veya ipekböcekleri hakkında tavsiyelerini mi istiyor? Eğer öyleyse, işte, her birinin doğa tarihin ustaca beceri ve özgünlükle ele alınmış gariplikleri.

Gerçekten de iyi malzeme, ancak böyle bir incelemeyi satın alma konusunda teşvik edilen pek çok avcı veya kümes hayvanı meraklısı, Darwin'in "gerçekler hazinesine" hızlı bir bakış attıktan sonra muhtemelen şömine yanındaki koltuklarındaki derin bir uykudan onlara neyin çarptığını merak ederek uyana-caklardır. Bir bahçecilik dergisindeki bir incelemenin bile

tamamen köpekler, koyunlar, kanaryalar ve japon balıklarıyla ilgili olması, Darwin'in kültür bitkilerinin kökenleri ve evrimi hakkında herhangi bir sonuca varmakta yaşadığı zorluğa ilişkin bize çok şey söyler. Sosyal tarih üzerine küçük bir yorum girişiminde bulunacak olursak, 1868'de "bahçıvanın" efendinin ya da leydinin emrinde çalışması gibi bir ön kabulün olması ilginçtir. Bugün "efendisinin çocuklarının" kaç tanesinin ipekböceği hatta japon balığı bulundurduğunu ben de merak ediyorum.

Evcilleştirmeye Çeşitlilik'in yayımlanmasından sadece birkaç ay sonra, Kraliyet Bahçecilik Topluluğu "fiziyojji uygulamaları ve uygulamalı kültür amaçlı botanik ve bahçecilik konularının aydınlatılmasında yardımcı olabilecek deneyleri başlatmayı" teşvik etmek ve desteklemekle sorumlu Bilimsel Komitesinin kuruluşunu duyurdu. Darwin, ("en uygun olanın hayatta kalması" terimini icat eden) Herbert Spencer gibi bu komitenin kurucu üyelerinden birisiydi. Bu ilk komitenin günümüz bahçıvanlarına tanıdık gelecek diğer üyelerine bitki avcısı Robert Fortune ve Biddulph Grange'daki ünlü bahçenin kurucusu James Bateman da dahildi.

SONSÖZ

Babasının botanik çalışmalarına ilişkin Francis Darwin'in anılarından birkaç alıntıyla kitabı bitirmeliyim diye düşünüyorum. Bence bu sözler Charles Darwin'i her şeyden daha iyi özetliyor:

Yaşamının sonuna kadar botanikçi olduğunu iddia etmedi veya en azından alıntı yapmayı sevdiği Nägeli'ye atfedildiği gibi "bir bitkiyi diğerinden ayıramayan botanikçilerden" olmadı. Bu yüzden Fransız Enstitüsü'nün Botanik Bölümü'ne seçiliyor olması hakkında Asa Gray'e şöyle yazdı: 'Bilgimin genişliği, papatyanın kompozit bir bitki ve bezelyenin de legümen bir bitki olduğunu bilmekten biraz fazla olduğu için Botanik Bölümü'ne seçilmem bir şaka olmalı.'

Özellikle, canlıların mekanizmalarını anlama konusundaki karşı konulmaz arzusu nedeniyle orkidelerin ve diğerlerinin tozlaşmasının yollarını incelemeye devam etti. Mekanizmaların açıklanmasında, doğadaki en büyük biçimlendirme kuvveti olarak doğal seçilimin geçerliliğini desteklemek adına en parlak kanıtları sağladığı doğrudur. Fakat amacının bu olduğunu sanmıyorum, bu daha çok yapmaktan keyif alındığı için yapılan çalışmanın bir yan ürünüydü.

Herhangi bir şey yapmanın daha iyi bir nedeni var mı?

TEŞEKKÜRLER

Her şeyden önce büyük adamın kendisine teşekkürler. Akademik çalışmalar yapan biyologlar için Darwin'e hayran olmak az çok zorunludur fakat tam olarak ne yazdığına ayrıntılı olarak dikkat etmek noktasında aynı şey genellikle geçerli değildir. Botanik alanındaki kendine özgü eserini okumaya başlayana kadar Darwin'i gerçekten takdir ettiğimi sanmıyorum. Çalışmaları sayesinde Darwin'i gündeme getirmemi sağlayan tüm bilim insanlarına sonsuz teşekkürler. Kimileri bilinçli olarak Darwin'in izinden gidiyor kimileriye gitmiyordu. Ancak son zamanlardaki araştırmalarda Darwinci düşünme tarzını görmek çok eğlenceliydi. Kaynaklar kısmında tüm önemli kaynaklarıma atıf yapmak için elimden geleni yaptım.

Sadece bilgilerini değil aynı zamanda bu mekâna olan bariz sevgilerini paylaşmak için bir öğleden sonralarını bana ayıran Down House'ın Baş Bahçıvanı Antony O'Rourke ve gönüllü Terry Pyle'a özel bir teşekkür.

Profile Books'tan Mark Ellingham'a çok çok teşekkürler, özellikle de bana kalsa yazacağım şeyden daha çok beni yazılması gereken bir kitabı yazmaya ikna ettiği için. Her zamanki gibi, eğer bu kitap şimdi bir şekilde iyiye Mark övgünün çoğunu alabilir. Henry Iles'a tasarım için, Susanne Hillen'a son okumalar için, Bill Johncocks'a izin için ve xxxx xxxx'e mükemmel yemyeşil kapak için içten teşekkürler.

Her zaman olduğu gibi, Darwin'le uğraşırken bana katlanan arkadaşlarıma ve aileme teşekkürler. Özellikle de Pat, Rowan ve Lewis'e.

Kaynaklar

Genel Kaynaklar

Darwin'in yazılı tüm çalışmaları www.darwin-online.org.uk ve yazışmaları Darwin Correspondence Projesi: www.darwinproject.ac.uk adresinde bulunabilir. 2009 yılı Charles Darwin'in doğumunun 200. yılı ve Türlerin Kökeni'nin yayımlanmasının 150. yılı olarak kabul edildi. Sürpriz olmayan bir şekilde, çok sayıda bilimsel dergi geçmişi kapsayan eserler yayımlama fırsatı buldu. Botanik alnına ait örneklerin bir seçkisini aşağıda bulabilirsiniz (Başkalarının da olduğuna şüphe yok fakat bunlar benim okuduklarım):

- Edwards, W. & Moles, A.T. (2010) Re-contemplate an entangled bank: *The Power of Movement in Plants* revisited. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 162, S29-S36.
- Isnard, S. & Silk, W.K. (2009) Moving with climbing plants from Charles Darwin's time into the 21st century. *American Journal of Botany*, 96, 1205-1221.
- Kutschera, U. & Briggs, W.R. (2009) From Charles Darwin's botanical country-house studies to modern plant biology. *Plant Biology*, 11, 785-795.
- Weller, S.G. (2010) The different forms of flowers – what have we learned since Darwin? *Botanical Journal of the Linnean Society*, 162, S114-S126.
- Whippo, C.W. & Hangarter, R.P. (2009) The “sensational” power of movement in plants: A Darwinian system for studying the evolution of behavior. *American Journal of Botany*, 96, 2115-2127.

Bölüm 1

Tırmanıcı bitkilere güzel bir genel bakış için Gianoli, E. (2015) The behavioural ecology of climbing plants. *Aob Plants*, 7, plv013.

Sarılcı bitkilerin büyük çoğunluğunun bir sağlık sarmalla sarıldığı burada gösteriliyor, Edwards, W., Moles, A.T., & Franks, P. (2007) The global trend in plant twining direction. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 795-800.

Cayratia japonica'da kendi kendini ayırt etme/etmeme burada anlatılıyor, Fukano, Y. & Yamawo, A. (2015) Self-discrimination in the tendrils of the vine *Cayratia japonica* is mediated by physiological connection. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 282, 139-145.

Tırmanıcı bitkilerde sülüklerin fizyolojisi hakkında eski ama iyi bir makale, M.J. & Galston, A.W. (1968) Physiology of tendrils. *Annual Review of Plant Physiology*, 19, 417-434.

Sülüklerde G-fibrillerinin rolü burada anlatılıyor, Bowling, A.J. & Vaughn, K.C. (2009) Gelatinous fibers are widespread in coiling tendrils and twining vines. *American Journal of Botany*, 96, 719-727.

Sarmaşıktaki yapışkanın karmaşıklığı üzerine 3 makale:

Lenaghan, S.C., Burris, J.N., Chourey, K., Huang, Y., Xia, L., Lady, B., Sharma, R., Pan, C., LeJeune, Z., Foister, S., Hettich, R.L., Stewart, C.N., Jr., & Zhang, M. (2013) Isolation and chemical analysis

of nanoparticles from English ivy (*Hedera helix* L.). *Journal of the Royal Society Interface*, 10, 20130392.

Melzer, B., Steinbrecher, T., Seidel, R., Kraft, O., Schwaiger, R., & Speck, T. (2010) The attachment strategy of English ivy: a complex mechanism acting on several hierarchical levels. *Journal of the Royal Society Interface*, 7, 1383-1389.

Xia, L., Lenaghan, S.C., Zhang, M., Wu, Y., Zhao, X., Burris, J.N., & Stewart, C.N., Jr. (2011) Characterization of English ivy (*Hedera helix*) adhesion force and imaging using atomic force microscopy. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 1029-1037.

Yapıştırıcı olmadan tırmanma burada anlatılıyor, K., Melzer, B., & Speck, T. (2012) The complex leaves of the monkey's comb (*Amphilophium crucigerum*, Bigoniaceae): a climbing strategy without glue. *American Journal of Botany*, 99, 1737-1744.

Monstera'da tırmanma burada anlatılıyor, Strong, D.R. & Ray, T.S. (1975) Host tree location behavior of a tropical vine (*Monstera gigantea*) by skototropism. *Science*, 190, 804-806.

Syngonium'da tırmanma burada anlatılıyor, Ray, T.S. (1987).

Syngonium'da (Araceae) döngüsel heterofili, *American Journal of Botany*, 74, 16-26.

Bukalemun sarmaşığında yaprak taklidinin keşfi burada anlatılıyor, Gianoli, E. & Carrasco-Urra, F. (2014) Leaf mimicry in a climbing plant protects against herbivory. *Current Biology*, 24, 984-987.

Karışık turmanıcı *Galium aparine*'de turmanma hakkında 2 makale:

Bauer, G., Klein, M.-C., Gorb, S.N., Speck, T., Voigt, D., & Gallenmueller, F. (2011) Always on the bright side: the climbing mechanism of *Galium aparine*. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 278, 2233-2239.

Goodman, A.M. (2005) Mechanical adaptations of cleavers (*Galium aparine*). *Annals of Botany*, 95, 475-480.

Bölüm 2

Aşağıdaki makaleler bitkilerde hareketle ilgili kullanışlı bilgiler içeriyor. Vogel'in makalesi bitkiler ve hayvanlarda hızlı hareket konusuna mükemmel bir başlangıç:

Dumais, J. & Forterre, Y. (2012) "Vegetable Dynamics": The role of water in plant movements. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 44, 453-478.

Forterre, Y. (2013) Slow, fast and furious: understanding the physics of plant movements. *Journal of Experimental Botany*, 64, 4745-4760.

Hill, B.S. & Findlay, G.P. (1981) The power of movement in plants: the role of osmotic machines. *Quarterly Reviews of Biophysics*, 14,

173-222.

Martone, P.T., Boller, M., Burgert, I., Dumais, J., Edwards, J., Mach, K., Rowe, N., Rueggeberg, M., Seidel, R., & Speck, T. (2010) Mechanics without muscle: Biomechanical inspiration from the plant world. *Integrative and Comparative Biology*, 50, 888-907.

Morillon, R., Lienard, D., Chrispeels, M.J., & Lassalles, J.P. (2001) Rapid movements of plants organs require solutewater cotransporters or contractile proteins. *Plant Physiology*, 127, 720-723.

Vogel, S. (2005) Living in a physical world - II. The bioballistics of small projectiles. *Journal of Biosciences*, 30, 167-175.

Vogel, S. (2005) Living in a physical world - III. Getting up to speed. *Journal of Biosciences*, 30, 303-312.

Bitki büyümesinin ışığa cevabı (Fototropizma) burada inceleniyor, Christie, J.M. & Murphy, A.S. (2013) Shoot phototropism in higher plants: new light through old concepts. *American Journal of Botany*, 100, 35-46.

Mimosa pudica'da hareket hakkında bazı makaleler:

Fleurat-Lessard, P., Frangne, N., Maeshima, M., Ratajczak, R., Bonnemain, J.L., & Martinoia, E. (1997) Increased expression of vacuolar aquaporin and H⁺-ATPase related to motor cell function in *Mimosa pudica* L. *Plant Physiology*, 114, 827-834.

- Gagliano, M., Renton, M., Depczynski, M., & Mancuso, S. (2014) Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, 175, 63-72.
- Jensen, E.L., Dill, L.M., & Cahill, J.F., Jr. (2011) Applying behavioral-ecological theory to plant defense: lightdependent movement in *Mimosa pudica* suggests a trade-off between predation risk and energetic reward. *American Naturalist*, 177, 377-381.
- Kameyama, K., Kishi, Y., Yoshimura, M., Kanzawa, N., Sameshima, M., & Tsuchiya, T. (2000) Tyrosine phosphorylation in plant bending - Puckering in a ticklish plant is controlled by dephosphorylation of its actin. *Nature*, 407, 37-37.
- Bitki zekâsı aşağıdaki makalelerde tartışılıyor:
- Calvo Garzon, P. & Keijzer, F. (2011) Plants: Adaptive behavior, root-brains, and minimal cognition. *Adaptive Behavior*, 19, 155-171.
- Trewavas, A.J. & Baluska, F. (2011) The ubiquity of consciousness. *Embo Reports*, 12, 1221-1225.
- Mancuso, S. & Viola, A. (2015) *Brilliant Green: The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Island Press, Washington DC.
- Gagliano, M. (2015) In a green frame of mind: perspectives on the behavioural ecology and cognitive nature of plants. *Aob Plants*, 7.
- Gagliano, M., Vyazovskiy, V.V., Borbély, A.A., Grimonprez, M., & Depczynski, M. (2016) Learning

by association in plants. *Scientific Reports*, 6, 38427.

Ayçiçeklerinin kafalarının hareketi burada inceleniyor, Vandenbrink, J.P., Brown, E.A., Harmer, S.L., & Blackman, B.K. (2014) Turning heads: The biology of solar tracking in sunflower. *Plant Science*, 224, 20-26.

Eğrelti sporangiyumlarının mancınığının çalışması burada anlatılıyor, Noblin, X., Rojas, N.O., Westbrook, J., Llorens, C., Argentina, M., & Dumais, J. (2012) The fern sporangium: a unique catapult. *Science*, 335, 1322-1322.

Atkuyruğu sporu burada anlatılıyor, Marmottant, P., Ponomarenko, A., & Bienaimé, D. (2013) The walk and jump of *Equisetum* spores. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 280, 20131465.

Olağanüstü *Nuytsia floribunda* burada anlatılıyor, Calladine, A. & Pate, J.S. (2000) Haustorial structure and functioning of the root hemiparasitic tree *Nuytsia floribunda* (Labill.) R.Br. and water relationships with its hosts. *Annals of Botany*, 85, 723-731.

Bölüm 3

Etçil bitkilere genel bakışın üç mükemmel incelemesi: Chase, M.W., Christenhusz, M.J.M., Sanders, D., & Fay, M.F. (2009) Murderous plants: Victorian Gothic, Darwin and modern insights into vegetable carnivory. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 329-356.

- Ellison, A.M. & Gotelli, N.J. (2001) Evolutionary ecology of carnivorous plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 623-629.
- Krol, E., Plachno, B.J., Adamec, L., Stolarz, M., Dziubinska, H., & Trebacz, K. (2012) Quite a few reasons for calling carnivores 'the most wonderful plants in the world'. *Annals of Botany*, 109, 47-64.
- Roridula*, böcekler ve örümcekler arasındaki ortak yaşam ilişkisi burada anlatılıyor, Anderson, B. & Midgley, J.J. (2002) It takes two to tango but three is a tangle: mutualists and cheaters on the carnivorous plant *Roridula Oecologia*, 132, 369-373.
- Roridula*'nın yapıştırıcısı ve böceklerin ondan nasıl kaçındığı hakkındaki çalışmalar burada anlatılıyor:
- Voigt, D. & Gorb, S. (2008) An insect trap as habitat: cohesion-failure mechanism prevents adhesion of *Pameridea roridulae* bugs to the sticky surface of the plant *Roridula gorgonias*. *Journal of Experimental Biology*, 211, 2647-2657.
- Voigt, D. & Gorb, S. (2010) Desiccation resistance of adhesive secretion in the protocarnivorous plant *Roridula gorgonias* as an adaptation to periodically dry environment. *Planta*, 232, 1511-1515.
- Voigt, D., Konrad, W., & Gorb, S. (2015) A universal glue: underwater adhesion of the secretion of the carnivorous flypaper plant *Roridula gorgonias*. *Interface Focus*, 5, 20140053.
- Kuşkapan ağacında olası etçilliğin incelenmesi burada anlatılıyor, Burger, A.E. (2005) Dispersal and germination of seeds of *Pisonia grandis*, an Indo-Pacific tropical tree associated with insular seabird colonies. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 263-271.
- İbrikotlarında yakınsak evrim Cephalotus* hakkındaki son çalışmalarla birlikte burada anlatılıyor, Mithöfer, A. (2017) Plant carnivory: Pitching to the same target. *Nature Plants*, 3, 17003.
- Avustralya böcekkanı *Drosera glanduligera*'da "mancınık dokunaçları" burada anlatılıyor, Poppinga, S., Hartmeyer, S.R.H., Seidel, R., Masselter, T., Hartmeyer, I., & Speck, T. (2012) Catapulting tentacles in a sticky carnivorous plant. *Plos One*, 7, e45735.
- Utricularia* tuzağı burada anlatılıyor, Vincent, O., Weisskopf, C., Poppinga, S., Masselter, T., Speck, T., Joyeux, M., Quilliet, C., & Marmottant, P. (2011) Ultra-fast underwater suction traps. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 278, 2909-2914.
- Genlisea*'da etçillik burada anlatılıyor, Barthlott, W., Porembski, S., Fischer, E., & Gemmel, B. (1998) First protozoa-trapping plant found. *Nature*, 392, 447.
- Borneo *Nepenthes*'i ve Ağaç sivrifarezi arasındaki ortak yaşam burada anlatılıyor:
- Greenwood, M., Clarke, C., Lee, C.I.C., Gunsalam, A., & Clarke, R.H. (2011) A unique resource mutualism between the giant

- Bornean pitcher plant, *Nepenthes rajah*, and members of a small mammal community. *Plos One*, 6, e21114.
- Moran, J.A., Clarke, C., Greenwood, M., & Chin, L. (2012) Tuning of color contrast signals to visual sensitivity maxima of tree shrews by three Bornean highland *Nepenthes* species. *Plant signaling & behavior*, 7, 1267-70.
- Nepenthes* ve yarasalar arasındaki ortak yaşam burada anlatılıyor:
- Grafe, T.U., Schoener, C.R., Kerth, G., Junaidi, A., & Schoener, M.G. (2011) A novel resource-service mutualism between bats and pitcher plants. *Biology Letters*, 7, 436-439.
- Jones, G. (2015) Sensory biology: acoustic reflectors attract bats to roost in pitcher plants. *Current Biology*, 25, R609-R610.
- Borneo ibrikotu ve karıncalar arasındaki ortaklık burada anlatılıyor, Thornham, D.G., Smith, J.M., Grafe, T.U., & Federle, W. (2012) Setting the trap: cleaning behaviour of *Camponotus schmitzi* ants increases long-term capture efficiency of their pitcher plant host, *Nepenthes bicalcarata*. *Functional Ecology*, 26, 11-19.
- İbrikotları *Nepenthes*'lerin tuzaklarındaki viskoelastik polimerler için, Bonhomme, V., Pelloux-Prayer, H., Jousset, E., Forterre, Y., Labat, J.-J., & Gaume, L. (2011) Slippery or sticky? Functional diversity in the trapping strategy of *Nepenthes* carnivorous plants. *New Phytologist*, 191, 545-554.
- Chemical warfare in *Nepenthes madagascariensis*'de kimyasal savaş burada anlatılıyor, Ratsirarson, J. & Silander, J.A. (1996) Structure and dynamics in *Nepenthes madagascariensis* pitcher plant microcommunities. *Biotropica*, 28, 218-227.
- Nepenthes gracilis*'in olağanüstü karınca yakalama mekanizması burada anlatılıyor, Bauer, U., Paulin, M., Robert, D., & Sutton, G.P. (2015) Mechanism for rapid passive-dynamic prey capture in a pitcher plant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112, 13384-13389.,
- Philcoxia*'nın yeraltı tuzakları burada anlatılıyor, Pereira, C.G., Almenara, D.P., Winter, C.E., Fritsch, P.W., Lambers, H., & Oliveira, R.S. (2012) Underground leaves of *Philcoxia* trap and digest nematodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109, 1154-1158.

Bölüm 4

Orkide *Angraecum sesquipedale*'nin atmaya güvesi *Xanthopan morgani* var. *praedicta* tarafından tozlaşmasını tanımlayan bir başka "2009 incelemesi":

Micheneau, C., Johnson, S.D., & Fay, M.F. (2009) Orchid pollination: from Darwin to the present day. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 1-19.

Burada ve 5. bölümde İngiliz bahçecilik basınında Darwin'in çalışmasına verilen tepki için, minnettarım,

- Elliott, B. (2010) *The reception of Charles Darwin in the British horticultural press*. Royal Horticultural Society, London.
- Nektar hırsızlığı hakkında birkaç ilginç makale:
- Irwin, R.E. & Maloof, J.E. (2002) Variation in nectar robbing over time, space, and species. *Oecologia*, 133, 525-533.
- Irwin, R.E., Adler, L.S., & Brody, A.K. (2004) The dual role of floral traits: Pollinator attraction and plant defense. *Ecology*, 85, 1503-1511.
- Mayer, C., Dehon, C., Gauthier, A.-L., Naveau, O., Rigo, C., & Jacquemart, A.-L. (2014) Nectar robbing improves male reproductive success of the endangered *Aconitum napellus* ssp. *lusitanicum*. *Evolutionary Ecology*, 28, 669-685.
- Rojas-Nossa, S.V., Maria Sanchez, J., & Navarro, L. (2016) Effects of nectar robbing on male and female reproductive success of a pollinator-dependent plant. *Annals of Botany*, 117, 291-297.
- Rojas-Nossa, S.V., Maria Sanchez, J., & Navarro, L. (2016) Nectar robbing: a common phenomenon mainly determined by accessibility constraints, nectar volume and density of energy rewards. *Oikos*, 125, 1044-1055.
- Moyroud, E. & Glover, B.J. (2017) The physics of pollinator attraction. *New Phytologist*, 216, 350-354.
- Dave Goulson discusses Darwin's work on bees, and much else besides, in his excellent book *A Sting in the Tale* (Vintage, 2014).
- Heterostilinin önemi ve evriminin mükemmel bir kısa incelemesi için, Barrett, S.C.H. (1990) The evolution and adaptive significance of heterostyly. *Trends in Ecology & Evolution*, 5, 144-148.
- Primula*'da heterostilinin incelenmesinin tarihi burada anlatılıyor, Gilmartin, P.M. (2015) On the origins of observations of heterostyly in *Primula*. *New Phytologist*, 208, 39-51.
- Bateson's original 1905 paper is Bateson, W. & Gregory, R.P. (1905) On the inheritance of heterostylism in *Primula*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 76, 581-586.
- Nergiste heterostili burada inceleniyor, Barrett, S.C.H. & Harder, L.D. (2005) The evolution of polymorphic sexual systems in daffodils (*Narcissus*). *New Phytologist*, 165, 45-53.
- Primula*'da heterostili süpergeninin keşfi burada anlatılıyor, Li, J., Cocker, J.M., Wright, J., Webster, M.A., McMullan, M., Dyer, S., Swarbreck, D., Caccamo, M., Oosterhout, C.v., & Gilmartin, P.M. (2016) Genetic architecture and evolution of the S locus supergene in *Primula vulgaris*. *Nature Plants*, 2, 16188.

Darwin'in En Güzel Bitkileri kitabını okudukça sadece Darwin'in pek de tanıdık olmayan yüzüne yani bitkilerle çalışmalarına dair bilgiler edinmekle kalmayacak aynı zamanda bir dehanın zihninin ve pratiğinin nasıl çalıştığını da göreceksiniz. Evrim Kuramının arkasında yatan azmin, adanmışlığın ve tükenmek bilmeyen bilimsel merakın Darwin'in neredeyse her çalışmasında bazen kendisini bile usandıracak titizlikle nasıl işlendiğini göreceksiniz. Bütün bunların yanı sıra bitkiler hakkında bitki zekâsından bitkilerin hızlı hareketine, kurdukları ortak yaşamdan avlanmasına bir botanikçiyi bile şaşırtabilecek birtakım bilgiler edinme şansına sahip olacaksınız. Kitap isminin hakkını verecek şekilde hem Darwin'i hem de sizleri hayrete düşürecek şekilde "aşkla" bağlandığı bitkiler hakkında bilgileri çok akıcı bir üslupla anlatıyor. Elinizden bırakmadan bir solukta okuyacağınızı düşündüğümüz bu kitap bilime, bilimsel çalışmaya ve tabii ki bitkiler âlemine daha başka bir gözle bakmanızı sağlayacak.



ISBN-978-605-69691-6-4



22t

