

Bitkilerin Duyuları

Bir an için, kendimizi bitkilerin yerine koyalım ve ömrümüzün sonuna kadar kök saldıığımız noktada yaşamak zorunda kaldığımızı düşünelim. Gözlerimiz, kulaklarımız ve burnumuz olmadan hem fiziksel gelişimimizi sürdürmek hem de hayatta kalmak için çevremizdeki maddeler ve varlıklardan yararlanabilir miydik acaba? Güneş olmadan yaşayamayacağımız kesin. O halde, ışığın hangi yönden geldiğini; gölgede mi yoksa yoksa güneşli bir yerde mi bulunduğumuzu nasıl anlayabilir; ne kadar büyüyebileceğimizi, ne zaman çiçek açacağımızı nasıl bilebilirdik? Bunun gibi, yaptıklarımızı yemeye kalkışan böceklerin farkına varabilir ve onlara karşı önlem alabilir miydik? Tüm bunlar sağlıklı bir bitkide olması gereken özelliklerdir. Öyleyse, tıpkı biz insanlardaki gibi, bitkiler için de görme, koku alma, tad alma, dokunma ve hatta işitme yaşamsal önem taşıyor.

BİR YABANİ KABAK TÜRÜ olan *Bryonia dioica*, en duyarlı bitkilerden. Bu yönüyle Almanya'nın Ruhr Üniversitesi biyologlarından Christian Bockelmann'ın ilgisini hep çekmiş. Araştırmacı, bitkinin sürgünlerinden birini başparmağı ve işaretparmağı arasına alıp paslı bir demir çubuğu, sürgünün üzerinde saniyelik aralarla 20-30 kez gezdiriyor. Bockelmann bu işi yaparken oldukça sabırlı ve dikkatli davranması gerektiğinin bilincindedir. Çünkü, ancak bu şekilde davrandığında, bitkiden yanıt alabiliyor. Daha önceki deneylerden, bitkinin kısa süreli dokunmalara, küçük vuruşlara ve düzgün yüzeyli cisimlerle yapılan dokunuşlara yanıt vermediğini biliyor.

Çalışma sürerken birden bitki, Bockelmann'ın parmakları arasında hareketlenmeye başlıyor. Sarılgan bitki, birkaç dakika sonra demir çubuğu "yakalıyor." Bunu gören araştırmacı, bitkinin, bu başarılı gösterisinden sonra sürgününü koparmaya kıyamıyor; sarıldığı demir çubukla birlikte bir desteğe tutturuyor.

Gerçekte Bockelmann, deneylerinde kullandığı bitkilere karşı her zaman bu kadar duyarlı davranmıyor. Çalıştığı üniversitenin iklim odasında düzinelerce *Bryonia* sürgünlerini kesip, bunları sıvı azotta şoklama yaparak donduruyor. Sonra da, donmuş bitkileri laboratuvarında yapıtaşlarına ayırıyor. Tüm bunları yapmasındaki amacı, demir çubuk deneyiyle ortaya koyduğu, bitkilerdeki bu olağanüstü tepkiyi açıklayabilmek. Bitkilerin mekanik uyarılara karşı, sanki hedeflerini biliyor muşcasına gösterdikleri hızlı tepkiler araştırmacıyı büyülüyor.

Bockelmann'ın doktora danışmanı Elmar Weiler, yabancı kabağı uzun yıl-

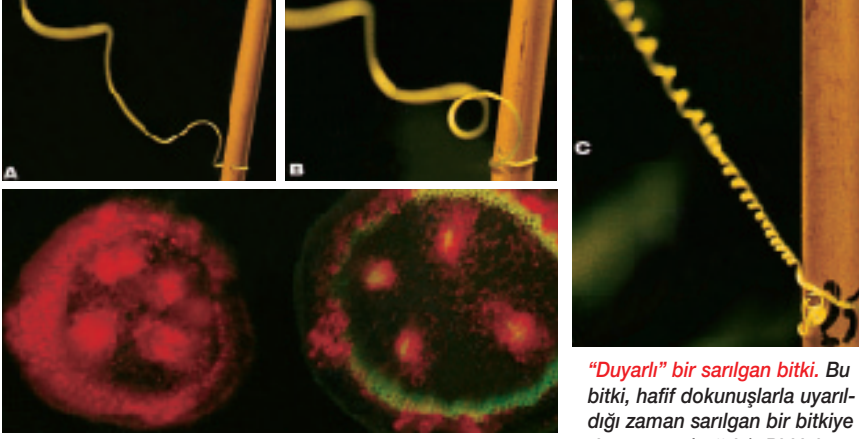
lardan beri araştırmakta. Bitkinin minik duyu organları 1885'ten bu yana bilim dünyasına biliniyor. Bunlar, sürgünlerin yüzeyindeki hücrelerin oluşturduğu, bir milimetrenin birkaç binde biri "küçüklüğündeki" mantar biçimli çıkıntılardır. Bu duyu organları, bir ağacın kabuğundaki ya da bir duvardaki en ince girintileri algılayabiliyorlar. Weiler, bu bitkinin duyu organlarının insanın parmak ucuna göre çok daha duyarlı olduklarını saptamış.

Weiler gibi duyu araştırmacılarının elde ettiği bulgular, bitkilerle ilgili bugüne kadar bilinen gerçekleri önemli ölçüde sarsacağa benziyor. Daha önce, çobançantası otunun "zamanın" far-



Renkleri ayırt edebilen sebzeler.

ABD'de, deney amacıyla kullanılan bu tarlada, renkli folyoların bitkilerin büyümesine olan etkileri araştırılıyor. Yapılan deneyler, domates bitkisinin koyu kırmızı folyo üzerinde daha hızlı büyüdüğünü ortaya koydu. Bitki, kırmızı folyodan yansıyan ışığı, üzerine düşen ışık miktarını engelleyebilecek komşu bitkilerin varlığı olarak algılıyor. Buna karşılık yeşil biber en iyi sarı folyo, kabak ise en iyi mavi folyo üzerinde yetişiyor.



“Duyarlı” bir sarılgan bitki. Bu bitki, hafif dokunuşlarla uyarıldığı zaman sarılgan bir bitkiye dönüşüyor (sağda). Bitkinin

sürgünü bir bambu çubuğunu “fark ediyor.” Önce hafif, sonra giderek daha fazla kıvrılmaya başlıyor (A). Birkaç dakika sonra sürgün, çubuğu “yakalıyor” ve ona sarılıyor (B). Sürgün, 24 saat sonra, boydan boya kıvrılmış ve çubuğa sınımsı sarılmış duruma geliyor (C). Yabani kabağın sürgününden kıvrılmadan önce ve sonra alınan kesitler (üstte solda): Yeşil hücreler, bunların uyarılmadan ötürü odunlaştığını gösteriyor. Böylece kıvrılan kısımlar bozulmadan kalabiliyor.



kında olduğunu, çevresinde olup bitenleri algılayarak tepki gösterdiğini ya da bir çınar ağacının her esintiyi, yakınında yakılan bir ateşin yaydığı sıcaklığı ve kendisine doğru yaklaşmakta olan aç tırtılların kokusunu algılayabildiğini kim bilebilirdi ki? Araştırmacılar, bitkilerin bu yeteneklerinin farkına gen teknolojisi sayesinde ya da hücrekültürü yöntemiyle varabildiler.

Bu çalışmalar sırasında, bitkilerle insanlar ve hayvanlar arasında büyük paralellikler olduğunu görüyorlar. İnsanın merkezi sinir sisteminde yaygın olarak bulunan bir madde olan glutamat, bitkilerde, ışıktan yararlanmada çok önemli rol oynuyor. Aspirinde bulunan bir ağrı kesici madde olan asetil salisilikasit, bitkilerin “yaralanmalara” verdikleri tepkileri azaltıyor.

Hollanda’daki Wageningen Üniversitesi’nden Marcel Dicke, bitki duyularının araştırılması yönündeki hızlı gelişmelere dikkat çekerek, bitkiler dünyasının, hayvanların ve insanlarınkinden pek de farklı olmadığını vurguluyor. Araştırmacı, insanların bitkileri küçümsediklerinden de yakınıyor.

Bu alandaki her çalışmada daha birkaç yıl öncesine kadar hiçbir araştırmacının olasılığını kabul etmediği şaşırtıcı yeni bulgular elde ediliyor.

Araştırmalar, her bitkinin büyük olasılıkla bir “dokunma” duyusuna sahip olduğunu akla getiriyor. Bitkiler, böylece dış ortamdan gelen uyarıları “hissedebiliyor”, rüzgârı, yağmuru ayırt edebiliyorlar. Gelişmiş “koku alma” duyuları sayesinde de bulunduk-

ları bölgedeki kokuları, hatta yapraklarını yemek üzere yaklaşan düşmanlarının kokularını algılayabiliyorlar. Araştırmalarda ayrıca bitkilerin “görme” duyuları üzerinde duruluyor. Bitkinin üzerine düşen ışığın özellikleri, bitkiye çevresinde olup bitenle ilgili, örneğin, yanı başında başka bitkilerin de bulunduğu “bilgisini” veriyor. Araştırmacılar, bitkilerin “tat alma” duyularına ilişkin de ilginç bulgular elde etmişler. Şöyle ki: Bitkilerin kökleri, toprağın içindeki besleyici maddelerin dağılımını algılayabiliyor ve gelişimlerini bu toprağın özelliklerine uyum sağlayarak sürdürüyorlar.

Edinburgh Üniversitesi’nden bitki fizyoloğu Anthony Trewavas’ın bu konudaki bulguları oldukça kesin. Araş-



Mavi ışıkta büyüme. Mavi ışık, bir tür tere olan *Arabidopsis thaliana*’nın büyümesini hızlandırıyor. Gen teknolojisiyle bitkiye nakledilen ve parlamayı sağlayan maddeler, büyük miktarda salınan kalsiyum iyonlarına tepki gösteriyor ve yaprağın parlamasına yol açıyor.

tırmacıya göre bitkiler, çevrelerinden gelen 18 değişik uyarıyı algılayabiliyorlar. Bu uyarıların her birinin şiddeti değişken olmakla birlikte, birbirlerini de etkileyebiliyorlar. Yirmi yılı aşkın bir süredir bitkilerin dış ortamdan ulaşan bilgileri nasıl işlediklerini araştıran Trewavas, onların beyinleri ve sinir sistemleri bulunmamasına karşın çok gelişmiş algılama yetilerinin olduğunu saptamış. Bilim adamı, bunu şöyle açıklıyor: “Bir tehlike anında hayvanlar gibi kaçamadıklarından, bitkilerin çevrelerinde olup bitene ilişkin kesin bilgi edinmeleri gerekiyor.”

Bitkiler, yaşamda kalmak için ışığa gereksinim duyan canlılardır. Bunun için güneş ışığını enerji kaynağı olarak kullanıyorlar ve karbondioksitle suyun ışıklı ortamda kimyasal olarak glukoz ve oksijene dönüşmesi işlemi, yani kısaca fotosentez yapıyorlar.

Ancak, bir tohumun filizlenirken enerji kazanımına başlayabilmesi için başlangıçta renksiz olan tohumun içinde yapraklara yeşil rengini veren klorofil adlı renk maddesinin oluşması gerekiyor. Bundan başka, enzimlerin üretilmesi ve tepkimenin sağlıklı bir biçimde yürümesi için hücresel iç yapının oluşturulması gerekiyor.

Bir tohum, rüzgârla, bir kayanın karanlık çatlağının içine sürüklendiğinde, bütün bu hazırlıklar sekteye uğruyor. Soluk renkte yaprakları olan beyaz bir filiz yaşamda kalabilmek için kurtarıcı bir parlıltı arayışına çıkıyor. Hastalıklı görünen filizin sağlıklı yeşil rengine kavuşması için günde yalnızca birkaç dakika düşen gün ışığı yetiyor.



Bitkiler zamanın bilincinde. Bu deneyde kullanılan bitkinin büyümesi 24 saat boyunca bir kızılötesi kamera tarafından izleniyor. Kameranın çekimlerinde, bitkinin günlük ritmi görülebiliyor (sağda). Sabahları yoğun bir selüloz dolaşımı gözlemlenirken (turuncu-kırmızı), öğleden sonraları dolaşım azalıyor ve büyüme neredeyse duruyor (yeşil-mavi).

Bu olay, ışığın bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra daha başka işlevleri olduğunu da gösteriyor. Sözgelimi bitkiler büyümelerini ışıktan aldıkları bilgilere göre ayarlıyorlar. Bu olgunun sırrı da güneş ışığının yapısında yatıyor. Beyaz ışık, farklı dalgalı boyundaki ışınlardan oluşuyor. İnsanın gözü bu ışınlardan yalnızca bir bölümünü, gökkuşağında da görebileceğimiz, kısa dalgalı boyundaki mor ışıktan, uzun dalgalı boyulu koyu kırmızı rengi algılayabiliyor. Oysa bitkiler, bu renk tayfının dışındaki ışınları da algılayan duyarlı pigmentlere sahip. Bu da onların ışığa karşı olağanüstü duyarlı olduklarını açıkça gösteriyor.

Araştırmacılar, yaptıkları deneyler sonucunda örneğin, göbekli marul tohumlarının 660 nanometre dalgalı boyundaki açık kırmızı ışıkta daha kolay filizlendiklerini saptamışlar. Bu dalgalı boyundaki ışıktan çok az bir miktar bile, bitkinin soluk renkte kalmamasını sağlayıp birincil yapraklarının canlı yeşil renge bürünmesini, iletim damarlarının işlevlerini sağlıklı bir biçimde yerine getirmesini ve büyümesini sağlıyor. İnsanın algılayabildiği renk tayfının sınırında yer alan 730 nanometre dalgalı boyundaki koyu kırmızı ışığıysa tohumlar bir durdurma işareti olarak algılıyorlar. Nitekim deneyler, çimlenme başladığında bile, bu dalgalı boyundaki ışığın, bitkinin gelişimini durdurduğunu gösteriyor. Açık kırmızı ışıktan sonra beş dakika boyunca koyu kırmızı ışık verildiğinde çimlenme işlemi duruyor.

Bitkilerin ışığa karşı bu kadar duyarlı olmalarını sağlayan bir grup fitokrom, yıllardan beri araştırmacıların ilgi odağı. Fitokromlar, bir dizi biyokimyasal işlemin yerine gelmesini, böylece bitkinin iç yapısının gelişmesini sağlıyorlar. Bunların dış ortamdan elde ettikleri bilgiler, yalnızca ışığın içerdiği kırmızı rengin miktarından oluşmuyor. Aynı zamanda güneş ışınlarının şiddetini ve gökyüzünden düşen odaklanmış ışığın salınım düzlemini ölçüyorlar. Bir başka olağanüstü özellikleri de bitkilere, “gölgeden sakınma” becerisini kazandırmaları.

Bilim adamları, kimi bitkilerin kendilerine ulaşan güneş ışığından en yüksek düzeyde yararlanmak için birbirleriyle bir yarışa, bir tür boy yarışına girdiklerini düşünüyorlar. Bu bitkiler, yanlarındaki başka bitkilerin daha fazla uzayacaklarını ve böylece üzerlerine güneş ışığı düşmesini engelleyeceklerini “tahmin edebiliyorlar”. Bu tür bitkilerin boyları, “sıkışık” ortamlarda, seyrek ortamlara göre daha hızlı uzuyor. Yanlarında başka “rakip” bitkiler bulunduğu zaman büyümelerini ters yönde sürdürüyorlar.

Bu olgu, araştırmacıların, fitokromların karmaşık işlevlerini daha iyi anlamalarını sağladı. Buna göre, doğrudan düşen güneş ışığı, açık kırmızı ışıkla uzun dalgalı boyundaki koyu kırmızı ışığı yaklaşık aynı şiddette içeriyor. Sıkışık biçimde duran bitkilerin olduğu yerdeyse koyu kırmızı ışık miktarı artıyor. Bunun nedeni, yeşil renkteki ortamın, ışığın koyu kırmızı bölümünü

büyük oranda geri yansıtmasıdır. Fitokromlar, ışığın şiddetindeki bu değişimleri şu şekilde algılıyorlar: Komşu bitki, ışığa doğru uzuyor. Büyümeyi hemen hızlandırmalıyız!

ABD'nin Güney Carolina eyaleti Tarım Bakanlığı'na bağlı bir araştırma merkezinde çalışan bir grup bilim adamı, bitkilerin farklı dalgalı boyundaki renkler karşısında gösterdikleri davranışları ürünün artırılmasında kullanmaya çalıştılar. Araştırmacılar, domates tarlalarının zeminini değişik renklerdeki plastik folyoyla kapladılar. Daha sonra da farklı renklerdeki folyolar üzerinde yetişen ürünle daha önceleri her zaman kullanılan siyah folyo üzerinde yetişen ürünle karşılaştırdılar. Bu deneyin sonucunda, kırmızı renkteki folyonun, yetişen domates miktarını yaklaşık % 20 artırdığını gözlemlediler.

Kırmızı folyonun sırrı, yanıtma yeteneğindedir. Çünkü koyu kırmızı ışığı daha şiddetli olarak yansıtıyordu. Yaprakların alt kısmına düşen bu ışınlar, bitkilere “Dikkat düşman var!” mesajını veriyordu. Işık için verilen bu mücadelede hep ön saflarda yer alabilmek için bitkiler, sapın, yaprakların ve meyvelerin büyüme hızını artırıyorlar. Dahası, kök sistemine daha az enerji aktararak, bunlarla beslenen parazitlerin besin kaynağını azaltmış oluyorlar. Böylece de bitkinin kökleri parazitlerden önemli ölçüde korunmuş oluyor.

Bilim adamları, renk tayfının öteki ucunda yer alan mavi ve mor ışıkla ilgili olarak da ilginç olgular ortaya çıkardılar. Charles Darwin, 1881 yılında, ışığı bir kalsiyumdikromat çözeltisinden geçirmeyi denediğinde, bitkilerin yönlerini güneşin konumuna göre ayarlamayı bıraktıklarını saptamıştı. Bunun nedeni, çözeltinin mavi dalgalı boyulu ışınları soğurmasıydı. Oysa öteki dalgalı boyuna ait ışınlar çözeltiden geçebiliyordu. Darwin'in tahminlerine göre kısa dalgalı boyundaki ışık, bitkilerin davranışlarında önemli rol oynuyordu. Darwin'in bu saptaması, bitkilerde mavi ışık alıcı organlarının (reseptörlerin) varlığına ilişkin ilk belirtiydi. Bunlara “kayıp pigmentler” anlamına gelen “kriptokromlar” adı verildi. O yıllarda bilim adamları, bu maddelerin doğasını açıklamada oldukça zorlanmışlardı.

Bu olgu, gen teknolojisiyle ilgili çalışmaların başlamasıyla açıklığa ka-

vuştu. Bitki genetiğindeki olağan işle-
yişi, “bir çekiçle makineye vurup onu
parçalama ve sonra da makineye ne ol-
duğuna bakma” olarak açıklayan Jo-
nathan Gershenzon, bu yöntemi İsviç-
re’de kimyasal ekoloji araştırmalarının
yapıldığı Max-Planck Enstitüsü’nde
uyguluyor. Gershenzon, bitkisel bağı-
şıklığı koruyan maddelerin hastalığa
yola açan virüsler, bakteriler ve başka
parazitler karşısındaki davranışlarını
inceliyor. Bitki genetiğiyle uğraşmak
aslında kumar oynamaktan farksız:
Deneyde kullanılan bitkilerin kalıtsal
materyallerinde yapılan bir müdahale-
nin ne tür değişimlere yol açacağı bi-
linmiyor. Genellikle tütün bitkisinin
kullanıldığı bu tür deneylerde uzun
incelemelerden sonra, mutasyona uğ-
rayan bitkinin ne şekilde etkilendiği
ortaya çıkıyor. Bu deneylerin sonunda
bitkinin biyokimyasal bileşim yolu, çi-
çek oluşumu ya da ışığa duyarlılığı ya-
pılan işlemde etkilenebiliyor.

Bu şekilde üretilmiş ve mutasyona
uğramış yüzlerce bitkinin DNA’ları
büyük zarar görmüştü. Ancak içlerin-
den bazıları, araştırmacıların “kayda
değer” bulunduğu hatalara sahipti. Dış-
tan sağlıklı görünen bitkilerin bir ekşi-
ği vardı. Bunlar mavi dalgaboyundaki
ışığa karşı duyarsızdı ve renksiz yap-
raklarını güneşe doğru değil, gelişigü-
zel, sanki karanlıkta geliyormuş gibi,
her yöne doğru çıkarıyorlardı. Bu mu-
tasyona uğramış bitkilerde, mavi ışığın
algılanmasını sağlayan kalıtım bilgileri
bozulmuştu. Bu olgu, ilgili genlerin
DNA’lar üzerinde aranması için bir çı-
kış noktası oluşturdu.

Bilim adamları, kriptokromlara ve
son yıllarda keşfedilen, renk tayfinin
kısa dalgaboyuna ait bölümünden baş-
ka pigmentlerin taşıdığı ek bilgilere
ilişkin yalnızca tahminlerde bulunabi-
liyorlar. Ne var ki bitkilerin zamana
karşı duyarlı oldukları konusunda bir-
leşiyorlar. Büyük olasılıkla bütün can-
lıların organizmalarının 24 saatlik ritim-
lere göre çalıştığını düşünüyorlar. Me-
tabolizmalarının belirli bir ritimde ça-
lışmasına yol açıyor bu olgu. Kriptok-
romların, gün ışığının değişen mavi
ışık miktarını ölçerek bitkilerin içle-
rindeki saati düzenledikleri sanılıyor.

1998 yılında kriptokromlarla ilgili
yapılan araştırmalar hız kazandı. O yıl,
insanlarla farelerin gözlerinin ağtaba-
kalarında neredeyse tıpatıp aynı pig-



Kafes içinde ölçüm. Bir biyolog, çok hassas elektrodlar yardımıyla yabancı kabağın hücrelerindeki iyon akımlarını inceliyor. Akımlar, bitkiye dokunulması sonucunda oluşuyor ve sürgünlerin kıvrılmasına yol açıyor. Araştırmacı, elektriksel alanların ölçümleri olumsuz etkilemesini önlemek için bir faraday kafesinin içerisinde çalışıyor.

mentlere rastlanmıştı. Bu pigmentler,
kemirgenlerin 24 saatlik günlük ritmin
düzenlendiği tahmin edilen beyinle-
rindeki bir bölgeye ait sinir hücrelerin-
de de bulunuyordu. Aynı şekilde, bir
meyve sineği türü olan *Drosophila
melanogaster*’de de bu ışığa karşı du-
yarlı molekül, sineğin vücudunun
günlük ritmini düzenliyor.

O halde, akla şu soru geliyor: Kıta-
lararası bir uçuştan sonra, zaman far-
kından dolayı, insanda ortaya çıkan
belirtilerle (jetlag) lalelerin taçyaprak-
larını akşamları kapatmasının biyolojik
kökeni aynı mıdır? Bilim adamlarının,
bitkilerle başka canlıların genetik ya-
pıtaşlarını karşılaştırmaları sonucunda,
memelilerle böceklerin kriptokromla-
rının bitkilerdekilerden çok farklı ol-
dukları ortaya çıktı.

Bitkilerdeki kriptokromları keşfe-
den ve araştırmalarını ABD’nin
Pennsylvania Üniversitesi’ndeki Biyo-
loji Enstitüsü’nde yürüten Anthony
Cashmore, paralel evrime örnek ola-
rak, bu grup pigmentlerin iki kez orta-
ya çıktığını vurguluyor. Günümüzdeki
bakteriler ve arkebakterilerde mavi
ışığa duyarlı algılayıcıların olmadığına
dikkat çeken Cashmore, bunların bü-
yük olasılıkla ilk ökaryot hücrelerle
birlikte, yani 1,8 milyar yıl önce ortaya
çıktıklarını öne sürüyor. Hayvanlar-
daysa, mavi ışığa duyarlı pigmentler,
bitkilerin evrim sürecinden ayrılma-
larından sonra, yaklaşık 1 milyar yıl ön-
ce ortaya çıktığı söylenebilir.

Bitkilerin duyuları, kriptokromlar
örneğinden görülebildiği gibi, en az

hayvanlarınkine kadar gelişmiş. Bu ko-
nuda Anthony Trewavas, bitkilerin
duyularının hayvanlarınkine oranla da-
ha gelişmiş olduğunu öne sürüyor.
Edinburgh Üniversitesi’ndeki Hücre
ve Moleküler Biyoloji Enstitüsü’nde
araştırmalarını yürüten Trewavas, bit-
kilerin kapladıkları yaşam alanlarına
bakılırsa, araştırmacıların henüz çöze-
mediği olağanüstü becerilerinin olma-
sı gerektiğini düşünüyor. Trewavas’a
göre bitkiler öğrenebiliyorlar, ayrıca
bellekleri de var. Araştırmacı daha da
ileri giderek, bitkilerin zeki canlılar ol-
duklarını düşünüyor.

“Kalsiyum Yaşamdır” başlığıyla
“Plant Physiology” (bitki fizyolojisi)
adlı bilimsel dergide yayımlanan son
makalesinde Trewavas, kalsiyum iyon-
larının bitki ve hayvanlarda oynadıkları
önemli rolü açıklıyor. Kalsiyum
iyonları, bitkilerde ve hayvanlarda
yaygın olarak bulunan, haberleşmeyi
sağlayan maddelerdir. Bitkilerin hü-
releri büyük enerji harcayarak sitop-
lazmadan, bunun içinde yüzen ve ince
bir zarla kaplı torbacıklar olan organel-
lerin içine kalsiyum iyonları pompalı-
yorlar. Bu kalsiyum iyonlarının bir kıs-
mı hücre zarından dış hücre çeperine
ulaşarak ve orada depolanıyor. Dinlen-
me anlarında bu depolardaki yoğun-
luk, plazmadakine oranla 10 000 kez
daha fazla olabiliyor. Bunu, baraj gölle-
rindeki enerji depolama yöntemine
benzetebiliriz.

Bitki bir şekilde uyarıldığı zaman,
zarların içindeki moleküler “su bentle-
ri” açılıyor ve kalsiyumun depolardan



Düşmana karşı asit. Biyologlar, iklim odasında tütün bitkisinin savunma yöntemlerini araştırıyorlar. Bitkiler, yaydıkları kimyasal buharın yakalanabilmesi ve analiz edilebilmesi için üst kısımları kesilmiş pet şişeler içinde yetiştiriliyorlar. Tütün bitkileri, tırtılların istilasına uğradıkları zaman, savunma yöntemi olarak nikotin asidi salgılıyorlar. Bu zehir yaprakları yiyen tırtılların salyasında tespit edilebiliyor.

yeniden hücre plazmasına akması sağlanıyor. Buradaki yoğunluk arttıkça, “pomplar” da iyonların yeniden “baraj gölünü” doldurmaları için o derece çok çalışıyor. Bu sırada barajın kapıları kapanıyor. Birkaç saniye sonra, her şey yeniden eski durumuna dönüyor.

Hücre içindeki ikinci bir kalsiyum seli zincirleme bir etkiye yol açıyor. Enzimler etkin duruma geliyor, moleküller biçim değiştiriyor, karmaşık protein bileşikler parçalanıyor, kalıtım bilgileri okunuyor. Güneş ışınları, ani soğuklar, kuraklık gibi olgular bitkilerde bir kalsiyum nehrinin oluşmasına yol açıyor. Bitkiler, özellikle sarsıntılardan olumsuz etkileniyorlar. Bu nedenle araştırmacılar deneyler sırasında, bitkilere herhangi bir zarar gelmemesi için çok dikkatli davranıyorlar.

Trewavas, birkaç yıl önce bir meslektaşıyla yaptığı deneyde tütün bitkisinde ve başka bitkilerde bilginin nasıl işlendiğini canlı olarak gözlemlenebileceğini bulmuş. Bilim adamları, bir denizanası türü olan *Aequorea victoria*'ya ait bir geni, tütün bitkisinin kalıtsal materyaline eklemişlerdi. Daha sonra da bu transjenik bitkiyi yetiştirmişlerdi. Bu denizanası türü, içerdiği aequorin proteini nedeniyle mavi renkte parlıyordu. Bitkinin üzerine buzlu su döktüklerinde bitki tıpkı denizanasında olduğu gibi, bir an için parlıyordu. Bu tütün bitkisinden elde ettikleri bitkiler de hücrelerinde, kalsiyum iyonlarıyla temas ettiğinde mavi ışık saçan aequorin proteinini içeriyorlardı.

Burada akla şu soru geliyor: Herhangi bir uyarı, kalsiyum kapılarının açılmasını sağlıyorsa, o halde hücre nasıl oluyor da –yabani kabak türü

Bryonia dioica'da olduğu gibi– bir dolu tanesiyle güvenle tutunabileceği bir ağaç dalı arasındaki farkı algılayabiliyor?

Trewavas, gerçekte işin sırrının hücrenin kendisinde olduğundan emin. Herhangi bir uyarının ardından hiçbir zaman hücrenin tümü değil, yalnızca belirli bir bölümü parlıyor. Öyleyse, haberleşmeyi sağlayan madde, uyarıcının türüne göre, hücrenin içine değişik yollarla dağıtılıyor.

Dahası, her uyarıya verilen tepkinin hızı farklı oluyor. Kalsiyum iyonlarının etkinliği, buzlu su deneyinde olduğu gibi, hemen başlıyor, beş saniye sonra maksimum düzeye ulaşıyor ve 30 saniye sonra sona eriyor. Buna karşılık sıcaklık, kalsiyum iyonlarının yoğunluğunu birkaç dakika sonra artırıyor, ancak bu yoğunluğu yarım saat kadar koruyor. Kalsiyum tepkimesinin dağılımı ve süresi birlikte, uyarıcının özelliklerine ilişkin bilgiler aktarabilen bir kodu oluşturuyorlar.

O halde her bitki hücresinde çok küçük bir biyokimyasal bilgisayar olmalı. Trewavas, bu bilgisayarın çalışma biçimini, hayvanların beyin yapılarını örnek göstererek, aralarında binlerce bağ olan sinir hücrelerinden oluşan bir ağa benzetiyor. Uyarılardan gelen bilgileri, sinir hücreleri değil, bitki hücrelerindeki alanları sınırlı kalsiyum dalgaları işliyor.

Burada, beyindeki etkinlikten farklı olarak, milyarlarca sayıda hücre işbirliği içerisinde değil; her bir bitki hücresi çevreden gelen uyarıları tek başına işliyor. Bunun nedenini Trewavas şöyle açıklıyor: Sinirsel etkinliklerin bir bölgede, yani beyinde toplanması, ayrıca çevredeki biçimlerin, ken-

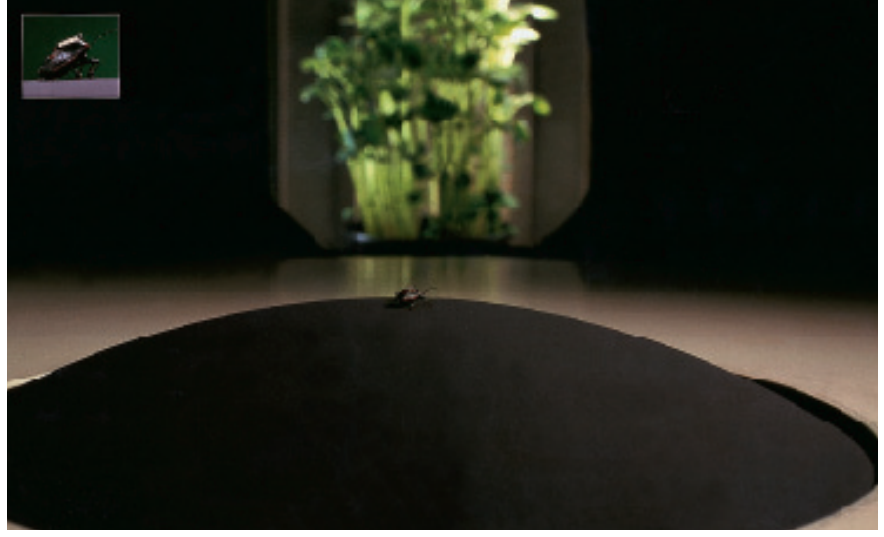
di hareketlerinin ve hatta duygularının algılanması, yaşamı boyunca toprağın içinde sabit duran bir organizmanın yaşamda kalması için uygun değil. O nedenle, Trewavas'a göre, bitkilerin müziği algılayabildiklerini kanıtlamak olanaksız görünüyor. Bunun yerine, zekânın varlığına ilişkin öğrenme, bellek ve bilgilerin işlenmesi gibi genel ölçütlere bakıldığında, bitkiler üçünü de yerine getiriyor. Trewavas'ın bu görüşleri daha epeyce tepkiyle karşılanacağı benziyor.

Jena'daki Max-Planck Kimyasal Ekoloji Enstitüsü Başkanı Ian Baldwin, ABD'nin Nevada eyaletindeki Great Basin havzasında, tütün bitkisi *Nicotiana attenuata* ile ilgili olağanüstü bir olguyu keşfetmiş. Yazın başlamasıyla, havza üzerine çöken fırtına bulutlarından yere düşen yıldırımlar, çoğu zaman, kuru bitkilerin tutuşmasına yol açıyor. Toprağın ve kurumuş bitkilerin yanarken yaydıkları dumanın içerdiği kimi maddeler, *Nicotiana attenuata* tohumlarını kimi zaman 115 yıllık uykularından uyandırıyor.

Yangının sona ermesi, bu bitkinin tohumları için yaşama kavuşma anlamına geliyor. Yangın, bu tütün bitkisinin birçok rakibini yok etmiş ya da gübreye dönüştürmüştür. Tütün tohumu için gelişmenin tam zamanı. Aslında pek fazla da zaman yok gibi. Çünkü bir yıl sonra, tıpkı bu bitki gibi başka türdeş bitkilerin tohumları çimlenebilir ve besin kaynaklarına ortak olabilir. Dahası, tütün bitkisiyle beslenen tırtıl türü *Manduca sexta*, yeni çıkan filizleri yiyebilir.

Araştırmacı Ian Baldwin, bitkilerin sürekli değişen çevre koşullarına uyumunu gözlemlenmek için bu tütün bitkisinin mükemmel bir araç olduğunu düşünüyor.

Süpürge biçimindeki bu bitkinin “davranışları” dumanın kokusunu almaktan öteye gidiyor. Bir *Manduca*, bitkinin yapraklarını yediği zaman, bitki, böceğin tükürüğündeki bir maddede “tanıyor”. Bir çeşit alarm hormonu olan yasmon asidi, köklerde zehirli alkaloid nikotin sentezini başlatıyor. Zehirli nikotin, iletim damarlarından bitkinin tamamına yayılıyor ve böylece düşmanın daha fazla yemesi engelleniyor. Baldwin, bu bitkinin içerdiği nikotin miktarının bitkinin ağırlığının yüzde onu kadar olabildiğini gözlem-



lemiş. Bu miktar insanın ölümüne yol açabilir. Tırtılsa bu sinir zehirinin belirli bir miktarına dayanabiliyor. Böceklerle karşı direnme, fizyolojik bir zorluğu getiriyor. Bir tehlike anında, bitkinin alarm sisteminin devreye girmesiyle, olağanüstü büyük bir güçle zehir salgılanıyor ve bitki düşmanlarından kurtuluyor.

Aynı alarm hormonları, salatalığın, sarımsağın, soya fasulyesinin ve başka tarım ürünlerinin genel direnme gücünü artırıyor. Özellikle yasemin yağının yoğun kokulu bileşeni yasmon asidi, ayrıca söğüt ağacının kabuğunda bulunan ağrı kesici salisik asit, biyologların uzun bir süreden beri tanıdıkları etkili yara işaretleri. Sıkışmış bir yaprak ya da kırılmış bir sap, bu kimyasal tehlike haberini veren maddelerin en küçük köklere kadar iletilmesine yetiyor.

1980'li yılların sonlarında, ABD'deki Washington State Üniversitesi'nden Ted Farmer ile Clarence Ryan, bir "yalaralanmanın" benzetimini yapmak amacıyla domates bitkilerine metil-yasmonat sürdüklerinde, deneyin akışı değişiverdi. Biyokimyasal analizler, yalnızca yasmonatın sürüldüğü bitkilerin değil, hiç işlem görmemiş bitkilerin de zehirli maddeler salgılayarak olası bir tırtıl saldırısına karşı kendilerini korumaya aldıklarını gösterdi.

Deneyin hangi aşamasında hata yaptıklarını araştıran bilim adamları, o güne kadar açıklığa kavuşmayan bir olguya rastladılar: İşlem görmemiş domatesler, laboratuvarındaki metil-yasmonatın büyük olasılıkla kokusunu almışlardı ve olası bir saldırıya karşı kendilerini korumuşlardı.

Böcekler de bitkilerin mücadeleleri sırasında yaydıkları kodu "anlayabiliyorlar". Böceklerin duyu organları o kadar hassas ki, ölçüm aygıtlarının yetersiz kaldığı yoğunlukları bile algılayabiliyorlar. Bitkinin yaydığı koku, parazitlerle beslenen kimi böcekleri harekete geçiriyor. Birkaç metre uzaktan kokuyu algılayan tırtır sinekleri, uyuzböcekleri ve tahtakuruları, zaman kaybetmeden ziyafet çekmek üzere kokunun geldiği yöne doğru giderler.

Hollandalı araştırmacı Marcel Dicke, bir patates bitkisinin çevresindeki canlılar üzerindeki gücünü, çalıştığı enstitünün laboratuvarında bir deneyle gösteriyor. Tahtakurusu, *Perillus bioculatus* adlı patates bitkisine birkaç

Kokularla yardım çağırısı. Hollandalı bilim adamları, bitkilerin yardım çağırısını gözlemlemek için kürenin üzerine oturttukları tahtakurusunun önüne, patates böceklerinin istilasına uğramış bir patates bitkisini yerleştirdiler ve bitkinin arkasından böceğin bulunduğu yöne doğru hava akımı verdiler. Bu deney, bitkinin koku yayarak bir tür "yardım çağırısında" bulunduğunu gösterdi. Deneyde, tahtakurusu, bitkinin yardım çağırısını algılayarak böcekleri yemek üzere bitkiye yöneldi.

metre uzaklıkta, büyük bir siyah kürenin üzerine oturtuluyor. Böcek larvalarıyla kaplı patates bitkisinin bulunduğu yerden böceğe doğru hafif bir hava akımı sağlanıyor. Bitkiden gelen koku siyah-kırmızı renkteki böceğin ilgisini çekiyor. Çok geçmeden kokunun olduğu yöne doğru yürümeye başlıyor.

Dicke, yaptığı deneylerden, patates bitkisinin üzerinde böcek larvaları olmadığı zaman, yaydığı kokunun böceğin ilgisini çekmeyeceğini biliyor. Böyle durumlarda tahtakurusu amaçsız bir biçimde her yöne doğru yürümüş. Oysa yukarıdaki deneyde hedefine kilitleniyor.

Patates bitkisi koku yayarak kendi durumuna ilişkin bilgiler içeren bir tür acil yardım çağırısında bulunuyor. Kendisine "saldıranlarla" ilgili verdiği bilgiler ne kadar kesin olursa, kendisini bu saldırılardan kurtarmak üzere çağırıldığı kurtarıcılar görevlerini o kadar başarılı bir biçimde yerine getiriyorlar.

Gerçekte patates bitkisi, "kurtarıcı" çağırılan tek bitki türü değil. Laboratuvarlarda yapılan deneylerin sonucunda, şimdiye kadar, farklı ailelere ait 25 başka bitki türünün de aynı becerilere sahip oldukları gözlemlendi. Neredeyse her bitki, ilgili yardımcıların görevlendirmek üzere, kendine özgü bir yöntem kullanıyor. Pamuk ve fasulye bitkileriyle, bir komşu bitkiye saldırıda bulunulduğunda, bunu "fark edip" takviye güçler "çağırıyorlar".

Mısır bitkisi, durumunu çok iyi "açıklayan" bir imdat çağırısında bulunuyor: Yavru tırtılların saldırısına uğradıklarında, bunlarla beslenen kurtarıcılara çok çekici gelen bir koku yayıyorlar. Oysa koza haline gelmelerine

çok az kalmış ve bitki için tehlikeli olmayan daha gelişkin tırtıllar bitkiyi istila ettiğinde, çevresine yaydığı bilgi genel bir uyarıdan öteye geçmiyor.

Bitki fizyolojisiyle uğraşan bilim adamları, bitkiyi istila eden düşmanın tükürüğünde, bitkiye, düşmanın türü ve yaşına ilişkin bilgi veren bir madde olması gerektiğini düşünüyorlar. Ne var ki yapılan araştırmalarda, bunun hangi madde olduğu bugüne kadar bulunamadı.

Jena'daki Max-Planck Enstitüsü'nün laboratuvarlarında, 1997 yılından bu yana araştırmacılar, bitkilerin "dilini" anlayabilmek için, mısır, pamuk ve soya fasulyeleri bitkilerine düşmanlarını salıyorlar. Havasız ortamlarda yapılan bu deneylerde, bilim adamları, bitkilerin yaydığı kokuları filtrelerle yakalıyorlar ve daha sonra da kimyasal yapıtaşlarına ayrıştırıyorlar. Bitkilerde bulunan sayısız çeşitte maddeyle iletişim kuruyorlar. Bitkilerin "koku dilinde" sıkça kullandıkları terpenoidlerden bile 15 bin farklı tür belirlenmiş. Büyük olasılıkla keşfedilmeyi bekleyen binlerce başka madde bulunuyor.

Bitkilerin daha önce pek bilinmeyen duyularıyla ilgili elde edilen yeni bulgulara karşın Marcel Dicke, bunların biyoloji bilimini temelden sarsacaklarını düşünmüyor. Yıllarını bitkilerle hayvanlar arasındaki iletişimi araştırmaya vermiş olan bilim adamı, bitkilerin bilince, duygulara, düşüncelere sahip olmadıklarına inanıyor.

Ayşeğül Yılmaz Güneç

Kaynaklar:

Moinet, M., "Les Cinq Sens Des Plantes", *Science et Vie*, Mayıs 1999.

"Sensitive Flower", *New Scientist*, 26 Eylül 1998.

Haltmeier, H., "Das Geheime Leben der Pflanzen", *GEO*, Kasım 1999.