

BİTKİLER DE ZEKİDİR

Zekâ, canlılar dünyasında çoğunlukla hayvanlara, özellikle de insana atfedilen bir özellik. Oysa bu kavramın tanımına baktığımızda bitkilerin de pekâlâ zeki sayılabileceğini görürüz. Çünkü bitkiler de çevresel koşullardaki değişimlere ayak uyduruyor, birbiriyle haberleşiyor, hatta öğrenebiliyor. Kimileri güneş ışığına ulaşabilmek için köklerini toplayıp biraz yana kayıyor, kimileri “düşman saldırısını” yöresindeki dostlarına haber veriyor, kimileri de nerede daha iyi beslenebileceğini öngörüyor. Bitkilerin taşıdığı bu yetenekler, sanıldığına tersine esnek, uyarlanabilir ve değişken davranışları olduğunun kanıtı. İşte, bu nedenle onların da zeki olduğunu savlayabiliriz.

Zekânın tanımını yapmak kolay değil. Ama İngiliz evrimsel biyoloji uzmanı ve filozof David Stenhouse’un kabul gören tanımına kulak verebiliriz. Stenhouse 1974’te yayımlanan “Zekânın Evrimi” adlı kitabında zekâyı “yaşam süresi boyunca sergilenen uyarlanabilir ve değişken davranış” olarak tanımlıyor. Bir başka İngiliz bilim insanı Anthony Trewavas ise bu tanımdaki “davranış” sözcüğü yerine “büyüme ve gelişim”i koyarak bitkilerin zeki olduğunu ileri sürüyor. Trewavas çalışmalarını bitkilerdeki iletişim ve davranış şekille-

ri üzerine yoğunlaştıran ve uluslararası bitki nörobiyolojisi grubu üyesi bir bilim insanı. Ona göre bitkilerin zekâ pırıltılarını gün geçtikçe daha iyi anlıyoruz; çünkü bitkilerin yeryüzüne yayılışındaki ve hayatta kalmadaki başarısı bile tek başına bir zekâ göstergesi sayılabilir (Dünya biyokütlesinin %99’unu bitkiler oluşturur). Trewavas’a katılanlar olduğu gibi bitkiler için “zeki” sıfatını kullanmayı doğru bulmayan bilim insanları da var. Ancak bitkilerin şaşırtıcı yetenekleri keşfedildikçe bu kanı da değişeceğe benziyor.

Bitkiler de Karar Verir

Gerek hayvanlarda gerekse bitkilerde zekâ göstergesi sayılabilecek hareketler, hayatta kalma şansını artıracak *en uygun* duruma ulaşabilmek adına evrim geçirmiştir. Bitkiler için söz konusu *en uygun* durumun, en çok verimli tohumun elde edilebilmesi olduğunu söyleyebiliriz. Bunun için bitkinin daha iyi beslenme koşullarına -suya, topraktaki minerallere ama en önemlisi de güneş ışığına- ulaşması gerektiği açıktır. İşte, bu koşullara ulaşabilmek için bitkilerde gelişim yaşam döngüsü boyunca sürer ve daha önceden belirlenmiş bir programı izlemek yerine bitki, değişen çevre koşullarına uyum sağlayacak esneklikte hareketlerde bulunur.

Bitkiler gövdelerinin, yapraklarının ve köklerinin şekillerini, hatta farklı dokularda yer alan hücre sayısı ve tiplerini ciddi oranda değiştirebilir. Kimi bitkiler de yaşam döngülerinin bir bölümünde dişiyken, sonraki bölümlerinde erkek davranışı gösterebilir; daha sonra yeniden dişi davranışına geçebilir. Genel olarak bitkilerin, 15 kadar çevresel etkeni gözlemleyip bunlar doğrultusunda yaşamsal kararlar verdiği saptanmıştır. Örneğin kökler, toprağın nemini ve içerdiği minerallerin oranlarını ölçebilir ya da yeni sürgünler çev-



Edinburgh Üniversitesi’nden Anthony Trewavas, bitkilerin zeki olduğunu ileri sürenlerin başında geliyor.



Floransa’daki bitki nörobiyolojisi laboratuvarındaki profesörlerden Stefano Mancuso, bitkilerin iletişimi üzerine çalışan uzmanlardan biri.



Kedi kuyruğu (*Phleum pratense*), birçok çevresel koşulu değerlendirdikten sonra yaşamına yön verir.

redeki ışık kaynaklarını ve onların güçlerini hesaplayabilir. Elde ettiği veriler doğrultusunda da bitki ne yöne doğru büyüyeceğine karar verir.

Bilim insanları yapılan deneylerde, soğuk ortamlara uyum sağlayan kedi kuyruğu (*Phleum pratense*) adlı otsu türün farklı renklerdeki ışığa, dokunmaya ve değişik miktardaki kalsiyum, oksijen, nem, sıcaklık, etilen ve bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyen en önemli hormonlardan biri olan oksine verdiği tepkileri gözlemlədiler. Bu tepkilerin yerçekimine zıt yönde büyüme yi değişik oranlarda etkilediğini ortaya koydular. Ama daha önemlisi, bitkinin tüm bu farklı etkilere verdiği tepkinin bütünsel bir değerlendirme sonucu olmasıydı. Birçok çevresel koşuld an yola çıkarak verilen bu son karar, tam da hayvanlardaki zekây a benzer bir gösterg eydi.

Güneş ışığının bitki için yaşamsal önemi ne kadar açık bir gerçekse bitkilerin ona ulaşmak için verdiği mücadele de bir o kadar çarpıcıdır. Ancak bitkilerin çoğu için söz konusu mücadele, pasif bir ışığ a yönelimle kalmaz: Işığın miktarı ve kalitesi (hangi dalgaboyunda olduğu) algılanır, çevredeki komşu bitkiler içinden olası rakiplerin yerleri saptanır, buna göre gövde incelenerek uzar ya da dallarla yana doğru genişler. Köklerin gelişimi de ışık yoğunluğunun bitkinin öteki bölümlerinde algılanması ve bu algının bitki içinde iletilmesinin kanıtı olacak şekilde değişkenlik gösterir.



Amazonlarda yetişen yürüyen palmye (*Socratea exorrhiza*), dayanak şeklindeki köklerini ayak olarak kullanır ve ışık alabileceği yöne doğru yürür.

Amazonlarda yetişen, yürüyen palmye (*Socratea exorrhiza*) adlı tür bu konudaki en çarpıcı örneklerden biridir. Dayanak şeklindeki kökler üzerinde yükselen gövdesiyle dikkat çeken bu palmye türü, çevresini rakipler sardığında güneş ışığına doğru yürümesiyle tanınır. Güneş ışığının olduğu, yani hareket edeceği yönde yeni kökler geliştirirken geride bıraktığı kökler ölür. Kimi bitkilerse ışığ a ulaşmak için tırmanır. Bir sarmaşık ailesi olan *syngonium*, ipliksi gövdesiyle çıktığı keşif yolculu-



Yürüyen palmye, güneş ışığının olduğu yönde yeni kökler geliştirirken geride bıraktığı kökler ölür.

ğunda beslenme şansı olduğu sürece ağaçlara tırmanır, en tepeye varıp besinini tükettiğindeyse başka bir ağaca geçmek üzere aşağı iner. Bu davranış ağaçlarda beslenen hayvanlarınk iyle neredeyse aynıdır ve bir zekâ belirtisi olarak değerlendirilebilir.

Küsküt (*cuscuta*) adlı asalak bitkinin beslenme yöntemi de ağız tadına göre yemek seçmeye benzer. Fotosentez yeteneğini büyük oranda yitirmiş olan bu tür, besleneceği başka bir bitkiye sarıcı kollarla dolanır ve suyla be-



Bu sarmaşık türü beslenmek için ağaçlara tırmanır, yiyeceğini tüketince başka bir ağaca geçmek üzere aşağı iner.



Küsküt (*Cuscuta*), yemek seçen bir asalak bitkidir. Önce, sarıldığı bitkiden alacağı besinin kendisine uygun olup olmadığına karar verir (solda). Küskütün geliştiği sarıcı kolların uzunluğu ulaşmayı öngördüğü besin miktarıyla doğru orantılıdır (sağda).

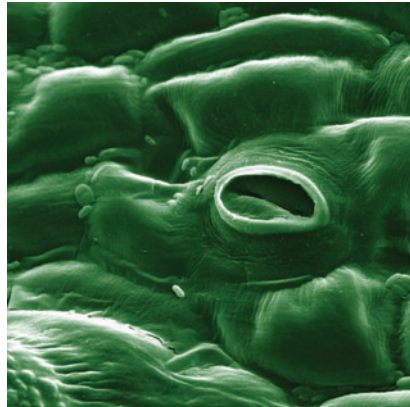
sinini doğrudan bu bitkiden sağlar. Fakat ilk başta, bu bitkiden alacağı besinin kendisine uygun olup olmadığına karar verir. Yapılan deneylerde, konak bitkiye sarılan küskütlerin %60'ının birkaç saat içinde yemeğini beğenmediği gözlenmiştir. Oysa konak bitkilere daha önceden nitrat verildiğinde bu oran %25'e düşmüş ve küskütlerin daha çok sarıcı kolla beslenmeye geçtiği görülmüş. Hatta sarıcı kolların uzunluğunun ulaşılması öngörülen besin miktarıyla doğru orantılı olduğu saptanmış. Sonuç olarak, ilk temasta küskütün kimyasal yolla edindiği bilginin konak seçimini ve sarıcı kolların uzunluğunu belirlediği anlaşılmış.

Bitkiler de Öğrenir

Bir organizmanın öğrenmesi, en basit anlamda, ulaşılmak istenen bir hedefi ve bu hedefe ne derece yaklaşıldığını gösteren bir hata değerlendirme mekanizmasını gerektirir. Öğrenme süreci, var olan davranışla ulaşılmak istenen hedef arasında bir geri besleme ilişkisi kurar. Bitkiler, çevresel koşulların çeşitliliği yüzünden deneme-yanılma yöntemiyle öğrenmeye gereksinim duyar; bu da biraz çaba gerektirir. Değişik koşulların getirdiği sonuçların değerlendirilmesi ve davranışın buna göre düzeltilmesi, bitkilerin öğrenme yöntemidir. Örneğin yerçekimine karşı hareket, yani köklerin suya ve minerallere doğru uzanırken sürgünlerin ışığa doğru yönelmesi ve bu yönelimin hangi açıyla gerçekleşeceği bile aslında bir öğrenmedir.

Bitkilerin deneme-yanılma yöntemiyle öğrenmesine başka bir örnek, susuz kalan yapraklardaki stomaların kapanmasında gözlenir. Su kaybını en aza indirirken gaz girişini de istenen düzeyde tutmak için stomalar bir seferde daralmaz; en uygun açıklığa ulaşmak için geri beslemeli bir dizi açılıp kapanmadan sonra uygun açıklığı öğrenirler. Yeniden suya kavuşulduğunda da bu mekanizma tersine doğru işler. Rüzgârın bitkinin gövdesini eğmesine karşılık bitkinin uygun esnekliği yakalamak üzere gövde kalınlığını değiştirmesi de benzer bir deneme-yanılma sürecinin sonucudur.

Bitkilerin susuz kaldıklarında deneme-yanılma yöntemiyle kendilerine en uygun duruma ulaşmak için seçtikleri başka mekanizmalar arasında kök/sürgün oranını değiştirme (deneylerde bu oranın 20 katına kadar çıktığı gözlenmiş), bitki yüzeyindeki tüylerin artırılması, erken çiçeklenme ve damar



Domates bitkisinin yapraklarındaki stomalardan biri. Stomalar, su kaybını azaltmak ve gaz alışverişini dengelemek için deneme-yanılma yöntemini kullanır.

sisteminin uyarlanması da sayılabilir. Tüm bu fizyolojik ya da morfolojik tepkiler, var olan su düzeyiyle en uygun su düzeyi arasında bir değerlendirme yapabilmeyi gerektirir. Bu değerlendirmede topraktaki mineraller, ortam sıcaklığı, nemlilik, bitkinin yaşı, geçmişi ve hastalıkları gibi birçok etken de göz önüne alınır ve bu nedenle verilecek son kararı bitkinin tümü birden verir.

Hayvanlardaki öğrenmenin sonucu farklı kasların bir amaç doğrultusunda kasılmasıysa, bitkilerdeki öğrenmenin sonucu farklı dokuların gelişimsel davranışlarının yine bir amaç doğrultusunda yönetilmesidir. Hayvanlardaki öğrenme sırasında sinir hücrelerinde gerçekleşen değişikliklerin benzeri bitkilerde karşımıza morfolojik değişiklikler olarak çıkar. Ama her ikisinde de uyarın şiddeti, değişimin niceliğinin belirlenmesinde ve sonuç olarak verilecek tepkide etkindir. Bitkideki morfolojik değişimler uzun süreli bellek gibidir. Çünkü bu değişiklikler öteki çevresel etkenler sabit tutulduğunda bitkinin davranışını etkileyecek boyuttadır.

Bitkiler de Haberleşir

Bitkilerin farklı bölgelerinin kendi aralarında ve farklı bitkilerin birbirleriyle haberleştiği yapılan birçok deneyle ortaya konan bir gerçek. Tıpkı hayvan sinir hücrelerindeki sinirsel iletim gibi, bitkilerdeki iletim de kimyasal maddelere dayanıyor. Örneğin glutamat insandakine benzer bir şekilde bitki hücrelerinde de hücreler arası Ca^{2+} iyonu iletimini etkiliyor. Yine beyinde

benzer bir görevi olan nitrit oksidin ikincil mesajcı görevini üstlendiği de kısa zaman önce saptanan bir başka gerçek. En basit anlamda, Ca^{2+} iyonu derişiminin gelen bir sinyal nedeniyle artmasının ve hücreler arasında bu iyonun dalga dalga iletilmesinin iletişimi sağladığını söyleyebiliriz. Şimdi, yine bir zekâ belirtisi sayılabilecek bu iletişim yollarından bazılarına göz atalım.

Bitkinin farklı bölgeleri arasındaki iletişimi göstermek üzere yapılan bir dizi deneyde köklerin, sürgünlerin ya da yaprakların bir bölümü söküldüğünde ışık, su ya da mineral miktarı azaltıldığında veya bitkinin bir bölgesi değişik düzeylerde ışığa maruz bırakıldığında bitkinin öteki bölgelerinin büyüme ve gelişmesinde özel değişimler gözlenmiş. Bu, uyarıların bitki içinde iletilmesini gösteren ve "korelasyon" olarak adlandırılan bir durumdur. Tüm bu durumlarda bitkinin gelişimi, denge durumunu yeniden yakalayabilmek ve kök/sürgün oranını uygun düzeye getirmek için düzenlenir; bu da hata düzeltme yöntemiyle öğrenme olarak değerlendirilebilir. Bitki içindeki bu haberleşmeyi sağlayan maddelerse çok çeşitlidir: nükleik asitler, oligonükleotidler, protein ve peptitler, mineraller, gazlar, mekanik ve elektriksel sinyaller, yağlar, basit şekerler, aminoasitler, hatta RNAlar...

ABD'deki Darmouth College'dan I. T. Baldwin ve J. C. Schultz, kavak, ak ağaç ve meşe üzerinde 1980'li yıllarda yaptıkları bir deneyde bu ağaçların yapraklarının bir bölümü yok edildiğinde ağacın geri kalan bölümünün otobur hayvanların yiyemeyeceği bazı maddeleri, özellikle de tanen salgıladığını gözlemiş. Başka bir deyişle, ağaç fazla tüketilince kendini yenemez hale getirmiş. Ama daha şaşırtıcı olan, yara almamış komşu ağaçlarda da aynı maddelerin üretilmesi olmuş! Söz konusu ağaçlarda tanen miktarı, zarar görmüş ağaçlardakiyle aynı oranda çıkmış. Kısacası yara almış ağaçların bir tehlike sinyaliyle komşularına haber verdiği anlaşılmış.

Aynı dönemde yapılan benzer bir deneyde Güney Afrika'daki Pretoria Üniversitesi'nden Profesör Van Hoven, alt yaprakları sopayla parçalanmış akas-yaların bu yapraklarını on beş dakikada bir tahlil etmiş. Yapraklardaki tanen miktarının düzenli olarak arttığını gözlemleyen Van Hoven, ağacın düzenli



Yaprakları zarar gören akasya ağaçları kendilerini tanen salgılayarak korumaya alır. Bu sırada çevredeki öteki akasyalara da tehlike sinyali iletir.

olarak sopolanmasından iki saat sonra tanen miktarının iki buçuk katına ulaştığını saptamış. Deney bu kez bazı akas-yalar dışarıda bırakılarak yinelendiğinde vurulan ağaçlara üç metre uzakta bulunan tüm ağaçlarda aynı tanen artışının olduğu gözlenmiş. Başka bir deneydeyse Hollanda'daki Radboud Üniversitesi'nden Josef Stuefer, tırtıl saldırısına uğrayan bitkilerin çevredeki öteki bitkilere bu haberi yaydığını ve haberi alanların da olası, benzer bir saldırıya karşı kimyasal maddeler aracılığıyla daha korunaklı hale geldiğini ortaya

çıkarmış.

Ağaçların kendi aralarındaki bu iletişiminin nasıl gerçekleştiğine ilişkin yanıtısa yine Baldwin ve Schultz'dan geliyor: Çok basit bir gaz olan etilen (C_2H_4), bitkilerin iletişimini sağlayan bir hormon görevi görüyordu. Bir bitki bu gazı salgıladığında komşu bitkiler de etkileniyordu. Örneğin elmaların olgunlaşması aşamasında salgılanan etilen çevreye yayılarak, yakınlardaki yeşil muzların da sararmasını sağlıyordu. Sonraki yıllarda bitkilerin iletişim için başka gazları da (örneğin metil jasmomat ($C_{13}H_{20}O_3$)) kullandığı ortaya çıktı.

Bitkilerin birbiriyle iletişim içinde olduğunu ya da çevresindeki öteki bireyleri tanıdığını gösteren bir başka deneyde, Kanada'daki McMaster Üniversitesi'nden biyoloji doçenti Susan Dudley, "deniz roketi" adıyla anılan *Cakile edentula* adlı çiçekli bitkilerle çalışmış. Deneyde bu bitkinin başka türlerle aynı saksıyı paylaştığında daha rekabetçi olduğu ve topraktan daha çok su ve mineral alabilmek üzere daha çok kök geliştirdiği gözlenmiş. Oysa aynı bitki kendi türünün başka bireyleriyle saksıya yerleştirildiğinde kök miktarının artmadığı görülmüş. Dudley ve ekibi, söz konusu iletişim ve *yakını tanımanın*, kökler arasındaki etkileşimle gerçekleştiğini düşünüyor.

Bitkiler de Anımsar

Sinir sistemindeki hücreler arasında yeni bağlantıların kurulması, en basit anlamda belleğin oluşmasıdır. Bu



Kavak ağacı otobur hayvanların saldırısına uğradığında kendini yenemez hale getirir.



Deniz roketi (*Cakile edentula*), yakınlarını tanyan ve onlarla dostça geçinen bir tür. Oysa rakiplerine karşı çok mücadelecî.

bağların yok olması, yani hücreler arasında kurulan köprülerin yıkılması da unutmak anlamına gelir. Geçmiş deneyimlerin anımsanmasıysa, daha önceden kurulan köprülere ulaşmak ve bunlardan elde edilen bilginin o andaki duruma uyarlanması demektir. Yapılan araştırmalar bitkilerde de buna benzer kısa ve uzun süreli belleğin var olduğunu ortaya koyuyor. Şimdi birkaç örnek üzerinden giderek bitkilerin bu anlamda da zeki sayılabileceğini görelim.

Fotoperiyodik (periyodik olarak verilen ışığa duyarlı) bazı çiçekli bitkilerin, birkaç fotoperiyot sonrasında düzensiz olarak verilen ışığa alındıklarında önceki periyodu anımsadıkları ve aynı dönemlerde çiçeklendikleri gözlenmiştir. Düşük sıcaklığın üzerlerinde gelişimi hızlandırıcı bir etki yarattığı kimi bitkiler, hatta bunların tohumları da benzer bir sonuç ortaya koymuş. Üçer

haftalık sürelerle soğuk bir ortamda tutulan bu tip bitki ve tohumların, ortam sıcaklığı artırıldığında bile “üç hafta”yı anımsadıkları ve bu periyoda uyararak çiçeklendikleri ya da çimlendikleri görülmüş. Bu deneylerden çıkarılan sonuç da şu olmuş: Bitkilerde çiçeklenme zamanı ve açılacak toplam çiçek sayısı, var olan besin durumu ile öğrenilen ve anımsananların genel değerlendirmesi sonucu verilen bir karardır. Araştırmacıların bu ve benzeri deneylerden sonra vardıkları bir başka sonuç da bitkilerin kendilerine en uygun yaşam orta-



Fotoğraftaki keten bitkisi (*Linum pubescens*), yaşadığı kuraklığı ve esen sert rüzgârı sekiz gün boyunca aklında tutabiliyor.



Noel yıldızı (*Euphorbia pulcherrima*), fotoperiyodik bir bitkidir ve yaşadığı ışıklenme sürelerini anımsayabilir.

mına ilişkin bilgiyi içlerinde barındırdığı ve bu bilgiye ulaşımın tıpkı uzun süreli belleğe benzediğidir.

Kısa süreli belleği bitkilerde olanaklı kılan maddenin yine Ca^{2+} iyonu olduğu biliniyor. Ama mekanizmanın ayrıntıları hâlâ sırrını koruyor. Keten (*linum*) üzerinde yapılan deneylerde kuraklık ve rüzgâr gibi çevresel etkilerin Ca^{2+} iyonu derişimini artırdığı ancak bu etkilerin hissedilebilmesi için bu derişimin bir gün boyunca düşmesi gerektiği gözlenmiş. Ama keten bitkisinin bir önceki kuraklık ve rüzgâr deneyimini sekiz gün boyunca aklında tuttuğu, yani Ca^{2+} iyonu derişiminin dış etkenler ortadan kalksa bile bu süre boyunca değişmediği anlaşılmış.

Bu gibi örnekler arttırılabilir. Bitkilere ilişkin bilgimiz her geçen gün çoğalıyor. Onları daha yakından tanıdıkça, onlara duyduğumuz hayranlık da artıyor. Bizimkinden farklı bir zaman ölçeğinde yaşamlarını sürdürdükleri için birçok şaşırtıcı özelliği gözümüzden kaçan bitkiler daha yakından incelendiğinde, onların hareket ve zekâdan yoksun olduğuna ilişkin yargı da kaybolacaktır. Ama bu inceleme sırasında sabırlı olmak şart; çünkü hayvanlarda hareket saniye ölçeğinde gözlenirken bitkilerde hafta, hatta ay ölçeğine çıkıyor. Hızlandırılmış görüntülerse bitkilerin nasıl hareketli olduğunu anlamak için birebir. Öte yandan bitkilerin kimyager yönünü keşfetmek, konuştukları dili anlamamıza, tek bir birey içinde ve bireyler arasında kullandıkları iletişim mekanizmalarını çözmemize de yardımcı oluyor. Tüm bu çabamızın sonucunda bitkilerin de çevrelerine uyum sağlayan değişken davranışlar gösterdiğini anlayıp onların da zeki olduğunu söylemek, işten bile değil.

Muzaffer Özgüleş

- Kaynaklar:**
Trewavas, Anthony, Aspects of Plant Intelligence, Annals of Botany, 92, 2003
Trewavas, Anthony, Mindles Mastery, Anthony Trewavas, Nature 415, 2002
Bose, Indrani; Karmakar, Rajesh, Simple Models of Plant Learning and Memory, Physica Scripta, Vol. T106, 2003
Pelt, Jean-Marie; Mazoyer, Marcel; Girardon, Jacques; Bitkilerin En Güzel Tarihi, İş Kültür Yayınları, İstanbul 1999
<http://www.plantneurobiology.org/>
<http://www.csmirror.com/2005/0303/p01s03-usgn.html>
<http://www.physorg.com/news100963920.html>
<http://www.animalintelligence.org/2007/10/15/does-plant-communication-imply-intelligence/>
<http://www.sciencedaily.com/releases/1999/01/990105075808.htm>
http://www.wired.com/science/discoveries/news/2007/10/vegetable_intelligence
<http://www.enginbilim.byethost16.com/modules/news/article.php?keywords=zekay%FD&storyid=854>