

DOĞADAKİ ANLAMLI DENGE

Sayırsız türdeki bitkilerle ayrı bir güzellik kazanan doğa, bu bitkilerle yaşamını sürdüren böcek ve hayvanların zenginliğiyle de ayrı bir canlılığı kavuşturur.

Prof.Dr. Sabahattin ÖĞÜN*

Bitkiler, kendilerini böcek ve diğer hayvanlardan korumak için bazı kimyasal bileşikler yapılarında bulundurlar. Bu bileşikler, bitkilerin kendi yaşamları ve çoğalmaları için doğrudan bir etkiye sahip değildirler (primer etkili değildir). Bunlar, kendilerini yiyen böcek ve hayvanların sağlığını, gelişimini, çoğalmasını dolaylı olarak, olumsuz yönde etkilerler (sekonder etkilidir). "Allelo Kimyasal Bileşikler" olarak tanımlanan bu bileşikler, böcek ve hayvanlarda bazen çekici, bazen korkutucu, bazen alerji yapıcı ve bazen de öldürücü olarak etkilerini gösterirler.

Bitkiler, kendilerini düşmanlarına karşı aktif bir biçimde savunamadıklarına, kaçamadıklarına göre, neden bazı bitkiler sadece belli böcek ve hayvanlar tarafından saldırıya uğrarlar da, diğerleri bu bitkilere en ufak bir şekilde de olsa zarar vermezler? Böcek ve hayvanların, besin kaynağı olan bitkileri seçmelerinde hangi ölçütler, ne şekilde rol oynamaktadır? İşte, doğada anlamlı denge olarak nitelendirdiğimiz olaylar zincirinin gizleri bu sorular içinde yatmaktadır.

Bu sorulara yanıt ararken, bitkilerin çok sade, ancak son derece etkili önlemlerle, bir savunma sistemi kurduklarına ve kendilerini korumayı başardıklarına tanık oluyoruz. Bu etkin önlemlerin tümü "Kimyasal Savunma Sistemi" olarak tanımlanabilir.

Bitkiler düşmanlarına karşı böylesine etkili savunma sistemleri kurarlarken, böcek ve hayvanlar da bu durum karşısında eli kolu bağlı durmamakta, tıpkı bir savaşta olduğu gibi, bu savunma sistemlerini etkisiz hale getirici, karşı önlemler alma yolunu aramaktadırlar. Ancak bu arayışta her zaman başarılı oldukları söylenemez. Örneğin kelebekler, çalı çiçekli bitkilerden çekinirler, onlara yaklaşmazlar. Çünkü bu bitkiler, savunma sistemleri içinde "sinigrin" adlı bir zehir maddesini bulundurlar. Buna karşın kelebekler, bu gibi zehir maddesini taşımayan salıncı çiçekli bitkileri çok severler. Çünkü onlar için, bu çiçeklere yaklaşmak bir tehlike yaratmaz.

Bazı böcek ve hayvanlar ise, kendilerini zaman içinde değiştirerek, söz konusu bitkilerin savunma sistemlerini etkisiz hale getirebilmekte ve onlara yaklaşabilmektedirler. Bu böcek veya hayvanlar, bitkilerin savunma sistemlerindeki kimyasal bileşikler kendileri için bir besin kaynağı olarak değerlendirebildikleri gibi, bunları alarak vücutlarında depolayabilir ve düşmanlarına karşı kendi savunmalarında kullanabilirler.

Doğadaki bu dinamik olaylar, doğanın belli bir denge için

*Trakya Üniversitesi Öğretim Üyesi, TÜBİTAK VHAG Yür. Kom. Üyesi.



de kalmasını sağlamada çok etkilidir. Günümüzde henüz çok genç olan, buna karşın her geçen gün hızlı bir gelişim gösteren "Kimyasal Ekoloji" adlı bilim dalı, bitkilerle böcek ve hayvanlar arasındaki sözü edilen bu karmaşık ilişkileri incelemektedir. Şimdi Kimyasal Ekolojiye biraz daha yaklaşıp bitkilerin düşmanları için organizmalarında bulundukları bileşikler biraz daha yakından tanıyalım.

ZEHİR ETKİLİ BİLEŞİKLER

Değişik iklim kuşaklarında yetişen bazı yonca (Adi lüfer otu-*Lotus corniculatus*) ve tırfıl (Beyaz üçgül-*Trifolium repens*) bitkilerinin, yapraklarında "cyanojenik glikozid" bileşikleri taşıdıkları eski zamanlardan beri bilinen bir gerçektir. Bu bileşikler, yaprakların hasar görmesi halinde iki değişik özel enzimin de varlığı ile zehir etkili siyanit maddesine dönüşürler. Bu bitkilerden bazıları ise yapılarında ya bu bileşikler, ya da onları aktif zehir maddesine dönüştüren enzimleri taşımazlar. Böyle bitkiler, hayvanlar için zararlı değildir. Bu farklılaşmanın acaba bir nedeni var mıdır?

H.Daday'ın, 1954 yılında çizilen, gerek cyano bileşiklerini, gerekse bu iki özel enzimi taşıyan yem bitkilerinin dünya üzerindeki dağılımını gösteren haritasında, Güney Avrupa ve ülkemizde yetişen bitkilerin % 70-90'ında zehirli bileşiklerin bulunduğu, buna karşın Sovyetler Birliği ve İskandinav ülkelerinde yetişen bitkilerde zehirli bileşiklere rastlanmadığı görülmüştür. Ancak bunun nedenini, İngiltere'deki Hull Üniversitesi araştırmacılarından D.A. Jones buldu. Jones, deneme hayvanı olarak kullandığı salyangoz ve sümüklü böceklerin, ılıman güney ülkelerinde bu bitkilerin çiçek bağladığı dönemlerde aktif durumda olduklarını, bu nedenle bu bölgelerde yaşayan yonca ve tırfıl bitkilerinin zehirli cyano bileşiklerini ve iki özel enzimi taşıdıklarını; buna karşın soğuk bölgelerde çiçeklendikleri dönemde henüz aktif hale gelmeyen salyangoz ve sümüklü böcekler için bitkilerin zehirli bileşiklere gereksinim duymadıklarını ortaya çıkardı. Kısaca doğanın, bu bitkilere, onları sıcak bölgelerin tehlikelerinden korumak için zehirli bir bileşik armağan ettiği söylenebilir.

Benzer zehirli bileşiklere, birçok çöl bitkisinin yaprak tüylerinde (Trichome) rastlamak mümkündür. Örneğin Aşağı Kaliforniya Yanmadası ve Meksika'nın bitki örtüsünü inceleyen E. Rodrigues bu bölgelerde yetişen birçok bitkinin tüylerinde sayısız zehirli maddenin, insektisitlerin ve alerji maddelerinin depolanmış olduğunu ve bunları böceklerle karşı savunmada etkili bir biçimde kullandıklarını saptamıştır. (Şekil 1-a)

HORMON ETKİLİ BİLEŞİKLER

Kaliforniya Üniversitesi araştırmacılarından I.Kubo ve arkadaşları, Kenya'da bir inceleme gezisi yaparken, çekirge

sürüsünün istilasına uğramış geniş bir alanı görünce hayretler içinde kaldılar. Çünkü, geniş alanda birkaç mayasilotu veya egzama otu (*Ajuga remota*) olarak bilinen tür dışındaki tüm bitkiler, çekirgeler tarafından yenilerek arazi çirliçirli bırakılmış ama bu bitkilere dokunulmamıştı. Bunun üzerine araştırmacılar, geride kalan bu otları aldılar ve bunları değişik türdeki çok sayıda böceğe yedirdiler. Sonuçta her böcekte az veya çok olumsuz gelişmeler izlendi. Ama en göze batıcı belirtiler larvalarda görüldü. Bu otlarla beslenen larvalar, pupa dönemine geçerlerken, bir başlık yerine birkaç başlık oluşurdular ve bir süre sonra da öldüler.

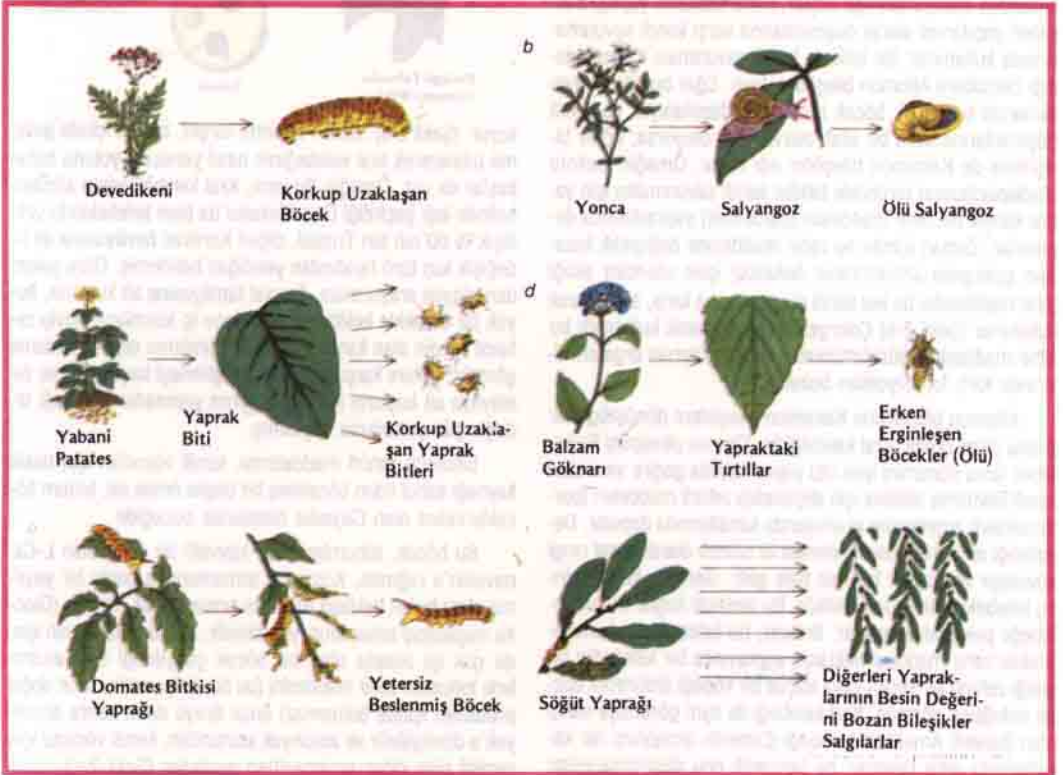
Konuya yabancı olanlar için şu kısa açıklama yararlı olabilir: Böcekler gelişmelerini ya yılanlar gibi kabuk değiştirerek ya da larva, pupa ve ergenlik aşamalarından geçerek sürdürürler (Bazı böcekler ergenleşene kadar birkaç larva aşaması geçirmek zorundadır). Hangi yolla gelişirse gelişsin, böcekler ya kabuk değiştirme hormonu (Ecdysteroidler) ya da larva aşaması hormonu (juvenil) salgılayarak bir sonraki basamağa geçerler. Bu kısa açıklamadan sonra kaldığımız yere dönelim.

Kubo ve arkadaşları, mayasilotunu yiyen larvaların neden öldüklerini derinlemesine araştırdıklarında, larvaların ölümünün bu bitkilerin taşıdığı hormonların alınması nedeniyle gerçekleştiğini anladılar. Bu hormonlar, aynı kabuk değişimini sağlayan hormonların etkisine sahiptirler. Kısacası bitkiler, kendileri için hiçbir yarar olmadığı halde taşıdıkları bu hormonlarla düşmanlarını aldatıp, onların vaktinden önce kabuk değiştirmelerine ortam hazırlamışlardı. Sonuçta, bitkile-

rin adatmacasıyla erken çağda kabuk değiştirmeğe zorlanan larvalarda ortaya çıkan anatomik bozukluklar, ağız gelişmelerini engelleyerek yeterince beslenememelerine ve açlıktan ölmelerine neden oldu.

Bu durum Bitki Koruma alanında yeni yeni ufuklar açıyordu. Bunun üzerine araştırmacılar, doğada bulunan bitkilerde kabuk değiştirme hormonu olup olmadığını araştırmaya başladılar. Bugün artık 30-40 çeşit bitkinin, kendi savunma sistemleri için kullandıkları, kabuk değiştirme hormonuna sahip olduğu biliniyor. Üstelik, bunlarda bazılarında, örneğin Adi benekli eğrelti otundan (*Polypodium vulgare*) elde edilen kabuk değiştirme hormonunun miktarı ve etkinlik derecesi incelendiğinde, böceklerdeki hormon miktarı ve etkinlik derecesinden 100 kat daha fazla olduğu bulunmuş.

Bitkilerin kullandıkları aldatıcı başka hormonlar da var. İşte bir başka örnek: Üzerinde uzun yıllar çalıştığı kırmızı siyah renkli hemipterler ile ilgili çalışmalarını sürdürmek için, 1964 yılında, Çekoslovakya'dan Harward Üniversitesi'ne gelen K.Slana adındaki bir araştırmacı oldukça şaşırılmıştı. Çünkü Avrupa'da, üzerinde çalıştığı bu böcekler, normal olarak beş aşamadan sonra erginleşirken, Amerika'daki böcekler altı, hatta yedi aşamada erginleşiyordu. Bu durumun nedenleri üzerinde bir türlü kesin karar veremeyen Slana'nın gözüne bir ara petri kutusundaki, üzerinde böceklerin barındığı bir Amerikan gazetesinin parçacığı ilişti. Slana, Avrupa'daki denemelerini de gazete kağıdı ile yapıyordu. O anda, aradaki farkın kullandığı bu gazetelerin farklılığından ileri gelebileceğini düşündü ve konunun üzerine gitti. Sonuçta, Avrupa ve



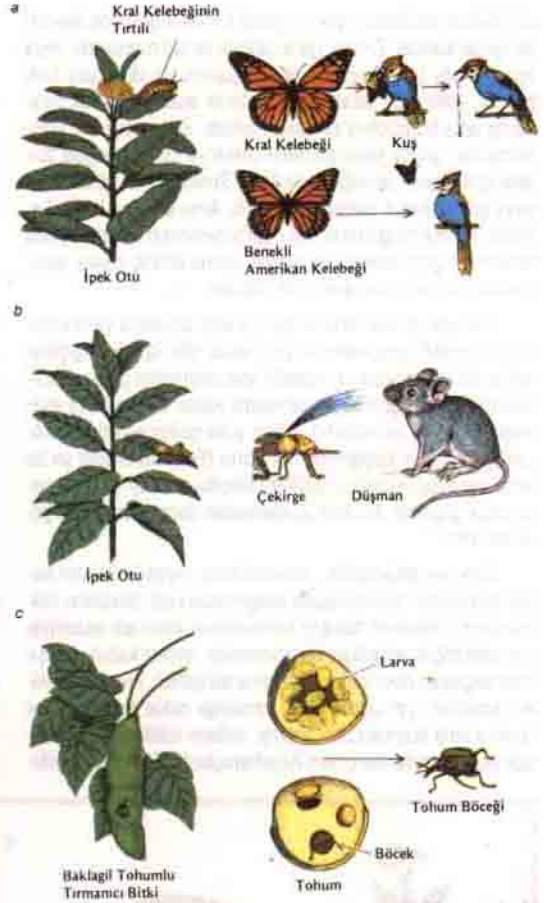
Japonya'da yayınlanan gazetelerle, Amerika'da yayınlanan gazetelerin değişik ağaç türlerinden elde edildiği ortaya çıktı. Amerika'da kağıtlar, balzam göknarı ağacından elde ediliyordu. Yapılan birçok analiz sonucunda bu ağacın yapısında Juvabion adlı bir kimyasal bileşik tesbit edildi. Bu bileşik böceklerin larva döneminde salgıladığı juvenil hormonu ile aynı etkileri gösteriyordu. Demek ki bitkiler, kendilerini düşmanlarından korumak için düşman böceklerin gelişmesini geciktiren aldatıcı bir hormon da üretebiliyorlardı.

Bu bulgudan bir süre sonra, konu üzerindeki araştırmaları sürdüren W.S. Bowers, "Bitkiler düşmanlarına karşı, aldatıcı kabuk değiştirme hormonu, aldatıcı larva dönemini uzatma hormonu salgıladıklarına göre, neden larvaların gelişimini durduran hormonu da salgılamazlar?" diye düşündü. Sonra da bu düşünceden hareketle aradığı anti Juvenil hormonunu, yapur dumanı (*Ageratum houstonianum*) adını taşıyan bir bitkide buldu (Prococen I ve II hormonları). Bu hormonlar, böceklerin larva dönemini tamamlamadan erginleşmesine neden oluyor (Şekil-1-d) ve Büyük Amerikan hamamböceğinde (*Periplaneta americana*) çiftleşme duyusunu ortadan kaldırarak böceklerin çoğalmasını engelliyordu. Aynı hormonlar patates böceğinin zamansız kış uykusuna yatmasına ortam hazırlıyor, birçok değişik böceklerde ise döllenmemiş yumurtaların ortaya çıkmasına neden oluyordu.

ALLOMON VE KAIROMON ETKİLİ BİLEŞİKLER

Bazı böcekler zaman içinde belli bitkilerin savunma sisteminden etkilenmeye başlar, hatta bitkilerin yaptığı bileşikler yapılarına alarak düşmanlarına karşı kendi savunmalarında kullanırlar. Bir bitkinin kendi savunması için salgıladığı bileşiklere Allomon bileşikler denir. Eğer bu bileşik aynı zamanda başka bir böcek tarafından depolanıyor ve kendi düşmanlarına karşı bir silah olarak etkili oluyorsa, böyle bileşiklere de Kairomon bileşikler adı verilir. Örneğin ipekotu (*Asclepiadaceae*) türündeki bitkiler kendi savunmaları için yapısı karışık bir zehir maddesini (cardenolit) yapraklarında depolarlar. Zaman içinde bu zehir maddesine bağımlılık kazanan çekirgeler (*Poecilocerus bufonius*) ipek otundan aldığı zehir maddelerini bu kez kendi düşmanlarına karşı, silah olarak kullanırlar (Şekil 2-b) Çekirgelerin silah olarak kullandığı bu zehir maddesinin püskürtülmesi sonucu düşman organizmalarında kalp fonksiyonları bozulur.

Allomon bileşiklerin Kairomon bileşiklere dönüştüğü bir başka güzel örnek, Kral kelebeğidir. (*Danous plexippus*) Bu kelebek larva dönemini ipek otu yapraklarında geçirir ve o otu kendi savunma sistemi için depoladığı zehirli maddeleri (cardenolitleri) erginleşme aşamasında kanatlarında depolar. Depoladığı zehir maddesinin artması ile orantılı olarak kanat rengi koyulaşır ve çizgiler belirgin hale gelir. Genelde kuşlar için bu kelebekler öldürücü etkilidir. Bu nedenle kuşlar bu tür kelebeğe pek yaklaşmazlar. Brower, bu kelebeklerin kanatlarındaki zehir maddesi miktarını saptayınca bir kelebeğin taşıdığı zehirin bir kediyi veya küçük bir köpeği öldürecek dozda olduğunu görmüş. Kral kelebeği ile aynı görünüşe sahip olan Benekli Amerikan kelebeği (*Limenitis archippus*) ise kanatlarında zehir taşımaz. bu benzerlik onu düşmanlarından



korur. (Şekil 2-a). Bütün zehirine karşın, zaman içinde gelişme göstererek kral kelebeğinin nasıl yeneceği yolunu bulan kuşlar da var. Örneğin Bowers, Kral kelebeklerinin sürü halinde kışı geçirdiği Orta Meksika'da ölen kelebeklerin yaklaşık % 60'ının biri Trupial, diğeri Kardinel familyasına ait iki değişik kuş türü tarafından yendiğini belirlemiş. Olayı yakından izleyen araştırmacı, Trupial familyasına ait kuşların, büyük bir ustalıkla kelebeklerin sadece iç kısımlarını yiyip zehirce zengin olan kanat ve kabuk kısımlarını dışarı attıklarını görmüş. Zehire karşı bağımlılık geliştirmeyi başaran diğer familyaya ait kuşların ise hiçbir ayırım yapmadan kelebeği olduğu gibi yuttuğunu saptamış.

Bitkilerin zehirli maddelerini, kendi vücutları için besin kaynağı kabul eden böceklere bir başka örnek de, tohum böceklerinden olan *Caryedes brasiliensis* böceğidir.

Bu böcek, tohumlarındaki kuvvetli bir zehir olan L-Cavananin'e rağmen, Kostarika ormanlarında geniş bir yayılma alanı bulan baklagil tohumlu tırmanıcı bir bitkinin (*Dioclea megacarpa*) tohumlarını yemektedir. Bu duruma zaman içinde çok iyi adapte olan bu böcek geliştirdiği özel enzimlerle tohumun zehir maddesini (bu bir aminoasittir, fakat doğal proteinler içinde bulunmaz) önce üreye daha sonra amonyak'a dönüştürür ve amonyak azotundan, kendi vücudu için gerekli olan diğer aminoasitleri sentezler (Şekil 2-c).

FOTOĞRAFIN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ



Bu sayımızdaki konuyu yukarıdaki resim oluşturuyor. Bakalım neyin fotoğrafı olduğunu bulabilecek misiniz?

Geçen sayımızda hangi hayvana ait olduğunu sorduğumuz fotoğraf (küçük resim) aşağıda uçuş sırasında bütünüyle görülen bir yarasa türüdür. "Uçan tilki" adı verilen bu yarasa türünün vatanı Afrika'dır.



ALARM ETKİLİ BİLEŞİKLER

Doğadaki bazı bitkiler düşmanları tarafından zedelendiğinde özel maddeler salgılayarak alarm durumuna geçerler. Örneğin, domates bitkisinin yaprakları böcekler tarafından tahrip edilince verilen uyarıyla tüm bitki hücreleri alarma geçer ve yeni yeni bileşikler sentezlerler. Bu yeni bileşikler böceklerin sindirim sistemindeki proteinleri parçalayan enzimleri bağlar ve böceklerin yeterince beslenmelerine engel olur (Şekil 1-e)

C.Schultz ve arkadaşı I.Bolwin bir söğüt ormanındaki her hangi bir ağaca bir böceğin saldırmaması sonucu hasar gören söğüt yapraklarının, derhal bir parfüm yayarak henüz hasar görmemiş diğer ağaçları uyardığını söylüyor. Bu uyarı üzerine diğer söğüt ağaçları özel bileşikler salgılayarak yapraklarını besin değerini minimuma düşürüp korunmaya çalışıyorlarmış (Şekil 1-f)

Araştırmacılar, bu ilginç uyarı sistemini daha yakından tanımak için bir deneme yaptılar. Bu denemede iki klima odasına tertemiz söğüt çeliklerini yerleştirdiler. Sonra birinci odadaki çeliklerden birini, böceklerin saldırısına uğrattılar. Sonuçta araştırmacılar saldırıya uğrayan çeliğin iki değişik alarm bileşiği salgıladığını tespit ettiler. Bunlardan biri tanınili, diğeri fenollü bileşiklerdi. İlginç olan, saldırıya uğrayan çeliğin salgıladığı zehirlerin uyarısını alan aynı odadaki temiz çelikle-

rinde aynı bileşikler salgılamasıydı. Oysa ikinci odadaki çelıklar hiç bir salgı yapmamaktaydı.

Bu denemeler henüz çok başlangıçta olmasına karşın, bitkilerin de hayvanlar gibi kendi aralarında, belli düzeylerde çok özel haberleşme sistemine sahip olduklarını göstermektedir.

ZARARLILARDAN KURTULMAK İÇİN DOĞAL YOL

Bitkilerin kendi savunmaları için salgıladığı kimyasal bileşikler üzerindeki bilgiler arttıkça, bunların zararlı böcekleri öldürücü madde (İnsektisit) olarak kullanılması yolu da açılacaktır. Doğal bileşiklerin, insektisit olarak kullanılması çevre kirlenmesi bakımından çok olumlu olacaktır. Çünkü bu bileşiklere böceklerin de bağıışıklık kazanması oldukça güçtür. Doğal kimyasal bileşiklerin yapısını aydınlatıldıkça, Bitki Koruma alanında yeni yeni ufuklar açılacaktır. Belki de gelecekte klasik melezleme yöntemleri ya da biyoteknoloji ile öyle bitkiler elde edilecektir ki, bu bitkiler bir yandan yok olmasını istediğimiz zararlıları kendilerine çekerken öte yandan salgıladıkları doğal kimyasal bileşiklerle onların yok olmasına neden olacaktır. □

Bu yazı, Spektrum der Wissenschaft Dergisi'nin Nisan 1986 sayısından yararlanarak hazırlanmıştır.