



SARI, KAVUNIÇI VE KIRMIZI SONBAHARIN RENKLERİ...

Sonbahar her ne kadar renkleriyle cazibeli bir mevsim olsa da, çağrıştırdığı hüznü nedeniyle diğer mevsimlere göre arka planda kalıyor. Aslında sonbahar mevsimi yaşam için önemli bir dönüm noktası. Çünkü birçok canlı türü sonbaharda yaşamını ya gelecek nesillere aktarıyor ya da sessiz bir uykuya dalıyor. Sonbaharın en cazip yanı, ağaç yapraklarına verdiği sarı, kavuniçi

ve kırmızı renklerde saklı. Peki, ağaçların yaprakları bu mevsimde neden renklerini değiştirip dökülüyor?

Sonbaharda yaprakların yeşil renklerini kaybederek sarı ve parlak kırmızıya bürünmelerinin nedeni, sonbaharda besin sentezini ve klorofil yapmayı durdurmaları. Bitkide bulunan ve fotosentez yapmaya yarayan klorofil, bitkilere yeşil rengini veriyor. Klorofil adı

verilen pigment maddeleri kuvvetli bir yapıya sahip olduğu için, yaprakta bulunan diğer pigment maddelerini maskeleyiyor ve yapraklar yeşil görünüyor. Yapraklarda klorofil çeşitli nedenlerle azalmaya başladığında diğer pigment maddeleri de görünmeye başlıyor. Böylece klorofiller sonbaharda yapraklarda parçalanmaya başladıkça, biz de onları sarı ve kavuniçi tonlarda görmeye

başlıyoruz.

Sonbaharda her ağaçta farklı renk tonlarının görülmesinin nedeni, yaprakta bulunan klorofillerin aynı miktarda olmaması. Bunun yanında yaprakta başlayan klorofil yıkımının hızı, yaprakta depolanan şekerlerin miktarı, diğer pigmentlerin yoğunluğu ve yaprakların düşme hızı gibi etkenler, yaprakların rengini değiştiriyor. Tüm bu ölçütlerse iklim koşullarınca kontrol ediliyor.

Sonbaharda yaprakta depolanan şeker miktarı artıyor. Çünkü fotosentez hızının azalmasına karşın, üretilen şekerlerin bitkinin diğer kısımlarına iletilmesi yavaşladığından, bu şekerlerin büyük kısmı yapraklarda kalarak antosiyanin adı verilen bileşiklere dönüşüyorlar. Yaprakların sarımsı-kırmızımsı renkleri, bu sürecin sonucu. Işık şiddetinin fazla olması antosiyaninleri artırdığından, yapraklar daha parlak renklere bürünüyor. Sonbaharla gelen soğuk gecelerse, antosiyanin üretimini yavaşlattığı için, soğuk havalarda yapraklar daha soluk renkli oluyor. Renklerdeki soluklaşmanın bir nedeni de, soğuk havayla yapraklardaki şeker oranının düşmesi.

Genetik Yapı ve Çevresel Etkenler

Yaprak rengini genetik yapı ve çevresel etkenler de belirliyor. Ancak bu etkiler bitkiden bitkiye çok farklı şekillerde ortaya çıkıyor. Sıcaklık, yaprak yaşı, gölge gibi koşullar da rengi etkiliyor. Örneğin, yüksek sıcaklıklarda büyüyen bitkilere ait yapraklar daha az renk değiştirirken, düşük sıcaklıklarda büyüyen bitkiler fazla renk değiştiriyor. Bu nedenle ılıman kuşakta yer alan bitkiler, sonbaharda subtropikal kuşakta yetişen bitkilere göre çok daha güzel renklere sahip oluyorlar. Yapılan araştırmalara göre, gece sıcaklıkları 14-18 °C arasında bulunan bölgelerde, yaprakların sonbahardaki renkleri, çok daha parlak ve çok daha güzel oluyor.

İklim koşullarının dışında, toprakta bulunan çeşitli mineral maddelerin eksikliği de yaprak renklerini etkiliyor. Örneğin, azot eksikliği yaprakların erken sararmaya başlamasına neden olu-



yor. Toprak asitliği de yaprak rengini değiştiren bir etken. Asitli topraklarda yetişen ağaçlar daha kırmızı renklerde olurken, alkaliye gidildikçe yapraklar daha çok morumsu olmaya başlıyor.

Biliminsanları uzun yıllardan beri yaptıkları çalışmalar sonucunda yaprak dökümünün, hava sıcaklığının düşmesinden çok, günlerin kısılması nedeniyle ışık şiddetindeki değişimler nedeniyle ortaya çıktığını ifade ediyorlar.

Yapılan genetik çalışmalar da, sonbaharda yaklaşık 2.400 genin değişikliğe uğradığını gösteriyor. Buna göre, genler yaprakların renk değiştirmesi ve dökülmesinde etkin rol oynuyorlar. Ancak şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, bu dönüşümlerin tam olarak hangi genler tarafından ve nasıl kontrol edildiği tam olarak ortaya konabilmiş değil. Umea Üniversitesi ve Stockholm'de bulunan Kraliyet Teknoloji Enstitüsü'nden biliminsanlarının Akçaağaç (Acer sp.) üzerinde yaptıkları çalışmada, yaprak dökümünde gerçekleşen ve yaprak renginin değişmesini sağlayan klorofil parçalanmasında, 35 genin etkinleştiği tespit edilmiş. Ancak yaprakların renk değiştirme mekanizmasını tam olarak çözebilmek için daha çok sayıda çalışma yapılması gerekiyor. Genetikbilimciler, gelecekte renk değişiminde rol oynayan genlerin tümünün keşfedileceği ve istenilen za-

manda yaprak renginin değiştirilebileceği umudundalar.

Yapraklar Ne İşe Yarıyor?

Yapraklar, bitkilerin doğal besin fabrikaları. Bitkiler, kökleri aracılığıyla topraktan aldıkları suyla atmosferden aldıkları karbondioksidi, (CO₂) güneşten aldıkları enerjiyle parçalayarak yapraklardaki kloroplastlarda besin haline dönüştürüyorlar. Bu tepkime sonucunda bitkinin büyümesini sağlayacak olan ve glukoz adı verilen şekerli bir bileşik ve atık madde olarak da oksijen (O₂) üretiliyor. Bitkiler bu glukozu enerji üretmek ve büyümek için kullanıyorlar. Bitkinin yapraklarında gerçekleşen bu olaya, ışıkla birleştirme anlamına gelen fotosentez adı veriliyor. Bu süreçteki en önemli rolü de bitkiye yeşil rengini veren, klorofil adı verilen moleküller oynuyor.

Bitkiler Kışın Geldiğini Nasıl Anlıyor?

Bitkiler, kışın geldiğini sahip oldukları almaçlar (reseptörler) aracılığıyla anlıyorlar. Bu almaçların bazıları ışık şiddetine, bazıları da sıcaklığa duyarlı. Bu işleyişe iyi bir örnek, baharda alda-



nan ağaçlar. Örneğin, ocak sonu ve şubat havalarda birden ılıştaştığında badem ve erik ağaçları kısa sürede çiçeklenmeye başlıyorlar. Ancak sıcaklardan sonra gelen ilk soğuklarla, çiçekler donarak zarar görüyor. Bu, ekonomik bir kayıp olmanın ötesinde, türün çiçeklerini kaybetmesi, o yıl tohum oluşturamaması, yani biyolojik olarak başarılı olamaması anlamına da geliyor.

Kış boyunca güneş ışınlarının eğimli gelmesi ve hava sıcaklığının düşük olması fotosentezi olumsuz etkiliyor. Bu nedenle ağaçlar, kışın memeli hayvanlardaki kış uykusuna benzer bir dinlenme dönemine çekiliyorlar. Bu sürede yeterli fotosentez yapamayan ağaçlar yaz aylarında depoladıkları besinlerle yaşamlarını sürdürüyorlar. Yapraklarda klorofillerin parçalanması ve ardından yaprakların dökülmesi, ağaçlarda besin üretimini büyük ölçüde durduruyor.

Bitkiler Kışa Nasıl Hazırlanıyor?

Yaz ayları boyunca, ortamda bulunan bol su ve şiddetli güneş ışığı etkisiyle bitkiler yoğun bir şekilde fotosentez yaparak besin üretiyorlar. Üretilen bu besinlerin bir kısmı büyümede kullanılırken, geriye kalan kısmı da kışın kullanılmak üzere depo ediliyor. Çünkü yaz aylarının tersine kış aylarında günler kısa ve soğuk olduğundan, ışık

miktarının azlığı ve ortamda bulunan suyun akışkanlığını kaybederek yeterli miktarda alınamaması sonucunda, bitkiler yeterli miktarda fotosentez yapamıyorlar. Bu nedenle, kışın ağır koşullarına dayanabilmek için kendilerine çeşitli yollar buluyorlar. Bazı bitkiler yaşamlarını, bir büyüme sezonuna sığdırıyor. Bu bitkilere tek yıllık bitkiler adı veriliyor. Bu bitkiler, kışın ağır koşulları henüz gelmeden yaşam döngülerini tamamlayarak ortadan kayboluyor, ancak ürettikleri tohumlarıyla bahar aylarında yaşama geri dönüyorlar. Çok yıllık adı verilen bitkilere tek yıllıkların aksine, iki yıl ya da daha fazla yaşayabiliyorlar. Bu grup, ağaçları, çalıları, yarı çalıları ve bazı uzun ömürlü otsu türleri içeriyor. Çok yıllık bitkilerden ağaç ve çalıları, odunsu kısımlarıyla kışa karşı koyabilirken, otsu kısımlarını, yani yapraklarını kaybediyorlar. Böylece hem enerji tasarrufu yapıyor, hem de soğuktan etkilenen yüzey alanlarını küçültüyorlar. Soğuktan üşüdüğümüzde büzülmemizin amacı da bu: yüzey alanımızı küçülterek daha az enerjiyle daha kısa sürede ısınabilmek. Çok yıllık otsu bitkiler de kış aylarında toprak yüzeyinde bulunan kısımlarını kaybederek, yalnızca toprak altında bulunan

kök, soğan, yumru gibi kısımlarıyla yaşamaya devam ediyorlar ve havalar ısındığında yeniden gelişiyorlar.

Bitkiler, sandığımızın aksine, yalnızca sonbaharda yaprak döküyorlar. Örneğin çam, selvi, göknar gibi ağaçlar, her dönem yaprak dökmelelerine karşın bizler onlara yaprak dökmeden bitkiler adını veriyoruz. Bunun nedeni ise bu tip ağaçların hiçbir mevsimde tamamen çıplak kalmaması. Bitkiler, sonbahar dışındaki mevsimlerde iklimdeki ani değişiklikler, çeşitli hastalıklar ve böcekler nedeniyle de yapraklarını döküyorlar.

Yaprak dökme ağaçlardan çınar, meşe, dişbudak, kavak, huş, kayın, akçaağaç, kışa yapraklarını dökerek hazırlanıyorlar. Çam, selvi, göknar, ladin gibi herdem yeşil olarak bilinen yaprak dökmeden ağaçlar kış aylarında yapraklarını döküyorlar. Çünkü bu ağaçların yaprakları, soğuktan korunmak için özel bir yapıya sahipler. Bu bitkilerin yaprakları, ya çamlarda olduğu gibi iğne şeklinde ya da defne, sandal ağacı, kermes meşesinde olduğu gibi üzerleri kalın bir mumsu tabakayla örtülü. Çok soğuk havalarda bu bitkilerin yapraklarının da kıvrılarak yüzey alanını küçülttüğünü görebilirsiniz. Kışın yaprağını dökmeyen bu herdem yeşil bitkiler, yeterli miktarda su bulduklarında kış aylarında da fotosentez

Sonbahar Yapraklarının Ekolojik ve Psikolojik Yararları

Yaprak dökülmesinin ekolojik boyutuna baktığımızda, dökülen yapraklar besin döngüsünde önemli bir rol oynuyor. Orman tabanına dökülen yapraklar çürüyerek toprağa karbon, azot ve diğer elementleri veriyor. Kökler de bu besinleri alarak ihtiyaç duydukları elementlerin bir kısmını karşılamış oluyorlar. Kısacası, ağaçlar dökükleri yapraklarla toprağı bir ölçüde gübrelemiş oluyorlar. Bununla birlikte toprak yüzeyine düşen bu yapraklar, birçok böcek ve mikroorganizma türü için de yuva ve besin kaynağı olarak kullanılıyor. Bu yapraklar sucul ekosistemlerde de önemli bir yer tutuyor. Sonbaharda dökülen yapraklar rüzgarlarla savrulurken göl ve akarsulara karışıyor ve burada suyun etkisiyle parçalanarak suda besleyici elementler haline dönüşüyorlar. Suda yaşayan planktonlar, algler balıklar ve diğer omurgasız canlılar bunları yiyerek yaşamları için gerekli besinleri almış oluyorlar.

Sonbaharda yaprakların kızarmasıyla ortaya çıkan manzara, yere düşmeleriyle de oluşan or-

ganik halılar doğada yaşayan diğer bitki ve hayvan türleri için de oldukça önemli olmakla birlikte, insan psikolojisinde de bir hayli etkili. Hepimizin bildiği gibi birçok yazar, şair, fotoğrafçı vb. sonbaharda ortaya çıkan muhteşem renk cümbüşlerinden etkilenmiştir. Bu nedenle de bize sonbaharı anlatan birçok şiir, roman, şarkı, resim ve film var.

Washington'da bulunan Fobi, Sinir ve Depresyon Tedavi Merkezi'nde yapılan çalışmalar, sonbahar renklerinin insanları normal renklere daha fazla rahatlatıp sakinleştirdiğini göstermiş. Birçok psikiyatri uzmanı da sonbaharda dökülen yaprakları izlemek ve onların arasında yürüyüş yapmanın insanı psikolojik olarak rahatlatmış görüşüne katılıyor. Buna paralel olarak yapılan deneysel çalışmalarda, sonbaharda görülen sarı, kavuniçi ve kırmızı tonlara boyanan bir odada oturtulan hastaların, diğer renklere boyanmış odaya oturtulmuş hastalardan daha sakin ve rahat tavırlar sergiledikleri tespit edilmiş.

yapmaya devam ediyorlar. Ancak kışın gerçekleşen besin üretimi, yaz aylarına göre çok yavaş bir şekilde gerçekleşiyor.

Yaz aylarında bitkiler çok miktarda besin üretiyorlar. Üretilen şekerler nişasta halinde depolanarak kış ayları için saklanıyor. Örneğin, en çok tükettiğimiz yiyeceklerden olan patatesin nişasta bakımında zengin olması, bitkinin kış dönemi için yaptığı hazırlıktan kaynaklanıyor.

Sonbaharda yapraklar dökülmeden önce ağaçlarda çok sayıda değişiklik meydana geliyor. Bitkibilimcilerin "absisyon" adını verdikleri yaprak dökümünden önce, her yaprak sapının dala birleştiği yerde, ayrılma tabakası adı verilen bir tabaka oluşuyor. Bu tabaka ileride yaprağın daldan kolayca ayrılmasını sağlıyor. Bu katmanın ortasından bir iletim demeti geçiyor. Bu iletim demeti, bahar ve yaz aylarında topraktan alınan su ve suda çözünmüş elementlerin yaprağa, yaprakta üretilen besinlerin de bitkiye iletilmesini sağlıyor. Sonbaharda bitki tarafından üretilen çeşitli enzimler aracılığıyla uyarılan bu tabaka, büyümeye başlayarak iletim demetinde gerçekleşen akımı engelliyor. Böylece kökler aracılığıyla topraktan alınan su yapraklara iletilmezken, yaprakta üretilen besinler de gövdeye gönderilemiyor. Bu durumda yaprakta üretilen ve gövdeye gönderilemeyen şekerler de antosiyanin adlı maddelere dönüşüyor. Bu sırada klorofiller de parçalanarak yaprakta bulunan diğer pigment maddeleri görünür hale geliyor ve yaprağın rengi yeşilden sarıya doğru değişmeye başlıyor. Absisyon tabakası adı verilen bu tabaka, yaprağın dökülmesinden sonra mantarimsi bir hücre sırasıyla kaplanarak bitkiyi dışarıdan gelecek hastalıklara karşı koruyor.

Yapraklar Nasıl Dökülüyor?

Günlerin kısalmasıyla, yaprak sapının dibinde bulunan absisyon bölgesi şekillenmeye başlıyor. Absisyon bölgesinde bir sıra hücre tabakasından oluşan ayrılma tabakası, fizyolojik olarak etkinleşiyor ve pektinaz ve selüloz adı verilen özel enzimler salgılamaya başlıyor. Bu enzimler, selülozdan oluşan



hücre duvarını ve pektinden oluşan orta lameli eritmeye başlıyorlar. Orta lamel ve hücre çeperinin tümüyle erimesiyle birlikte, yaprak daldan ayrılarak dökülmeye başlıyor.

Sarı Rengin Belirginleşmesi

Yaprağın susuz kalması ve klorofil pigmentlerinin parçalanmasıyla, daha önce klorofil tarafından maskelenen pigmentler, yaprakta görünür hale geliyorlar. Bu pigmentlerin başında, kavuniçi rengi veren karoten ile sarı ren-

gi veren ksantofil geliyor. Bu pigmentler doğada gördüğümüz en yaygın pigmentler olup çiçeklerde, muz, portakal, limon gibi meyvelerin kabuklarında, havuçta olduğu gibi bazı köklerde ve yumurta sarısında bulunuyor. Bu pigmentlerin, renk vermenin dışında klorofil gibi önemli bir görevleri olup olmadığı henüz bilinmiyor.

Klorofilin parçalanarak ortaya diğer renklerin çıkmasını, muz örneğinde kolayca açıklayabiliriz. Ağaç üzerinde gördüğümüz muzlar genelde yeşil renkte. Bunlar koparılıp pazarlandıktan sonra sararmaya başlıyorlar. Bunun nedeni meyvenin ana bitkiden ay-

Sonbahar Ekonomisi

Renk değiştiren yapraklar, ekonomik önem taşıyorlar: sonbahar turizmi. Günümüzde birçok ülkede, dünyanın dört bir yanından gelen turistler, yoğun yaprak dökümünün yaşandığı bölgelere götürülüyor. Sonbahar turizminin en popüler olduğu yerlerin başındaysa ABD'nin New England bölgesi ve

dünyanın ilk milli parkı olan Yellow Stone geliyor. Bu bölgelerde birçok organize tur düzenleniyor. Turlara internet üzerinden de kayıt yaptırmak mümkün. Sonbahar turizmi için ülkemiz de iyi bir potansiyele sahip. Örneğin Bolu çevresi, Yedigöller, Sınop Erfelek Şelalesi ve Kaçkar Dağları, ilk akla gelen yerler. Belki siz de bu günlerde kısa bir tura çıkarak sonbaharın güzel renklerini yaşayabilirsiniz.



rılması ve su iletiminin sona ermesi. Bir süre sonra kabukta bulunan klorofil pigmentlerinin parçalanmasıyla, yine kabukta bulunan ksantofil pigmentleri görünür hale geçiyor ve yeşil olan meyve sararıyor. Aynı şekilde, dalından kopardığınız yeşil bir armudu ya da benzer bir meyveyi evde birkaç gün beklettiğinizde, sarardığını görebilirsiniz.

Yapraklardaki Kırmızı

Pancar, kırmızı elma, kara üzüm, menekşe, sümbül gibi bitkilerin parlak kırmızı ya da morumsu renkleri, antosiyanin adı verilen maddelerden kaynaklanıyor. Yapraklarda bu pigmentler glukozun birikmesiyle oluşuyor. Bitkilerde gördüğümüz kahverengi renklerle acı bir tada sahip olan ve tanen adı verilen maddelerden geliyor. Tüm bu pigmentlerin türlü birleşimleriyle, gökkuşağını bile kıskandırabilecek renkler ortaya çıkıyor.



Yaprakların sonbaharda neden ve nasıl kırmızıya döndüğü hakkında çeşitli kuramlar var. Sarı ve kavuniçi renklerini veren karotenlerin yıl boyunca yaprakta bulunduğu ve sonbaharda klorofil pigmentlerinin parçalanmaya başlamasıyla görünür hale geçtiklerini söylemiştik. Yapraklara kırmızı renk veren antosiyaninlerse yaprakta, yalnızca sonbaharda yaprak dökülmeye başlamadan birkaç hafta önce üretilmeye başlıyor.

Antosiyaninler, suda çözünebilen bir grup flavonoid olup, hücre sitoplazmasında üretilerek vakuollere gönderiliyorlar. Şimdiye kadar antosiyaninlerin bitkilerde neden sentezlendiği hakkında kesin bir bilgi olmadığı gibi, hücrede doğrudan etkili oldukları bir fizyolojik mekanizma da görülmemiştir. İsviçre’de bulunan Fribourg Üniversitesi Biyoloji Bölümü’nden Marco Archetti ve arkadaşlarının, Kuramsal Biyoloji dergisinde yayınlanan “birlikte-evrim kuramıyla sonbahar renklerinin kökeni” adlı makalelerinde, 19. yüzyıla kadar klorofil pigmentlerini güneş ışınlarından korumaları için üretildiği kabul edilen antosiyaninlerin, bitkiler tarafından böcek-

re sinyal vermek üzere evrimleştiği belirtiliyor. Bu çalışmaya göre, bir tür kızılca bitkisinde yapılan araştırmalar sonucunda sonbaharda kızaran yapraklar, afit adı verilen küçük böceklerle sinyal vererek, onları yumurta bırakmaları için yaprağa davet ediyorlar.

Sonbahar ve Hüzün

Sonbaharın çoğu kişiye hüzün verdiği, bir gerçek. Bunun nedenlerinden biri, biyolojik saatimizle belirlenen biyoryitmde gizli. Biyoryitm kabaca, türlerin davranışlarını çevresel etkenlere göre kontrol eden bir içsel mekanizma. Buna göre birçok canlının metabolizması, bahar aylarında hareketlenirken sonbaharda yavaşlıyor. Birçok tür ilkbaharda ortaya çıkarken ya da gelişirken, sonbahar geldiğinde ya ortadan yok oluyor ya da gelişimini yavaşlatıyor. İnsanlarda da durum aynı. Sonbahar hüznünün kaynağı, belki de sonbaharda azalmaya başlayan canlılık enerjisi.

Cenk Durmuşkahya

Kaynaklar

- Taylor S. Field and others., 2001, Why Leaves Turn Red in Autumn. The Role of Anthocyanins in Senescing Leaves of Red-Osier Dogwood, Plant Physiology, Vol 127 566-674
- Archetti M., Brown S.P., 2000, The Coevolution Theory of Autumn Colours, Journal of Theoretical Biology, Number 205 p, 625-630,
- Googwin, T.W. & Mercer, E.I., 1983, Introduction to Plant Biochemistry, 2 nd. Edition, Pergamon Publishing Oxford
- Grafen A., 1990, Biological Signals as Handicap, Journal of Theoretical Biology Number 144, p 517-546
- Vardar Y., Güven A., 1990, Bitki Fizyolojisine Giriş, Barış Yayınları Fakülteler Kitapevi, İzmir 1990
- Yamasaki H., 1997, A Function of Colour. Trends in Plant Science 2: p.7-8
- Huner N.P.A., Oquist G., Sahrn F., 1998, Energy Balance and Acclimation to Light and Cold, Trends in Plant Science 3: 224-230

