

BİTKİLER DE TERLER

Prof. Dr. Burhan KACAR*

Doğadaki bitkiler yaşamları boyunca geliştikleri ortamdan aldıkları suyun olağanüstü büyük bir bölümünü yitirirler. Bitkiler, büyük miktarlardaki suyun atmosfere ulaştırılmasına olanak verecek bir yapı düzenine sahiptirler. Sanki bitkiler, topraktaki suyu organlarından geçirerek atmosfere ulaştıran bir araçtır.

Bitkilerden buharlaşma yoluyla suyun yitmesine, terleme (*transpirasyon*) denir. Bu olgu, bağımsız yüzeylerden yalın olarak suyun buharlaşması (*evaporasyonu*) şeklinde düşünülmemelidir. Bitkinin terlemesinde, suyun gözeneklerden (stomalardan) ve yaprağın kütikula ile kaplı epidermisinden geçerek buhar halinde yitmesi söz konusudur. Kısaca bitkilerde terleme yalın, basit fiziksel bir Buharlaşma değil, fizyolojik ve yaşamsal etmenlerin etkilediği karmaşık bir olgudur.

Bitki kökleri aracılığıyla topraktan alınan su, iletim boruları ile yaprakların mezofil hücrelerine değin taşınır. İnce duvarlı olan mezofil hücreleri, aralarındaki geniş boşluklar aracılığıyla hücre yüzeylerinden suyun buhar şeklinde yitmesi için uygun bir yapıya sahiptirler. Bu arada bitki yapraklarının epidermal yüzlerinin bir bölümünü de gözenek (stoma veya stomat) adı verilen çok sayıda mikroskobik delikler kaplamıştır. Yaprakların hücreler arası boşluklarına açılan mikroskobik delikler, yaprağın içi ile çevre arasında kesintisiz bir bağlantı sağlarlar. Böylece terleme olgusu, köklerle topraktan alınan, iletim boruları ile yapraklara taşınan ve mezofil hücrelerden gözenekler aracılığıyla buhar halinde yiten, kesintisiz bir su akımıdır.

Bitkinin hava ile değinen organlarının tümünde terleme cereyan eder. O kadar ki, toprak havası ile değinen bitki köklerinde bile terleme olur. Ancak geniş kapsamlı konuşulmak gerekirse, bitki yaprakları terlemenin olduğu asal organlardır. Yukarıda da işaret edildiği gibi, yapraklarda terleme gözenekler aracılığıyla olmaktadır. Buna "*Gözeneksel terleme*" denir. Genel olarak bitkilerde suyun %90'ından fazlası gözeneksel terleme ile yiter.

Bitki yapraklarından terleme ile buhar şeklinde suyun

Doğanın canlılara bahsettiği en önemli işlemlerden biridir terleme. Eğer terleme olmasaydı, bitkiler dahil pek çok canlılar, birkaç dakika içerisinde yaşamlarını yitirirlerdi. Terleme sonucu buharlaşan her bir gram su ile bitki yapraklarından, yaklaşık 600 kalorilik bir ısı uzaklaşır. Bunun bir sonucu olarak bitkiler, yüksek sıcaklıktan korundukları gibi, bir ölçüde de serinlemiş olurlar.

yitmesi, çeşitli özellikleri yanında yaprağın dışsal ve içsel yapısı ile de yakından ilgilidir. Tüyletle ve mumlu maddelerle kaplanmış yapraklara sahip bitkilerde terleme, göreceli olarak daha az bulunmuştur. Yapraklarından tüyleri kazınan bitkilerde, gerek bölgede ve gerekse güneş altında buhar şeklinde yitirilen su miktarının arttığına tanık olunmuştur.

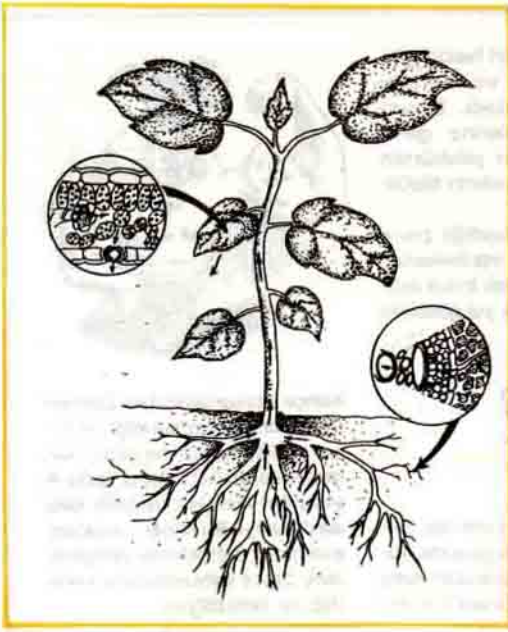
Bitkiler yaşamlarını sürdürdükleri koşullarda, bu koşullara uygun olarak kimi yapısal değişiklikler gösterirler. Bu değişiklikler, özellikle yapraklarda oluşur. Örneğin kurak iklim bitkilerinde, yaprakların kalın bir kütin tabakası ile kaplanmış olması yanında, hücre duvarları kalın, gözenekler olanaklar elverdiğince derine yerleşmiş ve yapraklar tüyletle kaplanmış haldedir. Tüm bu özellikler, bitkiden buharlaşarak suyun yitmesini büyük ölçüde önlemek içindir.

Bitkilerde terlemenin oluşmasında temel görevi üstlenmiş bulunan gözenekler çok küçük delikciklerdir. Gözenekler, kökler hariç bitkinin tüm organlarında bulunurlarsa da asal olarak yaprak epidermisinde yoğun bir şekilde yer almışlardır. Gözeneklerin gerektiğinde açılıp gerektiğinde kapanmaları, olağanüstü değere sahip fizyolojik bir olgudur. Gözenekler açıldığında, yaprağın hücreler arası boşluğunda bulunan oksijen, karbondioksit ve su buharı ile az da olsa öteki gazlar, atmosferde bulunan gazlarla yer değiştirerek karşılıklı bir geçişme cereyan eder. Gözenekler kapandığı zaman çevreden yaprağa, yapraktan çevreye giriş ve çıkış büyük ölçüde durur.

Gözenek delikcikleri, büyüklük yönünden bitkiden bitkiye ve hatta bitkinin bir organından ötekine büyük ölçüde farklılık gösterir. Gözenek delikcikleri mikron (milimetrenin binde biri) ile ölçülecek kadar küçüktür. Yaprakların üst yüzlerine oranla, alt yüzlerinde gözenek sayısı daha fazladır. Yaprakların alt yüzünün 1 cm² lik bölümünde Ayçiçeğinde 15.600, buğdayda 1.400, bezelyede 21.600, Cevizde 46.100, elmada 29.400 ve Şeftalide 22.500 dolayında gözenek bulunmaktadır.

Gaz molekülleri ile kıyaslandığında, gözenek delikcikleri çok büyüktür. Bir su molekülünün hesaplanan çapı 0.00054 μ , kadardır. Yan yana 2000 su molekülü dizildiği zaman, ancak bir mikronluk büyüklük sağlanabilir. Çapları her zaman 1 μ 'dan büyük olan gözenek delikciklerinden gaz molekülleri, hiç bir güçlükte karşılaşmadan kolaylıkla geçerler.

* TÜBİTAK, Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Yürütme Komitesi Sekreteri.



Terleme ile yitirilen suyun bitkideki akımı.

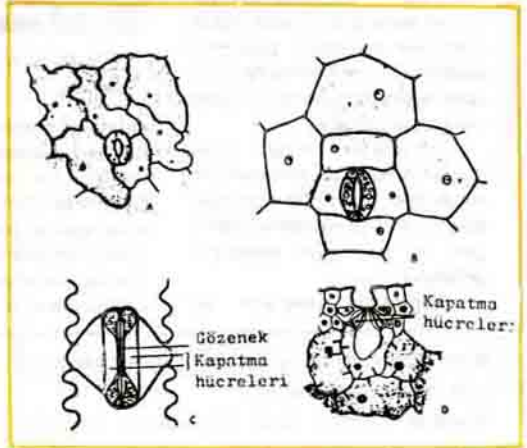
Terleme ile yitirilen su miktarı birim yaprak alanı, birim kuru ya da yaş bitki ağırlığı, tek olarak bitki ya da tarla veya orman alanı ilkesine göre ifade edilir. Belli zamanda ölçülen ve belli ilkeye göre belirlenen su yitmesi "Terleme hızı" olarak ifade edilir. Terleme hızı ise saat, gün mevsim ya da yıl gibi, zaman aşamaları ilkesine göre belirlenir. Terleme hızı ve miktarı bitkiden bitkiye olduğu kadar değişik koşullar altında yetiştirilen aynı bitkiler arasında bile önemli ayrımlıklar gösterir.

Güney Amerika'da bir dönüm alandaki orman ağaçları ile bir günde terleme sonucu, yaklaşık 7600 litre su yitirildiği saptanmıştır. Avrupa'da bu miktarın biraz daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Bir gelişme mevsimi içerisinde tek bir buğday bitkisinin 95 litre, domates bitkisinin 130 litre ve mısı bitkisinin de 205 litre suyu terleme ile yitirdiği belirlenmiştir.

Güneş ışığının doğrudan etkisi altında kalan bitki yaprakları tarafından fazla miktarda ışık enerjisi absorbe edilir. Her hangi bir yolla yitirilmedikçe, ışık enerjisi, ısı enerjisine dönüşerek bitkide sıcaklığın yükselmesine neden olur. Basit bir örnekle bu durum şu şekilde açıklanabilir: Normal olarak güneşli bir yaz gününde ve doğrudan güneş ışığı altındaki bir santimetre kare yaprak alanına öğle vakti dakikada 1.3 g-cal dolayında ışık enerjisi düşer. Çeşitli etmenlere göre değişmekle beraber, belirtilen enerjinin yaklaşık % 50'si bitki yaprağı tarafından emilir ve kalanı yansıtılır. Özümleme (fotosentez) için kullanılan güneş enerjisi dikkate alınmazsa,

dakikada her bir santimetre kare yaprak alanında emilen enerji, yaklaşık $1.3/2 = 0.65$ g-cal'dir. Bir santimetre kare yaprak alanının 0.020 g ve araştırma sonucu bulunmuş spesifik sıcaklığı da 0.897 g-cal olduğu varsayılırsa, bir dakika içerisinde yaprak sıcaklığı $0.65/0.020 \times 0.879 = 37^\circ\text{C}$ 'a ulaşacaktır. Çoğunlukla bitki protoplazmalarının $50-60^\circ\text{C}$ 'a da yaşamlarını yitirdikleri anımsanırsa, yüksek sıcaklık nedeniyle hücre protoplazmasının yaşamını yitirmesine birkaç dakikalık süre yeterli olur. Ancak bitki sıcaklığı, olağanüstü durumlar dışında hiçbir zaman protoplazmanın yaşamını yitirebileceği düzeye çıkmaz. Çoğunlukla, bitki sıcaklığı çevre sıcaklığına yakın bir sıcaklık gösterir. Sıcaklığın yükselmesini bitkide önleyen doğanın canlılara bahsettiği etkin mekanizma, terlemedir.

Bir gram suyun 20°C da buhar haline dönüştürülebilmesi için 584 g-cal'ye gereksinme vardır. Yaprak yüzeyinde emilen 0.65 g-cal'lik güneş enerjisinin öldürücü etkisini giderebilmek için 1 cm^2 yaprak yüzeyinden dakikada $0.65/584 = 0.0011$ g suyun terleme ile yitirilmesi gerekir. Bu miktar, bir saate 1 dm^2 yaprak yüzeyinde $0.0011 \times 100 \times 60 = 6.6$ g suyun yitirilmesine özdendir. Kuşkusuz bu yüksek bir değerdir. Doğal koşullar altında ve olağan dışı hallerde bu miktar suyu, bitkiler terleme ile yitirebilir. Bir örnek olarak yukarıda açıklanan durum ile doğada çok az karşılaşabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Ancak güneş ışığının doğrudan etkisi altında kalan bitkilerde olanaklar elverdiği ölçüde terleme ile daha az su yitirilmesi sonucu solma görülür. Daha ileri durumlarda ise bitkiler yaşamlarını yitirirler. Terleme çeşitli yönlerden bitkilere yarar sağlamakta ancak topraktan alınan su miktarından daha fazlası terle-



(A) Ayçiçeği, (B) Zebrina, (C) Mısır ve (D) Çay Bitki lerinde Gözeneklerin Görünümü

HAŞERE ÖLDÜRÜCÜ OLARAK KAFEİN

Kafein'in yatıştırıcı etkisi dolayısıyla insan sağlığında kullanıldığı yaygın olarak bilinir. Fakat Science dergisinde yer alan bir raporda kafeinin bir başka etkinliğine dikkat çekiliyor: Bitkilerde doğal bir haşere öldürücü (insektisit) olarak kafein.

Harvard Üniversitesi'nden nörolog James Nathanson, çay yaprakları ve kahve telvesi üzerine yerleştirildiği tütün boyuz kurdu tırtıllarında, normal

diyetle besledikleri halde gelişim bozuklukları ve davranış değişiklikleri saptadı. Bunun üzerine yiyeceklerine geniş dozda saf kafein püskürtürten araştırmacı, haşerelerin öldüklerini gözlemledi.

Kafeinin bu özelliği, çevre koşullarını fazla etkilemeden böcekleri öldürecek insektisitlerin üretilmesinde yol gösterici olabilecek.

SÜPER HAVUÇ

Belki de çok yakında, bildiğimiz havuçların pabucu, süper bir havuç tarafından dala atılacak. A.B.D. Ziraat Dairesi



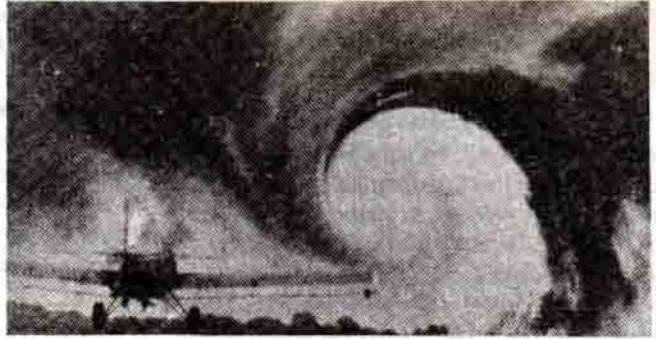
bahçe uzmanlarından Clinton Peterson'un yetiştirdiği "A+" adı verilen bir havuç türü, normale oranla %75 daha fazla A vitamini içeriyor; üstelik tadı da daha iyi. Bu süper havucun, evlerdeki bahçelerde yetiştirilmek üzere tohumlarının verildiği de belirtiliyor.

UÇAKLA İLAÇLAMA DAHA İYİ NASIL YAPILIR?

Ürünleri zararlılardan korumak amacıyla, uçaklarla püskürtülen ilaçların çoğunun uzaklara sürüklenmesi hem parasal hem de çevre yönlerinden zararlara yol açar.

Amerikan Ulusal Uzay Ajansı (NASA) bu zararları önlemek için, uçakların nasıl yönlendirilmesi gerektiğini belirleyen bir bilgisayar programı geliştirdi.

Bilgisayar programı, at-



Oluşturulan duman kulesi, uçağın yarattığı girdabın incelenmesini sağlıyor.

mosferik hareketlerle, uçakların aerodinamiğinin karşılıklı etkileşimini modelize ediyor. Gerekli bilgileri toplamak amacıyla uçaklar yere çok yakın şeritler üzerinde uçtular. Araştırmacılar, bu sırada püskürtülen ilacın ne kadar uzaklara yayıl-

dığını ölçtüler; yerden oluşturulan renkli duman kuleleri, uçağın rüzgar tarafından meydana getirilen hava akımlarını ortaya koydu.

Ziraat Dairesi şimdi bu programı yasaklanmış bitkilerin ilaçlanmasında kullanıyor.

me ile yitirildiği zaman, bitki yaşamını yitirmek gibi büyük bir riskle de karşılaşabilmektedir.

Bitkilerde terlemeye neden olan etmenler, suyun buharlaşması ve gözeneklerin açılıp kapanmaları üzerine olmak üzere, başlıca iki yönde etki gösterirler. Örneğin yaprak sıcaklığının yükselmesi, bir yandan buharlaşmayı artırırken, öte yandan gözeneklerin kapanmalarına yol açar. Nem miktarı artarken terleme azalır. Rüzgar, suyun buhar halinde yitmesini artırır. Ancak güneşin etkisiyle yaprak sıcaklığı artmış ise

rüzgar yaprak sıcaklığının azalmasına ve dolayısıyla terlemeyi azalmasına yol açabilir. Toprakta yeterli düzeyde yarıyışlı su bulunmuyorsa, buna koşut olarak terleme ile yitirilen su miktarı da azalır.

Bu kısa açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, bitkilerde terleme; basit bir işlev görünümünde ise de, birbirleri üzerine karşılıklı etkileşimleri bulunan çeşitli etmenlerin etkisi altında oluşan, karmaşık ve tüm canlılar için yararlı bir olgudur.