Doğanın "Görünmeyen" Mimarları

Kara Yosunları

Hayriye Yetiş Avcı [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Ormanda yürürken bazen bir ağaç gövdesinde bazen de bir kaya üzerinde kendine yer bulmuş, yeşil keçe benzeri bir görüntüyle sıklıkla karşılaşmışsınızdır. Bu görüntüdeki bitki, karasal ekosistemlerde en yaygın bulunan canlılardan biridir ve ormanlardan şehir içindeki bina duvarlarına, parklara kadar birçok farklı ortamda kendine yaşam alanı bulabilir. Çiçeği ve kendini toprağa bağlayan güçlü bir kökü olmadığı için "sadeliği" nedeniyle zaman zaman gözümüzden kaçabilen, ekosistemler üzerinde önemli bir etkiye sahip olan bu canlıların adı kara yosunları (*Bryophyte*).

Kara yosunlarının yaşam döngüsü uzun yıllardır araştırılan konulardan biri olsa da bu canlıların biyoçeşitlilik ve iklim üzerindeki etkisi, besin döngüsündeki rolü ve toprak sağlığıyla ilişkisi gibi ekolojik dengeyle olan bağlantısına dair kapsamlı çalışmaların tarihi çok yeni. Gelin bu güncel çalışmalar ışığında kara yosunlarının ekosistemler üzerindeki etkilerine yakından bakalım.

Ortamda yeterli miktarda su olmaması ya da canlının var olan suyu kullanamaması, oksijen eksikliği gibi olumsuz çevre koşullarına yanıt olarak canlı metabolizmasının neredeyse durma seviyesine gelmesi, kriptobiyoz olarak adlandırılır. Bu durumdaki canlıların üremesi ve gelişmesi durur fakat kriptobiyoz hâli canlılara yaşamlarını devam ettirme imkânı sağlar. Metabolizmayı askıya alma olarak tanımlanabilen bu durum çeşitli omurgasız hayvanlar ve bitkilerde görülür. Organizmanın hücre sayısı, yüzey alanı ve hacmi gibi faktörler, kriptobiyozda kalma süresini etkiler.

Tıpkı damarlı yeşil bitkiler gibi klorofil pigmentine sahip kara yosunları, fotosentez yoluyla besin üretir. Su ve besin iletim sistemlerine sahip damarlı bitkilerden farklı olarak ise kara yosunlarında özelleşmiş damar dokuları bulunmaz. Bunun yerine su ve suda çözünmüş mineraller çoğunlukla bu bitkilerin dış yüzeyiyle emilir ve doğrudan hücrelerine geçer. Yüzeylerinin büyük bir kısmı çevreyle temas hâlinde olduğu için ortam nemi azaldığında ise hızla su kaybederler. Su kaybıyla birlikte metabolik faaliyetlerinin neredeyse tamamen durduğu bir "uyku hâline" geçerler. Kriptobiyoz olarak adlandırılan bu uyku hâli, özellikle kurak ortamlarda hayatta kalmaları için kara yosunlarına büyük bir avantaj sağlar. Az miktarda bile olsa neme maruz kaldıklarında ise metabolizmalarını tekrar aktif hâle getirebilirler. Bu durum onlara çöl, taş yüzeyleri ve ağaç kabukları gibi suya düzenli erişilemeyen yerlerde bile yaşama imkânı sunar.

Kara yosunlarının gelişimi diğer damarlı bitkiler gibi ışık, sıcaklık ve su gibi çevresel koşulların uygun olduğu belirli mevsimsel dönemlerle sınırlı olmayıp yılın herhangi bir bölümünde havanın elverişli olduğu zamanlarda devam edebilir. Ayrıca kara yosunları, damarlı bitkilerde olduğu gibi besin maddelerini ve suyu topraktan alıp gövdeye ileten gerçek bir köke sahip değildir, bu amaçla rizoid adı verilen kök benzeri basit yapılar içerir. Bu yapılar kara yosunlarının yüzeylere tutunmasını sağlar.

Damarlı bitkilerde olduğu gibi gerçek bir köke değil, rizoid adı verilen kök benzeri yapılara sahip olan kara yosunları kayaların, tuğla duvarların hatta ahşap yapıların üzerinde bile büyüyebilir.

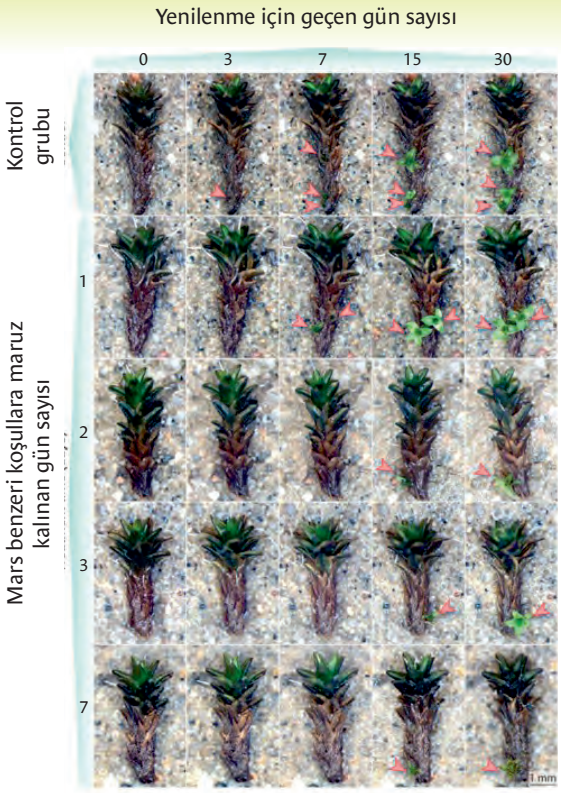
Buzlar Altında 15 Asırlık Yaşam

Tropikal bölgelerden Antarktika'daki buzullara kadar çok farklı koşullarda yaşayabilen kara yosunlarının bulundukları ortama uyum becerileri, ekolojik yönden önemli olmalarındaki temel sebepler arasında. Sonuçları *Current Biology* dergisinde yayımlanan bir araştırmada 1500 yıl boyunca buzların altında kalan Antarktika yosunlarının yeniden hayata döndürülmesi, bu uyum yeteneğinin çarpıcı örneklerinden biri. Yapılan araştırmada cansız gibi görünen yosunlar, büyüme için uygun sıcaklık ve ışık koşullarının sağlandığı bir kuluçka ortamına yerleştirildi. Uzun süre kriptobiyoz hâlinde kalan bu bitkiler, uygun koşullar altında canlılık belirtileri göstermeye başladı. Yaklaşık bir ay sonra yosunlarda büyüme gözle fark edilir düzeye ulaştı. Önceki çalışmalardan elde edilen bulgular, bir bitkinin su ve uygun ortam sıcaklığı olmadan yaklaşık 20 yıl hayatta kalabileceğini gösteriyordu. Organik madde içeren nesnelerin yaşını belirlemek için kullanılan radyokarbon tarihlendirme yöntemiyle araştırmaya dâhil edilen Antarktika yosunlarının yaşının yaklaşık 1.500 yıl olduğu anlaşıldı.

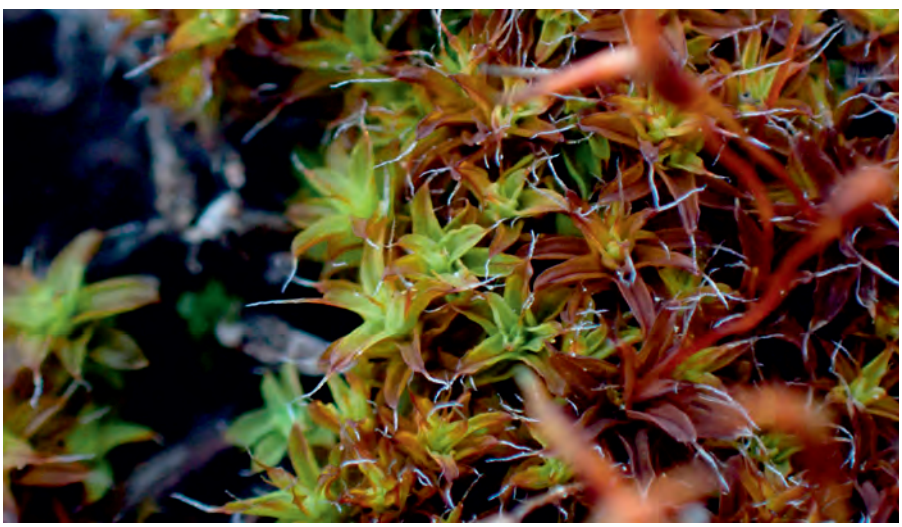
Zorlu Koşullara Karşı Üstün Dayanıklılık

Çöl yosunu olarak bilinen *Syntrichia caninervis* özellikle kurak bölgelerdeki zorlu çevre koşullarına dayanma yeteneğiyle bilinen bir kara yosunu türüdür. Geçtiğimiz yıl *The Innovation* dergisinde yayımlanan araştırma sonuçları, çöl yosunlarının -196 santigrat dereceye kadar düşen sıcaklıklarda bile hayatta kalabildiğini gösteriyor. İşin ilginç yanı laboratuvar ortamında test edilen bitki, çoğu bitkinin yaşamsal faaliyetlerinin durmasına neden olacak seviyede gama ışınlarına maruz kalması durumunda dahi hayatta kalmayı başardı. İnsanlar için radyasyon dozu 50 Gray olan gama ışınlarına maruz kalmak bile hayati tehlike oluşturabilirken çöl yosunları, 500 Gray gibi yüksek dozlarda bile büyümeye devam etti.

Birçok canlı için ölümcül olabilecek zorlu koşullarda hayatta kalabilme becerisi, çöl yosunlarını, insanlığın uzayda sürdürülebilir yaşam alanları kurma hedefi için umut vadeden bitki türlerinden biri hâline getiriyor. Araştırmayı yürüten bilim insanları, çöl yosunlarının dayanıklılığını test etmek için Mars gezegenindekine benzer koşullara sahip bir ortam oluşturdu. Bu ortam %95 oranında karbondioksitten oluşan, sıcaklığı -60 ila 20 santigrat derece arasında değişen, düşük basınçta ve yüksek morötesi ışık seviyelerine sahip atmosfer koşullarına sahipti. Kurutulmuş çöl yosunları 1, 2, 3 ve 7 gün olmak üzere farklı süreler boyunca bu koşullara maruz bırakıldı. Daha sonra sıcaklık, ışık ve nemin büyüme için uygun olduğu koşullar altına alınan bu bitkilerin, 30 gün içinde tamamen canlandığı ve yeniden filizlenmeye başladığı gözlemlendi. Sıcaklığın ve oksijen miktarının çok düşük, radyasyon miktarının ise hayli yüksek olduğu Mars benzeri ortamlarda bile hayatta kalmayı başaran çöl yosunları, gelecekteki uzay çalışmaları için umut vadediyor.



Görselde uygun koşullar altına alınan yosunların 30 gün içerisinde büyümesindeki değişimi yeni dal ve yapraklar oluşumlarıyla fark etmek mümkün. Kırmızı oklar, yeni filiz oluşumlarını işaret ediyor. Kontrol grubu ise Syntrichia caninervis yosununun uygun koşullarda 30 gün boyunca büyürken geçirdiği değişimi gösteriyor.



Syntrichia caninervis yosunu kurak bölgelerde yaygın olarak görülen bir kara yosunudur. Kuvars kayaların altında yaşarlar. Bu kayaçlar, nemli ve ılıman yapısı sayesinde kara yosunlarına uygun yaşam koşulları sağlar.

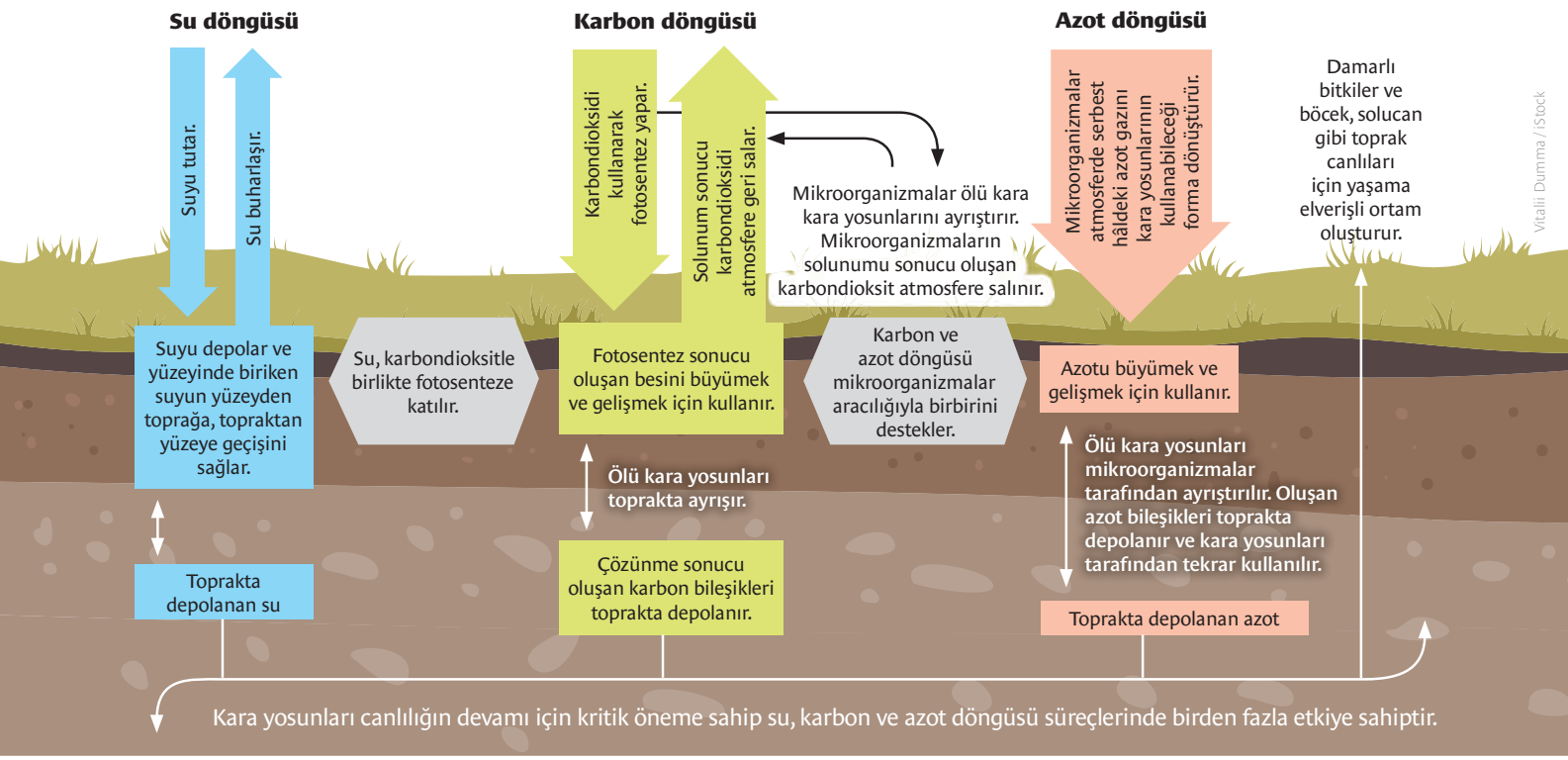
Kendisi Küçük, Etkisi Büyük Canlılar

Karasal ekosistemlerde en yaygın görülen canlılardan biri olan kara yosunlarının yaklaşık 13.000 türü bulunur. Özellikle kutup bölgeleri, çöller ve ormanlar gibi farklı yaşam alanlarında bitki biyokütlesinin önemli bir kısmını oluştururlar. Ancak kara yosunlarının toprak biyoçeşitliliği ve ekolojik denge üzerindeki etkileri, damarlı bitkiler kadar araştırılmış değil. Kara yosunlarının ekosistemler üzerindeki etkileri üzerine şimdiye kadar yapılmış en kapsamlı araştırma olan ve 2023 yılında *Nature Geoscience* dergisinde yayımlanan çalışmanın sonuçları, bu canlıların gezegenimizdeki birçok yaşamsal süreçteki kritik önemini gözler önüne seriyor.

123 farklı lokasyondan toplanan toprak örnekleriyle yürütülen bu çalışma, Antarktika'dan Avustralya'ya, Kuzey Amerika'dan Asya'ya kadar geniş bir coğrafyayı kapsıyor. Her bir lokasyonda yosunların kapladığı alanlar, damarlı bitkilerin kapladığı alanlar ve bitki örtüsüyle kaplı olmayan çıplak topraklar karşılaştırıldı. Toplamda 24 farklı toprak özelliğinin incelendiği çalışmada bu özellikler, 8 temel ekosistem hizmetiyle ilişkilendirildi. Bu ekosistem hizmetleri kara yosunlarının toprak biyoçeşitliliğini ve toprakta bulunan faydalı mikroorganizmaların dengesini koruma, besin döngüsünü ve organik maddelerin ayrışmasını sağlama, topraktaki patojenlerin yani hastalık yapıcı etmenleri kontrol etme gibi insanlara sunduğu doğrudan ya da dolaylı faydaları kapsıyor.

Karbon Deposu Kara Yosunları

Kara yosunları dünya üzerinde 9,4 milyon kilometrekareye yakın bir alan kaplıyor. Bu alanın büyüklüğü yaklaşık olarak Kanada ya da Çin'in yüz ölçümüne eş değer. Yapılan hesaplamalar, kara yosunlarıyla kaplı alanların çıplak topraklara kıyasla 6,43 milyar ton daha fazla karbon depolama kapasitesine



Vitalii Dumma / iStock

sahip oluğunu gösteriyor. Bu miktar, insan faaliyetleri nedeniyle yıllık olarak atmosfere salınan karbon miktarının altı katına denk geliyor. Özellikle kutup bölgeleri, tundralar ve kurak alanlar gibi damarlı bitkilerin az olduğu yerlerde kara yosunları, karbon yakalamada kilit bir rol oynuyor.

Kara yosunları ayrıca topraktaki azot, fosfor ve magnezyum gibi temel besin maddelerinin miktarını artırıyor. Örneğin kara yosunlarının varlığı, topraktaki azot miktarını 0,49 milyar ton, fosfor miktarını 0,10 milyar ton ve magnezyum miktarını ise 0,06 milyar ton kadar yükseltebiliyor. Kısacası kara yosunlarının bitkilerin büyümesine ve toprak verimliliği için hayati öneme sahip besinlerin miktarına etkisi azımsanmayacak düzeyde.

Ekosistemlerin Çok Yönlü Destekçileri

Kara yosunları bitki patojenlerine yani bitkilerde hastalıklarına neden olan mikroorganizmalara karşı âdeta doğal bir bariyer oluşturur. Bu özellikleriyle bitkileri hastalıklardan korumada önemli bir etkiye sahiptirler. Yoğun olarak bulundukları bölgelerde zararlı organizmaların miktarını ciddi ölçüde azaltırlar. Salgıladıkları antimikrobiyal özellikteki bileşikler ile zararlı bakterin ve mantarların büyümesini zorlaştıran bir ortam oluşturarak bitki sağlığını desteklerler.

Bir yandan bitki patojenlerinin miktarının azalmasında belirleyici olan kara yosunları diğer yandan yararlı mikroorganizmalar için daha elverişli yaşam alanları sağlıyor. Toprağın pH, sıcaklık ve nem seviyesini düzenleyerek yararlı mikroorganizmaların yaşaması için gerekli, uygun ortam koşulları oluşturuyorlar. Kara yosunlarının bulunduğu ortamdaki besin zenginliği, yararlı mikroorganizmaların çeşitliliğinin artmasında önemli rol oynuyor.

Kara yosunları süngerimsi yapıları sayesinde yağmur ve kar yağdığında ya da çiğ düştüğünde bu kaynakların oluşturduğu fazla miktardaki suyu hızla emebilir. Ayrıca suyu biriktirerek toprağın uzun süre nemli kalmasını sağlarlar. Bu sayede kara yosunları bulundukları ortamlarda erozyon riskini azaltırken kuru bölgelerde toprağa ihtiyacı olan nemi sağlayarak ekosistemdeki diğer canlılara yaşama ortamı sunar. Ayrıca atmosferdeki nemi emdikten sonra ortama salmaları, topraktaki nem miktarının düzenlenmesine yardımcı olur.

Kurak ve besin açısından fakir toprakların bulunduğu zorlu ortam koşullarına kolay adapte olabilme yetenekleriyle bilinen kara yosunları, herhangi bir yangın sonrası ilk ortaya çıkan bitkiler arasında yer alıyor. Çorak arazide bile hızla yayılabilmeleri, birçok canlı türü için kısa sürede elverişli yaşam koşullarının oluşmasını sağlıyor. Bu durum yangın sonrası erozyon riskiyle karşı karşıya kalan toprakta bu riski ciddi ölçüde azaltıyor.

Kimi zaman göz ardı edilen kara yosunları, yeryüzü ekosistemleri üzerinde kritik roller üstlenen bitki gruplarından biri. Bu canlıların bozulmuş, zarar görmüş ya da tamamen yok olmuş doğal ekosistemlerin yeniden işlevsel ve sağlıklı hâle getirilmesi süreçlerine kısacası ekosistemi yenileme çalışmalarına dahil edilmesi, yeryüzünün sağlığı için sınırlı sürede en yüksek etkiyi sağlayacak yöntemlerden biri olabilir. Özellikle damarsız bitkilerin baskın olduğu çorak ya da verimliliği düşük bölgelerde kara yosunlarının rolü daha da belirginleşiyor. Dolayısıyla bu bitkilerin gelecekteki çevresel sürdürülebilirlik politikalarında daha fazla yer edinmesi, sahip olduğu kritik roller açısından büyük öneme sahip. ■

Kaynaklar

https://www.nature.com/articles/s41561-023-01170-x#Sec7
https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.09.042
https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.024
https://doi.org/10.1111/nph.19772
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235928
https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100657
https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.053