

Sağlıklı Toprağın Görülmeyen Kahramanları: Toprak Mikroorganizmaları

Fatih GÜLLE, Saim ÖZDEMİR
Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ:

Mikroorganizmalar dünya üzerinde, bitki ve hayvanların ortaya çıkışından milyonlarca yıl önce oluşmuşlardır. Hiçbir canlı türü, dünyada yaşamın desteklenmesi ve devamı için mikroorganizmalar kadar önemli değildir. Dünyadaki mikroorganizmaların çoğu toprak kökenli veya toprak çevresi ile yakından ilişki içerisinde. Ekosistem üzerindeki toprağın mikropların kendi bolluğuna rağmen oluşum süreci tam olarak anlaşılmamıştır. Toprak mikrobiyolojisi bitkilerin düzenlenmesi açısından önemlidir. Özellikle bitkilerin besin alımında ve yoksul ekosistemlerde verimliliği sınırlayıcı besin alımından sorumludur.

Toprak mikroorganizmaları, ekosistemin kalitesi ve tarımsal ekosistemlerin verimliliğinde çok önemli bir rol oynar. Farklı ekosistemlerin oluşum sürecinde, azot ve karbon döngüsüyle beraber toprak oluşumunda önemli etkileri vardır. Ayrıca toprak mikrobiyolojisi topraktaki görünmeyen çoğunluğu temsil eder ve dünya üzerindeki genetik çeşitliliğinin büyük bir kısmını oluşturur. Topraktaki mikroorganizmaların çeşitleri ve büyüklüklerine göre gruplandırılmaları Tablo 1’de belirtildiği gibidir. Topraktaki çoklukları ve çeşitlilikleri toprak sağlığı ve verimliliğinin de bir göstergesidir.

Toprak Organizmaları	
Mikrobiota	Algler, Protozoalar, Mantar ve Bakteriler
Mezobiota	Nemotot, Küçük Arthropod, Enchytreoid (Saksı) Kurtları, Kollemboller
Makrobiota	Yer Solucanları, Yumuşakçalar, Büyük Enchytreoid ve Arthropodlar

Toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin en fazla olduğu kısım, yüzeyden itibaren 25-30 cm derinliğe kadar olan toprağın işlenen kısmıdır. Tarımsal ekosistemlerde çok önemli olan bu 25-30 cm kalınlıktaki toprak katmanında mikroorganizma sayısı ve çeşitliliği toprağın organik maddesi ile ilişkilidir. Organik maddesi yüksek, belirtilen derinlikteki 1 m² topraktaki mikroorganizmaların ağırlığı 400-500 gr kadardır. Verimli bir toprağın 1 gramındaki mikroorganizmaların sayısı Tablo 2’de görüldüğü gibidir.

Mikroorganizmaların Cinsi	1 Gram Topraktaki Ortalama Sayısı
Bakteriler	1.000.000.000
Aktinomisetler	10.000.000
Protozoalar	1.000.000
Algler	10.100.000

Mantarlar	1.000.000
Mayalar	1.000

Mikroorganizmaların Bitki Çeşitliliği ve Bitki Verimliliğine Etkisi

Toprak mikrobiyolojisi bitki verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu C, N, P, S, Fe, Mg gibi elementler; mikroorganizmalar vasıtasıyla çeşitli ayrıştırma ve sentez süreçleri sonunda onlara yararlı şekle çevrilir. Mikroorganizmalar bu tür işlemleri aslında kendi besin ve enerji gereksinimlerini sağlarken oluştururlar. Farkında olmadan oluşturdukları bu ürünleri de toprakta yetişen bitkiler kullanır.

Örneğin azot fiksasyonu, bakterileri bitkilerin asla alamayacağı havanın serbest azotunu (elementel azot= N_2 =dinitrojen) tutarak bitkilerin kullanabileceği şekle çevirir. Ya da bitki ve hayvan doku kalıntılarını ayrıştırarak bünyelerinde tutulan karbonu CO_2 şeklinde açığa çıkarırken diğer bazı besin elementlerini de bu mineralizasyon süreci sonunda serbest hale geçirir.

Toprak mikroorganizmaları bitki ve hayvan artıklarının dekompozisyonunu sağlar. Humusun oluşumu ve dönüşümünü sağlarken aynı zamanda bitki özümlemesi için gerekli karbondioksiti meydana getirir. Mikroorganizmalar suda eriyebilen bitki besin maddelerini depo eder ve mineral halde humusa aktarır, bitki gelişimini teşvik eden vitamin ve hormonların meydana getirilmesinde rol oynar.

Mikroorganizmaların toprak eriğindeki besin iyonlarının konsantrasyonlarını sabit tutan tampon maddelerinin meydana getirilmesi aynı zamanda toprağın su tutma kapasitesini artırma ve köklerin daha iyi havalanmasının sağlanmasında katkısı büyüktür. Topraktaki çeşitli mikroorganizmalar bazı salgıları ve filamentleriyle toprak taneciklerinin daha iri partiküller halinde bağlanmasına neden olur. Bu partiküller; toprak yaşamı ve toprağın canlılığı açısından önemli olup toprağın erozyondan korunmasından toprak neminin korunmasına, toprağın havalanması ve toprak reaksiyonlarının seyrine kadar birçok toprak olayını etkiler. Toprak mikroorganizmaları ve diğer bazı makroskopik canlılar, toprağın verimliliğini arttırdıklarından özellikle doğal ekosistemlerde vejetasyonun gelişmesini sağlar. Son olarak toprak tanelerini bir araya getirip kümeleştirerek toprağın tava gelmesini sağlar, yağın yağışların yüzey akışına geçmeden toprağa girmesine ve depolanmasına yardımcı olur. Toprakta bu etkilerin istenen nitelik ve nicelikte olabilmesi için mikroorganizmaların miktar ve çeşitleriyle buldukları ortamın uygun şartlarda olması gerekir.

Ekosistem İşlevinde Toprak Mikroorganizmaları

Karasal ekosistemdeki mikroorganizmaların çoğu toprakta bulunur ve bu tür ekosistemlerin mikrobiyolojisi geniş ölçüde toprak mikrobiyolojisi olarak kabul edilir. Pek çok karasal ekosistemde mikroorganizmalar ile toprak hayvanları, toplam biyokütlenin sadece küçük bir kısmını oluşturmalarına karşın, metabolik bakımdan çok aktif olmaları nedeni ile kimyasal elementlerin döngü ve değişiminde büyük öneme sahiptirler. Elementlerin döngüsü, ekosistemdeki iki temel işlevden biridir. Diğerisi ise enerji akışıdır. Toprak organizmaları ikinci işlevde de yaşamsal bir öneme sahiptir. İki işlev arasındaki en önemli ayrım, enerji akışı

işlevinde enerjinin dereceli olarak ısıya dönüşüp sistemden kaybolmasıdır. Mikroorganizmalar topraktaki ölü organik maddeyi ayrıştırarak mineral hale getirirken bu esnada ısı üretmeleri toprağı ısıtır, sıcak tutar. Toprak ısısı, tohumların çimlenmesi ve kışlık bitkilerin sera veya açık alanda soğuktan korunmalarında önemlidir.

Doğal ekosistemlerde bitkisel ve hayvansal organik kalıntılar, toprak mikroorganizmalarının ortak aktiviteleri sonucunda ayrışır ve toprağı katılır. Toprak için son derece önemli olan mikroorganizmaların varlığı ve çokluğu temel besin kaynakları olan organik madde ile ilişkilidir. Toprak organik maddesini daha çok bitkisel artık ve kalıntılar ile onların ayrışma yan ürünleri oluşturur. Hasat artıkları ile toprakta ne kadar fazla organik madde oluşturulursa mikroorganizma bolluğına da o kadar yansır ve bu da doğal olarak verimli tarla toprağı anlamına gelir. Doğal olarak en fazla organik madde, doğal karasal ekosistemler olan çayır ve orman alanlarında bulunur. Bu durumda da mikroorganizmalar tekrar dominant grup olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğın bir çayır sisteminde mikroorganizmaların kütlesi, sistemin toplam biyokütlesinin %15-20 kadarını oluşturmaktadır. Odunsu dokunun biriktiğı orman ekosisteminde mikrobiyal biyokütle, toplam biyokütlenin %2 veya 3'üne kadar çıkabilir. Tarımsal ekosistemlerin verimliliğini artırmak için mikrobiyal kütleyle artırmak, onun için ise toprak organik maddesini artırmak ön şarttır.

Toprak organik maddesi mikroorganizma faaliyetini artırır; mikroorganizmalar ise toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını ıslah ederek tarımsal toprağı, üzerinde yetişen bitkiler için daha elverişli hale getirir.

Toprak Mikroorganizmaları Tarafından Üretilen Küresel Gazlar

Atmosfer ve karasal ekosistemler arasında büyük miktarda gaz alışverişi mevcuttur. Büyük bir kısmı topraklarda üretilen bu gazlar; karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitrosoksit (N₂O), nitrikoksit (NO) ve karbonmonoksittir (CO). CO₂'in % 25'i, CH₄'ın % 44'ü, N₂O'in % 65'i ve NO'in %30'u toprak kaynaklıdır. CO₂, toprakta organik maddenin ayrışması sırasında mikrobiyal metabolizma ile üretilmektedir. CH₄ topraklarda hem üretilmekte hem de tüketilmektedir. CH₄, methanogenezler olarak bilinen bir grup anaerobik bakteriler tarafından üretilirken aerob bakteriler olan metanotroflar tarafından da oksitlenmektedir. N₂O ve NO; mikroorganizmalar tarafından üretilen iki önemli azot gazı olup nitrifikasyon ve denitrifikasyon olayları ile ortaya çıkmaktadırlar.

Toprak mikroorganizmaları C, N, S, P ve Fe gibi elementlerin döngüsünde önemli rol oynamaktadırlar. Bu elementlerden bazılarının CO₂, N₂, SO₂ gibi gaz halindeki bileşikleri içermesi nedeniyle toprak mikroorganizmaları atmosferin gaz bileşimini ve fizikokimyasal özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu canlılar; iklim, ozon tüketimi ve sis oluşumu gibi atmosferik olaylar üzerinde belli bir düzeyde etkili olabilmektedirler. Toprak mikroorganizmaları tarafından üretilen gazların çoğı atmosferde çok az miktarlarda bulunan iz (mikro) gazlardır. Toprak mikroorganizmaları bu gazların hem üreticisi hem de tüketicisi olup söz konusu gazların toplam miktarlarına katkıda bulunmaktadırlar.

Toprak Organizmalarının Azot Formları Arasındaki Dönüşüme ve Çevreye Etkileri

Azot, doğadaki mikro ve makro canlıların hayatını devam ettirmesi için gerekli bir makro besin maddesidir. Azotun üç biyolojik formundan biri olan protein, tüm organizmaların temel bileşenidir.

Azotun mikrobiyolojik döngüsünde yer alan oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonlarında toprak organizmalarının rolü, doğal ekosistemler (toprak, su, hava) için büyük önem taşımaktadır. Söz konusu reaksiyonlar sırasında açığa çıkan azotun, canlılar için yararlı formlarının yanı sıra hem gaz hem de suda çözünebilir bazı formları çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Doğal ekosistemlerde azot döngüsünde rol oynayan toprak organizmalarının aktivitesi sonucu oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları ile oluşan azotlu bileşikler, bitkiler, heterotrof ve ototrof mikroorganizmalar için yararlı olabildiği gibi hava, su ve toprak kirliliklerine yol açarak çevre ve insan sağlığını tehdit edecek kadar zararlı da olabilmektedirler.

Sonuç

Topraklarda makroskobik yapıdan mikroskobik olana doğru çok sayıda ve çeşitli mikroorganizma bulunmaktadır. Bunların canlılığı ve etkinliği toprağın yapısına bağlıdır. Toprakta kendi besinini kendi üreten üretici olanı da her türlü organik maddeyi metabolize eden dönüştüren, ayrıştıran, tüketici olanı da vardır. İster üretici olsun ister tüketici olsun mikroorganizmaların tamamını toprağı besler, zenginleştirir, üzerinde yetişen bitkilere besin kaynağını oluşturur ve bitkisel ürünlerin hizmetine sunar.

Genel olarak mikroorganizmalar aslında gezegenimizin en önemli geri dönüşümcü, çevre gönüllüsü, temizlik aileleridir. Milyarlarca tür içinde aklımıza kazınan, hastalık yapıcı patojen olanları çok azdır. Aksine geri kalan çoğunluk; ürettiğimiz atıkları gidererek bize temiz, steril ortam sağlamaya çalışır. Toprağa ve çevremize verdiğimiz zehirler, kirlittiğimiz sular mikroorganizma faaliyetleri ile temizlenir. Her türlü atığı ve hatta zehri zararsız veya faydalı bileşen haline getirirler.