

Dünyada Ne Kadar Mikrop Var?



Dünya'daki mikrop sayısı, Evren'deki yıldız sayısından daha fazladır. Bakteriler ya da arkeobakteriler, yani çekirdeksiz tekhücreli canlılar (prokaryotlar), akıl almaz sayıları, dünyadaki bütün bitkilerin toplam biyokütlesine eşit biyokütleleri, gezegenimizin en olmayacak köşelerine değin dağılmalarına yol açan çeşitlilikleriyle, insanları hayrete düşürmektedir. Acaba bütün dünyada kaç mikrop var?

DÜNYA'nın en çarpıcı özelliklerinden biri bitkilerin bolluğuysa, bir diğeri de sayı ve çeşitlilik bakımından onunla yarışan prokaryotlardır. Dünya'nın hemen her köşesine yayılmış bu prokaryotlar, bir başka gezegenden gelmiş yaratıkları herhalde çok şaşırtırlardı. Peki, nedir gerçekte şu bakteri denilen canlılar? Genellikle bunların ne oldukları değil de, ne olmadıkları anlatılır: Bakteri ne bitkidir, ne hayvan, ne mantar, ne de tekhücreli bir hayvan (protozoa). Bakterilerde, çokhücreli canlılarda görülen özelliklerin hiçbiri yoktur. Bakteriler genellikle gözle görülemez; yalnızca mikroskopla görülür. Bazı bakteriler gözle görülecek kadar büyük olabilir; diğerleri bir araya gelerek koloniler yapar. Bazen çokhücreli ipçikler tarzında bir araya gelirler; bu ipçiklerde farklı hücre tipleri olabilir; bunlar toprak ya da çerçöp üzerinde yaşarlar. Bazı bakteriler buzların içinde, bazıları çöllerde, bazıları da okyanus diplerindeki son derece sıcak volkanik su kaynaklarında varlık-

larını sürdürürler. Bakterilerin çoğu Dünya üzerinde yaşamın sürmesi için gereklidir; bakterilerin az bir bölümü insan ya da hayvanlarda hastalık yapar.

Havanın bileşimi bize bakteri sayısının ne kadar çok olduğu hakkında bir fikir verir. Oksijen dışında, atmosferdeki gazların hemen hepsi, farklı prokaryot gruplarının metabolizma ürünleridirler: % 78 azot, % 21 oksijen, % 0,035 karbondioksit, % 0,00017 metan, % 0,000031 azotdioksit ve ayrıca asil gazlar. Organik azot bütün canlıların ana maddesidir; bu da bakterilerin ne kadar çok oldukları hakkında bir fikir verir. Azot, hücrelerin iki temel maddesi olan nükleik asitler ve proteinlerde % 15 oranında bulunur. Bakteriler yalnız kendilerinin değil, bütün bitki ve hayvanların da azot gereksinimini karşılarlar.

Dünyadaki organik karbon miktarından gidilerek bakteri sayısının 10^{30} olduğu saptanmıştır. Bakterilerin nelerde yaşadıkları ve sayıları tabloda görülmektedir. Bu tablo bazı yönlerden şaşırtıcıdır; şöyle ki birçok böcek türü sindirim sistemlerinde çok sayıda

bakteri taşır. Hangi böcek türünde hangi bakterilerin yaşadığını ortaya koymak çok zor bir iştir; bugün için bunu bilmiyoruz. Ancak termit (beyaz karınca) gibi bazı böcek türlerinde bu rakamlar biliniyor: Dünyada $2,4 \times 10^{17}$ kadar termit vardır; bir termitin bağırsağında 2,7 milyon bakteri olduğundan termitler $6,5 \times 10^{23}$ bakteri taşırlar. Bu sayı çok büyükse de dünyadaki toplam bakterilerin ancak yüz milyonda 12'sidir (% 0,000012). Bütün böceklerin taşıdığı bakteri sayısı da toplam bakteri sayısına oranla çok küçüktür. Evcil hayvanların taşıdığı bakteri sayısına bakarak toplam sayının % 0,0008'ini oluşturan omurgalılarda kaç bakteri olduğunu tahmin edebiliriz; bu da toplamın çok küçük bir yüzdesidir.

Bakterilerin çok büyük bir bölümü toprakta, toprak altında ve okyanuslarda yaşar. Okyanuslar ve toprak çok geniş bir alan kapladıklarından bakteri yoğunluğu hayvanların sindirim sistemine göre düşük olsa da, toplam sayı çok büyüktür. Toprak altındaki bakteri sayısını ölçmek zordur, buralarda bakteri yoğunluğu o kadar düşüktür ki

derinlerden alınan toprak örneklerine kolayca diğer bakteriler karışabilir. Okyanus dibindeki bakteri sayısını inceleyen araştırmacılar, derin deniz dipleri için tipik olan, fakat toprak altında çok seyrek rastlanan sertleşmiş tortullar üzerinde çalıştılar. Bu çalışmaların sonucuna göre okyanus dibi ve toprak altı tortullarında toplam $3,8 \times 10^{30}$ bakteri vardır. Toprak altı bakteri sayısına toprak altı suyunun hacmi tahmin edilerek varılır. Ne var ki bu sular da bulunan bakteriler genellikle serbest yüzmeyen, sudaki parçacıklara yapışır. Bu derin sularda yüzen bakteri sayısına dayanan tahminler kesin değildir; bu sayının üst ve alt sınırları verilebilir: $0,25 \times 10^{30}$ ile $2,5 \times 10^{30}$ arası; bu sayılardan ilki tortul katmanlara, ikincisi yeraltı sularına dayanılarak tahmin edilmiştir.

Bu hesaplamalarda bakterinin üreme devri süresinin ya da yenilenme zamanının tayini rol oynar. Her habitatta var olan bakteri sayısından prokaryotik karbon miktarı hesaplanır. Üreme devrinin süresi, bu karbon miktarından yararlanılabilir üreme enerjisinden bulunur. Örneğin okyanusların ilk 200 m'sinde toplam prokaryotik karbon miktarı 0,72 Pg'dir (petagram) (1 Pg= 10^{15} gram). 0,72 Pg karbonun biyosentezi için 2,9 Pg organik karbon içeren bir çevre gerekir; bu karbonun bir bölümü yeni bakteriler yapılması, kalanı da bunların büyümesi için gerekli enerjiyi sağlar. Yılda 43 Pg karbon gerektiğinden bu bakteriler yılda 43/2,9, yani 15 kez bölünebilir; buysa 24 günde bir bölünme demektir. Ölçülen yenilenme zamanı da 6-25 gündür. Toprak üstü için bu sayı ortalama 2,5 yıldır (0,5-2,5 yıl). Bu hesaplarla bir habitatta var olan bakteri sayısı bulunabilir.

Toprakaltı için bu süre 1000-2000 yıldır. Bu süre çok uzundur ve yüzey bakterileri için yapılan hesaplar burada yapılamaz. Ortalama değer söz konusu olduğundan, ola ki bu bakterilerin çoğu etkin değildir; küçük bir bölümü birkaç yıl süren bir yenilenme dönemi yaşar. Fakat bu kuram kabul edilmiyor, çünkü örnekleme kültürlerinden anlaşılmıştır ki toprakaltı bakterilerinin yenilenme süresi de toprak yüzeyi bakterileri kadardır. Şöyle bir olasılık ortaya çıkmaktadır: Bu derin toprakaltı bakterileri yer yer henüz bilmediğimiz bir

kaynaktan enerji alıyor olabilirler. Bu nedenle yenilenme zamanları dünya geneline göre çok kısa olabilir. Bu yerler dışında, üreme devrinin aksine çok uzun olması mümkündür. Böyle bir şema klasik biyolojiye uymaz ve yeni kurallar bulunmasını gerektirir! Bu gibi habitatlar üzerindeki bilgimizin azlığı, bakterilerin dünyada nasıl dağıldığını hesaplamamın ne kadar zor olduğunu ortaya koyar.

Sonuçta dünyada 5×10^{30} (4×10^{30} ile 6×10^{30} arası) bakteri bulunduğu hesaplanmıştır. Bu sayı, bütün Evren'de bulunan yıldız sayısının elli bin milyar katıdır. Bu prokaryot hücrelerin, özellikle bakterilerin biyokütlesi çok, çok büyüktür. Örneğin, bakterilerin karbon içeriği 350-550 Pg'dir. Bu, kuru ağırlık olarak 700-1100 Pg demektir. Karşılaştırmak için belirtelim ki dünyadaki bütün bitkilerin karbon içeriği 550 Pg'dir. Fransa büyüklüğünde ve 1 m derinliğinde bir toprağın ağırlığı 720 Pg'dir. Bakterilerin ne kadar çok olduğu bu sayılardan anlaşılıyor.

Bununla birlikte, bitkisel karbonun çoğunun, odun gibi yapısal polimerlerde bulunmasından da anlaşılır ki, bu değerlendirme yaşayan hücresel maddede miktarını olduğundan fazla göstermektedir. Bitkilerle bakteriler arasında azotlu ve fosforlu bileşiklerin yapısının karşılaştırılması daha kesin bir sonuç verir. Bakterilerde bitkilere göre bu hayati elementler 10 kat fazla bulunmaktadır. Bakterilerde 85-130 Pg azot ve 9-14 Pg fosfor, bitkilerde 10 Pg azot ve 1,1 Pg fosfor vardır. Bu nedenle bakterilerin hücre maddesinin kütlesi, bitkilerden çok fazla olmalıdır. Fakat bakterilerin çoğunluğu toprak altında olduğundan biyosferi az etkilerler. Bu nedenle bitkilerde bulunan toplam azot ve fosforu, okyanus ve toprak prokaryotlarıyla karşılaştırmak gerekir. Bu aktif azot ve fosfor, bitkilerde bulunanın % 65'i kadardır. Varılan sonuç: Ge-

zegenimiz üzerinde bakterilerin ve bitkilerin kütlesi hemen hemen eşittir!

Biyosferde genellikle ışık enerjisinin fotosentez yoluyla organik maddeye dönüşmesi bitkilere bağlı bir olgudur; diğer kimyasal dönüşümlerse bakterilerin işidir. Genel bir kural vardır: Canlılar çevrelerindeki enerjiyi kullanarak gelişirler; kütleleri ne kadar büyükse, onları barındıran ortamdaki dönüşümler o kadar fazladır. Bakteriler atmosferin oluşmasında büyük bir rol oynuyorlarsa, tanımı daha zor olan jeokimyasal dönüşümlerde de birinci planda rol oynamaları beklenir.

Jeokimyasal dönüşümlerin tanımlanmasındaki zorluk, bakterilerin çok çeşitli olmasından kaynaklanmaktadır: Hastalık yapıcı bakteriler, bazı antibiyotiklere direnç kazanan bakteriler, çevre kirletici maddeleri etkisizleştiren bakteriler, ya da biyosferi devam ettirici görevleri üstlenmiş bakteriler. Bakteriler genellikle eşeysiz olarak çoğaldıklarından, bu çeşitliliği, ender genetik olaylar olan mutasyonlarla kazanmaktadırlar. Bakteriler için her ikiye bölünmede bir genin mutasyona uğrama olasılığı, gen başına 4×10^{-7} mutasyondur. Bakteri sayısına ve yenilenme zamanına bakılarak bakteri sayısının bir yılda $1,7 \times 10^{30}$ arttığı söylenebilir. Bu rakamlara göre bütün bakterilerin paylaştığı bir gen, her 60 yılda bir 5 eşzamanlı mutasyon ve 10 dakikada bir 4 eşzamanlı mutasyon oluşur! Dünya ölçüsünde bu kadar sık bir mutasyon hızı, bakterilerin çok çeşitli olmasını ve yeni özellikler kazanmasını sağlamıştır.

Bu sonuçlar ekolojiden genetiğe birçok alanda uygulama bulur. Örneğin, en beklenmedik bir bulgu: Dünya'daki bakterilerin çoğu toprakaltında yaşar. Bakterilerin biyokütlesi eskiden bitkilerinkinden küçük sanılırdı; bugün ikisinin hemen hemen aynı olduklarını biliyoruz. Bütün bunlar bakterilerin evrimi üzerindeki düşüncelerimize yenilikler getirmiştir. Bakteriler gibi çekirdeksiz hücrelerin (prokaryotlar) çevreye uyum gösterme yeteneği, eşeyli üremeye genlerini yenileyen çekirdekli hücrelerinden (ökaryotlar) daha fazladır. Göze görünmeyen bu minik canlılar, Dünya'nın bugünkü durumuna gelmesini ve öyle sürüp gitmesini sağlayan önemli ekolojik görevler yüklenmişlerdir.

Lè Recherche, Şubat 1999
Çeviri: Selçuk Alsan

Dünyada Bakteri Dağılışı

Habitat	Bakteri sayısı	Toplamın yüzdesi
Deniz zeminin altı	$3,6 \times 10^{30}$	66
Toprağın altı	$1,4 \times 10^{30}$	26
Toprağın üstü	$2,6 \times 10^{29}$	4,8
Deniz suyu	$1,2 \times 10^{29}$	2,2
Tatlı sular ve tuzlu göller	$2,3 \times 10^{26}$	0,0043
Evcil hayvanlar	$4,3 \times 10^{24}$	0,000080
Kutup buzları	4×10^{24}	0,000074
Termitler	$6,5 \times 10^{23}$	0,000012
İnsanlar	$3,9 \times 10^{23}$	0,0000072
Kümes hayvanları	$2,4 \times 10^{21}$	0,00000044