

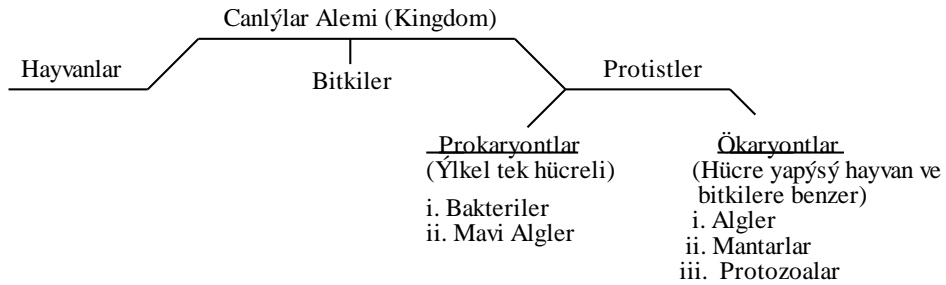
## TOPRAK ORGANİZMALARI

Toprak mikroorganizmalarının tümü edafonHata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanmaktadır. Organizasyon nitelikleri göz önünde bulundurulmaksızın toprak biotası şu alt bölümlere ayrılabilir:

- Mikrobiota**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Alg, protozoaHata! Yer işareti tanımlanmamış., mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve bakteriler
- Mezobiota**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Nematodlar, küçük arthropodlar ve enchytraeid kurtları, kollemboller
- Makrobiota**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Yer solucanları, yumuşakcalar, büyük enchytraeidler ve arthropodlar.

Makrobiota arasında bitki kökleri, kazıcı kemirgenler, sürüngen ve hem suda hem de karada yaşayabilen hayvanlar yer alırlar.

Edafonu oluşturan öğelerden toprak florası terimi çok doğru bir terim olmamakla birlikte kullanıma yerleşmiştir. Aslında toprak mikroorganizmaları (mikrofloraHata! Yer işareti tanımlanmamış.) tam olarak ne bitkiler ve ne de hayvanlar dünyasına ait değildir. Yüz yıl öncesinde canlıların iki büyük aleme ayrılması bitki ve hayvanların **şekil, yapı, beslenme özelliklerindeki** farklılıklara dayanmaktaydı. Mikrobiyoloji çalışmaları ilerledikçe, bazı özellikleri ile bitkilere, diğer bazı özellikleri ile de hayvanlara benzemeleri nedeniyle mikroorganizmaları ayırmayan bir sınıflama gereksinimi doğmuştur. Bu nedenle canlılar dünyası üç ana gruba ayrılır.



**Şekil 5.1. Canlı sistematiginde alem (Kingdom)ler.**

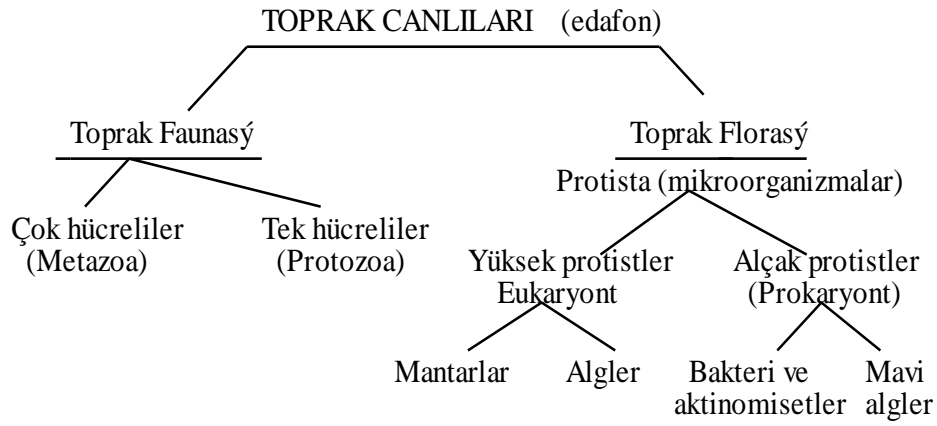
Whittaker (1969) şekil 5.1'de verilen sistematigi bilim dalları, ultra (moleküler) strüktürHata! Yer işareti tanımlanmamış., beslenme şekilleri esasında ele almıştır. Prokaryotlar çekirdek membranı, endoplazmik reticulum ve mitokondri içermemeleri ile ökaryotlardan ayrılırlar.

Toprak mikroorganizmaları çok değişik şekil ve boyutlarda karmaşık birlikler oluştururlar (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1. Mikroorganizmaların boyutları**

<b>Tür</b>	<b>Boyut (µm)</b>
Proteinler	0.001-0.05
Bakteri virüsü (faj)	0.05-0.10 (gövde),0.2 (kamçı)

Bitki virüsü	0.02-0.3
Bakteri	$0.5-2 \times 10^{-8}$
Aktinomisetes	0.5-2 (çap)
Cyanophceae	2-5 (çap)
Alg	3-50 (çap)
Mantar	3-50 (çap)
Protozoa	14-600



**Prokaryotik canlılar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (Bakteri, aktinomisetHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** ve mavi algler) hücre organizasyonu bakımından eukaryotikHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** hücrelerden ayrılırlar. Prokaryotik canlılarda gerçek bir **hücre çekirdeği** yoktur. Ayrıca mitokondri ve plastidler bulunmaz, hücre zarı müreinHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** adı verilen heteropolimer bir madde içerir.

**Eukaryotik canlılar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (Algler, mantarlar ve protozoalar) gerçek bir hücre çekirdeğine sahiptirler. Mürein içermezler ve stoplazmada mitokondri ve bitki hücrelerinde plastidler bulunur.

Bitki kökleri mikroorganizmalarla olan karşılıklı etkileşimleri nedeniyle toprak ekosisteminin önemli unsurlarındandır.

### 5.1. Toprak Mikroorganizmaları (Mikrobiota)

Toprak mikroorganizmaları içinde bakteriHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantarlar en fazla ilgiyi çeken organizmalardır.

Bunun nedeni karasal ekosistemdeki enerji akışı ve besin maddesi aktarımının büyük kısmının bu organizma gruplarınca gerçekleştirilmesinden kaynaklanmasıdır. Yukarıda da belirtildiği gibi bazı mikrobiyolojistler biyolojik organizasyonları nedeniyle mikroorganizmaları bitki ve hayvanlardan ayrı bir grup içinde toplayarak buna **Protista**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adını vermişlerdir. Bu grubun üyeleri tek hücreli veya sönositik (yaşam döngüleri sırasında hücresel strükture sahip olduğu dönemler gösteren, çok çekirdekli fakat çok hücreli olmayan) veya çok hücreli olduklarında olgun dönemlerindeki bitki ve hayvan dokularının karakteristiklerinden ayrımlar gösteren canlılardır.

### **Protista'nın Sınıflandırılması**

#### **Yüksek protistler**

Yüksek protistler enerji kaynakları, beslenme ortamı ve yapı (strüktürHata! Yer işareti tanımlanmamış.) nitelikleri bakımından ayırım gösterirler. Çeşitli gruplar arasında sınırlar çok iyi ayrımlanamamaktadır. Örneğin tek hücreli alglere benzemelerine karşın fotosentetik pigmentHata! Yer işareti tanımlanmamış. veya kloroplast içermezler. Aşağı protistler genel olarak enerji kaynakları ve strükturelerine, hareket organlarının varlığı ve özelliğine göre sınıflanırlar (Çizelge 5.2).

Toprak genel olarak beş ana mikroorganizma grubu barındırır. Bunlar **bakteriler, aktinomisetler, mantarlar, algler ve protozalardır**. Bu mikroorganizmalardan ilk ikisi aşağı protist, diğer üçü yüksek protist grubu içinde yer alırlar.

#### **Aşağı Protistler**

Bu grupta yer alan mikroorganizmalar bakteriler, aktinomisetler ve mavi-yeşil alglerdir. Bu grupta tanımlanan organizmalar, hücre duvarı özellikleri, hareket kabiliyeti ve şekli veya fotosentetik yetenek bakımından farklılıklarına göre ayrı gruplar oluştururlar.

#### **5.1.1.Bakteriler**

Bu organizmalar topraklarda sayı, aktivite ve ekolojik etkileri bakımından en önemli grubu oluştururlar. Mikroskobik boyutta (ortalama

0.5x2.0 µm), tek hücreli prokaryotik canlılar bir gram toprakta (çevre koşullarına bağlı olarak) yüz milyonluk adetlere erişen populasyonlar oluştururlar. Toprakten izole edilen bakteriler iki ana grup oluştururlar: **yerli (indigenous veya autochthonus)** organizmalar ile **dıştan gelen (alloktonHata! Yer işareti tanımlanmamış.)** organizmalardır. Yerli (otoktonHata! Yer işareti tanımlanmamış.) populasyonlar komünitelerin biyokimyasal işlevlerine katılan, uzun periyodlar boyunca metabolik aktivite göstermeksizin dirençli formlar halinde toprakta barınabilen doğal türlerdir.

Allokton türler komünite aktivitelerine önemli düzeyde katılmazlar. Bu organizmalar hava hareketleri ve yağış sonucu veya hayvan gübresi, atık çamurları ve hastalıklı dokular yolu ile ortama girerler ve bir süre ortamda bulunabilir hatta kısa bir süre için çoğalabilir fakat asla önemli bir ekolojik işlevi olan transformasyon ve interaksiyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. göstermezler. Yerli populasyonlar arasında bulunan bazı türler, hızlı yararlanılabilen organik besin maddeleri ilave edildiği zaman olağan üstü gelişen organizmalardır. Bu nedenle toprak uygulamalarına karşın süratle tepki veren bir grup oluştururlar. Bu grup besin kaynakları azaldığı zaman sayılarını süratle azaltır. Diğer otoktonHata! Yer işareti tanımlanmamış. populasyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. ise toprak organik fraksiyonunu, dirençli bitki dokularını veya diğer mikrobiyal hücreleri besin maddesi olarak kullanır. Bu tür besin maddeleri daha az yararlanılabilir olduğundan bu tür organizmalar yavaş gelişirler.

Bakteriler "Bergey'in tanımlayıcı bakteriyolojik klavuzun"da belirtildiği gibi sistematik veya taksonomik esaslara göre gruplanabilir (Bergey's manual of determinative bacteriology). Bunun dışında fizyolojik farklılıklarına göre gruplar oluşması mümkündür. Örneğin beslenme ve metabolik karakteristiklerine göre -enerji kaynakları, karbonhidratların gelişme için kullanımı, N<sub>2</sub> yi azot kaynağı olarak kullanabilme yeteneği, oksijen istekleri gibi- ayrımlar yapılabilmektedir.

Hücre yapısı da bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. tanımlanmasında kullanılmaktadır. Ana morfolojikHata! Yer işareti tanımlanmamış. tipler arasında çubuk (bacilliHata! Yer işareti tanımlanmamış.) şeklinde olanlar en yaygınlarıdır. Bunun dışında yuvarlak şekilli (cocciHata! Yer işareti tanımlanmamış.) ve spiral şekilli (spirillaHata! Yer işareti tanımlanmamış.) bakterileri ayırtetmek mümkündür (Şekil 5.2).



Çizelge 5.2. Protistlerin ana gruplarının özellikleri

Grup	Enerji Kaynağı	Beslenme	Yapı	Flagella
<b>Yüksek Protistler</b>				
Algler	Fotosentetik	C hariç çözülmüş maddeleri absorbe	Tek veya çok hücreli iplikçik veya koloniler	Çoğunluk var
Protozoa	Kemosentetik	Katı partiküllerin sindirimi veya çözülmüş madde absorbe	Tek hücreli, hücre duvarı yok	Çoğunluk var
Mantar	Kemosentetik	Çözülmüş madde absorbe (C dahil)	Filamentli ve coenocytic	Çoğunluk yok
<b>Aşağı Protistler</b>				
Mavi-yeşil algler	Fotosentetik	Çözülmüş besin madde absorbe (C hariç)	Tek hücreli veya filamentli	Yok
Bakteriler	Kemosentetik*	Çözülmüş besin madde absorbe (C dahil)	Çoğunluk tek hücreli, filamentli de olabilir	Var ve yok

\*yeşil ve mor bakteriler fotosentetiktir. Ancak algHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve mavi yeşil algler gibi oksijen oluşmaz





tanımlanmamış. veya **kemolitotrof**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. şekilde, yani anorganikHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** bileşiklerin oksidasyonu yolu ile sağlanır. OtotrofHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** yaşayan nitrifikasyonHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** bakterilerinin bir kısmı amonyağı nitrite, diğer kısmı da nitriti nitrata oksitleyerek enerji sağlarlar. **Hydrogenomonaslar** ise molekül hidrojeni suya çevirerek, kükürt bakterileri de elementel kükürt veya kükürtlü hidrojeni sülfatlara veya sülfirik aside oksideHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** ederek yaşarlar. Bu ototrofHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** organizmaların yanında aynı grup içinde organik maddenin ayrışmasında önemli görevleri olan bazı bakteriHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** türleri de bulunmaktadır. Örneğin ayrışma olayları bakımından Pseudomonadales takımında yer alan en önemli cins **Pseudomonas**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.**'dır (Şekil 5.3). Bu bakteriler gram negatifHata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, polar flagellatlı çubuklardır. Bazı tipleri denitrifikasyonu anaerobikHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** solunum amacı olarak kullanır. Bu takım da yer alan **pseudomonad**'ların çoğu oksidaz pozitif özellik gösterir. Bu takım da ayrıca metanı karbon kaynağı olarak kullanan **Methanomonas**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, selülozu ayrıştıran **Cellvibrio**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.** ve kemolitotrof olarak gelişebilen **Hydrogenomonas**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.** cinsleri sayılabilir. Cellvibrio ve Alginomonas karmaşık organik moleküllerin ayrışmasını gerçekleştirirler.

#### 5.1.1.2. Eubacteriales

Bu takım çok önemli toprak bakterilerini içeren familyaları kapsamaktadır. Bu familyalar içinde bulunan önemli cinsler arasında **Azotobacter**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, **Rhizobium**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, **Agrobacterium**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, **Chromobacterium**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış.** sayılabilir. **Azotobacter** gram negatifHata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, kok ve çubuk şekilli, serbest yaşayan bakteriler olup atmosfer azotunu kullanabilme yeteneğindedir.

### Şekil 5.3. *Pseudomonas sp.*'nin elektron mikrofotografı

***Rhizobium*** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bakterileri ise simbiyotik yaşayan aerob Hata! Yer işareti tanımlanmamış., sporsuz çubuk şekilli bakterilerdir. Baklagil bitkileri ile ortak yaşam (simbiyoz Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) şeklinde atmosfer azotundan yararlanır (azot fiksasyonu Hata! Yer işareti tanımlanmamış.). ***Agrobacterium*** ise gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış., sporsuz kısa çubuklar şeklinde olup, fakültatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. anaerob bakterilerdir. ***Agrobacterium radiobacter var. tumefaciens*** gall Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (ağaç uru) oluşturan bir tür olarak bilinir. Bu bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. suş Hata! Yer işareti tanımlanmamış.'u ***Rhizobium leguminosarum*** bakterisi ile çok yakın bir GC ilişkisi Hata! Yer işareti tanımlanmamış. gösterir (GC: DNA Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bazlarından guanin-cytosin çifti: bakteri sınıflandırılmasında uygulanan bir yöntem). Bu iki bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. sadece 3- ketoglikozid Hata! Yer işareti tanımlanmamış. üretimi reaksiyonuyla birbirinden ayrılır. ***Rhizobium*** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ***leguminosarum*** bu reaksiyon bakımından negatiftir. Aynı familyada yeralan ***Chromobacterium*** ise gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış., sporsuz kısa çubuklar şeklinde olup, fakültatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. anaerob ve mor pigment Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturan bir bakteri cinsidir. Bu takımda yer alan önemli toprak familyaları şunlardır;

#### a. Azotobacteraceae

Bu familya önemli N<sub>2</sub>-fikse eden cinsleri içerir. Örneğin ***Azotobacter chroococcum*** gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış., melanin Hata! Yer işareti tanımlanmamış. pigmenti içeren kahverenkli koklardır. Ayrıca ***A. agilis*** ve ***A. indicus*** diğer bilinen üyelerdir.

#### b. Rhizobiaceae

Endospor içermeyen, çubuk şekilli bakteriler olup, ***Rhizobium*** Hata! Yer işareti tanımlanmamış., ***Agrobacterium***, ***chromobacterium*** gibi önemli cinsleri kapsar. ***Rhizobium*** cinsi bakteriler gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış., aerob simbiyotik azot fikse edici organizmalardır. ***R. meliloti***, ***R. leguminosarum***, ***R. phaseoli***, ***R. trifolii***, ***R. lupini*** ve ***R. japonicum*** gibi önemli bireyler tanınmaktadır.

#### c. Achromobacteriaceae

Bu familyadaki önemli cinsler *Achromobacter* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Flavobacterium*'dur Hata! Yer işareti tanımlanmamış.. Her iki cinste gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bakterileri içerir. Ancak birinci cins pigmentless çubuklar oluştururken, *Flavobacterium* sarı pigment Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturur.

#### d. Micrococcaceae

Bu familyanın önemli cinsleri *Micrococcus* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Sarcina*'dır. Bu üyeler çoğunlukla gram pozitif (*Micrococcus* bazen negatif) küre şekilli bakterilerdir. *Sarcina* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. kendi cinsine özgü paket halinde koloniler oluşturur. *Sarcina* beyaz, sarı ve kırmızı pigment Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturmaktadır.

#### e. Corynebacteriaceae

Bu familya içindeki önemli cinsler *Corynebacterium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Arthrobacter*'dir. *Corynebacterium* gram pozitif, aerob Hata! Yer işareti tanımlanmamış., çubuk şekilli bir bakteridir. Hücre içinde metakromatik granüller içerir. *Arthrobacter* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ise çubuk şekilli, yaşlandıkça kok haline dönüşen bakterilerdir. Genç kültürleri gram negatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. iken zamanla gram pozitif şekle dönüşürler.

#### f. Bacillaceae

Bu familyada toprakta yaygın bulunan iki cins önemlidir. Bunlardan *Bacillus* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. aerob Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya fakültatif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. anaerob, endospor Hata! Yer işareti tanımlanmamış. içeren çubuk bakterilerdir. İkinci cins *Clostridium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olup anaerob, endospor içeren, moleküler azottan yararlanma yeteneğinde olan çubuk şekilli bakterilerdir.

Eubacteriales takımında yer alan *Rhizobium* (kök nodül Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) bakterileri gerek doğal, gerekse tarım ekosistemleri için çok önemli toprak bakterileridir. Toprak verimliliğini azot fiksasyonu Hata! Yer işareti tanımlanmamış. nedeniyle önemli düzeyde olumlu bir şekilde etkilerler. Ancak bu özelliklerini yalnızca baklagil bitkileri ile simbiyoz Hata! Yer işareti tanımlanmamış. halinde gösterebilirler. *Arthrobacter* çeşitleri toprakta çok yaygın olmakla birlikte ekolojik rolleri konusunda fazla bir bilgi bulunmamaktadır. Bu bakterilere yakın akraba olan *corynebacterium*'un kısmen bitki hastalıklarına neden olduğu ve kısmen de organik bileşiklerden yararlanabilen bir saprofit Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olduğu bilinmektedir. Yine bu familyaya ait olan *cellulomonas* türü selülozun ayrışmasında rol oynayan bir saprofitir.

*Bacillus* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *clostridium* türleri de toprakta sıkça bulunan organizmalardır. *Clostridium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. kuvvetli anaerobik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bir toprak mikroorganizmasıdır. Bitki döküntülerinin ayrışması yönünden pektinolitik ve selülotik türler önemli olup *Clostridium felsinum* bunlara bir örnektir. Selülotik clostridium'lar mesofil ve termofil olmak üzere gruplanabilir. Her iki gruba ait üyeler selülozu hidrojen, karbondioksit ve organik asitlere ayrıştırırlar. Bu iki grup arasında ekolojik bakımdan önemli bir ayrım bulunmaktadır. Termofil türler toprakta ve ayrışan bitki dokuları üzerinde çoğunlukla bulunmakla birlikte, mesofilik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. türlerin asıl habitat Hata! Yer işareti tanımlanmamış., otçul hayvanların sindirim sistemidir. En fazla rastlanan mesofilik türler içinde *C.cellulosolvens*,

*C.cellobioparum*, *C.omelianski* ve *C.dissolvens'tir*. Termofilik türler arasında da *C.thermocellum* ve *C.thermocellulaseum* sayılabilir. *Clostridium* türleri arasında önemli azot bağlayıcı bakteriler bulunmaktadır. Bu anaerob bakteriler iyi havalandırılan topraklarda bile kendilerine uygun yaşam koşulları bulabilirler, çünkü hem toprak organizmaları ve hem de mikroorganizmaların yoğun aktiviteleri sonucu ortamda CO<sub>2</sub>'in zenginleştiği anaerobik **mikro-çevreler** bulunabilir. Bu tür ortamlar anaerob aktivite için geçerli koşulları sağlayabilir.

### 5.1.1.3. Myxobacteriales Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (Miksobakteriler)

Bu takım altında toplanan mikroorganizmalar çoğunlukla ilginç şekilleri ve ayrışma olaylarındaki önemleri vurgulanan bakterilerdir.

Bazı **miksobakteriler** diğer bakterileri çözme (*lyses*) ve özümleme özelliği gösterirken, diğerleri saprofitiktir. *Cytophaga* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. cinsi özellikle selülozun aerob Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ayrışmasında aktif rol oynar. Bu tür içinde ayrıca kitin Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ayrıştıran gruplar da yer alır. **Miksobakteriler** toprakta çok yaygın olup özellikle vejetasyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış., gübre, kompost Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve çürümekte olan odunsu dokunun ayrışmasında etkilidirler. Bu bakteriler esnek yapılı çubuklar şeklinde olup kayıcı hareket gösterirler.

Yaşam döngüleri içinde, özelleşmiş bir meyva gövdesi oluşturur ve sonunda çubuk şekli alırlar (Şekil 5.4). En yaygın bulunan türleri *Chondrococcus* Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Archangium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Polyangium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. dur. Miksobakteriler agar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. besi ortamı üzerine çok az toprak konularak yapılan aşılama sonucu, inkübasyonu takiben çıplak gözle görülebilen meyva gövdeleri oluşumu ile izlenebilirler. Ancak bu işlem sırasında agar besi ortamına özel bir bakteriyel süspansiyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ile de aşılama yapılmalıdır. Bu teknik miksobakterilerin ortamdaki diğer bakterileri çözmesi (*lysis* Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) ve onları besin kaynağı olarak kullanması ile ilgilidir. Lysis mekanizması bakterileri çözmek için ekstraselüler Hata! Yer işareti tanımlanmamış. enzimlerin salgılanması ile ilgilidir. Miksobakterler bütün işlenen topraklarda bulunabilir. Kontrol edilen çayır topraklarında her bir gram toprakta 2000 ile 76 000 civarında populasyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. saptanmıştır. Nemli topraklarda büyük populasyonların bulunması, bu organizmaların arid koşullara dayanıklı olmadığını göstermektedir.

**Şekil 5.4. Bazı yaygın miksobakteriler (*Myxobacterium*) (Alexander,1977)**

Bergey el kitabına göre (7. baskı,1957) bu grup üyeleri, dinlenme fazındaki hücreler, sistHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve üreme oluşumu kademelerindeki (fruiting body: Bitkilerde üreme ile ilgili herhangi bir oluşum, meyva gövdesi benzeri) niteliklere bağlı olarak beş familyaya bölünürler.

- Familya I. *Cytophaga*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Dinlenme veya üreme oluşumları göstermez
- Familya II. *Arhangiaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Meyva gövdesinde dinlenme fazındaki hücreler
- Familya III. *Sorangiaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: Meyva gövdesi üzerindeki sistlerde dinleme durumundaki hücreler
- Familya IV. *Polyangiaceae*: Meyva gövdesi üzerinde sistler içinde dinlenme durumundaki hücreler
- Familya V. *Myxococcaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: (Sporocytophaga: dinlenme fazındaki serbest hücreler): Meyva gövdesi üzerinde dinlenme fazındaki hücreler

McCurdy (1970) miksobakteriler için taksonomik yeni bir düzenleme önermiştir. Buna göre sınıflama aşağıdaki şekilde düzenlenmektedir.

- I. Gittikçe incelen yapıda vejetatif hücreler, mikrosistler (yapışkan, kapsülsüz mikosporlar) oluşumu.
- A. Mikrosistler küresel veya oval. (*Myxococcaceae*)
- B. Mikrosistler kısa veya şekilli
1. Mikrosistler sporangiumlar içinde değil (*Arhangiaceae*)
2. Mikrosistler sporangiumlar içinde (*Cystobacteriaceae*)
- II. Vejetatif hücreler düzenli aynı çapta, küt veya yuvarlanmış sonlu Mikosporlar vejetatif hücrelere benzer formda (*Polyangiaceae*)

## **5.2. Toprak Bakterileri**

Toprakta çok sayıda bulunan ve bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. popülasyonunun % 90 kadarını oluşturan cinsler *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Bacillus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Micrococcus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Flavobacterium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.'dur. Örneğin toprak bakterilerininin 1/8'ini Arthrobacterlerin oluşturduğu

belirtilmektedir. Bakteri ve aktinomiset **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** hücreleri genellikle doğal topraklarda mikroskopik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gözlemler ile incelenememektedir. Bu amaçla geliştirilen teknikler toprakta bulunan canlı bir hücrenin özel boyalar ile boyanması fakat toprak kolloidleri ve ölü organik maddenin boyanmayarak floresans mikroskopisi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi ayrımı kolay kullanan teknikler ile incelenmesidir.

Bu tür tekniklerin uygulanması sonucu bakterilerin, çoğunlukla toprak yüzeyinde veya yüzeye çok yakın kısımlarda ve organik doku (özellikle humus **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** parçacıkları) üzerinde kolonize olduklarını göstermektedir.

Toprak bakterilerinin gerek yoğunluğu ve gerekse bileşimini etkileyen en önemli faktörler şunlardır:

- a. Çevre ve toprak sıcaklığı
- b. Organik maddeler
- c. İnorganik besin elementleri
- d. pH
- e. Derinlik
- f. Mevsimler
- g. Toprak işleme ve kültürel işlemler

Mikroorganizmaların gelişip aktivite gösterebilmesi için toprakta belli bir oranda nem bulunması gereklidir. Ancak mikroorganizmaların ortam koşullarındaki nem düzeylerine tepkileri farklı olabilmektedir. Gerek organik ve gerekse inorganik maddeler toprak çözeltisinde çözülmüş şekilde mikroorganizmalar tarafından alınır veya reaksiyona uğratılırlar. Toprakta suyun fazla bulunması, toprak atmosferini ve oksijen düzeyini etkileyeceğinden, su yokluğu gibi olumsuz etkiye sahiptir. Bakterilerin optimal **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** su gereksinimlerinin genel olarak toprağın su tutma kapasitesinin %50 ile 70'i oranında olduğu söylenebilir.

Çeşitli topraklarda bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** popülasyonunun toprak nem kapsamı ile sıkı bir ilişki gösterdiği saptanmıştır. Komünite büyüklüklerinin periyodik değişikliklerinde bile doğrudan nem miktarının değişimi arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle su temininin biyolojik aktivitede anahtar rol oynadığı belirtilebilir.

Toprakta su fazlalığı (drenaj bozukluğu, aşırı yağış veya sel nedeniyle) bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** dağılımında azalmaya neden olur. Bu gibi durumlarda ortamdaki oksijenin azalması serbest O<sub>2</sub>'ni kullanan mikroorganizmaların gelişme ve aktivitelerini engeller, anaerob bakteri aktivitesi artar ve topraklardaki metabolik olaylar yön değiştirir.

**Sıcaklık** bilindiği gibi bütün biyolojik olayları kontrol eder.

Komünite büyüklüğü ile sıcaklık arasında bir ilişkinin varlığı gösterilmiştir, ancak toprak bakterilerinin ve diğer mikroorganizmaların optimum sıcaklık istekleri ayırım göstermektedir. Bu istekler bakımından topraklarda üç farklı organizma grubu ayırılabilir.

- a. Psikrofil bakteriler: Gelişme optimumları 0-20°C
- b. Mezofil bakteriler: Gelişme optimumları 20-45 °C
- c. Termofil bakteriler: Gelişme optimumları 45-65°C

Ilıman ve serin bölge topraklarında sıcaklığın fazla yükselmemesi nedeniyle toprak mikroorganizmalarının psikrofil **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** dağılım göstereceği düşünülürse de, toprak bakterileri genellikle mezofil **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** özellik gösterirler. Gerçek psikrofil bakteriler toprakta yaygın olmayıp, hatta kışın bile soğuğa toleranslı mezofil bakteriler, psikrofillerden daha yaygındır.

Çizelge 5.3'de çeşitli toprak mikroorganizmalarının vejetatif gelişme optimumları ile en küçük ve en yüksek sıcaklık toleransları görülmektedir.

Çizelge 5.3. Çeşitli mikroorganizmaların vejetatif gelişme ve sıcaklıkları

Termofil	Min.	Opt.	Maks.
<i>Bacillus stearothermophiles</i>	30	55	75
<i>Clostridium thermocellum</i>	50	60	68
Mesofil <i>Escherichia coli</i>	10	37	45
<i>Bacillus cereus</i>	10	30	46
<i>Saccharomyces cerevisae</i>	1	29	40
Psikrofil <i>Pseudomonas fluorescens</i>	-8	20	37
<i>Candida scottii</i>	0	4-15	15

Toprak bakterilerinin gelişmesinde en önemli rol oynayan faktörlerden biri de ortamdaki organik madde miktarı ve türüdür. Hem hayvansal hem de bitkisel kalıntılar heterotrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalar için besin ve enerji kaynağıdır. Mineral topraklardaki komünite büyüklükleri doğrudan organik madde ile ilişkili olup, humusça zengin bölgelerde büyük bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sayıları saptanır. Yeşil gübre veya ürün kalıntılarının toprağa gömülmesi derhal mikrobiyal tepkinin ortaya çıkmasında etken olur.

Organik madde ilavesinin mikroorganizmalar üzerine olan uyarıcı etkisi özellikle ayrışmanın ilk birkaç ayı içinde yüksek düzeyde olup, ilk yıldan sonra büyük ölçüde azalır. Çizelge 5.4'de topraklara organik madde ilavesine karşı mikroorganizmaların gelişme bakımından tepkileri verilmiştir.

Yüksek asit veya alkali koşullar, gelişme optimumları nötral pH civarında olan pek çok toprak bakterisinin gelişmesini engeller. Topraktaki hidrojen iyonu derişimi ne kadar artarsa, topraktaki bakteriyel komünite büyüklüğü o kadar azalır. Buna bağlı olarak asit koşullu topraklarda yapılan kireçlemenin bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gelişimini uyardığı saptanmıştır. Bu verilere rağmen 3 pH civarında bile toprakta birçok bakteri bulunabilir.

Çizelge 5.4. Toprağa yapılan çeşitli uygulamalar ve mikroorganizma yoğunluğu

Uygulama	pH	Bakteri	Aktinomiset	Mantar
Gübrelenmemiş	4.6	3000	1150	60
Kireç	6.4	5210	2410	22
Mineraller*	5.5	5160	1520	38
Çiftlik Gübresi +Mineraller	5.4	8800	2920	73
Mineraller+Amonyum sülfat <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>	4.1	2690	370	111
Mineraller+Amonyum Sülfat+Kireç	5.8	7000	2520	39
Mineraller+Sodyum nitrat <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>	5.5	7600	2530	46

\*) 145.15 kg KCL/da/yıl,290.3 kg asit fosfat da/yıl

Genel olarak asit koşullarda mantarlar başat florayı oluştururken, alkali koşullarda bakteriyel formların bazıları örneğin **aktinomisetler** daha fazla aktivite gösterir. **Toprak**

**işleme**, toprağın havalanmasına, organik maddenin üst profilde dağılımına ve nem kapasitesine etki yaptığından, toprak mikroorganizmalarının tip ve sayısı üzerine büyük etki yapan bir etkendir.

**Mevsimlerin** mikroflora **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üzerine olan etkisi ise, iklime bağlı olarak sıcaklık ve organik madde ile ilgilidir. İlkbaharda sıcaklığın etkisi ile vejetatif gelişmenin artışı sonucu toprak florası da maksimum bir dağılım gösterir. Yazın mikrobiyal sayılarda görülen azalma, sonbaharda tersine dönerek bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sayısında biraz artış görülür. Kış aylarında mikrofloranın biyokimyasal aktivitesi çok azaldığından popülasyonda da düşme görülür. Şekil 5.5’de mikroorganizmaların sıcaklık ve nem düzeyi ile farklı sayım yöntemlerine göre değişimi verilmektedir.

Toprağın mikrobiyal aktif kısmı, yüzey katmanı özellikle üst birkaç cm’lik kısmıdır. Profil derinliğine bağlı olarak mikroorganizma sayısı ve metabolik işlevler azalır. Çizelge 5.5’de bir toprak profilindeki değişik horizonlarda mikroorganizmaların dağılımları verilmiştir.

**Şekil 5.5. Toprak örneklerinin (iki saatlik) toplam hücre (mikroskopik Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) ve plak sayımlarına göre saptanan bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. popülasyonları.**

**Çizelge 5.5. Mikroorganizmaların toprak horizonlarındaki dağılımları**

Horizon	Derinlik (cm)	Aerobik Bakteri	Anaerobik Bakteri	Aktinomiset	Mantar	Alg
A1	3-8	7800x10 <sup>3</sup>	1950x10 <sup>3</sup>	2080x10 <sup>3</sup>	119x10 <sup>3</sup>	25x10 <sup>3</sup>
A2	20-25	1800x10 <sup>3</sup>	379x10 <sup>3</sup>	245x10 <sup>3</sup>	50x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>3</sup>
A2-B1	35-40	472x10 <sup>3</sup>	98x10 <sup>3</sup>	49x10 <sup>3</sup>	14x10 <sup>3</sup>	0.5x10 <sup>3</sup>
B1	65-75	10x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>3</sup>	6x10 <sup>3</sup>	0.1x10 <sup>3</sup>
B2	135-140	1x10 <sup>3</sup>	0.4x10 <sup>3</sup>	-	3x10 <sup>3</sup>	-

Toprak mikroorganizmalarının bir kısmı doğada her yerde bulunmasına karşın, bir kısmı ise özel topraklarda veya bazı özel faktörlerin etkisi altında bulunabilirler. Örneğin *Bacillus subtilis*, *Bacillus mycoides* gibi bakteriler doğada çok yaygın olmalarına karşın,



**Rhizobium** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **leguminosarum** türüne, özel baklagillerin yetiştiği topraklarda rastlanmaktadır. Serbest azot bakterilerinden **Azotobacter chroococcum** pH'sı 6.0'nın üzerinde olan topraklarda bulunurken, **A.indicum** çoğunlukla asit topraklarda yaşamaktadır.

### 5.2.1. Topraklardaki sayısal dağılım ve yöntem farklılıkları

Topraklarda bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. populasyonlarının belirlenmesinde uygulanan yöntemler farklı sonuçlar vermektedir. Doğrudan mikroskopik sayımlarda canlı ve ölü hücrelerin ayrımının iyi yapılması gerekmektedir. Thornton ve Gray, eritrosin Hata! Yer işareti tanımlanmamış. boyası kullanarak canlı ve cansız hücrelerin birbirinden ayrımını yapmaya çalışmışlardır. Ancak yeni ölmüş hücrelerin de boyayı absorbe etmesi nedeniyle aktif hücrelerden ayırılması mümkün olmamaktadır. Bu durum doğrudan sayımlarda topraktaki aktif hücrelerin fazla tahmin edilmesine yol açmaktadır. Normal koşullarda canlı hücre sayımında kullanılan ve dolaylı bir yöntem olan "petri-plak Hata! Yer işareti tanımlanmamış." yönteminde, toprak aseptik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. koşullarda bir seyreltme çözeltisi ile sayısal bir seyreltmeye tabi tutulmakta ve elde edilen süspansiyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. Petri kabına döküldükten sonra üzerine besin agar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ilave edilmektedir. İnkübasyondan belli bir süre sonra plak üzerinde gelişen bakteri kolonileri sayılarak, her bir gram topraktaki sayı hesaplanmaktadır. Ancak bu sayımların doğru olabilmesi için şu koşullara uyması gerekmektedir.

1. Plak üzerinde gelişen her koloni Hata! Yer işareti tanımlanmamış. sadece bir bakteriden gelişmelidir
2. Toprak örneğindeki bütün bakteriler süspansiyona alınabilmelidir
3. Süspansiyondaki bakterilerin hepsi kullanılan besin ortamında gelişebilmelidir

Gerçekte belirtilen bu koşulların hepsi tam anlamı ile gerçekleştirilmemektedir. Örneğin bazı bakteriler birbirlerine zamlı maddelerle yapışmış sıkı koloniler oluşturmakta, bu nedenle sayımda bir çok organizma yerine tek bir organizma sayılmaktadır.

Bakterilerin çoğu kil veya organik madde yüzeylerinde bulunurlar ve onları öldürmeksizin seyreltme çözeltisine almak mümkün olmamaktadır (Şekil 5.6). Diğer taraftan toprak dispersiyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. çözeltisi ile çalkalandığında, çözeltideki bakteriler küçük toprak tanecikleri tarafından

**Şekil 5.6. Bakterilerde koloniHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşumu ve tek koloni oluşturma (agarHata! Yer işareti tanımlanmamış. çizme yöntemi . Wray ve Raszewski)**

absorbe edilerek çökebilirler. Özellikle kil parçacıkları bazı bakterileri çok kuvvetli absorbe etmektedirler. Plaklarda büyük seyreltme süspansiyonları kullanılması, her bir gram toprak için çok büyük bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılarının bulunmasına neden olur. Son olarakta toprakta yaşayan tüm bakterilerin gelişmesini sağlayacak tek bir besin ortamı bulunmayışı belirtilebilir. Bu belirtilen nedenlerden dolayı bu yöntemle saptanan bakteri sayımları düşük değerler vermektedir. Çizelge 5.6’da görüldüğü gibi doğrudan sayımlar ile plak sayımları arasında olağanüstü farklar saptanmaktadır.

**Çizelge 5.6. Rothamsted tarla topraklarında bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. sayıları**

Gübreleme	pH	Bakteri sayıları ( $10^6 \text{ xg}^{-1}$ )		
		Toplam Sayım	Plak Sayımı	Oran
Tarla + Çiftlik Gübresi	7.6	3730	28.9	129
Mineral+(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7.2	1770	15.10	117
Gübresiz	8.0	1010	7.55	133
Park çimi + çiftlik gübresi	4.6	2390	2.25	1064
Mineral+(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.8	2400	1.35	1780
Gübresiz	5.6	3040	7.50	405

Görüldüğü gibi doğrudan sayım yöntemi tarla toprağında yüz kattan fazla, çayır toprağında da bin kattan fazla bir fark oluşturmaktadır. Doğrudan yöntemi kullanan bütün diğer araştırmacılar her bir gram toprakta  $10^9$  düzeyinde sayımlar saptarken, plaksayımları genellikle yüz kat daha düşük bulunmaktadır. Gray ve arkadaşları (1967) orman örtüsü altındaki kumlu topraklarda iki yöntemin benzer sonuçlar verdiklerini belirtmektedirler.

Topraklardaki bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve aktinomisetHata! Yer işareti tanımlanmamış. hücrelerinin belirli bir zaman bölümünde aktif oldukları ve diğer zamanda durgunluk gösterdikleri bilinmektedir. Bu nedenle plak sayımları örnekleme anında

metabolik olarak aktif olan bakterilerin sayılarının saptanmasında uygun bir yöntem olarak kabul edilebilir.

Toprak bakterilerinin ve diğer mikroorganizmalarını doğal koşullara yakın gelişme ve dağılımlarının kontrolünde **Rossi ve Cholodny** isimli araştırmacıların bağımsız olarak geliştirdikleri kalitatif bir yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem **kontakt lam tekniği**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya **gömülü lam tekniği**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (contact slide-buried slide methods) isimleri ile tanınmaktadır. Bu amaçla bir mikroskop lamı orjinal veya laboratuvar koşullarındaki bir toprak profiline uygun yarık açılarak yerleştirilmekte ve belirli bir süre sonra topraktan çıkarılıp üzerindeki kalıntılar temizlendikten sonra lam üzerindeki mikrobiyal film fenolik rose bengal boyasıHata! Yer işareti tanımlanmamış. ile boyanıp mikroskopikHata! Yer işareti tanımlanmamış. kontrolü yapılabilir. **Rossi- Cholodny** yöntemi toprak mikroorganizmalarının normal pozisyonlarında ve komşuları ile birlik halindeki dağılımlarını saptamaya olanak sağlamaktadır.

Topraklarda bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılarının yanında diğer önemli bir ölçüt organizmaların oluşturduğu biyolojik küttedir. Buna kısaca **biyokütle**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (**biomass**) denmektedir. Yaklaşık  $10^8$  adet bakteri içeren verimli bir toprakta ( $1 \text{ cm}^3$  hacimde ) bakteriler toplam toprak hacminin % 0.01'ini oluştururlar.

$$\frac{10^8 \text{ bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış.} \times 1.0 \mu\text{m}^3}{1 \text{ cm}^3} = \frac{10^8 \mu\text{m}^3}{10^{12} \mu\text{m}^3}$$

Toprak örneğinde canlı ve mikroskopikHata! Yer işareti tanımlanmamış. sayımlar  $10^8$  ve  $10^9$  adet  $\text{g}^{-1}$  ise, ortalama bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. hücre ağırlığı  $1.5 \times 10^{-12}$  g yaş ağırlık kadardır. Böylelikle 1 ha yüzey toprağında 300 ile 3000 kg kadar canlı bakteri kütleleri olduğu belirtilebilir. Bu değer toplam kütlelerin % 0.015 ile 0.05 'i kadarıdır.

### 5.2.1. Gram boyama ile bakterilerin ayrımı

Gram boyamasına karşı bakterilerin vermiş oldukları reaksiyon bu organizmaların önemli ayırıcı karakteristiklerindedir. Yöntem adını kendisini geliştiren Danimarkalı bir fizikçiden almaktadır. Bu yöntemde bakteriler önce zayıf alkali çözeltide hazırlanmış **crystal violet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ile boyanmakta ve mordan olarak (renk sabitleştirici) iyot çözeltisi ilavesinden sonra alkolHata! Yer işareti tanımlanmamış. ile yıkanmaktadır. Alkol ile rengi giderilen bakteriler gram-negatifHata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak, boyayı alıkoyan bakteriler ise gram-pozitifHata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanmaktadır. Bakterilerin gram boyama reaksiyonları onların bazı morfolojikHata! Yer işareti tanımlanmamış. (şekilsel) ve fizyolojik özellikleri ile uyum göstermektedir. Örneğin topraktaki kokların çoğu, sporHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturan çubuklar ve aktinomisetlerin hepsi gram-pozitifdir. Buna karşın spirillum, polar kamçılı spor oluşturmayan çubuklar ve peritrişHata! Yer işareti tanımlanmamış. sporsuz çubukların çoğu gram-negatif reaksiyon vermektedir.

### 5.2.3. Bakterilerde üreme ve koloniHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşumu

Gerçek bakteriler enine eşit bölünme ile eş karakterli iki hücreye ayrılarak ürerler. Katı bir ortam üzerinde tek bir hücrenin bölünerek eş hücreler oluşturması **koloni**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanır. Koloni şekli, tür için ayırıcı bir nitelik olup, belirli türler,

kendilerine özgü koloni şekli oluştururlar. Bir kolonide bulunan çok sayıdaki bakteriyel hücre buldukları ortamda substrat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** için rekabet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** durumundadırlar. Katı ortamdan yararlanan bakteriler ekso-enzimleri yolu ile ortamı ayrıştırırken, mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kolonilerinin davranışları çok farklılık gösterir ve hif**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yayılması yolu ile substrattan yararlanırlar. Yüksek protein**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** içeren yumuşak hayvan dokuları bakterilerin süratle koloni oluşturmalarına neden olur. Buna karşılık hayvan dokusundan daha düşük azot kapsamı olan bitki dokularının ayrışmasında bakteriler mantarlar kadar ortama iyi adapte olamazlar.

#### 5.2.4. Dominant floranın beslenmesi

Daha öncede belirtildiği gibi bakteriler taksonomik, morfolojik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve fizyolojik alt gruplara ayrılabilir. Fizyolojik farklılıklara göre sınıflama işlev ve pedolojik yaklaşım bakımından büyük önem taşımaktadır.

Mikroorganizmaların beslenme ortamına göre sınıflanmasında maksimum gelişme için gereksinimlerine göre şu gruplara ayrılabilir.

- i. Gelişim faktörü istemeyenler,
- ii. Bir veya daha fazla amino asidini gereksinenler,
- iii. B vitaminlerine gereksinim gösterenler,
- iv. Hem amino asit, hem de B vitaminlerini gereksinenler,
- v. Gelişim faktörlerinin kompleks bir karışımına gerek duyan organizmalar.

Araştırmalara göre bakterilerin yalnızca onda biri minimal ortamda gelişebilmekte, geri kalan onda dokuzu maksimum gelişme için, gelişim faktörlerine gereksinim duymaktadır. Buna göre bakterilerin %10'u amino asitler ve bir seri B vitaminlerine, %30'u gelişim faktörlerinin kompleks bir karışımına gerek duymaktadır. İlginç olarak bakterilerin büyük bir kısmı hücre bölünmesi için vitaminlere gerek duymaktadır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. Toprakta vitamin salgılayan ve gereksinen bakterilerin % dağılımları

Vitaminler	Bakteri Yüzdesi	
	Vitamin Salgılayanlar	Vitamin Gereksinenler
Thiamine	28.0	44.9
Biyotin	14.0	18.7
Pantotenik asit	32.7	3.7
Folik asit	26.2	1.8
Nikotinik asit	30.8	5.6
Riboflavin	27.1	1.8
Vitamin B <sub>12</sub>	14.0	19.6
Bir veya daha fazla vitamin	37.4	54.2

#### 5.2.5. Bakterilerin enerji ve karbon kaynakları kullanımlarına göre sınıflanması

Mikroorganizmalar enerji ve karbon kaynakları ilişkilerine göre iki büyük gruba ayrılırlar.

**1. Heterotrofik veya kemoorganotrofik mikroorganizmalar:** Bunlar organik besin maddelerini enerji ve karbon kaynağı olarak kullanan organizma gruplarıdır.

**2. Ototrofik veya litotrofik mikroorganizmalar:** Bu grup üyeleri enerjilerini güneş enerjisi veya inorganik bileşiklerin oksidasyonundan, karbonu da CO<sub>2</sub> özümlemesinden sağlarlar.

Mantarlar, protozoalar, bütün hayvanlar ve bakterilerin çoğu heterotroftur. Bütün heterotrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalar küçük miktardaki CO<sub>2</sub>'i özümleyebilmelerine karşın, ototroflar karbondioksidi ana karbon kaynağı olarak kullanırlar.

Ototrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bakteriler iki genel tip gösterirler:

**a. Fotoototroflar**(fotolitotrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**), enerji güneş ışığından türetilir.

**b. Kemoototroflar** (kemolitotrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**), enerji inorganik maddelerin oksidasyonundan sağlanır.

**Algler, yüksek bitkiler ve bazı bakteri** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** **cinsleri** fototrofik özellik gösterirler. Kemoototrofi ise, tarımsal ve ekonomik önemi olan sınırlı bakteri türlerince kullanılan bir beslenme şeklidir.

Kemoototrofların en belirgin nitelikleri inorganik bileşiklerin transformasyonlarından enerji sağlamaları ve karbon gereksinimlerini CO<sub>2</sub>'ten sağlama özelliğini göstermeleridir. Bazı türler mutlak ve zorunlu kemootrofik özellikler gösterirken, diğer bazıları fakültatif **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nitelikte olup, inorganik madde oksidasyonu yanında organik karbonu da kullanabilirler.

Obligat kemoototrofların enerji kaynakları oldukça özel olup, yalnızca bir veya birkaç bileşiği kullanabilirler. Örneğin **nitrit** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** **Nitrobacter** için, **amonyum** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** **Nitrosomonas** için, bazı inorganik kükürt bileşikleri **Thiobacillus** türleri için geçerli bileşiklerdir.

**Ototrofi** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (autotrophy) terimi kendini besleme özelliği olan mikroorganizmalar için tanımlanır. Bu mikroorganizmalar bir ölçüde kendine yeterlilik bakımından iyi organize olmuşlardır ve gereksinimlerini inorganik çevreden karşılayabilmektedirler. Kemoototrof bakteriler fizyolojik olarak çok daha karmaşıktırlar.

Kemoototrofik bakteriler hücre sentezi ve gelişme için gereksindikleri enerjiyi sağlamada kullanmış oldukları elementler dikkate alınarak, şu alt gruplara ayrılabilirler:

I. Azotlu bileşikleri oksitleyenler

A. Amonyumu nitrite oksitleyenler **Nitrosomonas** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

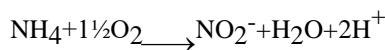
B. Nitriti nitratlara oksitleyenler **Nitrobacter** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

II. İnorganik kükürtlü bileşikleri sülfatlara çevirenler **Thiobacillus** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

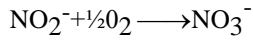
III. Ferro demiri ferrik duruma çevirenler: **Thiobacillus ferrooxidans**

IV. H<sub>2</sub>'ni oksitleyenler: Çeşitli cinsler **Nitrosomonas** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, **Nitrobacter** ve Bazı **Thiobacillus** türleri zorunlu kemoototrof **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalar olup, hidrojen bakterileri fakültatif **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ototrofturlar. Bu organizmaların enerji üreten reaksiyonları şunlardır:

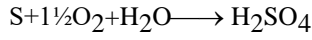
I. Amonyumun nitrite oksidasyonu



II. Nitritin nitrata oksidasyonu.



III. Kükürt oksidasyonu.



IV.  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Kemoototrofik popülasyonlar doğada önemlidir, çünkü onlar enerji üreten reaksiyonları katalizler ve ürün üretiminde önemli olan bazı olayları oluştururlar.

**Heterotrofik organizmalar** besin gereksinimleri bakımından çok çeşitlilik gösterirler. Bu karmaşık grupta yer alan bakterilerin çoğu, basit şekerleri ana C ve enerji kaynağı olarak kullanırlar. Heterotrof organizmaların bir grubu C gereksinimlerini glikoz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (dekstroz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) ve yağ asitleri gibi küçük organik moleküllerden sağlarken, diğer üyeler daha karmaşık besin maddelerini gereksinirler. CO<sub>2</sub>'de pek çok heterotrofik bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** için, gelişim faktörlerinden biridir.

**Kemoheterotrof organizmalar** toprak ekosisteminde pek çok değişik bileşim ve strüktürdeki organik maddeyi substrat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak değerlendirme ve bunlardaki C dan yararlanma yeteneğindedir. Doğada bulunan her tür organik materyal için onu ayrıştırma yeteneğine sahip organizma gruplarının evrimleşmiş olması, mikroorganizmaların işlevlerini ve besin elementlerinin jeobiyokimyasal döngüsünde-özellikle C ve N- oynadıkları yaşamsal rolü daha iyi açıklamaktadır.

**Karbonhidratlar**, çeşitli karbon kaynakları arasında mikroorganizmalarca en hızlı kullanılan karbon kaynaklarıdır. Monosakkaritler **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, özellikle heksozlar geniş ölçüde kullanılan bileşiklerdir. Mannitol **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve gliserol **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi polihidrik alkollerde özellikle aktinomisetler için uygun karbon kaynaklarını oluştururlar. Amino asitler de pek çok mikroorganizma tarafından süratle kullanılan C kaynaklarındandır (Şekil 5.7).

Şekil 5.7. Karbon ve azot sınırlamasında *Arthrobacter globiformis*'in şekil ve büyüklük özellikleri (a.azotça fakir ortamda çubuklar. Oklar çimlenmekte olan hücreleri göstermekte. b.C sınırlaması. c. geç dönemde azot azlığı d. geç dönemde C- azlığı

**Hidrokarbonlar, *Corynebacterium*, *Mycobacterium* ve *Pseudomonas*** gibi çeşitli bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gruplarınca C kaynağı olarak değerlendirilir.

**Lignin** gibi ayrışması zor karmaşık bileşiklerin ayrışmasında etken olan ve C kaynağı olarak değerlendiren bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** cinsleri bulunmaktadır. Bunlardan *Pseudomonas* ve **aktinomiset****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** grubu organizmalar bu tür karmaşık ve aromatik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yapı içeren bileşikleri substrat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak kullanabilir. Ancak lignin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ayrışmasında mantarlar özellikle *Basidiomycetler***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** başat rol oynarlar.

Topraklarda doğal olarak bulunmayan ve insan aktivitesi sonucu ortama ulaşan **pestisit****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve **deterjan** gibi, teknoloji toplumlarının kirletici unsurları da esas olarak topraklarda çeşitli bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türleri tarafından bir C ve enerji kaynağı olmak üzere ayrıştırılır.

### 5.2.6. Mikroorganizmaların gereksindiği diğer besin maddeleri

Mikrobiyal protoplazmanın oluşumu, bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üremesi ve aktivitesi için, bir çok makro ve mikro element organizmalar tarafından kullanılır. Bu çeşitli besin elementlerinin kullanılma şekli ve biyolojik işlevleri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

#### Azot

Bu besin elementi büyük ölçüde amino asitlerin, proteinlerin, pürin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve pirimidin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nükleotidlerin ve çeşitli vitaminlerin sentezi için gereklidir. Doğada azot formları, her biri çeşitli mikroorganizma gruplarınca kullanılabilen bir seri oksidasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kademelerinde bulunurlar.

Amonyum ( $\text{NH}_4$ )en çok tercih edilen iyon görünümündedir. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) pek çok alg**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** tarafından kullanılır. Bazı bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve cyanophyta**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (mavi-yeşil algler) diğer mikroorganizmaların doğrudan yararlanmadığı atmosfer azotunu ( $\text{N}_2$ ) biyolojik olarak fikse etme ve bundan azot kaynağı olarak yararlanma yeteneğindedirler. Heterotrof mikroorganizmalar azot içeren organik maddeleri ayrıştırarak

azot mineralizasyonunu gerçekleştirir ve bu azotun bir kısmını kullanırlar. Özellikle amino asitler bu amaçla süratle kullanılabilir azot kaynağı durumundadırlar.

**Çizelge 5.8. Mikroorganizmaların gereksindikleri besin elementleri ve işlevleri**

Element	Sembol	Kullanılan şekli	Biyolojik işlevi
Karbon	C	CO <sub>2</sub> , organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
Oksijen	O	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
Hidrojen	H	H <sub>2</sub> O, organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
Azot	N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
Fosfor	P	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , organik bileşikler	ATP, Nükleik asitler, fosfolipidler.
Kükürt	S	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , H <sub>2</sub> S, organik bileşikler	Amino asitler, vitaminler, sülfolipidler.
Sodyum	Na	İnorganik ve organik tuzlar	Tuzlar, osmoz, permeabilitenin regülasyonu
Potasyum	K	Anorganik, organik bileşikler	Tuzlar, osmoz, enzim <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b> işlevi
Kalsiyum	Ca	Anorganik, organik tuzlar	Tuzlar, osmoz, enzim <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b> işlevi
Magnezyum	Mg	Anorganik bileşikler	Enzim kofaktörleri, klorofil
Mangan	Mn	Anorganik bileşikler	Enzimler
Çinko	Zn	Anorganik bileşikler	Enzimler
Demir	Fe	Anorganik bileşikler	Enzimler
Bakır	Cu	Anorganik bileşikler	Enzimler
Molibden	Mo	Anorganik bileşikler	Enzimler
Kobalt	Co	Anorganik bileşikler	Vitamin B <sub>12</sub>
Vanadyum	V	Anorganik bileşikler	Enzimler, N <sub>2</sub> fiksasyonu
Bor	B	Anorganik bileşikler	Bitkilerce gereksinilir
Silisyum	Si	Anorganik bileşikler	Radiolaria iskeletleri, diatomeler
Klor	Cl	Anorganik bileşikler	Enzim
İyot	I	Anorganik bileşikler	Thyroksin
Selenyum	Se	Anorganik bileşikler	Hayvan metabolizması, kas gelişimi

## Fosfor

Fosfor canlı organizmalarda nükleik asit ve nükleotidler içinde, esas olarak fosfat şekerleri olarak bulunur. Bu nedenle organizma gelişmesi, enerji biriktirme sistemleri için inorganik fosfat, önemli miktarlarda gereksinilen bir besin elementidir.

## Kükürt

Organizmalarda sülfidril (-SH) grupları halinde, bir amino asidi olan sistein**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (cysteine)'e bağlı olarak bulunur. Hücredeki diğer kükürt bileşikleri metionin ve sisteinden türemiş biotin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve tiamin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi vitaminler şeklinde bulunur. Bir çok mikroorganizma, bitkilerde olduğu gibi kükürdü sülfat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) olarak absorbe eder ve sülfidril gruplarına redükte**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ederler. Ayrıca tiyosülfat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** da (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>-</sup>) bir çok mikroorganizma için kükürt kaynağıdır.



Bazı mikroorganizmalar ise sülfat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya tiyosülfatı redükte **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** etme yeteneğinde olmayıp, gereksinimlerini sistein **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya hidrojen sülfür gibi kükürt bileşiklerinden sağlarlar.

### Diğer Elementler

Hayvanlar ve bitkiler çeşitli mineralleri strüktürel dokularının yapımı ve bakımı, mikroplar da çeşitli enzimlerinin aktivatörlüğü için gereksinirler. Şüphesiz yüksek canlılardaki enzim **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sistemleri içinde bu tür elementler gereksinilir. Makro besin maddeleri olarak tanımlanan elementlerden K, Ca ve Mg yaklaşık  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  molar konsantrasyonda gereksinilen elementlerdir. İz besin elementlerine olan gereksinim çok daha düşük düzeydedir ( $10^{-6}$ - $10^{-8}$  molar).

Teknik zorluklar nedeniyle mikroorganizmalardaki iz besin maddeleri noksanlığını saptamak oldukça zordur. Mikroorganizmaların iz element gereksinimi, çoğunluk o derece azdır ki özel organizma grupları dışında, laboratuvar çalışmalarında besin kültürlerine iz element ilavesi gereksiz olabilir. Bunlar ortamdaki diğer bileşiklerde mikroorganizmal işlevler için yeterli düzeyde bulunabilirler. Bakterilerle kıyaslandığında mantarlar, çevrelerindeki iz element derişimlerine karşı oldukça duyarlıdır. Bu özellikleri nedeniyle topraklardaki iz element (bazen de makro element) noksanlıklarının saptanmasında (Bio-assay **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) biyolojik gösterge olarak kullanılabilirler. Örneğin mantarlardan *Aspergillus niger* konidialarındaki kahverengi-siyah renk maddesi olan **melanin** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** pigmentinin oluşması için bakır (Cu) gereklidir. Bu nedenle toprağın bakır kapsamı bu sporların pigmentasyon derecesi ile bağıntılı olarak yarı-kalitatif olarak belirlenebilir.

### Gelişim Faktörleri

Bir çok organizma maksimum gelişme için çeşitli özel maddelere gereksinim gösterirler. Amino asitler, pürinler, pirimidinler ve vitaminler gibi organik bileşikler **gelişim faktörleri** olarak tanımlanır. Bu özel besin maddeleri, bir anlamda sadece onları üretme yeteneğinin noksan olduğu bir organizmanın gereksinimidir.

Bir organizma gelişmesi için özel bir madde gereksiniyor ve ortamda bulunmadığı zaman gelişemiyorsa, bu tür organizmalara **oksotrof** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalar denir. Bazı organizmalar, gelişim faktörlerine, diğerlerinden daha fazla gereksinim duyarlar. Örneğin laktik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** asit bakterileri ile protozoalar bu çok seçici organizmalardandır. Protein yapısında bulunan 20 den fazla amino asidin herhangi biri mikroorganizmalarca gelişim faktörü olarak kullanılabilir.

### 5.3. Aktinomisetler

Aktinomisetler, prokaryotik bakteriler olup, bakteriler ile mantarlar arasında bir geçit formudur. Bakterilerin Eubacteriales takımında yer alan bu organizmalar, hücre yapılı bakımından bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** özelliği göstermekle birlikte dallanmış, miselli bir yapı oluştururlar. Bu prokaryotik organizmaların hücreleri gram-pozitif **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup 0.5-2.0  $\mu$ m çapındadır. Endsporlar da olmak üzere değişik sporlar üretirler. Aktinomiset adının taksonomik bir değeri bulunmamaktadır. Aktinomisetler, dallanmış filamentler oluşturan ve *Actinomyces* cinsi hariç bütün toprak cinslerinin misel **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşturarak geliştiği mikroorganizmalardır. Toprak

aktinomisetlerinin çoğu hiflerinin üzerinde **konidia**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanınan tek, çift veya zincirler şeklinde eşeysiz sporlar oluştururlar.

Toprakta yerleşik bazı türlerde ise sporlar özelleşmiş bir strüktürHata! Yer işareti tanımlanmamış. olan **sporangium**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. içinde yer alır. Bakteri takımı içinde yer almakla birlikte aktinomisetler üç özellik bakımından mantarlara benzerler.

1. Yüksek aktinomisetlerin miselleri mantarlarda görüldüğü gibi yaygın bir dallanma gösterir.
2. Mantarlar gibi aktinomisetler de hava miseli ve konidia oluştururlar.
3. Aktinomisetlerin sıvı kültürde gelişmesi, tek hücreli bakterilerin oluşturduğu gibi bulanıklıkla sonuçlanmaz, organizma pelletHata! Yer işareti tanımlanmamış. veya yumaklar meydana getirir. Buna karşılık bazı aktinomisetHata! Yer işareti tanımlanmamış. türleri hava miselleri oluşturmaz ve *Mycobacterium* ve *coryneform* bakterilerin genel morfolojilerini gösterir.

### Taksonomi

Aktinomisetler şekilsel, kimyasal ve sporHata! Yer işareti tanımlanmamış. özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Ancak sınıflama içinde kesinlik kazanmamış cinsler bulunabilir.

Takım: *Actinomycetales*

Familya: *Actinomycetaceae*

Bu grubun özellikleri olarak dallanmış ve bölümlü filamentler, hava miseli olmayışı, hücre duvarı değişken olmakla birlikte genellikle V. ve VI. tipleri içerir. Bu organizmalar fakültatifHata! Yer işareti tanımlanmamış. veya kuvvetli anaerobtur. Kimyasal reaksiyonları kataliz, negatif ve pozitif olabilir. Bu familyaya giren önemli cinsler şunlardır:

*Actinomyces*, *Agromyces*, *Arachnia*, *Bacterionema*, *Bifidobacterium*, *Rothia*'dır.

Bu familya üyelerinde gerçek bir miselHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşumu yoktur.

Familya: *Actinoplanaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bu familya üyelerinde hava miseli bulunmaz, hücre duvarı II. tipe girer. Zoosporlar sporangium içinde yer alır (Grup A). Bu gruba giren cinsler şunlardır:

*Actinoplanes*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Ampullariella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Dactylosporangium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış..

Bu familyanın bir grup üyeleri ise hava miseli oluştururlar. Hücre duvarı III. tip olup, sporangium içinde hareketli veya hareketsiz sporlar oluştururlar (Grup B). Bu gruptaki önemli cinsler:

*Planobispora*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Planomonospora*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Spirillospora*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Streptosporangium*'dur.

Familya: *Dermatophilaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Hava miseli oluşturmayan bu grup zoospor (hareketli) oluştururlar. Miseller her düzeyde ve çok sayıda yuvarlak, hareketli strüktürlere bölünür. Hücre duvarı III tür. Önemli cinsler:

*Dermatophilus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Geodermatophilus*'turHata! Yer işareti tanımlanmamış..

Familya: *Frankiaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bu familya üyeleri önemli organizmalar olup, obligat simbiyotik canlılardır. Baklagil olmayan bitkilerin köklerinde nodüller oluşturarak atmosfer azotunu fikse ederler. Önemli cins *Frankia*'dır.

Familya: *Micromonosporaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bu familya üyeleri yalnızca substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. miseli oluşturur. Hücre duvarı tipi II dir. Isıya duyarlı tek sporlar oluştururlar. Önemli cinsler: *Micromonospora*<sup>b</sup> 'dır.

Familya: *Mycobacteriaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Çubuklar veya dallanmış miselli yapı gösterir. Kuvvetli asitlere dirençli olup, hücre duvarı tipi IV tür. Mikolik asit içeren yüksek yağ kapsamlıdır. Önemli cinsler:

*Mycobacterium*<sup>b</sup> ve *Mycococcus*<sup>a</sup> dur.

Familya: *Nocardiaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Substrat miseli bölümlü olup, hücre duvarı tipi IV tür. Hava ve substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. miseli üzerinde zincirler şeklinde sporHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluştururlar. Önemli cinsler:

*Nocardia*, *Micropolyspora* ve *Mycobacterium*'dur.

Familya: *Streptomycetaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bölümsüz substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. miseli ve hava miseli oluştururlar. Aerob organizmalar olup, hücre duvarı tipi I dir. Sporlar hava miseli üzerinde taşınmakla birlikte, substrat miseli üzerinde de görülebilirler. Her zincirde 5 ile 50 konidia bulunur, sporlar çoğunluk hareketsizdir. Önemli cinsler:

*Streptomyces*<sup>b</sup>, *Microlobospora*, *Streptovercillium*'dur.

Familya: *Thermomonosporaceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Substrat ve hava miseli mevcut olup, substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. miselleri bölümlü olabilir. Hücre duvarı tipi III. ve bazen de IV. olabilir. Sporlar tek, çift veya kısa zincirler halinde olup bir kın içinde bulunurlar. Önemli cinsler: *Actinomadura*, *Microbispora*, *Saccharomonospora* ve *Thermomonospora*'dır.

Bu familyalar dışında isimlendirilmemiş fakat kimyasal ve morfolojikHata! Yer işareti tanımlanmamış. özelliklerince ayrılmış iki familya daha bulunmaktadır. Bunlardan biri *Mycoplana* cinsini kapsayan, gram negatifHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve hücre duvarı tipi IX olan bir familyadır. Diğer ise *Pseudonocardia*, *Promicromonospora* gibi cinsleri kapsayan karışık bir gruptur.

Şekil 5.8'de aktinomisetlerin ana gruplarına ait örnekler görülmektedir.

Şekil 5.8. Aktinomisetlerin ana grupları (Lechevalier ve Pramer, 1971).

Toprakta çok sayıda cinslerin bulunmasına rağmen, agarHata! Yer işareti tanımlanmamış. ortamına aşılana toprak süspansiyonlarından bir kaç cinsin gelişme bakımından başat özellik gösterdiği bilinmektedir. *Streptomiset*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.'ler sayısal olarak dominantHata! Yer işareti tanımlanmamış. olup, pek çok agar besi ortamında %70-90 oranında gelişen organizmalardır. *Nocardia*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ikinci derece yaygın olan aktinomisetler ve kolonilerin % 10 ile 30'unu oluşturmaktadır. *Micromonospora* üçüncü yaygın cins olup oluşan kolonilerin % 1 ile 15'ini oluşturmaktadır. Çizelge 5.9'da bu dağılım verilmiştir.

Çizelge 5.9. Aktinomiset cinslerinin bazı topraklardaki dağılımı

Cins	Mollisol Toprak		Aridisol Toprak	
	Sayı	Toplamın % si	Sayı	Toplamın % si
<i>Streptomyces</i>	132	76	49	98
<i>Nocardia</i>	41	24	1	2
<i>Micromonospora</i>	1	0.6	0	0

Aktinomisetler çoğunlukla saprofitHata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak yaşarlar. Bazı türleri ise hayvan ve bitkilerde hastalık oluşturur. Bu mikroorganizmaların kolonileri agarlı besin ortamında bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. kolonilerinden daha geç oluşur. Koloniler bakteri kolonilerine benzemekle birlikte, daha kuru, üzerleri tozlu görümlü ve opak olmamaları ile ayrılır. Koloni dokusu sıkı bir küme oluşturur ve öze ile alınması zordur. Kesin ayırım mikroskopikHata! Yer işareti tanımlanmamış. inceleme ile yapılır (Şekil 5.9).

Toprak aktinomisetleri beslenme bakımından geniş adaptasyon yeteneği gösterirler. Bakterilerin ürediği ortamlarda gelişmekle birlikte, daha çok alkali ortamlarda iyi gelişme gösterirler. Seyreltme-plak ve doğrudan mikroskopikHata! Yer işareti tanımlanmamış. yöntemler ile sayımları yapılabilir. Toprakta yaygınlık bakımından bakterilerden sonra gelirler. Bir gram toprakta  $10^5$ - $10^7$  adet düzeyinde bulunmakla birlikte bu sayılar ortam pH'sına ve karbon kaynaklarına göre değişir. Alkali nitelikli ve yüksek organik madde içeren topraklarda sayıları yüz milyona kadar yükselebilir.

Aktinomisetler, toprak toplam mikroorganizma sayısının % 10 ile 50'sini oluştururlar. Bu organizmaların konidiasporları kurumaya ve diğer çevre koşullarına karşı çok dayanıklıdır.

Aktinomisetler heterotrofik organizmalar olup, yaşamları toprakta bulunan organik maddelere bağlıdır. Karbon kaynağı olarak basit ve yüksek moleküllü organik asit ve şekerleri-polisakaritHata! Yer işareti tanımlanmamış., lipidHata! Yer işareti tanımlanmamış., proteinHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve alifatik hidrokarbonları- kullanırlar.

Aktinomisetlerin bir çok türleri selülozHata! Yer işareti tanımlanmamış., nişastaHata! Yer işareti tanımlanmamış., inülinHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve kitini

yavaş bir şekilde ayrıştırır, amonyum**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, nitrat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, amino asitler, pepton**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve proteinleri azot kaynağı olarak kullanırlar. Bu organizmaların bir çok türleri antibiyotik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** adı verilen mikrobiyal **toksin metabolitleri****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sentezlemeleri bakımından önem taşırlar. Ekonomi, tıp ve eczacılık yönünden büyük önem taşıyan bu konu üzerinde özellikle 1940'lı yıllardan itibaren çok durulmuş ve günümüzdeki sentetik

**Şekil 5.9 . Toprak aktinomisetleri**

**a. Toprakta tipik bir aktinomiset****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** **miseli (11 000 x),**

**b. Kök üzerinde gelişmiş tipik bir *Streptomyces* konidasının spiral zinciri**

antibiyotiklere bu aşamalardan sonra gelinmiştir. Streptomycine**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, klortetracycline**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, oksitetracycline**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve sikloheksimin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi önemli antibiyotikler, aktinomisetlerden elde edilmiştir. Streptomiset türlerinin 3/4'ü antibiyotik**Hata!**

**Yer işareti tanımlanmamış.** maddeleri salgılamaktadır. Bu organizmaların ayrıca çevrelerindeki ortama vitamin ve gelişim faktörleri salgıladıkları da saptanmıştır. Aktinomiset türleri içinde basit karbonhidratlar yanında kompleks organik bileşikleri ayrıştırma gücünde olan pek çok üye bulunmaktadır. Bu nedenle ayrışmaya dirençli olan lignin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi karmaşık strüktürlü bileşikler ve doğal koşullarda ayrıştırılmamış olan organik kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması, bu organizmalarca gerçekleştirilmektedir. Örneğin *nocardia***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sentetik kimyasal maddelerle ağır hidrokarbonların ayrışmasında etken bir organizma olarak bilinmektedir.

Toprak aktinomisetleri tipik aerobik organizmalardır. Nemli koşullardan ziyade, kuru topraklarda daha yaygındırlar. Bunun yanında çayır koşullarında da aktif florayı oluşturlar.

### 5.3.1. Aktinomisetlerin aktivite ve işlevleri

Aktinomisetler pek çok mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve bakterilerden daha yavaş gelişirler. Özellikle besin maddesi konusunda bir rekabet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** söz konusu ise bu durum göze çarpar. Besin maddeleri kısıtlanmaya başladığında ve daha etkin rekabetçilerin gelişmediği durumlarda aktinomisetler başat duruma geçebilirler. Daha önce de tanımlandığı gibi aktinomisetler heterotrofik organizmalardır, basit veya karmaşık karbon kaynaklarından yararlanabilirler. Kitin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ayrışması *Streptomisetler* tarafından gerçekleştirilir ve çok karakteristiktir. Kitin ayrıca *Micromonospora* tarafından da ayrıştırılır. Bu cins keza selüloz**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, glikozidler ve hemiselüloz**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ayrışmasında etkindir. *Nocardia* ise parafinler, fenoller, steroidler ve pirimidinlerin ayrışmasında işlev görür. Kolay yararlanılır C kaynağı içermeyen ortamlarda iyi gelişme gösteren bazı izolatlar *oligokarbofilik***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalar olarak tanımlanır.

Aktinomisetlerin diğer salgıları yanında *stretomycet*'lerden pek çok tür ekstraselüler**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** enzim**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** salgılayarak bakterileri çözerler (lysis**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**). Aktinomisetlerin bu etkisi toprak ekosistemindeki mikrobiyal denge oluşumunda önemli bir işlevdir.

Aktinomisetlerin çoğu mezofil**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup optimum sıcaklıkları 25-30 °C, dir. Termofilik formlar ise, çok yaygın olmayıp 55-65 °C lerde gelişebilen formlar olup, aslında 30°C'de gelişen fakültatif**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** termofillerdir. Yine de termofilik aktinomisetler toprak, hayvan gübresi ve kompost**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yığınlarında bulunur. Şekil 5.10'da gübre kompostunda aktinomiset gelişmesine sıcaklığın etkisi görülmektedir.

Aktinomisetler toprakta bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantarlardan daha az biyokimyasal öneme sahip olmakla birlikte toprak ekosisteminde şu işlevlere sahiptirler:

- Topraktaki bazı dirençli bitki ve hayvan dokularının ayrışması . Aktinomisetler topraklara doğal karbonlu maddelerin verilmesine hemen tepki vermezler. Ortamda basit karbonhidratlar bulunduğu sürece bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantarlar ile çok zayıf bir rekabet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gösterirler. Genellikle ortamda ayrışması güç bileşikler kaldığında etkili rekabetçiler olarak aktivite gösterirler.
- Bitki dokuları ve yaprak döküntülerinin çeşitli formlara dönüştürülmesi ile humus**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşumu.

**Şekil 5.10. Gübre kompostunda sıcaklığa bağlı aktinomiset gelişimi.**

- c. Yeşil gübrelerin, kompost ve hayvan gübresi yığınlarının olgunlaşması ve transformasyonu. Bu koşullarda termofilik aktinomisetler başat grup olup, bazen kompost yığınlarının yüzeyi, bu grup organizmaların yayılması ile tipik beyaz ve gri renk alır. Burada *Thermoactinomyces*, bazı streptomisetler spor oluşturan bakteriler, türleri rekabetçi türlerdir.
- d. Toprak kökenli bitki hastalıklarının oluşturulması. Örneğin patates uyuzu ve leke hastalığı *S.scabies* ve *S. ipomoeae*.
- e. Bazı insan ve hayvan enfeksiyonları, örneğin *Nocardia asteroides* ve *N.otitidis-caviarum*.
- f. Mikrobiyal antagonizm ve toprak komünitelerinin düzenlenmesinde (regülasyon) antagonistik etki ile kontrol sağlama. Aktinomisetlerin toprak ekosistemindeki bu rolleri antibiyotik ve enzim üretme kapasiteleri ile ilgili olup, mantar ve bakterinin çözünmesi veya gelişiminin baskı altına alınmasında etken olur. Örneğin topraklara kitin ilavesi ile yüksek bitkilerde hastalık oluşturan bazı mantar türlerinin baskı altına alınması mümkündür.

### 5.3.2. Aktinomisetleri etkileyen çevresel faktörler

Bu faktörler toprak organik madde statüsü veya ilavesi, toprak pH'sı, nem koşulları ve sıcaklıktır.

1. Aktinomisetler özellikle organik maddece zengin topraklarda fazla sayıda bulunurlar. Protein türevleri, bitki kalıntıları, baklagil dokuları ve çiftlik gübresi ilaveleri aktinomisetleri kuvvetle uyaran etkilerdir. Özellikle sıcaklığın uygun olduğu koşullarda sayıları  $10^8$  adet/g toprak düzeyine kadar yükselir.
2. Aktinomisetler düşük pH derecelerine toleranslı değildir. pH sınırları 6.5-8 arasında değişir. Bir çok streptomiset türleri 5 pH'nın altında bulunmaz. Asite dirençli suşlar olabilsen de, biyokimyasal işlevleri önemsizdir. pH limiti bir çok türler için sınırlayıcı faktör olup, bazı bitki hastalığı oluşturan streptomycetlerin kontrolü için asit koşullardan yararlanılabilir. Topraklara amonyum sülfat ilavesi, topraklara amonyum sülfat ilavesi, topraklara amonyum sülfat ilavesi.

**tanımlanmamış.** gibi asit karakterli gübre verildiğinde oluşan pH düşmesi, streptomycet için uygun olmayan koşullar oluşturur. Kireçleme pH artışı sağladığından vejetatif gelişmeyi olumlu etkiler.

3. Nem düzeyi diğer bir kritik çevre faktörüdür. Su ile doymuş koşullarda veya su tutma kapasitesinin % 85-100'ü (mikrobiyolojik optimum'un üzerinde) civarında bu organizmalar zayıf gelişir. Bu durum yaygın toprak aktinomisetlerin tümünün aerob **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olduğunu göstermektedir. Yarı kurak koşullarda bu organizmalar bakterilerden daha dayanıklı olup, çok düşük nem koşullarında filamentli gruplar vejetatif gelişmeyi sürdürür ve konidia oluştururlar.
4. Aktinomiset gelişmesinde mezofilik nitelik hakimdir. Sıcaklığın 5°C den 27°C ye doğru artışı ile, gelişme hızlanır ve 28°C ile 37°C'ler arasında optimum düzeye ulaşır. Bu organizmalar içinde 55-65°C sıcaklık aralarında aktivite gösteren termofilik formlar ile 30-65°C dereceleri arasında gelişebilen fakültatif **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** termofil aktinomiset **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** formları da bulunur. İlkbaharda sıcaklık artışı popülasyonun artmasına etki ederse de, bu organizmalar yazın kuru ve sıcak dönemlerinde de, dirençleri nedeniyle genellikle yüksek miktarda bulunabilirler. Toprakta dağılımları çoğunluk A horizonundadır, ancak bazen C horizonunu da içine alan alt katmanlarda, sayıları oldukça yüksek bulunabilmektedir.

### Yüksek Protistler

Daha önce tanımlandığı gibi ökaryotik hücre yapısı gösteren protistler **yüksek protistler** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi ökaryotik hücreler bütün bitki, hayvan ve mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, protozoa **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve alglerin büyük bir kısmını kapsayan organizmaların strüktürel ünitesidir. Kloroplastların varlığı veya yokluğuna bağlı olarak yüksek protistler, fotosentetik algler ve protozoalar ile mantarlar şeklinde sınıflandırılır. Mantar ve protozoalar kemotrofik organizmalar olup, yaşam işlevleri için kimyasal enerji kaynaklarına bağımlıdır.

### 5.4. Mantarlar

İyi havalandırılan, işlenmiş topraklarda mantarlar toplam mikrobiyal protoplazmanın büyük kısmını oluştururlar. Bu organizmalar özellikle çalılık ve orman alan topraklarının organik katmanında aktif olup, dominant **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** mikroorganizma durumundadırlar. Özellikle asit koşullu topraklarda mantarlar organik madde ayrışmasının ana unsurlarıdır.

Günümüze değin çok sayıda mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** tanımlanmış olup tür sayılarının 100 000 ve hatta 250 000 olabileceği belirtilmektedir.

Mantar türleri içinde *mycorrhiza* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** mantarları gibi obligat biyotrof-konukçu **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üzerinde parazit **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup, ancak onun ölümüne neden olmadan beslenenler -küçük bir grup oluşturulmuş diğer bazı yaygın türler **nekrotrof veya saprofit** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup, fakültatif **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** parazitlerdir. Bu tür mantarların büyük kısmı bitki kalıntılarının ayrışmasında görev yaparlar.

Bazı özel koşullar taşımayan örneğin asit nitelikli veya doğal olarak organik maddece zengin veya fazlaca organik gübre verilmiş topraklar dışında kalan, topraklardaki mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** popülasyonu bakterilerden az olup, 1 g toprakta  $8 \times 10^3 - 10^6$  adet düzeyinde bulunabilirler.

Bu sayısal düzeydeki mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** popülasyonunun oluşturduğu biyokütle **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** 20 cm derinlikteki 1 da arazi için



yaklaşık 100-150 kg kadardır. Miselli yapı gösteren mantarlar iyi işlenmiş toprakların 1 gramında 10 ile 100 m kadar aktif mantar filamenti oluştururlar. Mantar misellerini oluşturan hifler 6-10 µm çapında olup, toprak taneleri etrafında ve arasında ince bir ağ oluşturarak canlı oldukları sürece toprak agregasyonunu sağlarlar. Mantar misellerinin bireysel hücreleri bir enine duvar veya **septum**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ile bölünmüş olabilir. Bireysel hifler vejetatif veya üreme özelliği gösterebilirler. Bu tür filamentler eşeyli veya eşeysiz sporlar oluştururlar. Doğada eşeysiz sporlar yaygındır. Kültür ortamında miselHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** genellikle renksiz olmasına karşın, eşeysiz sporlar çoğunluk koyu renklidir. Bu organizmaların şekli, büyüklüğü, strüktürü ve kültürel özellikleri taksonomide önemli olup, bakterilerin tersine mantarlar morfoloji esas alınarak etkin bir şekilde cins ve tür ayrımı yapılabilir.

Mantarlarda yaygın habitatHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** toprak olmakla birlikte, su sistemine adapte olmuş (akvatik) bir çok form da bulunmaktadır. Daha önce tanımlandığı gibi mantarlar **hif**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilen mikroskopik, dallanmış filamentlerden oluşur ve bu formun kollektif tanımı **misel**dir. Ancak mantarların tümünün miselli olduğu kesin söylenemez, çünkü **maya**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanınan bir grup mantarHata! **Yer işareti tanımlanmamış.**, küresel veya elipsoid hücrelerden meydana gelmişlerdir. Şekil 5.11'de bir mantar miseli çizimi görülmektedir.

Taze bir substratHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** üzerinde kolonize olan bir mantarHata! **Yer işareti tanımlanmamış.** süratle vejetatif formlar oluşturarak yayılır ve daha sonra bir veya daha fazla çeşitte eşeysiz sporlar oluşturur. Misel yaşlandığında veya çevre koşulları vejetatif gelişme için uygun olmayan duruma geçtiğinde pek çok mantar

Şekil 5.11. Malt agarHata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde 20 °C'de çimlenen bir spordan oluşan bir

**günlük misel**Hata! Yer işareti tanımlanmamış..

çekirdek bölünmesi ile oluşan sporlar aracılığıyla eşeysel olarak üreyebilir. Mantarların yaşam döngüleri Şekil 5.12’de şematik olarak gösterilmiştir.

Filamentli mantarlar arasında eşeysiz üremenin en yaygın yöntemi, hiflerin bölünmesidir. Her parça (bölüm) uygun çevre koşullarında yeni bir birey oluşturma yeteneğindedir. Bazı mantarlar uygun olmayan çevre koşullarına bir tepki olarak spor**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** benzeri oluşumlar meydana getirmek üzere ayrı parçalara ayrılırlar. Bunlara **arthrospor**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya **oidia**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilir (Şekil 5.13). Ancak mantarlarda en önemli eşeysiz üreme yöntemi, spor oluşumu ile görülür. Esas olarak eşeysiz spor

**Şekil 5.12. *Rhizopus stolonifer* (bir zygomycet)'in yaşam döngüsü.**

oluşumunda iki yol vardır. Bunlardan biri **sporangia**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilen torba benzeri strüktürler oluşturmak veya ikinci yol ise doğrudan misel**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üzerinde **konidia**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturmaktır (Şekil 5.14). Sporangium içindeki spora **sporangiasporlar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilir.

**Şekil 5.13. Mantarlarda eşeysiz üreme. a) Arthrosporlar veya oidia, hifHata! Yer işareti tanımlanmamış. bölünmesi ile oluşurlar. b) chlamydosporlar, hif hücresi etrafında kalın koruyucu bir duvar oluşu ile meydana gelir.**

**Şekil 5.14. Mantarlarda görülen iki tür eşeysiz spor.** Hata! Yer işareti tanımlanmamış.. **a. *Penicillium*** Hata! Yer işareti tanımlanmamış.'da görülen ve doğrudan hif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde oluşan konidia sporlar. **b. *Rhizopus***'ta görülen sporangiasporlar. Sporangia olarak bilinen, torba benzeri strüktürler içinde bulunurlar.

Konidia hiç bir zaman hareketli değildir. Sporangiasporlar ise bazı türlerde flagellatlı olup, alglerdeki **zoospor** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. lara benzerler. Bu tür hareketli sporangiasporlar esasta zoospor olarak tanımlanır. Zoosporlar yalnızca çok ilkel akvatik familyalarda bulunur; konidia ise daha gelişmiş grupların karakteristiğidir. Eşeysiz sporlara ilave olarak misel Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olumsuz çevre koşullarına karşı dirençli bazı strüktürler oluşturur. Bunlara **chlamydospor** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. lar ve **sclerotium** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilmektedir. **Chlamydosporlar**, spor Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya hif Hata! Yer işareti tanımlanmamış. hücrelerinin etrafında kalın bir duvar oluşumu ile, belirir. Ara veya son hücrelerde görülen bu oluşum konidia veya sporangiasporlardan hem kalın, koruyucu duvarı ile hem de diğerleri gibi dağılma özelliği ile ayrılır. **Sclerotium** ise katı, küresel bir hif kütlesi olup çimlenerek eşeysel meyva gövdesi veya eşeysiz spor veya misel oluşturma niteliğinde bir oluşumdur. Mantarlar tarafından oluşturulan diğer bir yaşama yeteneğindeki strüktür Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **rhizomorf** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. larıdır. Bunlar çok sayıda hifin agregasyonu ile oluşan şerit veya kaytan şekilli oluşumlardır (Şekil 5.15 a ve b).

**Şekil 5.15. Mantarların vejetatif strüktürleri.**  
*a. Polyporus mylittae'nin sclerotium ve basidiocarp'ı.*

**Şekil 5.15. Mantarların vejetatif strüktürleri.**  
*b. Armillariella mellea'nın rizomorfları.*

#### **5.4.1. Ekoloji**

Toprak mantarları üzerine yapılan araştırmalar, zamanla toprak yüzeyindeki döküntü katmanı üzerinde yaşayan mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gruplarına, ayrı bir önem vermeye başlamıştır. Bu nedenle ekolojik dağılım olarak döküntü katmanı (litter **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) ve toprakta yaşayan mantarları ayrı ayrı ele almak gerekmektedir.

Aslında bitki döküntü katmanında aktivite gösteren mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türlerinin önemli bir kısmı bitki üzerinde yaşayan formlardır.

##### **5.4.1.1. Bitkiler üzerindeki mantarlar**

Bitkiler tohumdan çimlenirken tohum kabuğu üzerindeki mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** varlığına bağlı olarak bir mycofloraya sahip olurlar. Tohum kabuğu mantarları bazı potansiyel patojenleri içerebilir. Tohum üzerinde bulunan bir grup

saprofit**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** mantarın çimlenen tohumun kolonizasyonunda etkisinin incelendiği bir araştırmada, safrofitlerin normal tarımsal koşullar altında bu rollerinin fazla olmadığı belirlenmiştir.

Bezelye köklerinden kırktan fazla farklı mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** izole edilmiştir. Bunlar arasında *Cylindrocarpon***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Phytium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Fusarium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Gliocladium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve *Mortierella***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** cinsleri yaygın bulunmuştur. Taylor ve Parkinson (1961) toprakta mantarlarının yatay kolonizasyonunun kökler olmaksızın oluşan mantar gelişmesinden daha önemli olduğunu gözlemişlerdir. Bitkilerin yaprak dokusu üzerinde saptanan mantar türleri arasında *Aureobasidium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** *pullulans*, *Cladosporium spp.*, *Alternaria***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** *alternata*, *Botrytis cinerea* ve diğer bazı türler sayılabilir. Tanımlanan mantarların daha sonra yaprak döküntü katmanında yer aldığı belirtilmektedir.

#### 5.4.1.2. Toprak mantarları

Topraklar, üzerindeki bitki ve organik katmanda, aktif bir yaşama sahip mantarların dökülen spor**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve diğer çoğalma özelliğine sahip strüktürleri için, bir rezervuar görünümündedir. 1916 yılında ünlü toprak mikrobiyoloğu Waksman toprak mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türlerinin belirli *Aspergilli***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Mucor***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve *Penicillia***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ile *Cladosporia***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (*Alternaria*, *Rhizopus*), *Fusaria*, *Verticillia*'ya ilişkin bir iki tür ile sınırlı bir dağılım gösterebileceğini tahmin etmekteydi. Bundan 56 yıl sonra Domsch ve Gams (1972) kuzey Almanya'da iki alanda yaptıkları 23.500 izolat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** içinde 209 tür saptadılar. Bu gözlemlere göre çok daha fazla mantar türünün dünya çapında yaygın olduğu anlaşılmaktadır.

Toprak mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** florasının incelenmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Tüm mantarların kompozisyonunu veya onların hiflerinin biyokimyasal kapasitelerini veya kütlelerini tam olarak tanımlayan tek bir yöntem bulunmamaktadır. En çok kullanılan yöntemlerden biri bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sayımlarında olduğu gibi plak seyreltme yöntemidir. Ancak sayım ortamında bakteri ve aktinomisetlerin gelişmelerini engelleyici maddelerin ilavesi gereklidir.

Toprak mantarları esas olarak filamentli veya miselli olarak tanımlanan gruptandırlar. Filamentli mantarlar bölümsüz miseller oluşturarak dallanan *Phycomycete***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**'lerdir. Bu organizmalar *Moniliaceae*-örneğin *Aspergillus* dan *Basidiomycet*lere kadar değişik strüktür**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gösteren formlara sahiptir. Yaygın toprak *Phycomycet*lerinden *Saprolegniales* içinde *Phytium* cinsi ve *Mucoraceae* içinde *Mucor***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Rhizopus* ve *Zygorrhynchus* cinsleri yer alır. Yaygın toprak *Moniliaceae***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** grubu içinde de *Trichoderma***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Aspergillus*, *Penicillium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Cephalosporium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve *Fusarium* cinsleri bulunur (Şekil 5.16). Bunlar toprakta taze organik madde bulunmadığı zamanlar spor**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak bulunurlar. Toprak *Basidiomycet*'leri çok iyi tanımlanmamıştır. Çayır ve orman toprakları *Hymenomycetes* üyelerini içerirler.

#### Şekil 5.16. Toprak mantarlarının bazı tanınmış cinsleri

Bu amaçla ortam pH'sını asitlendirme veya bakteriostatik maddeler ilavesi ile mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kolonilerinin gelişimi izlenebilir veya sayısal değerler belirlenebilir. Ancak plak sayımlarına göre mantar sayılarının belirlenmesi tartışmaya açık bir yöntemdir. Çünkü orjinal toprak örneğinde ne kadar aktif veya dormansi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gösteren mantar olduğunu koloni **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sayımları ile saptamak güçtür, zira agar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üzerinde bir spor **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, bir misel **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** parçası v.d çimlenerek mantar kolonisi oluşturabilir. Rossi-Cholodny gömülü lam yöntemi mantar misellerini doğal ortam niteliklerine özgü bir biçimde yansıtabilir.

Topraklardaki misel **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** varlığının derinlik, mevsim ve toprak türüne göre değiştiği ve her gram yüzey toprağında 10 ile 100 m mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** miseli bulunabileceği belirtilmektedir. Ancak bundan çok daha büyük değerler (500-1000 m) de saptanmıştır. Filament **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** çapının 5 µm ve özgül ağırlığının 1.2 olduğu kabul edilirse bir hektar yüzey toprağında 500 ile 5000 kg mantar kütlesi olduğu söylenebilir.

#### 5.4.2. Çevresel Etkiler

Mantarlar heterotrofik organizmalar olup, güneş veya inorganik bileşiklerin oksidasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** enerjilerini kullanmazlar. Mantarların dağılımını genellikle okside **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** edilebilir karbonlu substratların yarayışlılığı tayin etmektedir. Mantar gelişimini etkileyen temel çevre etkileri şunlardır:

- i. Organik madde statüsü,
- ii. Organik ve inorganik gübreler,
- iii. Su rejimi,

- iv. Havalanma,
- v. Sıcaklık,
- vi. Profil durumu,
- vii. Mevsimler,
- viii. Vejetasyon bileşimidir.

Genel olarak filamentli mantarların çoğunun sayılarının, organik madde ile ilişkisi olmasına rağmen, organik maddece düşük olan alanlarda da bu mikrobiyal gruplar bulunabilir. Ürün kalıntıları, yeşil gübreler ve diğer karbonlu maddelerin toprağa verilmesi durumunda mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** komünitesi büyüklüğü artar. Bu tür uygulamalar aynı zamanda floranın bileşiminde de değişimler oluşturur. Göreceli olarak dominant**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olan türlerden *Penicillium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Mucor***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** önemli düzeyde etkilenir.

Toprak hidrojen iyonu konsantrasyonu, floranın aktivite ve bileşimini kontrol eden diğer önemli bir faktördür. Pek çok türler oldukça asit koşullardan alkali koşullara kadar değişen geniş bir sınır içinde gelişebilir. Kültürlerde 2-3 pH da veya 9 pH'nın üzerinde aktif olan sayısız suş**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bilinmektedir. Bakteri ve aktinomisetlerin asit koşullarda yaşayamaması nedeniyle, asit koşullarda mantarlar başat florayı oluşturur. Bu nedenle bu tür çevrelerdeki biyokimyasal reaksiyonların çok önemli bir kısmından mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** komüniteleri sorumludur. Bunun yanında bireysel türler yüksek hidrojen iyonu konsantrasyonuna karşı genel mantar komünitesinden daha duyarlıdır. Bu özellik topraktan kaynaklanan bitki patojeni mantarların kontrolünde önem taşımaktadır.

Toprağa inorganik gübrelerin verilmesi, filamentli mantarların yayılımında değişim oluşturabilir. Ancak bu tür etkilerin besin maddesi ilavesinden çok, gübre ilavesini takiben oluşan asitleşme ile daha fazla ilgilidir. Örneğin amonyum**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** tuzları içeren gübrelerin kullanılması ile mikrobiyal oksidasyonlar sonucu nitrik asit oluşur. Bu tür uygulamaların tekrarlanması sonucu amonyumlu gübreler, mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gelişimini olumlu etkilerken bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve aktinomisetleri azaltır.

Mantarların kimyasal değişimleri katalizleme kapasitesi düşük nem koşullarında zayıflamaktadır. Buna rağmen bu organizmaların düşük su kapsamına dirençli oldukları ve metabolik olarak aktif oldukları gözlenmiştir. Bunun tersi olarak ortamda su fazlalığı olduğunda O<sub>2</sub> difüzyonu, mikrobiyolojik gereksinimi karşılamadığından dolayı mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gelişimi olumsuz etkilenebilir. Buna karşın *Mucorales*'lerin bazıları bu su artışından olumlu etkilenmektedirler.

Filamentli mantarlar kuvvetli aerob**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olmalarına karşın bazı misel**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kısımları oksijenin yeterli olmadığı agregat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bölgelerine girebilir. Oksijene olan bu kuvvetli bağımlılıkları bu organizmaların yüzeye birkaç cm içinde lokalize olmalarını gerektirir. Su fazlalığı olan topraklarda sayısal ve aktivite değerleri oldukça düşer ve bu gibi alanlarda ihmal edilebilir düzeye ulaşır.

Mantar türlerinin çoğu sıcaklık ilişkilerinde mesofilik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nitelik gösterir. Termofilik davranış çok yaygın değildir. Termofil olan bazı suşlar yalnızca olgunlaşmakta olan kompost**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yığınlarında yaygındırlar. Termofil mantarlar 50°C bazen de 55°C'de çoğalabilir, fakat 65°C'de gelişemezler. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda kompost yığnında bulunmazlar.

Otuzyedi santigrad derecenin altında aktif olarak gelişen mantarlar toprağın yüzey horizonlarında lokalize olmuşlardır. Tropik ve subtropik bölgelerde güneş enerjisi etkin olması



nedeniyle termofillerin gelişebileceği kadar toprağı ısıtmaktadır. Karasal termofiller arasında *Aspergillus*, *Chaetomium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Humicola*, *Mucor*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve pek çok diğ er tür tanımlanabilir. 6°C’de inkübe edilen agarHata! Yer işareti tanımlanmamış. plaklarında ise, *Cylindrocarpon*, *Mucor*, *Penicillium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Cladosporium* türleri belirlenmiştir. Bu cinslerin topraktaki dağılımı tüm mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. cinslerinin dağılımı ile kıyaslandığında daha derin horizonlardadır. Bu gözlemler profil içinde optimalHata! Yer işareti tanımlanmamış. sıcaklık sınırlarının mikrofloraya ait cinsleri ne denli etkilediğini ortaya koymaktadır.

İşlenen topraklarda mantarlar çoğunluk yüzey katlarında bulunurlar. Fakat çim çayırlarında en yüksek sayımlar B horizonunda saptanmıştır (Çizelge 5.10).

Üst katlarda bulunan organizmaların konsantrasyonları, büyük ölçüde hızla kullanılabilen organik maddenin bulunuşuna bağlıdır. Değişik horizonlardaki mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. komünitesindeki kalitatif değişimin nedeni, derin kısımlardaki düşük oksijen ve yüksek karbondioksit kısmi basıncı ve suşHata! Yer işareti tanımlanmamış. adaptasyonu ile açıklanabilir.

Çizelge 5.10. İki Kanada toprağında profillerde mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. dağılımı

Derinlik (cm)	Mantar Sayısı (x10 <sup>3</sup> )/g toprak						
	Horizon	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
0-7	A	35	6	10	15	22	İşlenen Tarla
7-14	A	30	6	6	4	5	
14-28	A	3	2	3	3	6	
33-52	A	2	2	1	5	5	
52-68	B	1	6	0	3	5	
68-84	B	0	0	1	2	5	Çayır (Çim)
0-7	A	19	15	38	44	7	
7-14	A	12	7	13	10	4	
14-28	A	13	4	5	5	4	
33-52	A	6	19	7	19	21	
52-68	B	4	18	17	12	25	
68-84	B	9	18	37	21	17	

Mevsimsel değişimler değişik yollarla mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. florası ve komünitesi üzerine etki yapar. Nemin uygun olduğu ılık bahar dönemi floraHata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerine olumlu etki yapar. Fakat yazın kurak ve kışın soğuk dönemi aktivite ve gelişmeyi sınırlar. Karbonlu maddelerin bol olduğu sonbahar döneminde yaygınlık tekrar artar.

Mantar türleri içinde bir veya daha fazla grubun başatlığı, sık sık vejetasyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. örtüsü ile ilişkili bulunmaktadır. Mikroorganizmaların bazıları bitki toplulukları ile birlik oluştururken, bir kısmı da bitki çeşidinden etkilenmez görünmektedir. Örneğin sürekli yulaf yetiştirilen tarlalarda, sürekli mısır ve buğday üretilen tarlalara kıyasla daha fazla mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. bulunmaktadır. Bundan yulafın özel bir seçiciliğe sahip olduğu anlaşılmalıdır. Bu alanlarda *Aspergillus fumigatus* başat durumdayken, mısır tarlasında *Penicillium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. *funiculosum* daha yaygındır. Bitkilerin seçici etkisi özel kök salgılarına veya ayrışmaya uğrayan bitkilerin kimyasal bileşimine, mikroorganizmaların vermiş oldukları tepkidir.

### 5.4.3. Taksonomi

Mantar taksonomisinde kullanılan tüm kriterlerin hepsi morfolojikHata! Yer işareti tanımlanmamış. olup, yaşam döngülerindeki bazı farklı kademelerde seçici özelliklerdir. Geleneksel olarak mantarlar *Phycomycetes*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Ascomycetes*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Basidiomycetes*Hata! Yer işareti

tanımlanmamış. ve *Deuteromyces*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (*Fungi Imperfecti*) olarak alt gruplara ayrılmaktadır.

#### 5.4.3.1. Phycomycetes

Bu gruba giren mantarlar çok heterojen bir komünite oluştururlar. Karasal ve su sistemine adapte birçok tür bu grubun içinde toplanmıştır. Bu gruptaki üyeler çoğunluk bölmesiz hifHata! Yer işareti tanımlanmamış. yapısı gösterir. Konidia veya zoospor (sporangium içinde bir veya birkaç flagellumlu hareketli sporlar), aplanospor (sporangium içinde çok sayıda, çeşitli formlarda, hareketsiz, eşeysiz sporlar) şekillerinde eşeysiz sporHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşumu gözlenir.

Bu grup içinde pek çok saprofitik toprak mantarı bulunur. Özellikle orman topraklarında hakim florayı oluşturan mantarlar bu grupta yer alırlar. Özellikle tanınmış cinsleri *Mucor*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Rhizopus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Mortierella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.'dır.

Bunlardan *Rhizopus* tipik karasal bir *phycomycet* olup, miseller dallanmış rhizoidler şeklindedir. Substrat üzerinde yatay (horizontalHata! Yer işareti tanımlanmamış.) gelişme gösteren hife stolon adı verilir. Bu şekilde mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde yayılır. Stolonun uç kısmında bir çok küresel sporları (sporangiaspor) taşıyan sporangiaforlar bulunur. Bütün phycomycetler iki temel özellikleri ile ayırım gösterirler:

- Bu grup üyelerinin eşeysiz sporları daima yuvarlak sporangia şeklinde strüktüre sahiptir.
- Miselleri özel bölümler dışında enine duvar veya bölme (cross wall-septumHata! Yer işareti tanımlanmamış.) içermez.

#### 5.4.3.2. Ascomycetes

Bu grup altında toplanmış olan mantarlar enine bölümler içeren hifHata! Yer işareti tanımlanmamış. yapısına sahiptir. Eşeysiz olarak konidia, eşeyli olarakta ascospor oluşumu ile çoğalırlar. Pek çok ascomycet ascus adı verilen ve genellikle olgun dönemde 8 ascospor içeren sporHata! Yer işareti tanımlanmamış. kesesi oluştururlar (Şekil 5.17). *Ascomycet*lerin 25 000-30 000 türü olduğu belirtilmektedir. Bu grup üyelerinin bir kısmı özellikle bitki patojeni olup, meyvalarda sorun oluştururlar. Mantarların en büyük grubunu oluşturur. Tipik *ascomycet*ler ascus oluşturmaları yanında, bir çokları konidia da oluşturur. *Aspergillus* ve *Penicillium* (aslında *Fungi imperfecti* grubunda yer alırlar) saprofitik mantarlar olup, toprakta yaygın bir şekilde bulunurlar. *Aspergillus* türleri sıcak toprakları, *Penicillium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ise ılıman ve nisbeten nemli toprakları daha çok tercih eder. Bu iki mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. grubu substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde düşük nem kapsamalarında bile hızlı gelişme özelliği gösterir. pH sınırları çok geniş olup 2.0-10.0 pH dereceleri arasında gelişme gösteren türleri (*P.cyclopium*) bulunmaktadır. Yine benzer şekilde çok geniş sıcaklık sınırları içinde yaşayabilirler (*P.expansum* için: -3°C-35°C). Bu türlerin özellikleri arasında çok değişik substratlarda gelişebilme, yüksek düzeyde sporulasyon, konidyanın hızlı çimlenmesi ve antibiyotikHata! Yer işareti tanımlanmamış. metabolitlerHata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılabilir. Bu metabolitler arasında penisilin tıbbi bakımdan önemli bileşikken, *Aspergillus flavus* tarafından üretilen aflatoksin karsinojenik niteliklidir. *Penicillium*'un yaygın türlerinden biri olan *P.cyclopium* dünya çapında yaygın bir mantar türü olup asit koşullu yaprak döküntülerinden kalkerli habitatlara, işlenmiş topraklardan tuzlu deltaalara ve kirlenmiş nehirlere kadar değişik alanlarda yaşayabilen

niteliği tanımlanmıştır. Yüksek bitkiler üzerinde, köklerde, odunsu dokuda, saman ve sapta bulunup buğday danesinde saklanır. Ozmofilik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

**Şekil 5.17. Ascomycetes grubunda bulunan üç değişik ascocarp veya meyva gövdesi. a. Cleistothecium, Asci tümüyle kapalı olup çeperin yıkımı ile serbest kalırlar. b. Perithecium, şişe veya kavanoz benzeri strüktür Hata! Yer işareti tanımlanmamış.. Sporlar por Hata! Yer işareti tanımlanmamış. açıklığından dışarı çıkarlar. c. Apothecium, fincan benzeri ve tümüyle açık ascocarp.** (yüksek tansiyon düzeylerinde yaşayabilen) nitelikli olup % 81-84 nisbi nem koşulunda gelişebilen, pektin **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, nişasta **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, ksilan **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, karboksi metil, selüloz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve filtre kağıtlarında C kaynağı olarak kullanılabilen özelliklere sahip olduğu tanımlanmıştır.

Yirmi ile otuzbin çeşidi kapsayan geniş bir grup olarak bilinen basidiomycetes üyeleri çoğunlukla saprofit **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** özellikte olup çoğunluk ağaç üzerlerinde veya orman döküntü katmanları gibi organik materyal üzerinde gelişirler. Bu mantarların çoğunluğu selüloz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve lignin **Hata! Yer işareti**

**tanımlanmamış.** parçalayıcı organizmalardır. Özellikle odunlaşmış bitki dokularının ayrışmalarında etkilidirler. Şapkalı mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak bilinen yaygın mantarlar, kurt mantarı ve ağaç gövdeleri üzerinde sık rastlanan raf şekilli mantarlar ile pas mantarları bu grupta yer alır.

### 5.4.3.3. Basidiomycetes

Orman ve çayır vejetasyonunda yaygın olarak bulunan bu grup üyeleri içinde ağaç kökleri ile gerçek yaşam birlikleri (simbiyoz**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) oluşturan ve *Mycorrhiza***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanan mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** grupları bulunmaktadır. Bu grup üyelerinde hifler bölümlü olup, eşeyssel spor**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşumu vardır. Bazidiosporlar genellikle **basidiocarp** olarak tanımlanan kompleks bir meyva gövdesi oluştururlar (Şekil 5.18).

Bu grupta yer alan önemli üyeler *Agaricales***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (**şapkalı mantarlar**), *Aphylophorales***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya *Polyporales***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanan ağaç ayrıştıran mantarlardır. *Agaricales* (*Agaricaceae*) içinde en çok bilinen yenebilir tarla mantarı *Agaricus campestris*'tir. *Polyporales* (*Poliporaceae*) familyası içinde bulunan ve ağaç ayrıştıran mantarlar özel bir basidiocarp oluştururlar. Bu türlerde basidiocarp ağaç gövdesi üzerinde dik açılı bir raf oluşturacak şekilde geliştiğinden bunlara **raf (bracket veya shelf)** mantarlar adı verilmektedir (Şekil 5.18).

*Agaricales* familyasına giren bazı mantarlar yukarıda da değinildiği gibi yüksek bitki kökleri ile, özellikle ağaçlarla simbiyotik mikorizal birlikler oluştururlar.

**Şekil 5.18 . Yaygın şapkalı mantarlarda meyva gövdesi veya basidiocarp. a. Olgun bir mantar**  
Yer işareti tanımlanmamış.. **b. Şapkada dikey kesit. c. Mantarın alt kısmının dikey kesiti (Poindexter 1971).**

Şekil 5.19. *Polyporales* familyasından raf tipi mantarların Basidiocarp'ı. a. Meyva gövdesinin dikey kesiti, b. Bir porHata! Yer işaretleri tanımlanmamış.'un enine kesiti

#### 5.4.3.4. Deuteromycetes (Fungi Imperfecti)

Bu grup üyeleri heterojen bir tür bileşimi oluştururlar. Birbirleri arasında filogenetik bir ilişki bulunmaz. 15 000 ile 20 000 türün varlığı belirtilmektedir. Bu grup üyelerinin eşeyssel üreme evreleri gözlenememiştir. Hifleri bölümlüdür. Konidial evreleri *Ascomycetes*'lere çok benzemektedir. *Penicillium*Hata! Yer işaretleri tanımlanmamış. ve *Aspergillus* gibi bir çok *Ascomycetes*'in konidial evresi-kolaylık olması bakımından- *Deuteromycetes* sınıfında sınıflandırılırlar.

Deuteromycetes konidiaforlar etrafında koruyucu bir kılıf olan *Coelomycetes* ile *Hyphomycetes*'lerden ayırım gösterir. Sonuncu grupta konidiaforlar birlikte bir grup oluşturabilir veya oluşturmaz, ancak etrafında çevreleyen bir katman bulunmaz. Deuteromycetes üyeleri çok yaygındır. Gilman (1957) herhangi bir seçici özelliği olmayan besin ortamı ve seyreltme tekniği uygulayarak, saptanan türlerin % 57'sini oluşturduklarını saptamıştır. Selektif bir besiyeri kullanıldığında oluşan izolatların %80 'inden fazlasını oluşturmaktadırlar. Bu grup ekonomik önemi olan, ayrıca insan ve bitkilere patojenHata! Yer işaretleri tanımlanmamış. olan, endüstri bakımından önemli bir çok yaygın toprak saprofitlerini kapsamaktadır. Bir çok bitki hastalığı yanında, depolarda saklanan meyva ve sebzelerin bozulmasına **F.imperfecti** grubu mantarlar neden olmaktadır.

Bu grup içinde *Aspergillus*, *Botrytis*, *Gliocladium*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Cylindro carpon* ve *Fusarium* gibi önemli cinsler bulunur.

#### Myxomycetes (Slime Moulds): Sıvaşıcı küfler

Mantar benzeri özellikleri olmakla birlikte protozoalardan amiplere benzer strüktürHata! Yer işaretleri tanımlanmamış. ve hareket oluşturan çok farklı bir toprak organizması grubudur. Yaşamlarının belirli bir döneminde amipHata! Yer işaretleri tanımlanmamış. şeklinde olurlar. Sporlar oluşturma yeteneğindeki bu geçici amipler, şayet çevre koşulları uygunsa sporların amiplere dönüşümü ile ortamda belirirler.

Hücressel sıvaşıcı küflerin orman topraklarında yaygın olduğu gözlenmektedir. Aynı toprak derinliğine kıyasla organik madde katmanında daha yaygındırlar. Alışlagelmiş sayım yöntemleri ile sayıları 100-2500 adet g toprak olarak saptanmalarına karşın orman bölgelerde sayıları 20 000'e kadar yükselmektedir. Dominant cinsleri *Acrasis*, *Acytostelium*, *Dictyostelium* ve *Polysphondylium*'dur.

#### Mayalar

Toprakların çoğunda bulunmakla birlikte mayalara fazla önem verilmemiştir. Maya (yeastHata! Yer işaretleri tanımlanmamış.) teriminin taksonomik bir önemi bulunmamaktadır. Bunlar tek hücreli organizmalar olup fizyon ile veya tomurcuklanma ile ürerler. Bu organizmalar sporHata! Yer işaretleri tanımlanmamış. oluşturma niteliğine bağlı olarak iki gruba ayrılabilir;

- i. Ascospor oluşturan sporojen grup.
- ii. Ascospor oluşturmayanlar.

Topraktan çoğunlukla izole edilen mayalar şunlardır:

*Candida*Hata! Yer işaretleri tanımlanmamış., *Hansenula*Hata! Yer işaretleri tanımlanmamış., *Pichia*Hata! Yer işaretleri tanımlanmamış., *Rhodotorula*Hata! Yer işaretleri tanımlanmamış.

tanımlanmamış., *Saccharomyces*, *Torula*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Torulasporea*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Torulopsis*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., v.d Bu organizmaların toprakta bulunuşları ve düzeyleri, çevre faktörlerine bağlı olarak 200 ile 100 000 arasında değişir. Ilıman iklimlerde çoğunluk  $10^3/g$  toprak düzeyinde saptanmaktadır. Henüz ekolojik rolleri konusunda bilinenler fazla olmamakla birlikte mayalar tek hücre proteini (single cell proteinHata! Yer işareti tanımlanmamış.) çalışmaları ile gelecek için önemli bir potansiyel zenginlik taşımaktadırlar.

#### 5.4.4. Mantarların biyolojik sınıflandırması

Mantarlar beslenme davranışları bakımından **parazit**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya **saprofit**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. şeklinde ve substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde kolonize olma bakımından **primer** ve **sekonder kolonizerler** şeklinde gruplanabilir. Toprak mantarları ile ilgili çalışmalarda bu organizmaların substrat ilişkileri önem kazanmaktadır. Hızlı kullanılabilir besin kaynaklarını kullanarak kolonize olan mantarlar ile ayrışmaya daha dirençli (recalcitrant) bileşikler dekompoze eden mantarları ayırmak gerekmektedir. Böylelikle basit karbonhidratları kullananlar **-sugar fungi**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: **şeker mantarı**- ve bunu takiben daha dirençli olan selülozHata! Yer işareti tanımlanmamış., ligninHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve humusHata! Yer işareti tanımlanmamış.'u ayrıştıran mantarlar şeklinde gruplamak mümkündür. Winogradsky'nin toprak bakterileri için tanımladığı **Ekolojik gruplama** tanımını burada da kullanarak, topraklara yeni ilave edilmiş bileşikler ayrıştırmak üzere aktivite gösteren mantarları **zymogen**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve daha dirençli kısımları ayrıştıran ancak çok daha yavaş gelişen mantarları **otokton**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. grup olarak değerlendirmek mümkündür.

Organik substratlar üzerinde primer kolonizasyon gösteren mantarlar geniş bir grup enzimHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluştururlar. Bunlar selülaz, kitinaz, pektinazHata! Yer işareti tanımlanmamış., proteaz ve karbonhidrat ayrışmasında etken olan enzimlerdir.

#### 5.4.5. Mantarların işlev ve aktiviteleri

Mantarlar klorofil içermediklerinden hücre sentezini gerçekleştirebilmek için C açıklarını organik moleküllerden sağlamak zorundadırlar. Kullanmış oldukları karbon kaynakları arasında şekerler, organik asitlerHata! Yer işareti tanımlanmamış., disakkaritler, nişastaHata! Yer işareti tanımlanmamış., pektinHata! Yer işareti tanımlanmamış., selülozHata! Yer işareti tanımlanmamış., yağlar ve ligninHata! Yer işareti tanımlanmamış. maddeleri bulunur. Bu maddelerin çoğu bakteriyel ayrışmaya kısmen dirençli bileşiklerdir. Azot gereksinimi çoğunlukla amonyumHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve nitrattan sağlanırsa da, proteinler, nükleik asitler veya diğer azotlu organik bileşikler azot kaynağı görevini yaparlar.

Mantarlar arasında predasyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. olayı (Predatör:Beslenme zincirinde 2. derecedeki tüketiciler, diğer hayvanlar ile beslenen canlılar) da gözlenmektedir. Bir çok mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. türleri protozoaHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve nematodHata! Yer işareti tanımlanmamış. gibi toprak faunası ile beslenebilir ve bu tür organizmaların aktivite ve büyüklüğünü sınırlayarak topraktaki mikrobiyolojik dengeyi kısmen sağlarlar.

Şekil 5.20'de görüldüğü gibi toprakta nematodları yakalama (*nematophagous*) özelliği geliştirmiş mantarlar bulunmaktadır. Bu cinsler içinde *Arthrobotrys*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Dactylaria*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Dactylella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Harposporium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılabilir.

Mantarlar, topraktaki organik kalıntıların ayrıştırılması bakımından diğer organizma gruplarından daha aktif ve çok yönlüdürler. Selüloz, nişasta**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, zamlı maddeler, lignin**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, proteinler ve şekerler gibi ayrışması çeşitli düzeylerde yavaş veya hızlı olan bileşikler, mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** komünitesi tarafından daha basit yapılı çeşitli ürünler vermek üzere ayrıştırılır. Böylece mantarların bir kısmı taze organik kalıntılardan humus**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşmasına katılır. Bu türler arasında *Alternaria***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Aspergillus*, *Cladosporium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Dematium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Gliocladium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Helminthosporium***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Humicola***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Metarrhizum***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sayılır. Humus oluşumunda mantarların rolünün bakterilerden daha fazla olduğu varsayılmaktadır. Mantarlar birim biyokütlenin oluşturulması bakımından da bakterilerden daha ekonomik bir aktivite gösterirler. Çünkü bu organizmalar, ayrıştırdıkları bileşiklerin C ve N'unun büyük kısmını kendi dokularının oluşturulmasında kullanırlar ve daha az miktarda karbondioksit ve amonyak**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi yan ürünler çıkarırlar. Küf mantarlarının ayrıştırdıkları

**Şekil 5.20. Mantarlardan *Arthrobotrys conoides* tarafından nematodların yakalanması**

organik maddenin % 50'sini, mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** dokusu şekline çevirdikleri saptanmıştır. Bakteri ve aktinomisetlerin çevre koşulları nedeniyle populasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve aktivite bakımından yeterli olmadığı çevrelerde, organik kalıntıların ayrışması olaylarını mantarlar gerçekleştirdiklerinden, bu tür alanlarda toprak verimliliği büyük ölçüde mantarların aktivitesine bağlı kalmaktadır.

Mantarların diğer bir özelliği çeşitli patojen**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türlerin varlığı ile bunların ekonomik ve ekolojik önemleridir. Ancak toprakta yaşayan veya varlıklarını sürdüren mantarların oldukça küçük bir kısmı bitki hastalıkları ile ilgilidir. Patojen mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** cinslerine örnek olarak *Armillaria***Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Phytophthora*, *Plasmodiophora*,



*Phytium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Rhizoctonia*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Sclerotium* ve *Verticillium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. gösterilebilir. Toprakta kökenlenen mantarların insan ve hayvanlarda hastalıklara neden olduğu da bilinmektedir. Bu organizmaların bazıları toprakta lokalize olduğu bölgelerde yüzeyden rüzgarlar ile taşınarak solunum sistemine ulaşır. Diğerleri ise doğrudan ayak veya vücudun diğer kısımlarında özellikle yaralı kısımlara yerleşirler. En çok bilinen patojenlerden biri *Histoplasma capsulatum* olup, dünyanın bir çok bölgesinde bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde 30 milyondan fazla insanın bu mantar türü ile enfekte olduğu bilinmektedir. Bu mikroorganizma kümes hayvanları dışkısı ile bulaşmış topraklarda koloniHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturur ve sonra hava hareketleri veya doğrudan temas ile çevreye ve canlılara yayılır.

#### 5.4.6. Mikorrizza (Mycorrhiza)

Yüksek bitki kökleri ile birlik oluşturan mantarlara mikorrizzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilmektedir. *Mycorrhiza* terimi Yunancadan türemiş olup "kök mantarı" anlamındadır. Aslında bitki köklerini enfekte eden mantarlar şayet konukçuHata! Yer işareti tanımlanmamış. bitkide hastalık oluşturuyorsa parazitHata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanır. Bu mantarlar aslında toprak organizması olmayıp, onun ekolojik nişi kök birliği oluşturmaktır. Bu gereksinim büyük olasılıkla organizmanın kompleks bileşiklere gereksinim duymasından kaynaklanmaktadır. Bu organizmaların çoğu vitamin ve amino asitlerin karışımını gereksinirken, bir kısmı ise yapay ortamda gelişmemektedir.

Mikorrizza **ektotrofik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve **endotrofik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olmak üzere iki gruba ayrılır. **Ektotrofik**, birlikte mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. kök dışında bir manto oluşturur ve hifler bitki hücreleri arasına girerek bir ağ oluştururlar. Ekonomik bakımdan önemli olanlarının da dahil olduğu bir çok ağaç, bu tür toprak altı bir strüktürHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturur. Özellikle orman ağaçlarından *Pinaceae*, *Betulaceae*, *Fagaceae*, *Dipterocarpaceae* mikorrizzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. birliği gösterir. Mikorrizza mantarı esas olarak yüksek basidiomisetlerdir.

##### 5.4.6.1. Ektotrofik mantarların strüktürHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve gelişimi

Mikorrizalar ana kök veya uzun kökler üzerinde olmayıp kısa köklerin üzerinde üzüm salkımı benzeri dallanmalar meydana getirirler. Bu tür oluşum daha ziyade angiospermHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve gymnospermHata! Yer işareti tanımlanmamış.'lerde gözlenir. *Pinus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. türlerinde ise çatallanmış dallar şeklinde oluşumlara rastlanır (Şekil 5.21).

**Şekil 5.21. Ektomikorrizal kök sisteminin morfolojisi a. *Pinus* Hata! Yer işareti tanımlanmamış., b. *Eucalyptus***

Tipik bir ektomikorrizada kısa dallanmalar meydana getirir. Yan kökcükler tümüyle miselle kaplanmış bir oluşum gösterir. Görünüşte kökcükler, mantari bir pseudoparankima Hata! Yer işareti tanımlanmamış. dokusu ile örtülür. Bu mantonun iç kısmında mantar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. hifleri, dış korteksin epidermis hücreleri ile temasta olup bu misel Hata! Yer işareti tanımlanmamış. dokusuna **Hartig ağı** Hata! Yer işareti tanımlanmamış. adı verilmektedir (Şekil 5.22). Normal mikorrizalarda mantar hifleri kesinlikle endodermis hücrelerine girmez. Korteks hücrelerine giren hiflerin ise giriş düzeyi çok yoğun değildir, bu özellik endomikorrizalardan tamamen farklıdır. Zaman zaman uzun köklerin de mantar hiflerince enfeksiyona uğradığı görülmektedir. Ancak bu tür enfeksiyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. genellikle Hartig ağı tarafından önlenir.

Şekil 5.22. Eucalyptus bitkisinde enfekte olmuş ve olmamış köklerde Ektomikorridza anatomisi.

a ve b, mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve mikorridza içermeyen kökte ortadan boyuna kesit. c ve d, aynı köklerde enine kesit. re= kök ucu, m= meristematik bölge, fs= mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. katmanı veya manto, hn= hartig ağı, th= iç kortekste kalınlaşmış duvar, epi= epidermis, oc= dış korteksHata! Yer işareti tanımlanmamış., ie= iç korteks, end= endodermis, rh= kalcal kök, x= ligninleşmiş protoksilem, res= örtü hücrelerinin çökmüş kalıntıları. (Chilvers ve Pryor, 1965)

#### 5.4.6.2. Mikorridza oluşumuna etki eden faktörler

Ektotrofik mikorridzalar ılıman bölge ormanlarında kahverengi veya podzollaşmış topraklarda gelişen ormanlarda oluşmaktadır. Bu mantarlar **mor humus**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanan asit nitelikli organik topraklarda, alkali topraklardan daha fazla bulunur. Ancak düşük nitratHata! Yer işareti tanımlanmamış. düzeyli topraklarda nötral pH civarında 5.8 gibi asit koşullardan daha iyi mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşumu saptandığı belirtilmektedir. Yüksek nitrat ve kireç düzeyleri mikorridza enfeksiyonunu engellemektedir.

#### 5.4.6.3. Ekto-mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. mantarlarının fizyoloji ve ekolojisi

Ektomikorridza olarak tanımlanan mantarların çoğu *Basidiomycetes* grubundandır (Agaricaceae familyası). *Amanita*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve *Tricholoma*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. gibi cinsler bu mantarlara örnek olarak verilebilir. Bu iki cins *Boletaceae* familyasından *Boletus* cinsi ile birlikte mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturan mantarları kapsar. *Russula* ve *Lactarius* cinslerini içeren *Russulaceae* familyası gibi *Hymenomycetes*'ler yanında bazı *Gasteromycetes*'lerdeki ektomikorridza oluşturur. Örneğin *Scleroderma* ve *Rhizopogon* gibi. Fungi imperfecti grubundan da *Cenococcum graniforme* de ektomikorridza oluşturur.

Baklagil-RhizobiumHata! Yer işareti tanımlanmamış. simbiyozunun aksine mikorridzal birlikler çok özel cross-inokulasyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. niteliği göstermez. *Cenococcum graniforme* gibi cinsler gimnospermHata! Yer işareti tanımlanmamış. (çam gibi açık tohumlu türler) veya angiospermHata! Yer işareti tanımlanmamış. (kapalı tohumlular) ler arasında çok çeşitli türlerle simbiyozHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturabilir. Buna karşılık *Boletus elegans* simbiyozda çok spesifik olup sadece ibreli ağaçlardan *Larix*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ile birlik oluşturabilir.

Doğal koşullar altında bu organizmaların büyük çoğunluğu saprofitik olarak ve bağımsız şekilde toprakta bulunabilir. Ancak mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış. mantarları saprofitik bakımdan zayıf rekabetçi organizmalardır ve gelişme için gereksindikleri şeker veya diğer maddeleri konukçularının köklerinden sağlarlar. Bazılarının temel besin maddeleri yanında B<sub>1</sub> vitamini gibi gelişim faktörlerine gereksinim duyduğu belirlenmiştir.

#### 5.4.6.4. Endotrofik mikorridzaHata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bu organizmalar morfoloji bakımından ektomikorrizalardan daha çeşitlidir. Endotrofik mikorrizaları misellerinin bölmeli veya bölmesiz oluşuna bağlı olmak üzere iki büyük gruba ayırmak mümkündür. Miseller bölmesiz ise **Phycomycet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bölmeli ise **Ascomycet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış., **Deuteromycet**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. veya **Basidiomycet** olarak tanımlanır.

**Phycomycet (vesiküler-arbusküler) mikorriza**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Bu grup mikorrizaların en yaygın şeklidir. Enfekte olan kökler ektomikorrizalarda olduğu gibi genellikle bariz bir şekilsel özellik taşımaz. Ancak bazı saçak köklerde görülen şekilsel olarak farklılık gösteren oluşumlar **VA**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (**vesiküler-arbusküler**) **mikorriza**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanır. Enfekte olan dokularda iki tür organın (**vesikül**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve **arbüskül**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) varlığı bu ismin verilmesinin nedenidir. Enfeksiyona uğramış hücreler arbüskül olarak bilinen, kompleks dallanmış bir hif**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sistemi içerirler (Şekil 5.23). Diğer organ vesiküller olup, bunlar önemli düzeyde yağ

**Şekil 5.23. Vesiküler-arbusküler mikorriza**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (Nicolson, 1967) içerirler. Vesiküllerin besin maddesi stok organları olduğu bilinmektedir. **VA**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.-mikorrizalar pratik olarak bitkilerin her taksonomik grubunda bulunur. Ekto-mikorriza**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** içermeyen bazı türler, örneğin güney yarıküreye has bazı koniferlerde **VAM**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bulunur. Ayrıca ekonomik öneme sahip **Rosaceae**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve **Gramineae**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. gibi kapalı tohumlular **VAM** içerirler.

#### 5.4.6.5. Besin alımı ve yayışılığında mikorrizaların etkileri

Bitki-mikorriza**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** simbiyozunda ortamdaki besin maddelerinin çözünürlüğünün artırılmasında mantarların aktif olduğu ve bitkiye yarar sağladığı saptanmıştır. Mikorrizaların bitki tarafından oluşturulan fotosentez**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ürünlerine gereksinimi olmaktadır. Peat-kum kültürü gibi çok az besin

maddesi içeren bir substratla yapılan bir denemede mikorriza enfeksiyonu sağlanan *PinusHata! Yer işareti tanımlanmamış. elliotii* fidelerinde kuru ağırlık, N,P,K, içeriği gibi, özellikler bakımından enfekte edilmemiş fidelere kıyasla önemli artışlar sağlanmıştır (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. Ektomikorrizanın *PinusHata! Yer işareti tanımlanmamış. elliotii* üzerine etkisi

Mantar	Fide Kuru Ağırlık (g)	Fidenin Besin Kapsamı (mg)		
		N	P	K
Aşısız	0.26	2.44	0.22	2.27
<i>Rhizopogon roseolus</i>	1.39	13.03	1.37	12.54
<i>Suillus granulatus</i>	1.58	15.26	1.64	14.80
E8.22*	2.81	38.92	3.86	35.60

\*Tanımlanmamış bir izolat *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.*

Ektomikorrizaların yararlı etkileri konusundaki ilk gözlemler 1937'de A.B. Hatch tarafından yapılmış ve mikorrizanın etkin kök yüzeyini arttırarak besin maddesi absorpsiyonunun arttığı belirtilmiştir. Başka bir araştırmada *PinusHata! Yer işareti tanımlanmamış. echinata* türündeki mikorrizanın etkisi ile kök solunumunda 2 ile 4 kat artış olduğu ve böylece topraktaki çözünürlüğü güç olan besin elementlerinin çözünürlüğünü arttırdığı belirlenmiştir. Mikorrizal etkinin ikinci yönü besin absorpsiyonu ile ilgili olup mantarın oluşturduğu pseudoparankima *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* dokusunun toprak ile kök yüzeyi arasına girmesi ve besin maddesi alımını etkilemesidir. P<sup>32</sup> ile yapılan radyootografik *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* çalışmalar mikorrizalı çam köklerinde enfekte olmamış köklere kıyasla önemli düzeyde fosfat birikimi olduğunu göstermektedir. *Fagus sylvatica* (kayın) ile yapılan besin absorpsiyonu

deneylerinde enfekte olmuş köklerin absorpsiyon *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* oranının PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> iyonları için beş kez, K<sup>+</sup> iyonları için iki kez, enfekte olmamış köklerden yüksek olduğu saptanmıştır. Bütün bu bitki deneyleri, mikorrizal bitkilerin substrattan fosfat alımında büyük bir yetenek olduğunu açıkça göstermektedir. Buna karşılık CO<sub>2</sub><sup>14</sup> ile yapılan deneyler, bitkinin fotosentez *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* ürünlerinin hızlı bir şekilde kök kısmına ve mikorrizal mantarın misellerine iletildiği saptanmıştır. Kayın ağacı mikorrizalarında saptanan çözünür karbon hidratlardan, şeker grubundan glikoz *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.*, fruktoz *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.*, sükroz *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* ve trehaloz *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* ve şeker alkollerden mannitol *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* olup, bu maddeler enfeksiyona uğramamış kayın köklerinde saptanmamıştır.

Ektotrofik mikorriza *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* ile kıyaslandığında, bitkiden VAM *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.*'a olan madde transferi hakkında bilinenler azdır. *Araucaria* fideleri ile yapılan karbon-14 etiketli özümleme deneyleri sonucu toprakta enfekte bitki köklerinde, enfekte olmayanlara kıyasla daha fazla C<sup>14</sup> saptandığı, ancak bunun konukçu *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* bitki dokusunda mı, yoksa mantar *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* misellerinde mi olduğu konusunda kesinlik olmadığı belirtilmektedir.

Nicholson ve Daft (1966)'ın deneylerine göre konukçu *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* bitkiler, mikorrizal enfeksiyondan olumlu etkilenmektedirler. Bu araştırmaya göre kum kültüründe *Endogone* sporları ile inoküle edilen tütün, domates ve mısır fidelerinin endotrofik mikorriza *Hata! Yer işareti tanımlanmamış.* etkisiyle, düşük fosfat yarayışlılığına karşın gelişmelerinin uyarıldığı belirlenmiştir. *Endogone* aşılması yapılan çam fidelerinin gelişme bakımından gösterdikleri olumlu etki Çizelge 5.12'de görülmektedir. Mikorriza içermeyen fidelerin önemli düzeyde fosfor noksanlığı gösterdiği saptanmıştır.

**Çizelge 5.12.VAMHata! Yer işareti tanımlanmamış.'ın iki yaşındaki *Araucaria cunninghamii* fidelerinin ürün artışı ve besin statüsü üzerindeki etkileri.**

Parametre	Mikoriza durumu		Farklılığın önemi
	Enfekte	Enfekte olmamış	
Kuru ağırlık (g)	72.6	7.8	**
P derişimi, kök, %	0.122	0.050	**
N derişimi, kök, %	0.89	0.90	önemsiz

## 5.5. Toprak Algleri

Toprak algleri mikroskopik, klorofil içeren organizmalar olup çoğunluk *Cyanophyceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (*Myxophyceae*) veya **mavi-yeşil algler**, *Xantophyceae*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: **Sarı -yeşil algler**, *Bacillracea*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: **Diatomlar ve Cholorophyceae**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.: **Yeşil algler gruplarını** kapsarlar. Toprak formları genellikle akvatik formlardan küçük ve basittir. Toprak formlarının morfolojileri de basit olup basit tek hücreli veya basit filamentler veya koloniler şeklinde bulunurlar. Mavi-yeşil algler hücre yapısı nedeniyle bakterilerle birlikte aşağı protistler arasında tanımlanırlar. Buna karşılık topraklarda yaygınlık gösteren diğer yeşil algler (*Chlorophyta*) ve daha ziyade nemli koşullarda görülen diatomeler (Chyrsophyta veya Bacillorophyta) yüksek protistlerHata! Yer işareti tanımlanmamış. grubunda yer alan ökaryotik alglerdir.

### 5.5.1. Ekoloji

Toprak algleri bitki besin elementlerince yoksul olan toprak koşullarında, toprak oluşum sürecinin ön aşamalarına sahip çevrelerde veya uygun koşullarda normal gelişim süreci içindeki topraklarda veya çöl bölgelerinde yayılım gösteren organizmalardır. Örneğin genç volkan birikintilerinde, ortamdaki gelişimin başlangıç basamağını oluştururlar. Yüksek bitkilerin gelişemediği, çoğunluk çıplak ve verimsiz alanlarda primer kolonizasyon algler tarafından oluşturulur. Bazı türler toprak yüzeyini-özellikle bitkilerin sürekli zemin örtüsü sağlamadığı alanlarda-toprak oluşumuna katkıda bulunacak şekilde stabilHata! Yer işareti tanımlanmamış. duruma getirirler. Algler tarafından stabilize edilen ince toprak katmanları, özellikle nemli koşullarda yüksek bitki tohumlarının çimlenebileceği bir zemin sağlamaktadır.

Bu organizmalar fotoototrofHata! Yer işareti tanımlanmamış. beslenme gerçekleştiren, klorofilli ve toprak ekosisteminde "**üretici**" grubu oluşturan organizmalardır. Fotosentetik mekanizma bu canlıları, önceden oluşturulmuş organik maddeye bağımsız kılan bir özelliktir. Ototrofik gelişme için algler topraktan çok küçük azot, potasyum, fosfor, magnezyum, kükürt, demir ve diğer mikro besin elementlerini sağlamak durumundadır. Karbon gereksinimleri atmosfer karbon dioksidinden ve enerji de, fotosentezden sağlanır. Algler içinde bulunan bazı türler, biyosferde önemli azot fikse edici göreve sahip olup, atmosfer azotunun ekosisteme girmesini sağlarlar. Fotoototrofik özellikleri nedeniyle çoğunluk yüzeyde koloniHata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturmalarına rağmen bazı türler, örneğin *Chlorophyta*, *Cyanophyta* ve *Diatom* türlerinin bazı cinsleri ışık yokluğunda heterotrofik olarak gelişebilirler. Bu gibi fakültatifHata! Yer işareti tanımlanmamış. fototroflar nişastaHata! Yer işareti tanımlanmamış., sükrozHata! Yer işareti tanımlanmamış., glikozHata! Yer işareti tanımlanmamış., gliserolHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve sitrik asit gibi karbonhidratları metabolize edebilirler.

Bu organizmalar dünyada çeşitli topraklara yayılmış olmakla birlikte familya, cins veya türlerin coğrafik lokalizasyonlarına ilişkin tam bir tanım da bulunmamaktadır. Bu organizmalar değişen çevre koşullarına direnç gösterebilir ve alkali topraklardan çöl topraklarına kadar

değişik ortamlarda varlıklarını sürdürebilirler. Bazı türleri, çöl bölgelerinde nemliliğin nisbeten korunduğu ve fotosenteze yetecek kadar ışık geçirebilen kireç taşları ve kum taşı kayaları altı veya yüzey kabuğu altında kolonize olabilirler.

Bu özelliklere karşın ışığın hiç etkilemediği 50-100 cm lik derinliklerde alg **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** varlığının saptanması ilginçtir. Alg komünitelerinin sayısal değerlendirilmeleri toprağın on kez sulandırılması ve sıvı veya steril **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kum kültüre aşılması ile yapılabilir. Işıklı ortamda 4-6 haftalık inkübasyondan sonra gelişen algler mikroskopik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya renk oluşumuna bağlı olarak gözle belirlenebilir. Canlı sayımlara göre alg popülasyonu bir gram işlenen yüzey toprağında 100 ile 50 000 adet arasında değişmektedir. Bunun yanında Utah ve Macar topraklarında 800 000 adet, Danimarka topraklarında ise 300 000 adet/g toprak düzeyinde sayımlar saptanmaktadır. Biyokütle ölçümleri 7-300 kg/ha ve bazen de yüksek popülasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gösteren alanlarda 1500 kg/ha saptanabilmektedir.

Toprak alglerinin kalitatif dağılımı üzerine yapılan ekolojik araştırmalara göre topraklarda yalnızca yeşil algler, diatomeler ve mavi-yeşil algler yaygındır. *Xantohpyta* ve bazı klorofil içeren flagellatlar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (bunlar protozoa **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** içinde yer alır) çok daha az sayıdadırlar. Ilıman iklimlerde *Chlorophyta* genellikle hakim grubu oluşturur. Bunu diatomeler ve çok daha az olmak üzere *Cyanophyta* takip etmektedir. Tropik topraklarda ise mavi-yeşil algler dominant **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup, yeşil algler ikinci ve diatomeler üçüncü sırada yer alırlar. Şekil 5.24 ve 5.25'de bazı yaygın alg **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** cinslerine örnekler verilmiştir.

Şekil 5.24. Bazı algHata! Yer işareti tanımlanmamış. cinslerine ait örnekler.

Şekil 5.25. Bazı cyanobakteri (mavi-yeşil algHata! Yer işareti tanımlanmamış.) formları.  
5.5.2. Taksonomi

#### 5.5.2.1. Chlorophyta (Yeşil algler)

Bu gruba giren organizmalar *Chlorophyta* olarak sınıflandırılır ve kromatofor içermeleri nedeniyle yeşil görünüşleri vardır. Klorofile ilaveten hücreler ksantofil ve karoten pigmentlerini içerirler. Toprakta bu organizmalar genellikle tek hücrelidirler ve filamentli formları bilinmemektedir. Bu grup üyeleri asit topraklarda dominantHata! Yer işareti tanımlanmamış. olmakla birlikte, nötral ve alkali çevrelerde de bulunabilirler. Bu gruptaki önemli türler *Chlamydomonas*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Chlorella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Chlorococcum*, *Dactylococcus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Hormidium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Protococcus*, *Protosiphon*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Scenedesmus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. v.d sayılabilir.

#### 5.5.2.2. BacillorophytaHata! Yer işareti tanımlanmamış. (Diatomeler)

Tek hücreli veya koloniHata! Yer işareti tanımlanmamış. halinde bulunan, silis kabuk içeren alglerdir. Hücre duvarı iki ayrı kısma bölünmüştür. Akvatik tiplerle kıyaslandığında karasal diatomeler daha küçük yapılıdır. Çoğunluk nötral veya hafif alkali reaksiyonlarda iyi gelişme gösterir. Toprakta bulunan yaygın cinsleri *Pinnularia*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Surriella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Navicula*, *Fragilaria*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Nitzschia*Hata! Yer işareti tanımlanmamış.Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Cymbella*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Achnantes*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılabilir.

#### 5.5.2.3. Cyanophyta (Mavi-yeşil algler)

Mavi-yeşil algler diğer algHata! Yer işareti tanımlanmamış. gruplarından kesin bir ayırım gösterirler. Bu organizmalarda pigmentHata! Yer işareti tanımlanmamış., kromatofor içinde bulunmayıp, sitoplazmada dağılmış durumdadır. Bazı cinsler tek hücrelidir ve tek veya



agregatlar halinde gelişir. Grup üyelerinin karakteristik rengi klorofil ve mavi bir pigment olan fikosiyandan kaynaklanır. Tarla ve laboratuvar bulgularına göre *Cyanophyta* nötral ve alkali koşulları tercih etmektedir. Çoğunlukla 5.2 pH altındaki reaksiyonlu topraklarda bulunmazlar. Pek çok toprak cinsi bulunmakla birlikte en çok tanımlananlar: *Anabaena*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Calothrix*, *Chroococcus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Nostoc*, *Tolypothrix*, *Scytonema*, *Nodularia*, *Oscillatoria*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Lyngbya*, *Plectoneme*, *Phormidium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Microleus*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. sayılabilir. Şekil 5.26, 5.27 ve 5.28'de tropikHata! Yer işareti tanımlanmamış. topraklarda bulunan örnekler verilmiştir.

Şekil 5.26. Bazı toprak algleri. Üst foto, *Anabaena spiroides*, Alt foto, *Anabaenopsis circularis* (Watanabe,1959)

**Şekil 5.27. Bazı toprak algleri. a. Üst foto, *Tolypothrix tenuis*, b. Alt foto, *Nostoc sp.***

Şekil 5.28. Toprak Alglerinden *Scytonema sp.* Genellikle yangınlardan sonra Nijeryanın Sahel bölgesinde toprak yüzeyinde algal kabuklar oluşturur. Polisakkarit doğasında olduğundan toprağı stabilize eder ve nem koruyucu özellik sağlar. Ayrıca N<sub>2</sub> fikse edici yönüyle toprağı zenginleştirir (Stewart).

#### 5.5.2.4. Xantophyta (Sarı-yeşil Algler )

Seyrek bulunan algler olmakla birlikte, izolasyonları zor değildir. *BotrydiopsisHata! Yer işareti tanımlanmamış.*, *BumilleriaHata! Yer işareti tanımlanmamış.*, *BumilleriopsisHata! Yer işareti tanımlanmamış.*, *HeterococcusHata! Yer işareti tanımlanmamış.* ve *HeterothrixHata! Yer işareti tanımlanmamış.* en yaygın cinslerdir. Ayrıca klorofil içeren tek hücreli *EuglenaHata! Yer işareti tanımlanmamış.* bu familya ile ilgili bir cinstir. Bu organizmanın protozoalara benzemesine rağmen onlardan kesin ayrımı klorofil içermesidir.

#### 5.5.3. Toprak alglerinin ekolojik işlevi

##### 5.5.3.1. Kolonizasyon

Bir çok toprak yüzeyi zengin bir algHata! Yer işareti tanımlanmamış. florası bulundurur. Genellikle alglerin toprak yüzeyindeki çoğalması yüzeyden 1 mm kadar derinliktedir. Bu habitatta yaşayan türler çoğunluk *Euglena*, *Chlamydomonas* ve *Oscillatoria* gibi hareketli türler veya *Hormidium* ve *Anabaena* gibi hareketsiz türlerdir. Botanik yaklaşımı bakımından toprak alglerinin coğrafik yayılışını saptayan faktörlerin tohumlu bitkilerinininkine benzer olduğu belirtilmekle birlikte, iki grup arasında toprak ve çevre istekleri bakımından önemli farklar olduğu belirtilebilir.

Ilıman ve tropikHata! Yer işareti tanımlanmamış. iklim kuşaklarında, kayalar üzerine kolonize olmuş algHata! Yer işareti tanımlanmamış. floralarının benzerliği, olası olarak sıcaklık ekstremlerine dayanıklılıkları ile ilgili olabilir. Kurak kaya yüzeylerinde *Cyanophyceae* türleri dominantHata! Yer işareti tanımlanmamış. nitelik gösterirler. *Gleocapsa* ve *Nostoc* gibi türler nemli ılıman bölgelerde kayalar üzerinde yayılırlar. *Tolypothrix*, *Anabaena*, *Symploca* ve *Lyngbye* gibi türlerin ise volkanizma etkisi altında kalmış arazilerde, henüz ayrışma olayları ile karşı karşıya kalan lav ve volkan külleri üzerinde gelişerek jelatinimsi bir tabaka ile stabilizasyon ve nem sağladığı gözlenmiştir. Bu biyolojik etki ile bu tür alanlarda daha sonra yüksek bitkilerin gelişmesi için gerekli olan humuslu toprak benzeri, mineral ayrışma ürünlerini sağlarlar. Özellikle *Nostoc* silikatların ayrışmasında etken bir organizma olarak görülmektedir.

*Chlorophyta* türü ise ılıman bölgelerden ziyade kıraç veya çıplak alanlarda kolonize olur. Bazı *Cyanophyceae* grubu algler ise yüksek ozmotik basınç ve ekstrem sıcaklıklara dayanabildiklerinden ve ayrıca azot fikse etme özelliği taşıdıklarından tuzlu alanlar, bataklıklar gibi alanların stabilizasyonunda önemli rol oynarlar. Çizelge 5.13'de tuzlu topraklarda bulunan mavi-yeşil algHata! Yer işareti tanımlanmamış. türlerinin sayıları görülmektedir.

**Çizelge 5.13. Farklı reaksiyonlu üç tuzlu toprakta Mavi-Yeşil algHata! Yer işareti tanımlanmamış. türleri**

Cins	TÜR SAYILARI		
	8.5 pH	8.7 pH	9.1 pH
Anabaena	2	2	5
Lyngbya	10	4	9
Microcoleus	2	2	0
Nostoc	6	1	1
Oscillatoria	6	1	12
Phormidium	13	6	6
Plectonema	2	0	1

### 5.5.3.2. Bitki gelişimi ve süksesyonu

Daha öncede belirtildiği gibi yüksek bitkilerin, gelişme olanaklarının sınırlı olduğu veya gelişemedikleri bir çok ortamda çeşitli algHata! Yer işareti tanımlanmamış. türleri aktivite gösterebilirler. Bu nedenle bu tür organizmalara "birincil kolonizer organizmalar" adı verilir. Bunun dışında toprak koşulları yüksek bitkilerin gelişmesi için uygun olmayan koşullara sahip olduğunda, algler kolonizasyonda dominantHata! Yer işareti tanımlanmamış. nitelik gösterirler. Gözlemler kuraklık nedeniyle spermatofitlerin ölümü, toprak yüzeyinde alglerin aktivite kazanmasına neden olduğunu açıklamaktadır. ABD'de aşırı düzeyde erozyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. görülen orta-güney bölgesinde, çeşitli toprak *Cyanophyceae*'lerinin sürekli bir alg örtüsü oluşturarak ,bitki süksesyonunda başlangıç devresini sağladıkları gözlenmiştir. Bu durum ayrıca toprak paraçacıklarının birbirine bağlanmasına ve erozyonla taşınan toprak miktarının biraz azalmasına neden olmaktadır.

### 5.5.3.3. Azot döngüsüne katkı

Mavi-yeşil algler içinde atmosfer azotunu fikse eden önemli cinsler bulunmaktadır. Bu işlevi yapan cinsler arasında *Anabaena*, *Nostoc*, *Cylindrospermum* ve tüm *Nostacaceae* familyası sayılabilir.

Tarım ve çayır alanlarda serbest azotu fikse eden alglerin oransal dağılımı konusunda fazla bilgi olmamakla birlikte yirmiden fazla mavi-yeşil algHata! Yer işareti tanımlanmamış. türünün bu işleve katıldığı bilinmektedir. Bunlar arasında *Nostoc punctiforme*, *N.muscarum*, *Tolypothrix tenuis*, *Calothrix brevissima*, *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum licheniforme* sayılabilir.

Algler doğal ekosistemde azot girdisi bakımından önemli rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda tarımsal alanlarında da bu işlevleri sonucu verimliliğe katkıda bulunurlar. Hindistan ve uzak doğuda çeltik alanlarına algHata! Yer işareti tanımlanmamış. uygulamaları ile önemli düzeyde ürün artışı sağlanmaktadır. Japonya'da çeltik alanlarına *Calothrix brevissima* ve *Tolypothrix tenuis* türlerinin aşılınması ile üründe %15 ile 25 arasında artış sağlandığı saptanmıştır. Azot fikse eden alglerle yapılan aşılama yanında fosfat ve kireç uygulamasının, hem ürün artışı ve hem de azot kazancı bakımından daha olumlu etki yaptığı da gözlenmiştir.

Yüksek bitkilerle simbiyotik olarak yaşayabilen bazı azot fikse edici türlerin toprak azotuna dolaylı olarak katkıda bulunduğu belirtilmektedir. Örneğin *Anabaena azollae* azot fiksasyonuHata! Yer işareti tanımlanmamış. yeteneğinde olup, bu azottan konukçuHata! Yer işareti tanımlanmamış. bitki *Azolla caroliniana* yararlanırken, toprağa geçen bitki kalıntılarının azot kapsamının yüksek olması, toprakta bir azot kazancı olarak değerlendirilir.

Toprak algleri tarafından fiksasyonHata! Yer işareti tanımlanmamış. sonucu amino asit -N halinde bünyede bulundurulmuş azot veya bünyedeki diğer azot formları ya organizma canlıyken difüzyon ile veya ayrışma olayları sonucu çevreye aktarılır. Tarım topraklarında, kurak bir dönemden sonra nem düzeyinde yeniden bir artış, bu tür amino asitlerin iki hafta içinde toprakta mineralize olmasını sağlamaktadır. Böylece algHata! Yer işareti

**tanımlanmamış.** ve liken**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gibi organizmaların toprak yüzeyinde kolonize olması, toprak azot bilançosu için devamlı bir kaynak sağlamaktadır. Alglerin azot kapsamları, yüksek bitkilerden çok daha fazladır. Azot bağlayan mavi-yeşil alglerde, diğer azot bağlayan organizmalarda olduğu gibi, toplam azot kapsamı kuru ağırlık yüzdesinin % 7 ile 8'i arasında değişmektedir. Bu organizma dokularının C/N**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oranları da 10/1 düzeyinde olduğundan mineralizasyonları hızlı olmakta ve serbest azot formları ortaya çabuk çıkmaktadır.

Azot fikse eden mavi-yeşil alglerden ileride **azot fiksasyonu****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bölümünde tekrar bilgi verilecektir.

## 5.6. Likenler

Bu organizmalar mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve alglerin oluşturduğu ileri düzeyde bir simbiyoz**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** şeklidir. Likenler toprak oluşumunda önemli işleve sahiptirler. Liken simbiyozuna katılan mantar üye genellikle *Ascomycetes* veya *Basidiomycetes* grubundandır. Alg üye ise *Chlorophyta* veya *Cyanophyta* olmaktadır. Kutup ve yüksek dağlık bölgelerde dominant**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** flora**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** likenlerdir. Bu organizmalar algler ve yosunlar ile birlikte çıplak arazi ve kaya yüzeylerinin kolonizasyonunda birincil düzeyde rol oynamaktadırlar.

Likenler **Thallus****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanan bir yapı gösterirler. Bu gruba giren diğer organizmalar ile birlikte, yaprak, sap veya kök bölümleri olmayan bir bitki türünü oluştururlar (Şekil 5.29). Liken thallusu, **mycobiont****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanan bir mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ile **phycobiont****Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak tanımlanan bir alg**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üyenin mükemmel bir karışımından oluşmuştur. Böyle bir yapıda genel olarak üç ayrı kısım saptanır.

Şekil 5.29. *Parmelia fistulata* lobunun kökçükler içeren alt yüzeyi (8x)

### a. Kortikal tabaka

Thallusun koruyucu üst (korteks**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) katmanıdır. Bazı türlerde yapısı farklılık göstermekle birlikte, alt ve üst korteks olarak bulunur. Yeşil bitkilerin epidermisi ile kıyaslanabilecek olan bu doku, yoğun ve jelatinimsi maddelerle çimentolanmış hüflerden oluşur. Kalınlığı 10-15 µm kadardır. Mikroskobik kesit gözlemlerinde sünger taşıyan andıran poröz bir yapı gösterir (Şekil 5.30).

**Şekil 5.30. Likenlerde kortikal strüktür**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **a. *Physcia ciliata*, korteksin uzun kesiti (4000x). b. *Anaptychia hypoleuca*'da korteks**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **yapısı, uzunlamasına kesit (400x).**

### **b. Medulla**

Bu kısım genellikle bitkilerde besin stoğunun yapıldığı ve öz su bakımından en zengin olan kısımdır. Karmaşık bir yapı halinde boru şeklinde hiflerin oluşturduğu bu kısmın kalınlığı 500 µm kadar olup, su tutma kapasitesi yüksek olan ve aynı zamanda **likens**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **asitlerini** içeren bölgedir.

### **c. Alg katmanı**

Liken algleri, mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. doku ile tümüyle sarılmış durumdadırlar. Üst korteksHata! Yer işareti tanımlanmamış. ile medulla arasında 10-15 µm'lik bir kat oluştururlar ( Şekil 5. 31).

**Şekil 5.31. Likenlerin Scanning-elektron fotoğrafı. a. *Parmelia saxatilis*'in kök benzeri uzantıları, b. *P.gigas*'ın yüzeyindeki üst kortikal porları.**

Oluşturdukları yapı, şekil ve kullandıkları substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. bakımından üç genel grup ayırılır:

### a. Kabuksu (Crustose Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) likenler

Bunlar genellikle substrat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde ince yapılı, kabuksu, fakat substrata kuvvetle nüfuz eden bir doku oluştururlar. Meydana getirdikleri dokuyu substrattan ayırmak oldukça güçtür. Hava kirliliği olmayan bölgelerde kayaların yüzeylerindeki sert klorofilli dokuları ile ayırılabilirler. Örneğin *Lecidea* veya *Sarcogyne* gibi endolitik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. türler, kaya kristallerinin bir kaç mm içine etki ederek sıkıca tutunurlar. Kayaları çözücü liken Hata! Yer işareti tanımlanmamış. asitler bu amaçla kullanılır ( Şekil 5.32).

Şekil 5.32. Kabuksu likenlerde thallus . a. *Rhizocarpon riparium* (12x), b. *Acarospora hiliaris* (12x).

### b. Yapraksı (Foliose) likenler

Bu organizmalar substrat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. üzerinde kıvrımlı, yaprak benzeri dokular oluştururlar (Şekil 5.33 ).

Bazı büyük türleri 0.3 m veya daha büyük çapta olabilirler. *Lasalia papulosa* ve *Parmelia stuppea* bu likenlere örnektirler. Bu likenlerin oluşturdukları yapraksı strüktür Hata! Yer işareti tanımlanmamış. "dorsiventral Hata! Yer işareti tanımlanmamış." yani alt ve üst katmanların strüktür bakımından farklı olduğu bir yapıdadır .

Şekil 5.33. *Parmelia stuppea*'de yapraksı thallus.

### c. Çalı benzeri (Fruticose) likenler

Bu grup üyeleri saç, parmak, çalı veya benzeri formlar gösteren organizmalardır (Şekil 5.34). Boyutları çok farklı olup, 1 veya 2 mm çaplı *Cladonias* türünden 5 m büyüklüğe kadar ulaşabilen *Usnea* formları bu grupta bulunmaktadır. Şekil 5.35 de çalı benzeri likenlerin enine kesiti görülmektedir.



Şekil 5.34. *Fruticose* likenHata! Yer işareti tanımlanmamış. örnekleri. a. *Pilophorus acicularis*, b. *Thamnolia vermicularis* c. *Roccella fuciformis*, d. *Ramalina homalea*, e. *R. reticulata*

Şekil 5.35. Çalimsı likenlerden *Usnea densirostra thallusundan enine kesit*.

### 5.6.1. Likenlerin ekolojik rolleri

Likenler toprak oluşumu olaylarında biyolojik ayrıştırma faktörü olarak çok önemli ve olağan üstü rol oynamaktadırlar. Bu organizmalar kaya yüzeylerinde "**epilitik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış." likenler veya kaya çatlaklarında "**endolitik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış." likenler şeklinde bulunur ve oluşturdukları karmaşık asitlerle, kayaların çözünmesi güç silikatlarını çözerek, gelişmeleri için gerekli mineral maddeleri sağlarlar. Liken asitlerinin polihidroksi-polikarbon asitleri olduğu belirtilmektedir. Araştırmalara göre likenHata! **Yer işareti tanımlanmamış**. thallusunda bu güne kadar 22 organik asit sentezlendiği saptanmıştır. Likenler tarafından oluşturulan ekstraselülerHata! **Yer işareti tanımlanmamış**. ürünler iki ana gruba ayrılabilir.

a. Alifatik Seri: Yağ asitleri, triterpenoidler ve poliol'ler.

b. Aromatik Seri: Tetronik asit türevleri, depsidler, depsidonlar, kinonlar, dibenzofuranlar ve di-ketopiperazin türevleri.

Bu ilk sınıflamadan sonra bir ileri düzeyde modifikasyonla ekstraselülerHata! **Yer işareti tanımlanmamış**. bileşiklerin sınıflaması şu şekilde yapılmıştır:

#### **Shibata Sınıflaması**Hata! **Yer işareti tanımlanmamış**.

I. Shikimic asit orijinli olanlar,

1. Terfenilkinonlar

2. Tetronik asit türevleri
- II. Mevalonic asit orijinli maddeler,
  1. Triterpenoidler
- III. Asetat-malonat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** orijinli maddeler,
  1. Yüksek yağ asitleri
  2. Fenolkarboksilik asitler
    - a. Orsinol türevleri: Depsidler, dibenzofuranlar, depsonlar, depsidonlar, kromanonlar.
    - b. B-orsinol türevleri
    - c. Phloroglucinol türevleri
    - d. Kinonlor
- IV. Amino asit orijinli maddeler,

1. Diketopiperazin türevleri

Likenlerin salgılamış olduğu bu asitler Ca, Mg, Mn, Fe ve Al gibi çok değerlikli katyonları, kristal örgüden çözüp suda çözünebilir metal-organik kompleks bileşikleri haline çevirirler. Bu olay şelatlaşma (kleyt) olarak tanımlanmaktadır. Liken asitlerinin sadece bu türlü bir simbiyozda bulunduğu, simbiyoz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** partnerlerinin ayrı formlarında gözlenmediği belirtilmektedir.

Çıplak kaya yüzeylerinde bu organizmalar tarafından ilk kolonizasyon oluşturulduktan sonra, protozoalar, nematodlar, rotator ve tartigradalar için yeterli bir habitat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ortaya çıkar. Bunları takiben kara yosunlarının bir örtü şeklinde gelişmesi ile ham toprağın oluşması, sürece hız kazanır.

## 5. 7. Virüsler ve Fajlar

Toprak mikroorganizmaları küçük olmalarına karşın normal ışık mikroskobu ile görülebilirler. Ancak topraklarda mikroskop altı büyüklükte olan ve çeşitli mikroorganizmaları konakçı **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak kullanan organizmalar da bulunmaktadır. Virüs adı verilen bu organizmalar diğer mikroorganizmaların geçemediği özel filtrelerden geçebilme ve yalnızca canlı hücreler içinde çoğalabilme özelliğindedirler. Bu organizmalar bitki, hayvan ve insanlarda neden oldukları hastalıklar bakımından büyük ekonomik ve tıbbi öneme sahiptirler.

Virüsler konakçı **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olmaları bakımından spesifik davranış gösterirler. Belirli bitki türleri, hayvanlar veya mikroorganizmalar bu yönde kullanılabilir. Bu özellik virüslerin konakçı oldukları organizma türünden sınıflandırılmalarına yol açmıştır. Bir grup bakterilere parazit **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olup bunlara **bakteriofaj** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** adı verilmektedir. Bunun yanında aktinomisetlerde de parazit olan gruplar (**actinofaj** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) bulunmaktadır.

Bakteriyel virüsler genellikle bir baş ve kuyruk benzeri strüktürden oluşur (Şekil 5.36).

**Şekil 5.36. Faj T 2'nin yapısı (Kolifaj)**

Bir çok bitki hastalığı yapan virüsler kışı toprakta geçirirler, örneğin buğday, yulaf ve tütün mozaik virüsleri topraktan kaynaklanan hastalıklardır (Şekil 5.37). Bunun gibi hayvan hastalıkları virüsleri de toprakta bir müddet bulunabilirler (örneğin şap virüsü). Bakteriyofaj olarak tanımlanan bakteriler, virüsleri bakteri ve aktinomisetler tarafından kontrol altında tutarlar (Şekil 5.38 ve 5.39). Boyutları 0.05-0.10 µm çapında olup, kuyruk uzunluğu 0.2 µm'yi bulabilir. Şekil 5.40'da çeşitli virüs parçacıklarının şekil ve büyüklükleri görülmektedir.

**Şekil 5.37 . Tütün mozaik virüsü (a) ve (b) modeli büyütme 65 000X.**

**Şekil 5.38. Elektron mikroskobunda bakteriyofaj partikülleri**

**Şekil 5.39 . Çeşitli faj şekilleri.**

**a. İpliksi form (kolifaj), b. Baş ve kasılır kuyruk, c. Baş ve esnek kuyruk (kolifaj T<sub>1</sub> ve T<sub>5</sub>) d. Baş ve kısa kuyruk (T<sub>3</sub> ve T<sub>7</sub>), e. Oktaeder form, f. Eikoseder form**

**Şekil 5.40 . Bazı virüs parçacıklarının şekil ve büyüklükleri**

Bir bakteriyofaj bakterinin hücre içine girdikten sonra bakterinin hücrenin erimesine (lysis) neden olur. Şayet bakteri bir agar üzerinde geliyorsa bu erime nedeni ile oluşan plak açık bir bölge olarak görülebilir. Enfeksiyon sıvı kültürde gerçekleşirse bakteriyel süspansiyonun türbiditesi azalır. Bakteriyofajların bakteri popülasyonu üzerindeki etkisi bazen çok olumsuz olabilir. Örneğin toprak verimliliği için çok önemli bir bakteri türü olan *Rhizobium* türüne ilişkin fajların etkisi ile bakteri popülasyonu ve onun simbiyozu olan baklagil bitkilerinin gelişmesi zararlanabilir. Şekil

5.41'de bakterilerin bakteriyofaj enfeksiyonu sonucu populasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** değişimleri görülmektedir.

Şekil 5.41 . Bakteriyofaj etkisi ile bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** populasyonundaki değişimler

### 5.7.1. Virüslerin toprakta bulunma süreleri

Virüsler toprak koşullarına ve türlerine göre toprak ortamında farklı bulunma süreleri gösterirler. Bu süre özellikle **yaşam** süresi olarak nitelendirilmemiştir, çünkü bilindiği gibi virüsler gerçek canlı unsurlar olmayıp çoğalabilmek için mutlak bir konak canlıyı gereksinirler. Çizelge 5.14'de bazı bitki virüslerinin farklı toprak koşullarındaki bulunma süreleri verilmiştir.

Çizelge 5.14 . Bitki virüslerinin topraktaki bulunma süreleri (gün)

Virüs	Nemli Toprak	Kuru Toprak
Tütün nekroz virüsü	8	1
Fasülye mozayik virüsü	25	3
Petunya asteroid mozayik virüsü	25	1
Hıyar nekroz virüsü	25	3

Görüldüğü gibi nemli topraklar kuru olanlara nazaran virüslerin aktivitelerini daha uzun bir süre sağlamaktadır. Bitki virüslerinin toprak kuruması ile hemen inaktif duruma geçmesine karşın, mantarlar yolu ile kaynaklanan bitki virüslerinin kuru topraklarda yıllarca kalabildiği gözlenmiştir.

Virüsler, bakterileri olduğu kadar mavi-yeşil algleri de enfekte ederler. Bu tür virüsler çoğunlukla **Cyanofaj** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya **Phycovirüsler** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak adlandırılır. Nehir, göl, havuz gibi ortamlarda bulunmasına karşın, çeltik alanlarında saptanmamış olup, topraklardaki dağılımları da büyük ölçüde tanımlanmamıştır.