

Toprakta yaşamakta olan çeşitli bireyler veya populasyonlar arasındaki karşılıklı etkileşimler (**interaksiyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) organizmalardan birinin veya her ikisinin uyarılması (**stimulation**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) veya engellenmesi (**inhibition**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.)ne bağlı olarak olumlu veya olumsuz olabilir. Olumsuz etkileşimler rekabet(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. (competition)**), zıt etkileşim (**antagonizm**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.), mantar(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. gelişiminin engellenmesi (Fungistasis**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.), avcılık (**predasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) ve parazitik ilişkilerdir. Olumlu etkileşimler ise birlikte bulunma (**Kommensalizm**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.), zorunlu olmayan karşılıklı yararlanma (**Protokooperation**) ve karşılıklı zorunlu yararlanma (**Mutualizm**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.)dir.

7.1. Olumsuz Etkileşimler

7.1.1. Rekabet (Competition)

Bu ilişki türü iki veya daha fazla sayıda organizmanın bir madde veya koşulu sağlamak için aktif davranış ve isteklerini belirtir. Botanikçiler bu konu üzerinde mikrobiyologlardan çok daha önceleri çalışmışlardır. Klasik botanik yaklaşımında bitkiler **ışık, su, besin maddeleri ve gelişme alanı** için rekabet(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** etmektedirler. Toprak mikrobiyologları, ışık hariç olmak üzere diğer benzer faktörlerin heterotrofik mikroorganizmalar arasındaki rekabetle ilgili olduğunu belirtmekle birlikte yeni bilgilerin ışığı altında mikroorganizmaların esas olarak **substrat**(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, yani enerji sağlamak için rekabet ettikleri; su, besin elementleri ve gelişme alanının mikroorganizmaların rekabeti için çok fazla önemli olmadığı belirtilmektedir.

Gelişme ortamının su kapsamı şüphesiz mikrobiyal aktivite için çok önemlidir. Bunun yanında mikroorganizmalar metabolik faaliyetleri sırasında su üretmektedirler. Bu nedenle su toprak mikroorganizmalarının aktivite ve yaşamını sağlayan temel faktörlerden olmakla birlikte, rekabet(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** edilen bir madde değildir. Substratın ayrışması için başlangıçta sağlanan yarayışlı su yeterli olmakta ve aktivite metabolik suyun üretilmesi ile otokatalitik olarak gelişmektedir.

Bütün bu açıklamalar, organizmaların aktivitelerini sürdürmelerinin toprak suyu potansiyelindeki değişimlerden etkilenmediği veya mikroorganizmaların su gereksinimi olmadığı anlamında anlaşılmalıdır. Gerçekten toprakların mantar(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** florası, çeşitli mantar türlerinin yarayışlı toprak suyu düzeyindeki değişimlere farklı tepki göstermelerinden dolayı etkilenmektedir.

Mikroorganizmaların substrat(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** için rekabetleri türler arası (inter spesifik) ve bir türün birey veya grupları arasında (intra spesifik) şeklinde tanımlanmaktadır. Bunu en iyi tanımlayan deney, farklı iki organizma türünün tek bir substrat tipinde ayrı ve birlikte üretildiklerinde oluşturdukları gelişme (populasyon(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) eğrisi ile açıklanabilir.

Rekabet niteliği fazla olan organizma test koşullarında daha kısa generasyon süresinde yüksek populasyon(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşturarak, birlikte gelişmeye bırakılan diğer organizma türüne dominant(**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** nitelik gösterir.

Rekabet özelliği zayıf olan organizma diğer organizma ile birlikte gelişime bırakıldığında, başlangıçta tek başına olduğuna benzer şekilde gelişmeye başlarsa da, zaman

içinde çoğalma oranı, diğer rekabetçi türün ortamdaki besin maddelerini sınırlayacak düzeyde metabolize etmesine ve çoğalma oranına bağlı olarak azalır. Bu rekabet **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** durumu Şekil 7.1 de verilen grafikte görülmektedir.

Şekil 7.1. İki farklı bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış. türü arasında sıvı kültürdeki rekabet Hata! Yer işareti tanımlanmamış. durumu

Genel olarak ekosistemlerde, benzer davranış ve yaşam şekline sahip olan ve birbirine yakın özellikler taşıyan türler, benzer besin maddelerini veya substratları kullanır ve aynı ortamlarda barınmazlar. Şayet birbirine yakın türler aynı ortamlarda gözleniyorsa bunların aktif oldukları zaman bölümü farklıdır veya **Ekolojik Nişleri (Ecological Niche)** farklılık gösterir. Niş **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kavramı, bir canlı türünün yaşamını sürdürebilmesi için benimsediği ve bulunduğu **habitat**'a göstermiş olduğu davranış ve yaşayış şeklidir. Daha öz olarak habitat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bir organizmanın barındığı, yaşadığı alan, niş ise bu alanda diğer türlerin yoğun etkinlikleridir. Türler kendi nişlerinden taşıdıkları anda diğer türlerin yoğun rekabeti ile karşılaşır. Bu konu ile ilgili gelişmeler deneysel olarak ilk kez **Gause** tarafından tanımlandığından gelişmeye bağlı rekabet **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** eğrileri "**Gause eğrisi**" olarak tanımlanır. Örneğin Paramecium'lardan iki yakın akraba *P.caudatum* ve *P.aurelia* uygun bir kültürde ayrı ayrı geliştirildiklerinde populasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bakımından benzer ve tipik sigmoid (S şeklinde) bir eğri oluştururlar. Her iki türün aynı kültüre aşılması durumunda *P.aurelia* 16. günden sonra diğer türün gelişmemesi ile kültürde yalnız kalır (Şekil 7.2).

Şekil 7.2. Karışık kültür olarak gelişen iki *Paramecium* türünün Gause rekabet Hata! Yer işareti tanımlanmamış. eğrileri.

Bu olayda her iki türden hiçbiri birbirlerine doğrudan zararlı etki (zararlı madde salgılanması, predasyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. v.b) yapmamasına karşın *P.aurelia* daha hızlı gelişme yeteneğinde olduğundan mevcut koşullarda *P.caudatum* rekabetle ortamdaki giderilmiş olur.

Toprak ekosistemi içinde bulunan organizmalar substrat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. niteliğindeki çok çeşitli maddelerle temastadırlar. Toprak organik maddesi toprak organizmalarının kullanabileceği çok farklı kimyasal bileşikler içerir. Toprakta yaşayan türler, organik maddenin ayrışmasında farklı ekolojik nişlere sahip olduğundan doğrudan bir rekabete girmezler. Hatta bir çok durumda bu nişler birbirini tamamlar niteliktedir. Nitrifikasyon bakterileri buna örnek verilebilir. *Nitrosomonas*'lar tarafından amonyağın oksidasyonu yolu ile üretilen nitrit Hata! Yer işareti tanımlanmamış., *Nitrobacter* türleri tarafından substrat olarak değerlendirilir ve nitrat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oksitlenir. Mikroorganizmalar arasında fizyolojik ve biyokimyasal ihtisaslaşmanın düzeyi, topraktaki organik substratların çeşitliliği ve karmaşıklığı ile ilgilidir. Bu durum toprak habitatında çok sayıda ekolojik nişin varlığını mümkün kılmaktadır. İstisnaları olmak koşulu ile toprak mikroorganizmaları rekabetçi olmaktan çok, birlikte davranış içinde bulunmaktadırlar. Rekabetin pratik önemi azot fiksasyonu Hata! Yer işareti tanımlanmamış. konusunda görüleceği gibi, baklagil bitkilerinin aşılmasında kullanılan nodül Hata! Yer işareti tanımlanmamış. oluşturuşu kültür *Rhizobium* Hata! Yer işareti tanımlanmamış. soyları ile toprakta bulunan doğal *Rhizobium* florası arasındaki rekabette ortaya çıkmaktadır. Daha rekabetçi olan soylar, bitki kılcal köklerini daha yoğun bir şekilde etkilemekte (enfeksiyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış.) ve daha yüksek oranda nodül oluşturma olasılığına kavuşmaktadırlar. Şayet oluşturulan nodüller toprakta yaşayan ve azot fikse etme yeteneği zayıf olan etkisiz türlerce gerçekleştiriliyorsa aşılamanın değeri kalmadığı gibi, baklagiller kök-nodül simbiyozundan yararlanamamaktadırlar. Bu durumun ekonomik boyutu ise çok önemli olmaktadır.

7.1.2. Zıt Etkileşim (Antagonizm)

Besince zengin bir agar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. plak üzerine seyreltik bir toprak süspansiyonu ile aşılama yapıldığında uygun bir inkübasyon Hata! Yer işareti tanımlanmamış. süresi sonunda agar yüzeyinde çok yakın ilişki durumunda pek çok bakteri Hata! Yer işareti tanımlanmamış., aktinomiset Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve mantar Hata! Yer işareti tanımlanmamış. kolonileri gelişir. Bu koloniler içinde bazılarının çevrelerinde diğer organizmaların gelişmediği temiz bölgeler dikkati çeker. Bu tür kolonilerin etrafını çeviren bu açık bölge o organizma kolonisinin oluşturduğu antibiyotik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. maddeler ile ilgilidir. Antibiyotik bir organizma tarafından oluşturulan ve düşük konsantrasyonlarında diğer organizmaların gelişmelerini engelleyen maddelerdir. İşte bu tür metabolitler Hata! Yer işareti tanımlanmamış. salgılanması yolu ile bir türün diğer bir türü engellemesi ile sonuçlanan etkileşim amensalizm Hata! Yer işareti tanımlanmamış., etkileşim her iki tür organizmayı da olumsuz etkiliyorsa antagonizm Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak tanımlanır. Antibiyotik üretimi ile oluşturulan etkileşim bazen antibiyosiz Hata! Yer işareti tanımlanmamış. olarak da tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalar toprak çevresine çeşitli metabolitler salgırlar. Bazı mikrobiyal salgılar diğer organizmalarca gelişim faktörü veya enerji sağlayıcı substrat Hata! Yer işareti tanımlanmamış. ve besin maddesi olarak kullanılabilir. Antibiyotik üretimi ise bu konuda özelleşmiş organizma gruplarıncı oluşturulan ve rekabette işleyen en önemli mekanizmalardan biridir. Ancak toprakta gözlenen zıt etkilerin tümü antibiyosiz ile ilgili olmayabilir. Topraklar yüksek derişimlerde bazı organizmalara toksik Hata! Yer işareti tanımlanmamış. etki yapan biyolojik orijinli birçok bileşik

içermektedir. Mikrobiyal metabolizma sırasında ara ürün olarak oluşan bazı organik asitler **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya oluşan CO₂'in lokal etkileri örnek olarak verilebilir. Yine, alkali topraklarda mineralizasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sonucu oluşan amonyak **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, nitrobacter'leri önemli düzeyde engeller. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan nitrit **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** birikmesi diğer mikroplar ve hatta bitki gelişimi için olumsuzluk faktörlerindedir. Bazı bitki dokularının ayrışma ürünü olarak ortaya çıkan reçineler, tanenler ve fenol bileşikleri de mikroorganizmalara toksik etki yapan maddelerdir.

Bütün bu sayılan mikrobiyal metabolizma ürün ve yan ürünlerinin antibiyotiklerden farklı olarak etki gösterebilmeleri için ortamda yüksek derişimde bulunmaları gerekmektedir.

Topraktan izole edilen bir çok organizma, laboratuvar koşullarında antibiyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** oluşturmaktadır. Aktinomisetler, özellikle streptomisetler önemli antibiyotik üreticisidirler. *Streptomisin* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *kloramfenikol* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *sikloheksimid* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve *klor-tetrasiklin* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bileşikleri aktinomisetler tarafından oluşturulmaktadır. Endüstriyel antibiyotik üretiminde kullanılan en önemli aktinomisetler topraktan izole edilmektedir. Antibiyosiz olayı genellikle *Streptomyces* izolatlarında yaygın olmakla birlikte, çeşitli *Nocardia* ve *Micromonospora* suşları da aktiftir. Antibiyotik üreten bakteriler arasında *Bacillus* türleri ve *Pseudomonas* suşları sayılabilir. Bunlar pyocyanin ve ilgili bileşikleri salgırlar. Mantarlar içinde ise *Penicillium* **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, *Trichoderma*, *Aspergillus* ve *Fusarium* önemli antibiyotik üretici türlerdir. Alg ve protozoa **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** organizmalarında antibiyosiz olayı gözlenmemiştir.

Antibiyotikler, duyarlı mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, bakteri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve aktinomisetleri engelleme veya öldürmede etkilidir. Pek çok mikroorganizma, kültür ortamlarında birden fazla toksik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** metabolit üretmektedir. Bunların herbiri farklı organizma grupları üzerinde etkili olabilmektedir.

Antibiyosiz'in aşağıda belirtilen beş faktör nedeniyle toprak komünitelerinin bileşimini regüle eden ana faktör olduğuna karşı düşünceler bulunmaktadır.

- Aktif kültürlerin uygun yaşam koşullarını sağlamada antibiyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üretim yeteneğinde olduklarına dair bir bulgu yoktur. Toksin sentezleyici organizmalar rekabet **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** avantajlarına karşın, zararsız mikroorganizmalardan daha fazla yaygınlık göstermezler.
- Topraktaki hakim türler arasında onların antibiyotiğe direnç veya duyarlılıkları arasında bir ilişki saptanamamıştır.
- Toprak ekosisteminde yabancı mikroorganizmaların toprakta hızlı bir şekilde ortamdan kaybolmaları, genellikle bunlara karşı toksin oluşturma etkisi ile ilgili bulunmamaktadır.
- Doğal niteliklerini koruyan topraklara antibiyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üreten organizmalar ilave edildiğinde, etkili madde (toksin, antibiyotik) nin sentezi saptanamamaktadır ve çoğunlukla aşılama popülasyonu ölmektedir. Söz konusu organizmalar steril **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** toprağa aşılandığında, bazı antibiyotiklerin sentezlendiği saptanmıştır.
- Toprağa verilen veya toprakta oluşan antibiyotikler, inaktif duruma geçebilirler; bunda etkili olan mekanizmalar adsorpsiyon, kimyasal reaksiyonlar veya biyolojik ayrışma olabilir.

Bu gözlemlere dayanılarak antibiyotiklerin aktif organizmalarca küçük bir alanda kullanılan bir güç olduğu ve serbest bırakılışlarından bir müddet sonra hızlı bir şekilde kimyasal ve biyolojik olarak aktivitelerini kaybettikleri anlaşılmaktadır. Antibiyotik üreten organizma

kolonilerinin etrafındaki temiz bölgenin yoğun bir organizma bileşimi içermesi, bu mekanizmanın ekolojik bir öneme sahip olmaktan çok, lokal bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bütün antibiyotikler özel bir etki gücüne sahiptir. Bazı antibiyotikler geniş spektrumlu olabilirler. Örneğin *streptomycin* gram pozitif ve negatif bakterilerle aktinomisetlere karşı etkilidir. Diğer antibiyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türleri sınırlı bir spektrum gösterirler. Örneğin *viomycin* esas olarak *Mycobacterium* türlerine karşı aktiftir. Yaklaşık kırk yıldan fazla bir sürede, toprak mikroorganizmalarının laboratuvar kültürlerinde yüzlerce antibiyotik bulunmuştur. Bunların bazıları mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve bakterilere fakat çoğunluğu aktinomisetlere ait bulunmaktadır (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1 . Bazı çok bilinen antibiyotikleri üreten mikro organizmalar

Organizma	Antibiyotik
<i>Streptomyces antibioticus</i>	<i>Actinomycin</i>
<i>S.erythraeus</i>	<i>Erythromycin</i>
<i>S.fradie</i>	<i>Neomycin</i>
<i>S.griseus</i>	<i>Streptomycin</i>
<i>S.niveus</i>	<i>Novobiocin</i>
<i>Bacillus polymyxa</i>	<i>Polymixin</i>
<i>Penicillium</i> Hata! Yer işareti tanımlanmamış. <i>chrysogenum</i>	<i>Penicillin</i>

Şekil 7.3. Antibiyotik salgılanması yolu ile antagonistik etki Antibiyosiz) a. Büyük organizma: *Motierella pusilla*, b. Küçük organizma: *Lactaricus sp.*

7.1.3. Mantar gelişiminin engellenmesi (Fungistasis)

Antibiyosiz olayının mikro ölçekli ve geçici bir etkileşim olduğu anlaşılmaktadır, çünkü bir çok antibiyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** toprağın koloidal **Hata! Yer işareti**

tanımlanmamış. yüzeylerinde adsorplanarak veya toprak canlılarının biyolojik ayrıştırması sonucu, süratle toprakta aktivitesini kaybetmektedir. Bu etki yanında topraklarda çok daha geniş kapsamlı ve daha sürekli olan bir etki **mycostasis** veya **fungistasis** olarak bilinen mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** inhibe**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** edici özelliğidir. Fungistatik madde mantar gelişmesini engelleyen, fakat mantarı öldürmeyen niteliktedir. Bu maddelerin neler olduğu tam olarak bilinmemekle birlikte suda çözünen, uçucu veya uçucu olmayan ve sıcaklıkla aktivitesini kaybeden toksinlerdir. Bu maddelerin mikrobiyal kökenli olduğu düşünülmektedir. Fungistasis olayı Dobbs ve Hinson tarafından ilk kez araştırılmıştır. Deneyde selofan katları arasında **PenicilliumHata! Yer işareti tanımlanmamış.** **frequentans** sporları toprağa gömülmüş ve çimlenme özellikleri ile engelleyici madde nitelikleri araştırılmıştır.

Mantarların tümü fungistasis olayına karşı duyarlı değildir ve bu olayın etkisinin glikoz**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türünden bir karbon kaynağının ilavesi ile giderilebildiği saptanmıştır.

Topraklarda mikrobiyal kökenli antibiyotik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve toksinlerin dışında, doğal popülasyonların aktivitesine zarar veren mikrobiyal ürünler de bulunmaktadır. Çoğunluğu basit nitelikli olan bu metabolitler**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** şunlardır: Karbondioksit, amonyak**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, nitrit**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, etilen ve kükürt bileşikleridir. Örneğin % 2 çoğunluk % 1'den az CO₂ düzeylerinde çeşitli mantarlarda konidial çimlenme, sporlaşma ve misel**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** gelişimi etkilenmektedir ve bu düzeydeki karbondioksit tarla koşullarında oldukça yaygındır.

Diğer taraftan amonyak**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** **Nitrobacter**'ler için etkili bir inhibitördür. Ayrıca azotça zengin bitki dokularının ayrışması sırasında oluşan amonyak bazı mantar**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türlerini de baskı altına alabilmektedir. Bunlara ilave olarak H₂S, metan**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, tiyol, dimetil sülfid**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve diğer uçucu kükürt bileşikleri bir grup popülasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve aktiviteleri engellemektedir.

7.1.4. Avcılık (Predasyon ve parazitizm)

Antagonizmanın bu şeklinde, bir organizma diğerleri tarafından enerji ve madde kaynağı olarak tüketilir. Predasyon olarak tanımlanan bu olay, doğadaki mikrobiyal dünyada yürüyen en dramatik ilişkilerden biri sayılabilir. Örneğin bakterilerin predatörleri protozoalar olup beslenme amacı ile milyonlarca tüketilir ve bu yol ile bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** popülasyonları önemli düzeyde etkilenir. Mikrobiyal dünyada protozoalar gibi fagotrofik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (yutucu) predatörler oldukça nadir bulunur. Bakteri, alg**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve mantarların büyük çoğunluğu predatör olarak tanımlanmaz, zira hücre duvarı katı partiküllerin girişini engeller. Ancak mantarlar içinde nematodları tuzak kurarak yakalayan predatör türlerin varlığı ilginçtir.

Parazitizm bir organizmanın diğer organizmayı hem substrat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kaynağı, hem de habitat**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak kullanması olup, bu özelliği ile predasyondan ayrılır, çünkü predatör organizma serbest yaşamak ve avından besin ve enerji kaynağı olarak yararlanmak eğilimindedir.

Bakteriyofajların bakterileri çözmesi olayı parazitik bir etkidir. Topraklarda çok bulunan virüs**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** benzeri flagellumlu bir bakteri**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olan **BdellovibrioHata! Yer işareti tanımlanmamış.** bakteri yüzeylerine saldırarak onların çözülmesine etken olur, özellikle gram-negatif**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bakteriler bu organizma için uygun avlardır. Bu predatörlerin dışında toprakta bakterilerden beslenen diğer organizmalar **MyxobacterHata! Yer işareti tanımlanmamış.** 'ler ve

sıvaşıcı küflerdir. Bu her iki predatör grup da, işlenen topraklarda yaygın olarak bulunurlar. *Myxobacter* yalnızca bakterilerle değil, bunun yanında algHata! Yer işareti tanımlanmamış., mantarHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve mayalar ile de beslenir.

7. 2. Olumlu Etkileşimler

7.2.1. Komensalizm (commensalism): Birlikte bulunma

Genellikle farklı türlere ait organizmalar arasında gözlenen bir ilişki türüdür. Bu olayda ilişkideki türlerden biri yarar sağladığı halde, diğer tür herhangi bir etki almaz.

Bitki kalıntılarında kolonize olan öncü organizmalar kompleks organik bileşikleri ayrıştırırlar, böylece serbest duruma getirdikleri maddeler veya ürünler, ikincil olarak kolonize olan organizmalara substratHata! Yer işareti tanımlanmamış. görevi yapar, örneğin selülozHata! Yer işareti tanımlanmamış. ayrıştıran mantarlar ile şeker ayrıştıran mantarlar arasındaki ilişki bu türdür. Yine selülotik mantarların çeşitli organik asitleri üretmeleri, selülotik olmayan bir çok bakteriHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve mantara karbon kaynağı olarak görev yapar. İkinci tip komensal ilişki bir çok mikroorganizmanın gereksinim duyduğu gelişim faktörleri ile ilgili olarak gözlenir. Bir çok bakteri saf kültürlerde suda çözünür B-vitaminlerini ve amino asitleri bulamadıkları durumda gelişememektedirler. Doğada mikroorganizmalar bu tür gelişim faktörlerini diğer organizma salgılarından ve bitki köklerinden sağlarlar. Bu tür bakterilerin topraklarda yaygın olarak bulunması, komensal etkileşimi, toprak mikroflorasının bileşimini oluşturan ana biyolojik etkilerden biri yapmaktadır. Bakteriyal deaminizasyon reaksiyonları ile amino asitlerden NH_4^+ iyonlarının serbest bırakılması *Nitrosomonas* bakterisi için enerji kaynağı olarak hizmet eder. Bu bakterinin oluşturduğu nitritler ise *Nitrobacter* için substrat oluşturur.

Kükürt, karbon ve azotun değişimlerinin çoğu, diğerlerince enerji ve besin kaynağı olarak kullanılabilir maddelerin bazı mikroplarca üretilmesidir. Bütün bunlar komensalizme yaygın örneklerdir.

Komensalizme başka örnekler vermek de mümkündür. Örneğin fiziksel değişimlerin bazı organizmalarca gerçekleştirilmesi, aynı çevrede farklı türden organizmaların gelişmesine olanak sağlar. Topraktaki aerobHata! Yer işareti tanımlanmamış. mikroorganizmaların aktivitesi sonucu toprak redoksHata! Yer işareti tanımlanmamış. potansiyelinin azalması bu çevrede anaerobikHata! Yer işareti tanımlanmamış. organizmaların gelişmesini sağlar. Bu olay obligat anaerob olan *Clostridium sp.*'nin genel olarak aerob bir çevre olan toprakta nasıl gelişebildiğini açıklamaktadır.

7.2.2. Mutualizm (Karşılıklı zorunlu yararlanma)

Mutualistik ilişki toprak ekosisteminde beslenme bakımından büyük önemi olan bir etkileşim şeklidir. Bu etkileşim için en iyi örnekler bitki köklerinde yaşayan mikorizaHata! Yer işareti tanımlanmamış. mantarları ile bitki simbiyozu ve azot fikse eden *Rhizobium*Hata! Yer işareti tanımlanmamış. bakterileri ile baklagil kökleri arasındaki simbiyotik işbirliği ile yine aktinomisetler ile yüksek bitkilerin oluşturduğu simbiyozdur.

Toprak ekosisteminde mutualistik ilişki türleri çok çeşitlidir. Yüksek bitkiler ve mikroorganizmalar yanında iki mikroorganizma veya faunaHata! Yer işareti tanımlanmamış.-mikroorganizma ilişkileri mutualistik tarz gösterebilir. Hayvanlar ile simbiyotik yaşayan pek çok mikroorganizma bulunmaktadır. Özellikle *Coleoptera*, *Diptera* ve *Hymenoptera* larvalarının toprakta bulunduğu dönemde bu ilişki tarzı söz konusudur. Bu ortaklık mutualistik ilişkiler içinde en az sürekli olanlardandır. Bazı sindirim sistemi bakterileri, hayvanların besin olarak tükettikleri selülozHata! Yer işareti tanımlanmamış. ve kitinHata!

Yer işareti tanımlanmamış. maddeleri ile bunların ayrışma ürünlerini sindirme ve ayrıştırma kapasitesine sahiptir. Hayvanların sindirim sistemlerinde bulunan mikroorganizmalar büyük bir enzim **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** potansiyeline sahiptir.

Mutualistik ilişkinin iki mikrop arasında olmasına en iyi örnek *Streptococcus faecalis* ve *Lactobacillus arabinosis* arasındaki ilişki tarzıdır. Bu iki organizma bir arada bulduklarında gelişebildikleri halde ayrı ayrı gelişmeleri mümkün olmamaktadır. Bunun nedeni *S.faecalis*'in gelişim faktörü olarak folik asidi, diğer mikroorganizmanın ise, fenil alanin'i gereksinmeleridir. İki organizma birarada bulunduğu streptococcus fenil alanin sentezleyip salgılamakta, lactobacillus ise folik asit sentezlemekte ve birbirlerinin gelişim faktörü gereksinmesini karşılamaktadırlar.

Yaygın mutualistik simbiyozun mükemmel bir örneği de **likenler**dir. Alg ve mantarların oluşturduğu birlik geniş ölçüde morfolojik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bir adaptasyon ile sonuçlanmıştır. Bu simbiyozda alg **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** mantara enerji kaynağı oluşturacak karbon bileşikleri ile vitaminleri, mantar **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** üye de mineral madde ve suyu sağlamaktadır. Bazı liken **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** türleri, N₂ fikse yeteneğinde olan mavi yeşil algleri içerirler. Bu şekilde tutulan azotun bir kısmı mantar gelişmesi için değerlendirilir. Bilinen 17 000 tür likenin yalnızca bir kaçı birden fazla alg veya mantar bulundurmaktadır. Çevre koşullarına oldukça dirençli olan bu simbiyotik organizma, hava kirliliğine karşı oldukça duyarlıdır ve bu nedenle yerleşim alanları etrafında nadiren bulunurlar. Bu canlıların kirli atmosfere olan duyarlılığı, onların besin maddeleri ile birlikte kirletici maddeleri doğrudan yağmur suyundan absorblamaları ve böylece toksik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** maddelerin süratle letal doza ulaşması şeklinde yorumlanabilir.

7.2.3. Protokoperasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** (zorunlu olmayan karşılıklı yararlanma)

Protokoperasyon olayında, etkileşimde bulunan her iki türün bireyleri birbirlerinden yararlanırlar, fakat yaşamlarının devam edebilmesi için işbirliği zorunlu değildir. *Azotobacter* cinsinden bakteriler, havanın serbest azotunu bağlayabilme yeteneğindedir. Ancak saf kültürde geliştirildiklerinde en uygun substratlar basit organik bileşiklerdir. Jensen ve Svaby, selüloz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ayrıştıran organizmaların varlığı halinde, azotobakterlerin bu ayrışma ürünlerinden yararlandığını ve N₂ fiksasyonu yaptıklarını gözlemlemişlerdir. Çünkü bu olayda selülotik mikroorganizmalar selülozu polisakkaritlerden basit şeker ve organik asitlere çevirmekte ve bu maddelerden azotobakterler substrat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** olarak yararlanmaktadırlar. Bu tür bir birlik her iki üye içinde zorunlu olmayıp, ilişki bir protokoperasyon olarak tanımlanmaktadır.

Beslenme bakımından protokooperatif ilişki kültür ortamında da gözlenebilir. Örneğin nikotinik asit ve biyotin içermeyen bir besin ortamında *Proteus vulgaris* ve *Bacillus polmyxa* bakterileri gelişemezler. Çünkü bu organizmalardan birincisi nikotinik asit, ikincisi ise biotini gelişme faktörü olarak mutlak gereksinir. Aynı besin ortamında karışık kültür halinde geliştirilen bu organizmalar, adı geçen vitaminleri sentezleyerek birbirlerinin yararlanmasını ve gelişmelerini sağlarlar.

