



Bu Dosya

<https://ziraatweb.com>'dan

İndirilmiştir.

Eğer bu dosya size aitse ve kaldırılmasını istiyorsanız lütfen ziraatweb.com adresinde bulunan "İletişim" kısmından bize bildiriniz. Bize bildirilmeyen dosyalar konusunda sorumluluk kabul etmiyoruz.



Milletimiz çiftçidir. Milletin çiftçilikteki çalışma imkanlarını, asri ve iktisadi tedbirlerle en yüksek seviyeye çıkarmalıyız.

Mustafa Kemal ATATÜRK

TOPRAK BİYOLOJİSİ

Prof. Dr. SEVİNÇ ARCAK

Toprak biyolojisi ve ilgili bilim dallarının gelişimi



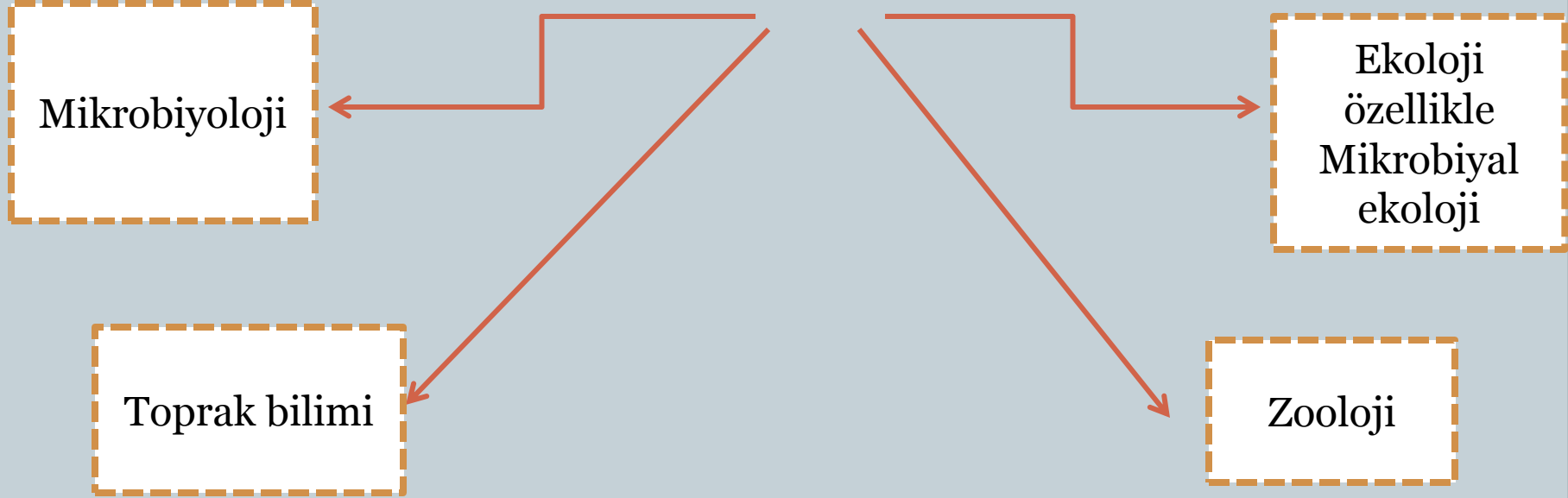
Toprak biyolojisi

Mikrobiyoloji

Ekoloji
özellikle
Mikrobiyal
ekoloji

Toprak bilimi

Zooloji



Toprak mikrobiyolojisinin gelişimi



- Mikroskop keşfi : Antonie Van Leeuwenhook
(1623-1723)
- 19. Yüzyılın ortasında Louis Pasteur tarafından organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırıldığı ve mikropların bitki ve hayvanların yaşam döngüsüne karıştığı açıklanmıştır.

Toprak mikrobiyolojisinin gelişimi



- **Schwann** ve **Cargiard-Latour** 1836-1838 yılları arasında mikrobiyal ayrışma ve fermentasyon konularında araştırma,
- **Kützing** 1837 de asetik asit üretimi üzerinde çalışma,
- **M.Woronin** 1865 de baklagil bitkilerinin kök yumrularında bakterilerin bulunduğunu saptamış,

Toprak mikrobiyolojisinin gelişimi



- **Hellrigal** ve **Wilfahrt** 1888 de bakterilerin baklagil köklerine topraktan geçtiklerini köklerde nodül oluşturduklarını ve atmosferdeki moleküler azotu fikse ettiklerini bulmuşlardır.
- **Frank** 1890 yılında bu organizmalara *Rhizobium* ismini vermiştir.
- **Pasteur** ve **Robert Koch** un mikrobiyolojik yöntemler konusunda bulguları ve bakteri izolasyonunda 1880 yıllarda önemli adımlar atmışlardır.

Toprak mikrobiyolojisinin gelişimi



- **Caron** 1895 de hastalık etkeni mikroorganizmaların tıp biliminde ki önemi kadar toprak mikroorganizmalarının da toprak bilimi için önemini vurgulamıştır.
- **Omelianski** 1902 ;toprak bakterilerinin selüloz ayrıştırma özelliklerini saptamıştır.
- 20.yüzyılın ilk yarısında tıbbi mikrobiyolojinin hızlı gelişimi toprak mikrobiyolojisini de etkilemiş toprak mikroorganizmalarından çeşitli antibiyotikler elde edilmiştir.

Toprak mikrobiyolojisinin gelişimi



- 1950 li yıllardan itibaren toprak mikrobiyolojisi ve toprak biyolojisi temel kitapları akademik yayınlar arasında görülmektedir.
- **Burges ve Raw** 1967 Toprak Biyolojisi kitabını yayınlamışlardır.
- **Alexander** 1961, Introduction to soil microbiology ve **Garrett** 1963, Soil fungi and soil fertility eserleri bu konuda öncü yayınlardır.

Ekoloji biliminin gelişmesi



- Ekoloji, biyoloji biliminin organizmalar ve onların çevreleri ile olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır.
- **Ernst Haeckel** 1869 yılında ekoloji teriminin bilimsel tanımını yapmıştır.
- **Justus von Liebig** 1840, ekolojide biyotopik faktörlerin önemini vurgulamış,
- **Edward Forbes** 1849, Ege denizindeki hayvan toplulukları ve Akdeniz bölgesinin flora, fauna ve fosillerini araştırmıştır.

Ekoloji biliminin gelişmesi



- **Charles Darwin**, adalar ekolojisi üzerine çalışmalar yaparak evrim teorisini açıklamıştır.
- **Charles Elton**, ekolojiyi Doğa tarihi bilimi
- **Frederick Clements**, birlik (kommünite)lerin bilimi
- **Karl Friedericks**, çevre bilimi
- **Eugene Odum**, Doğanın yapı ve işlevlerinin bilimi olarak tanımlamıştır.

Ekoloji biliminin gelişmesi



- 19.yüzyılın son çeyreğinde ekosistem, komünite kavramları gelişmiştir.
- Çağdaş ekoloji **Charles Elton**' un 1927 de hayvan ekolojisi isimli yapıtı ile önem kazanmıştır.
- **Tansley** 1935, **Allee** ve **ark.**1949, **Lack** 1954, **Kormondy** ve **Mc Cormick** 1981 ekoloji biliminde temel yapıtları ve kavramları ortaya çıkaran kişilerdir.

Toprak zoolojisinin gelişmesi



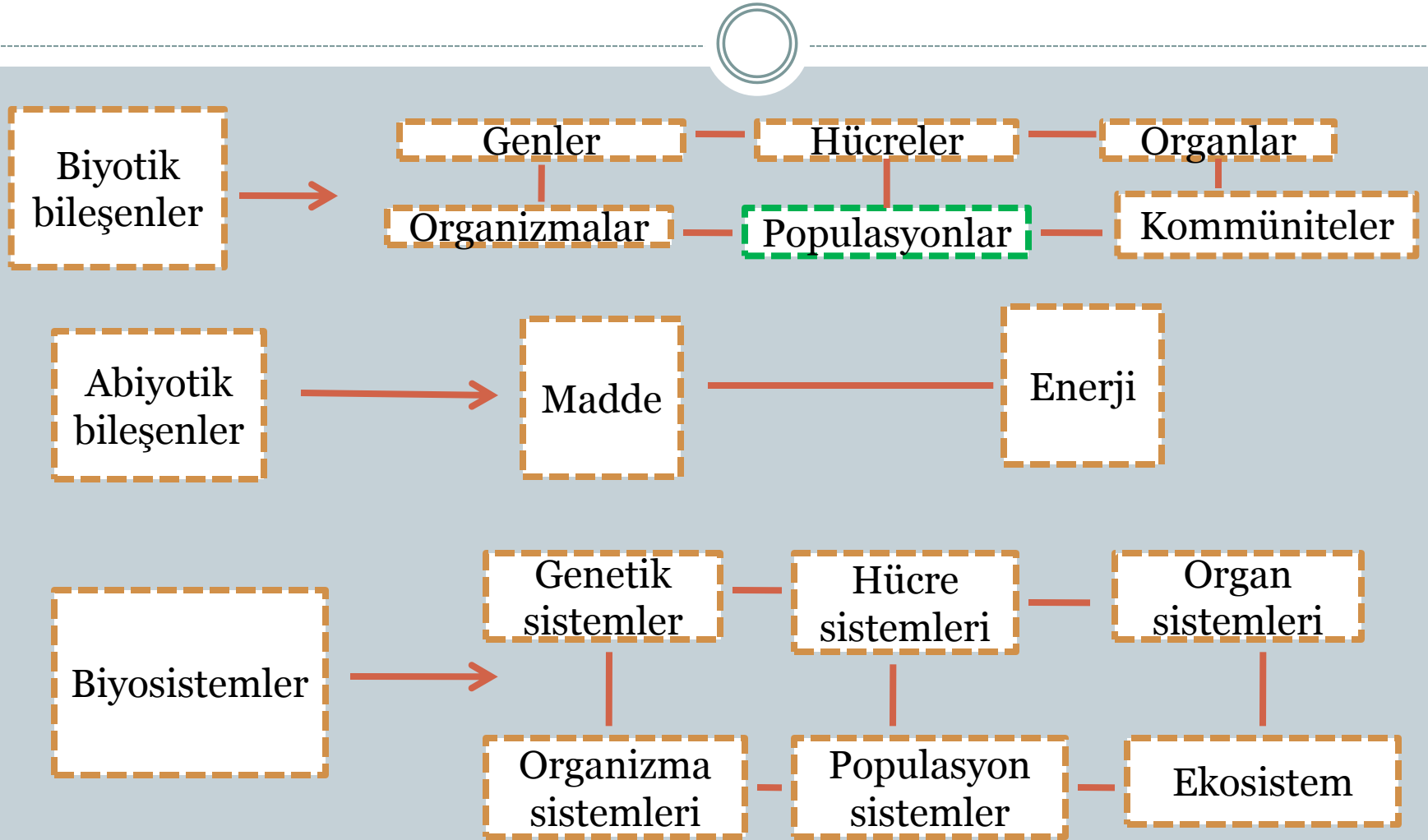
- Yaklaşık 130 yıl önce **Ehrenberg** ile başlamıştır. **Ehrenberg** toprakta yaşayan küçük hayvansal canlıların aktiviteleri ve önemi üzerine eserler vermiştir.
- **Miller** 'in 1887 , Doğal humus formları ve bunların toprak ve vejetasyon üzerine etkileri
- **Derwin** 'in 1882 de yazdığı Solucanların aktiviteleri yolu ile tarla topraklarının etkilenmesi ve bu organizmaların yaşam tarzları üzerine gözlemler adlı eserler büyük önem taşımaktadır.

Biyolojik sistemler, basamakları ve biyolojik spektrum



- Canlılar organizasyon derecesine göre sıralanacak olursa **BİYOLOJİK SPEKTRUM** tanımı ortaya çıkar.
- Ekolojinin kapsamına giren en küçük birim **ORGANİZMA** dır.
- Canlı dünya için kullanılan terim **biyosfer**dir.
- Ekologlar biyosferin ekolojik bir sistem olduğunu vurgulamak amacı ile **ekosfer** tanımını kullanmaktadırlar. Ekosferdeki tüm canlı türleri çeşitli ekolojik ilişkiler ile birbirlerine bağlıdırlar.

Biyosferde Biyolojik Spektrum Düzeyleri



Biyolojik sistemler, basamakları ve biyolojik spektrum



- Ekolojik sistemler, değişik türde organizmalar ile onların cansız çevrelerinin oluşturduğu ve bir bütün olarak ele alınabilen birimlerdir. Ekolojik sistemlere kısaca **Ekosistem** denmektedir.
- Ekosistemin bir bütün olarak işleyişini incelemeden önce, ekosistemi oluşturan öğeleri tanımak gerekmektedir.

Ekosistemi oluşturan temel öğeler



1. Canlı (biyotik) öğeler

- Üreticiler (fotosentetik bitkiler),
- Tüketiciler (Birincil tüketiciler: herbivor organizmalar)
- Ayrıştırıcılar (İkincil tüketiciler: karnivor organizmalar)

2. Cansız (abiyotik) öğeler

- Anorganik maddeler
- Organik maddeler
- Fiziksel (çevresel) koşullar

Ekosistemi etkileyen ve canlı davranışlarını belirleyen fiziksel koşullar



- Isı,
- Işık,
- Yağış,
- Ortamdaki nem düzeyi,
- Hava ve su kütlelerinin genel hareketleri.

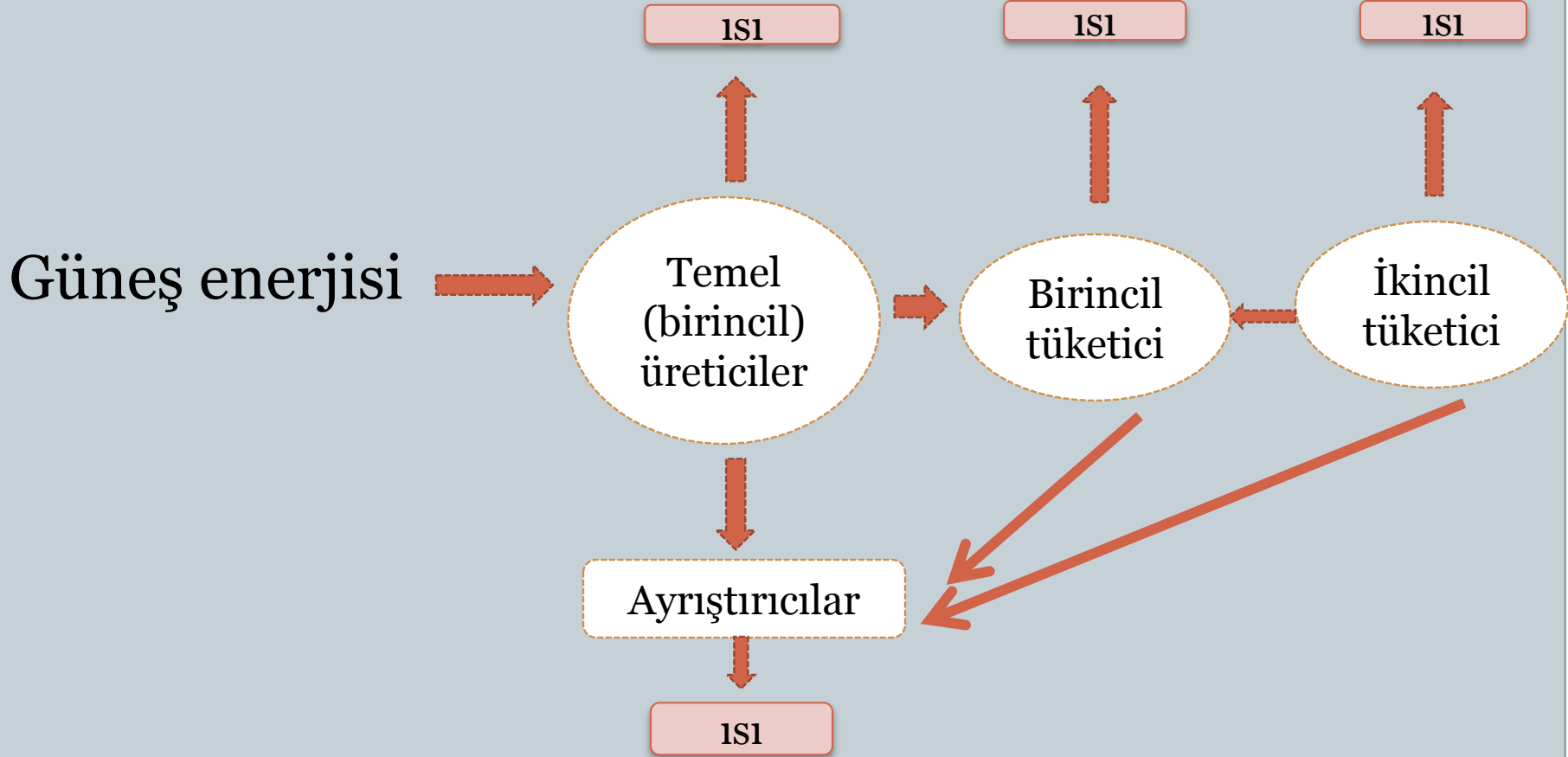
Ekosistemlerin işlevleri



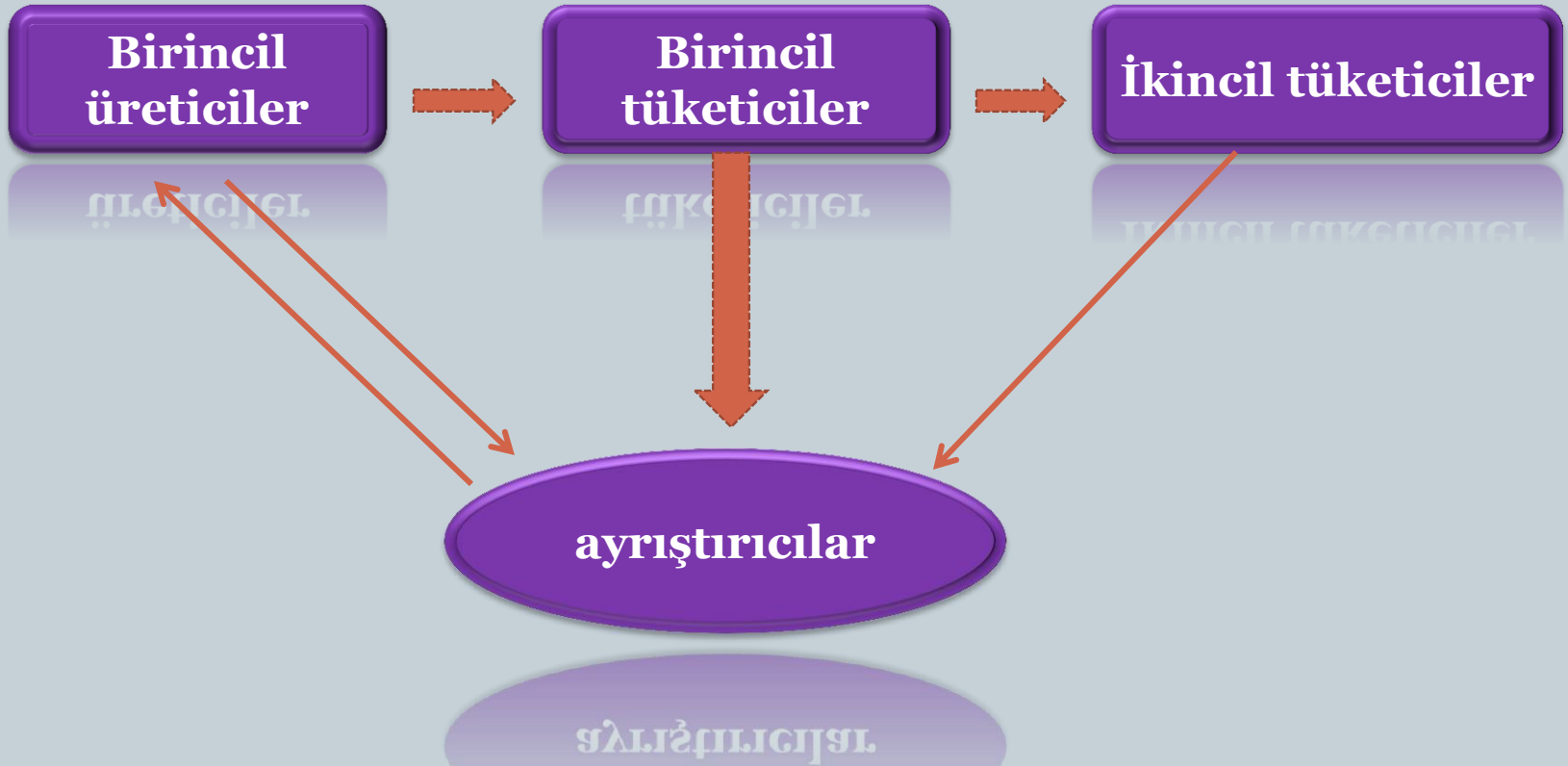
Tüm ekosistemlerde canlı ve cansız öğeler üç temel işlev ile birbirlerine bağlanırlar. Bunlar:

1. Enerji akımı
2. Kimyasal madde döngüleri
3. Popülasyon denetimleridir.

Ekosistemde enerji akışı şeması



Ekosistemdeki madde döngüsü



Toprak organizmaları ve ekosistem kavramı



- Ekosistemin tanımlanmasında yapı terimi , ortamda bulunan organizmaların çeşit ve sayıları ile onların ilişkilerini kapsamaktadır.
- Örn: Çayır sistemi ve ormandan çok farklı yapı gösterir.
- Orman sisteminde çayır sisteminden çok daha fazla biyolojik kütle bulunurken, çayır sisteminde birim zamanda döngüye giren biyolojik kütle miktarı daha fazladır. Bu yapısal bakımından farklılığı göstermektedir.

Ekosistemler arasındaki işlev farklılığı



- İşlevsel olaylar, enerji sağlanması ve aktarımı, su ve besin maddelerinin alımı ve dđngüleridir.
- İşlev terimi, olaylara katılan enerji ve maddenin oranlarını sistemde enerji ve maddenin aktarımı ve dđngüsü veya biriktirilmesini ifade etmektedir.

Toprak organizmaları ve ekosistem kavramı

- Ekosistemin tanımlanmasında yapı terimi , ortamda bulunan organizmaların çeşit ve sayıları ile onların ilişkilerini kapsamaktadır.
- Örn: Çayır sistemi ve ormandan çok farklı yapı gösterir.
- Orman sisteminde çayır sisteminden çok daha fazla biyolojik kütle bulunurken, çayır sisteminde birim zamanda döngüye giren biyolojik kütle miktarı daha fazladır. Bu yapısal bakımından farklılığı göstermektedir.

Ekosistemler arasındaki işlev farklılığı

- İşlevsel olaylar, enerji sağlanması ve aktarımı, su ve besin maddelerinin alımı ve döngüleridir.
- İşlev terimi, olaylara katılan enerji ve maddenin oranlarını sistemde enerji ve maddenin aktarımı ve döngüsü veya biriktirilmesini ifade etmektedir.

Toprak organizmaları ve ekosistem yapısı ile ilgileri

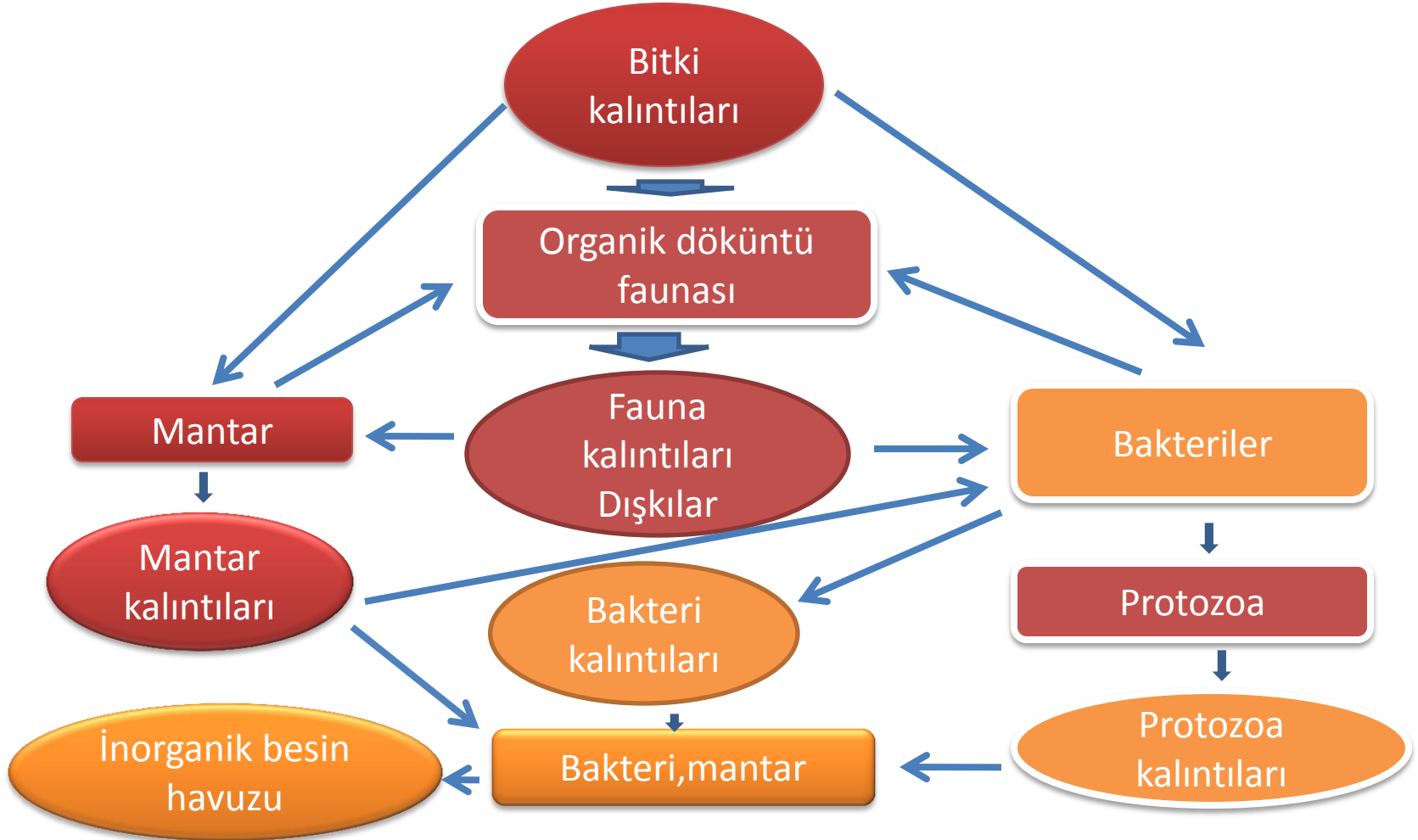
- Karasal ekosistemindeki mikroorganizmaların çoğu toprakta bulunur bu tür ekosistemlerin mikrobiyolojisi toprak mikrobiyolojisi olarak kabul edilir.
- Karasal ekosistemin birincil üreticileri vasküler bitkilerdir.
- Doğal ekosistemlerde organik kalıntılar toprak hayvanları ve mikroorganizmaların ortak aktiviteleri sonucunda ayrışır ve toprağa katılırlar.

- Mikroorganizma biyokütlesi tek bir değerlendirme ölçütü olmayıp ayrıca mikrobiyal aktivitenin bir ölçüsü olarak karbondioksit çıkış oranı gibi ölçütler veya populasyon yoğunluğu ölçümleri ele alınmaktadır.

Ekosistem işlevinde toprak organizmaları

- Elementlerin döngüsü ekosistemdeki iki temel işlevden biridir. Diğeri ise enerji akışıdır. Toprak organizmaları ikinci işlevde de yaşamsal bir öneme sahiptir.
- Mikroorganizmalar ile toprak hayvanları kimyasal elementlerin döngü ve değişiminde büyük öneme sahiptirler.

Topraktaki bitki ve hayvan kalıntılarının ayrışması



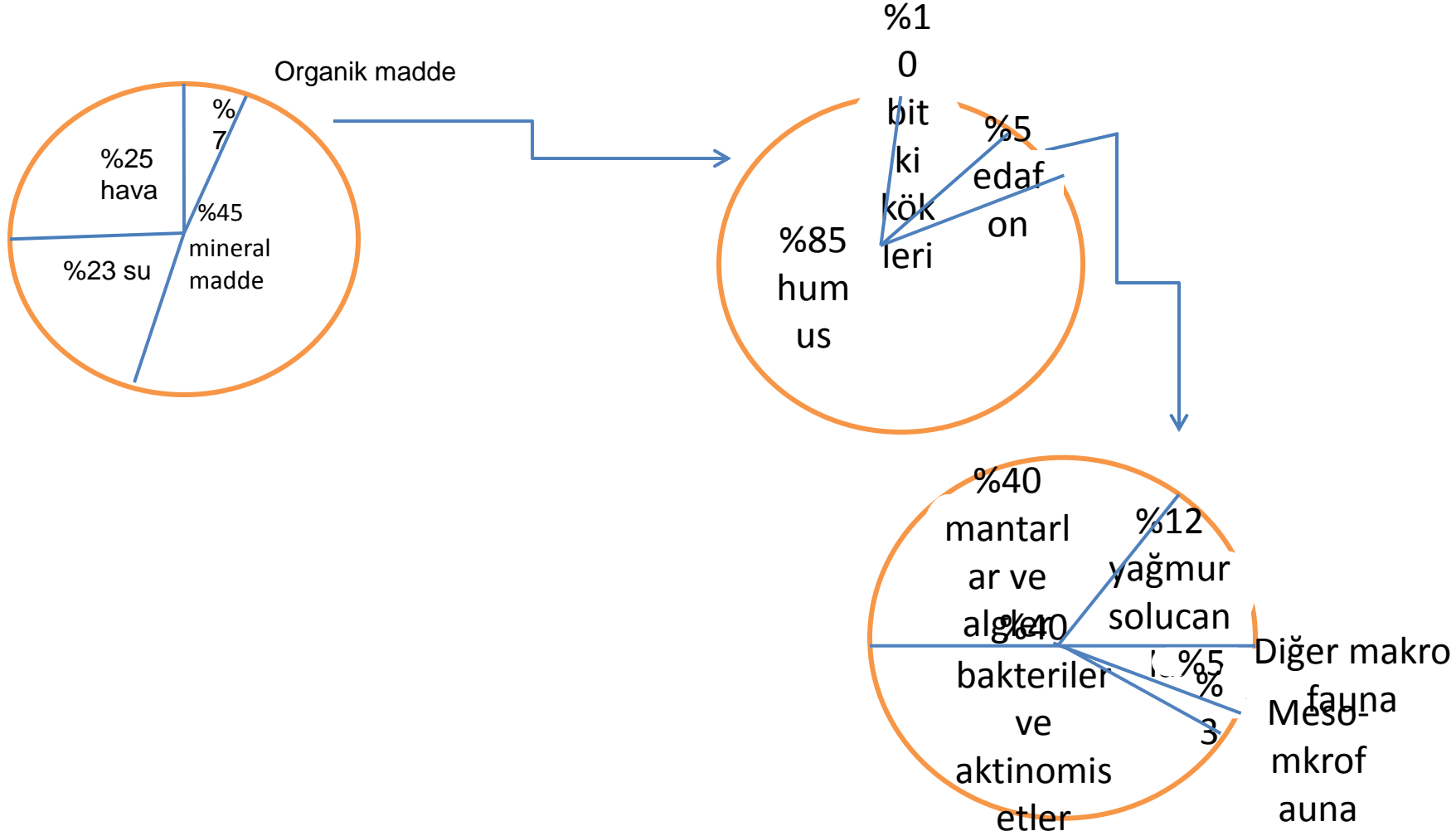
Besin döngüleri

- Ekosistemi oluşturan canlı ve cansız unsurlar arasındaki kimyasal element değişimleri besin maddesi döngüleri olarak tanımlanır. Küresel düzeyde bu döngüye **biyojeokimyasal döngü** denir.
- Bakteriler mantarlar ile birlikte oksidasyonları gerçekleştirdikleri gibi tüm bir biyosferde elementlerin jeokimyasal döngülerinde büyük öneme sahiptirler.

Mikrobiyal metobolizmada enerji üreten oksidasyonlar

indirgen	yükseltgen	ürünler	organizma
Şekerler	O ₂	CO ₂ ,H ₂ O	Protozoa,mantar,bakteri
Etil alkol	O ₂	Asetik asit,su	Asetik asit bakterileri
NH ₄	O ₂	NO ₂ ⁻ ,su	Nitrifikasyon bakterileri
Şeker ve diğer org. substratlar	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Denitrifikasyon bakterileri
Şekerler		Laktik,formik asit veya H ₂ veCO ₂ , etil alkol	Aerobacter
Amino asitler		Asetik asit,NH ₃ , CO ₂	Clostridium

Toprağı oluşturan temel unsurlar



Organik madde

- Toprağın üstüne veya içine dahil olan bitkisel ve hayvansal kalıntı karmaşık süreçlerle mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır.
- Başlangıç maddelerinden fiziksel ve kimyasal nitelikleri bakımından çok farklı organik madde ortaya çıkar.
- Kolloidal nitelikli, amorf ve koyu renkli karmaşık bir bileşik olan bu toprak maddesine HUMUS adı verilmektedir.

Kil mineralleri ile mikroorganizmalar arasındaki etkileşimler

- Toprakta bazı kil mineralleri toprak mikroorganizmalarının aktivitesini etkilemektedir.
- Düşük derişimlerde montmorillonit bulunduğunda labotatuvar kültürlerinde mantar florasının gelişmesine bağı olarak solunum oranının zayıfladığı saptanmıştır.
- Kil miktarının yüksek veya düşük ortamlarda bakterilerin uyarıldığı saptanmıştır.
- Katyon değıştirme kapasitesi yüksek olan montmorillanitin mikrobiyal metabolizma sırasında üretilen hidrojen iyonları ile katyonların yer değışimi sonucu ortam pH derecesini düzenler ve bakteriyal gelişmenin pH değışmesine karşı görebileceğı zararlanmayı engeller.

Por boşlukları sistemi

- Toprak partikülleri ve agregatları arasındaki boşluklara por veya gözenek adı verilir.
- Toprak gözeneklerinin büyüklükleri toprak hayvanlarının ve mikroorganizmaların gelişmesi ve dağılımına etkilidir.
- Gözenek büyüklüğü büyük vejetatif yapı oluşturan mantarları etkiler.
- Mikroorganizmalar 0.5-10 mikrometre büyüklüğündeki orta por grubunda bulunmaktadır.

Toprak havası ve mikroflora

- *Clostridium botulinum* anaerob koşullarında,
- *Pseudomonas fluorescens* ve aktinomisetler aerob koşulları tercih ederler.
- Toprak havası % 0.25 ile 0.17 CO₂
- Atmosferde %0.03 CO₂ içerir.
- Nemli topraklarda oksijen diffüzyonunun azalması ve mikrobiyolojik aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak kısa sürelerde CO₂ düzeyi % 10 u aşabilir.

- Bir vejetasyon süresi içinde topraktan oluşan CO₂ miktarı 12000 kg CO₂ / ha dır.
- Bu miktarı 2/3 ü mikroorganizmalardan 1/3 ü bitki kök faaliyetinden
- Toprak havası mikrobiyal aktivite sonrasında amonyak, metan ve diğer uçucu maddeler içerir.
- C minerilizasyonu sonunda CO₂, organik asitler, metan, kükürtlü hidrojen oluşmaktadır.

- Bu metabolitler ile oksijen yetmezliği oluşarak bitki kök gelişimi azalmakta ve buna bağlı olarak su alımı ve besin maddesi absorpsiyonunun azalmasından kaynaklanan gelişim bozuklukları ortaya çıkmaktadır.
- Anaerob koşullarda nitrat ve fosfatlar azalmakta sülfitler $+2$ Fe vb. madde, asetik asit ve formik asit gibi organik asitler artar. Selüloz ayrışması CO_2 ve H_2O oluşumu ile sonuçlanır.

- Bu metabolitler ile oksijen yetmezliği oluşarak bitki kök gelişimi azalmakta ve buna bağlı olarak su alımı ve besin maddesi absorpsiyonunun azalmasından kaynaklanan gelişim bozuklukları ortaya çıkmaktadır.
- Anaerob koşullarda nitrat ve fosfatlar azalmakta sülfitler $+2$ Fe vb. madde, asetik asit ve formik asit gibi organik asitler artar. Selüloz ayrışması CO_2 ve H_2O oluşumu ile sonuçlanır.

Toprak strüktürü

- Toprakta yaygın olarak bulunan kaolinit, illit, montmorillonit mineralleri 5,20,100 meq 100 g⁻¹ yük içermektedir
- Toprak bakterileri sadece kil mineralleri ile etkileşim halindedir.
- Bakteri hücreleri ve killer üzerindeki yükler polarize olarak veya metal iyonları ile köprüler oluşturarak etkileşirler.

Toprak havalanması

- Toprak organik maddesi, polisakkaritler, humik asitler; anorganik partiküller ile mikroorganizmaların etrafını sarar.
- Bunlar yapıştırıcı özellikteki maddelerdir.
- Toprak strüktürünün oluşumunda rol oynarlar.
- Kök bölgesinde yaşayan rizosfer mikroorganizmaları stabil bir toprak strüktürü oluşumunda özel öneme sahiptir.

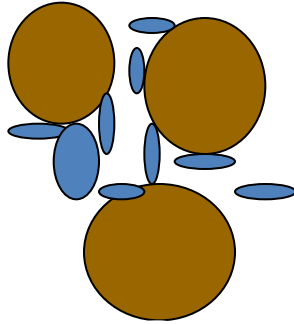
- Çayır ekosistemi işlenen (tarım) topraklara kıyasla daha fazla rizosfer biyokütlesi içerdiğinden dolayı daha stabil toprak strüktürüne sahiptir.
- Toprakta oluşan agregat sistemleri ve onların oluşturduğu por büyüklükleri toprak havalanmasında çok önemlidir.
- Toprak strüktürü bitki kök çevresinde yeterli suyun tutulması, iyi tohum yatağı ve çimlenme için de önemlidir

Agregatlaşmada Mikroorganizmaların Rolü

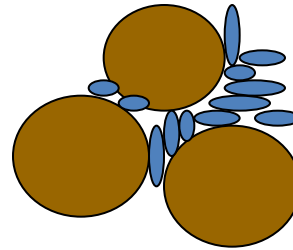
- Topraklarda iyi stüruktürün değerlendirilmesinde suya karşı dirençli agregatların miktarı önemlidir.
- Suya dirençli agregat artışı ile toprak biyokütlesi artışı ile ilişkili artar.
- Mantar ve bakteriler agregasyon özelliğini arttırır.
- *Mucor heamalis* gibi toprak mantarları agregasyon özelliğini azaltır.

• Mantar hifleri ortamda bulunan doğal bakterilerin aktiviteleri sonucu oluşan agregasyonu önlediği belirtilmektedir.

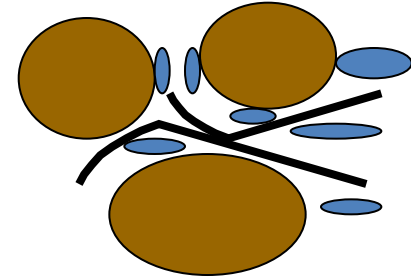
- Toprak parçacıklarını agregatlaştıran bakteri popülasyonu,
- Artan bakteriyel popülasyon nedeniyle çimentolanma,
- Doğal popülasyonun çimentolama etkisinin mantar hiflerince engellenmesi



(a)



(b)



(c)

- Toprak mikroorganizmalarının rekabeti nedeniyle tarla koşullarında tohum çimlenmesinin zayıf olduğu belirtilmiştir.
- Oksijenin tümü toprak çözeltisinde çözüldüğünde, solunum ve kimyasal oksidasyonlar için kullanılmaktadır.
- Mikrobiyal solunum sonucunda toprak redoks potansiyeli azalmaktadır.

Toprak Reaksiyonu ve Mikroflora

Toprak pH sı birkaç faktör tarafından tayin edilir:

- Toprak çözeltilisindeki tuzların derişimi,
- Toprak çözeltilisindeki çözünmüş CO₂ derişimi,
- Ortamdaki değişebilir katyonların varlığı
- Al, Fe, Ni ve diğer benzeri bileşiklerin çözünlüğünün artması toprak çözeltilisindeki derişimleri bitki ve mikroorganizmalar için zehirli olabilir.
- Mikrobiyal sitoplazmanın pH düzeyi nötraldir bu nedenle toprak mikroorganizmaları en iyi pH 7 de gelişme gösterir.

- *Thiobacillus* cinsi bakteriler pH 6 da yaşarlar.
- Mantarlar pH 3 civarında,
- Bakteri ve aktinomiset için pH düzeyi 5 civarında olup altında gelişemezler.

Toprak Sıcaklığı ve Mikroflora

- Bazı bakteri türlerinin aktiviteleri sıcaklık ile yakından ilgilidir.
- Nitrifikasyon bakterileri optimum 25-30°C faaliyet gösterirler.
- Sıcaklık 4.5-5.0°C altında aktiviteleri durur.

Toprakta Güneş Enerjisinin Absorplanmasında Önemli Faktörler:

- Toprak Rengi,
- Toprak Eğimi ve Derecesi,
- Çevredeki Bitki Örtüsü.

- Koyu renkli topraklar daha fazla ısı absorblar ve güneş ışınlarının toprak yüzeyine vurma açısı toprağa giren enerji miktarını etkiler.
- En sıcak bölgeler mevsimlere bağlı olarak ilkbaharda güneydoğu, yazın güney, sonbaharda güneybatı yönündeki alanlar ışınların dik gelmesi nedeniyle en sıcak bölgeleri oluştururlar.

- Bitki örtüsü ve bıraktıkları döküntü katmanı toprağın ısınmasını engellediği gibi radyasyon sonucu oluşan ısı kaybını da azaltır.
- Nemli toprak güneş enerjisini yüzeyde absorbladığında su molekülleri arasında hidrojen bağları kırılır ve toprak yüzeyinde buharlaşma başlar.

- Bu nedenle yüzey toprakta su noksanlığı
- Alt katlardan yukarı doğru kapillar hareket başlar
- Sıcaklık yükselmesi ile gazların difüzyonu artar
- Sıcaklık-nem-havalandırma arasında karmaşık bir etkileşim meydana gelir.

Toprak Sıcaklığı ve Mikroflora

- Bazı bakteri türlerinin aktiviteleri sıcaklık ile yakından ilgilidir.
- Nitrifikasyon bakterileri optimum 25-30°C faaliyet gösterirler.
- Sıcaklık 4.5-5.0°C altında aktiviteleri durur.

Toprakta Güneş Enerjisinin Absorplanmasında Önemli Faktörler:

- Toprak Rengi,
- Toprak Eğimi ve Derecesi,
- Çevredeki Bitki Örtüsü.

- Koyu renkli topraklar daha fazla ısı absorblar ve güneş ışınlarının toprak yüzeyine vurma açısı toprağa giren enerji miktarını etkiler.
- En sıcak bölgeler mevsimlere bağlı olarak ilkbaharda güneydoğu, yazın güney, sonbaharda güneybatı yönündeki alanlar ışınların dik gelmesi nedeniyle en sıcak bölgeleri oluştururlar.

- Bitki örtüsü ve bıraktıkları döküntü katmanı toprağın ısınmasını engellediği gibi radyasyon sonucu oluşan ısı kaybını da azaltır.
- Nemli toprak güneş enerjisini yüzeyde absorbladığında su molekülleri arasında hidrojen bağları kırılır ve toprak yüzeyinde buharlaşma başlar.

- Bu nedenle yüzey toprakta su noksanlığı
- Alt katlardan yukarı doğru kapillar hareket başlar
- Sıcaklık yükselmesi ile gazların difüzyonu artar
- Sıcaklık-nem-havalandırma arasında karmaşık bir etkileşim meydana gelir.

Mikroorganizmalar Sıcaklık Gereksinimlerine Göre:

- PSİKROFİL ORGANİZMALAR: 5°C nin altındaki düşük sıcaklıklarda gelişebilen, daha yüksek sıcaklıkta optimum gelişme gösterebilen organizmalar.
- MEZOFİL ORGANİZMALAR: Düşük sıcaklıkta veya kırk derecenin üzerindeki sıcaklıklarda gelişemeyen organizmalar. Optimum gelişme genellikle 25-37°C.
- TERMOFİL ORGANİZMALAR: Bunlar 45-75°C gibi yüksek sıcaklıklarda gelişebilen ve optimum 55-65°C olan organizmalar. 40°C nin altında çok zayıf gelişme.

- Toprak mikroorganizmaları optimum gelişme bakımından mezofilik nitelik gösterirler.
- Ekstrem düzeyde soğuk topraklarda mezofilik organizmalara rastlamak mümkün.
- 10°C nin altındaki sıcaklıklarda mantarlar dominant.
- 20°C civarında aktinomiset, nematod, protozoalar kitin ayrışmasında etken rol oynamakta.
- Donma noktasının altında düşük aktivite gösterme ve yaşamlarını sürdürebilmekte.

Toprak Mikroorganizmaları

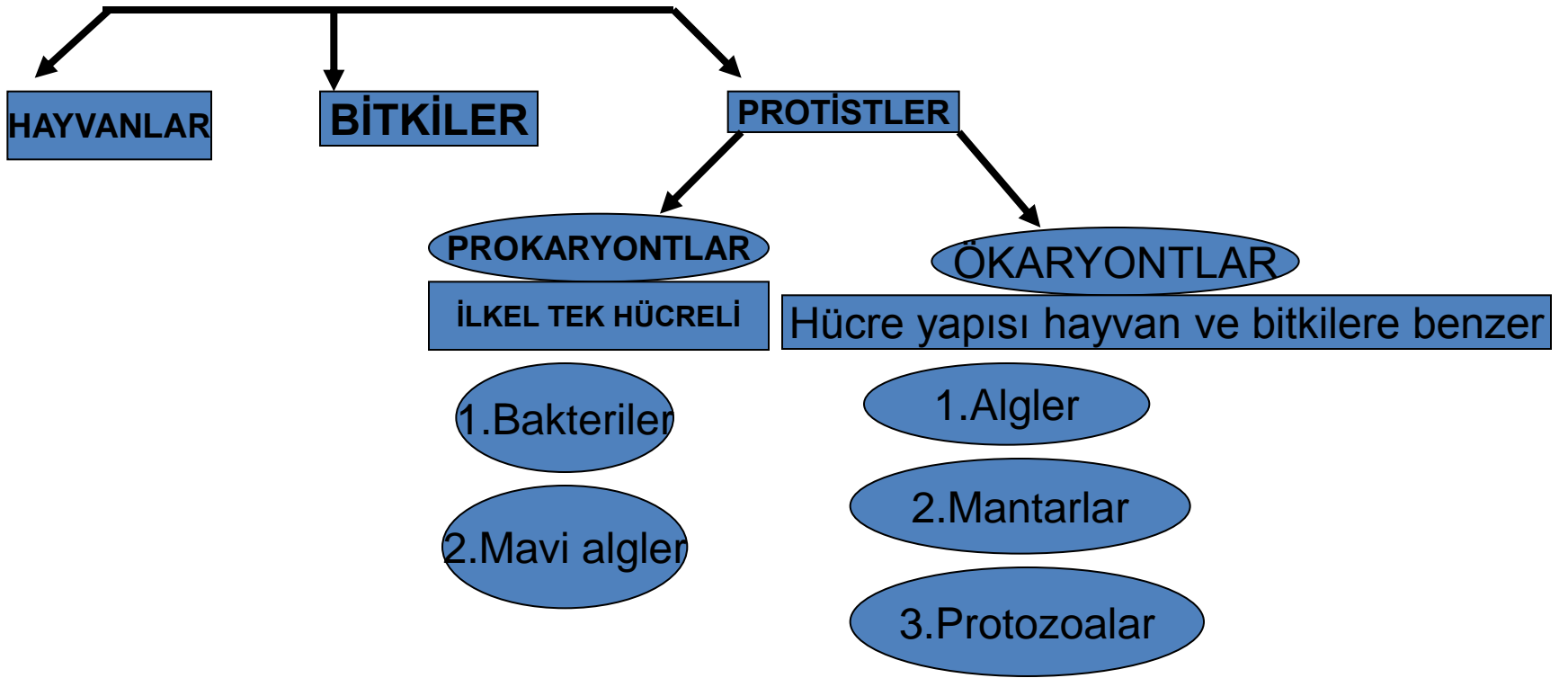
Toprak mikroorganizmalarının tümü edafon olarak tanımlanmaktadır.

Organizasyon nitelikleri göz önünde bulundurulmaksızın toprak biotası:

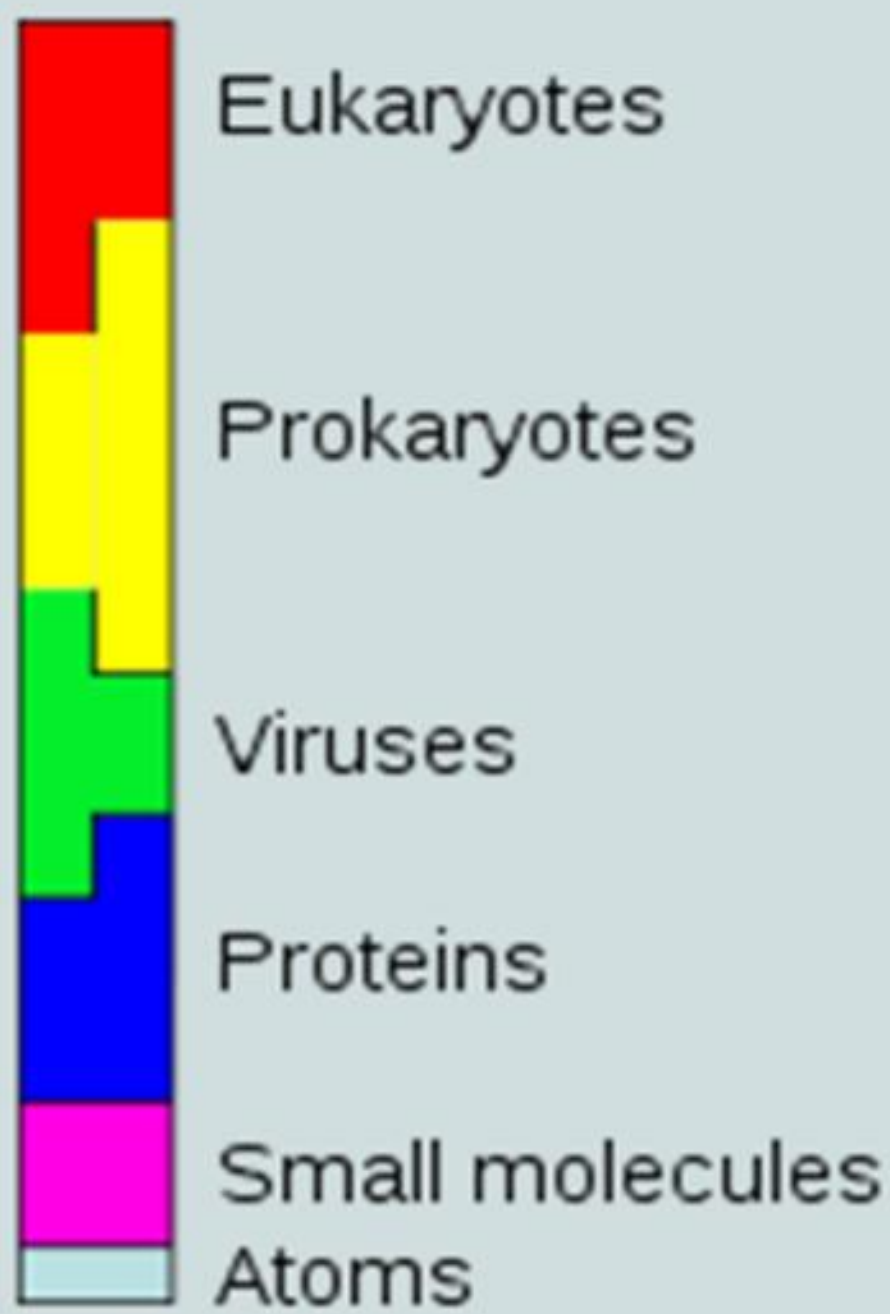
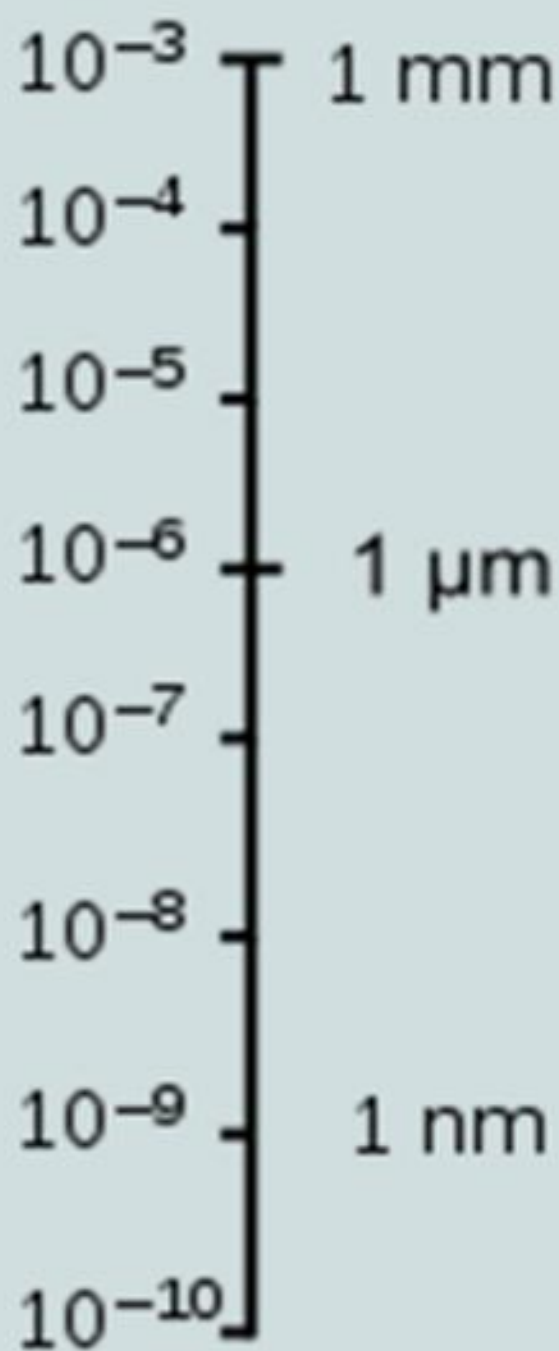
- **MİKROBİOTA**: Alg, protozoa, mantar ve bakteriler.
- **MEZOBİOTA**: Nematodlar, küçük arthropodlar, kollemboller, enchytraeid kurtları.
- **MAKROBİOTA**: Yer solucanları, yumuşakcalar, büyük enchytraeidler ve arthropodlar.

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

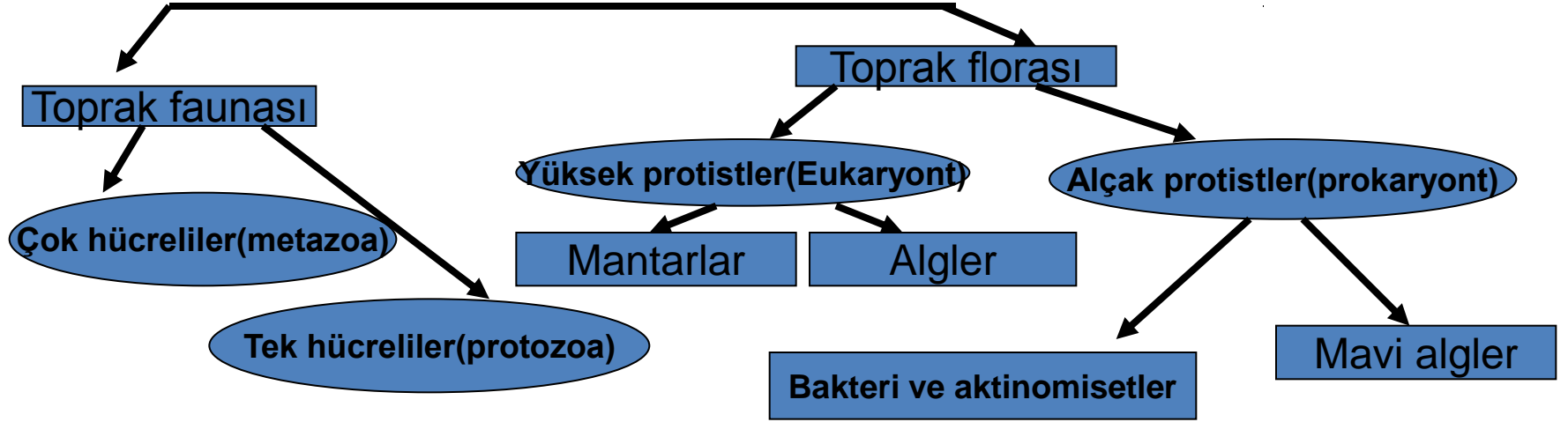
CANLILAR ALEMİ(KINGDOM)



meters

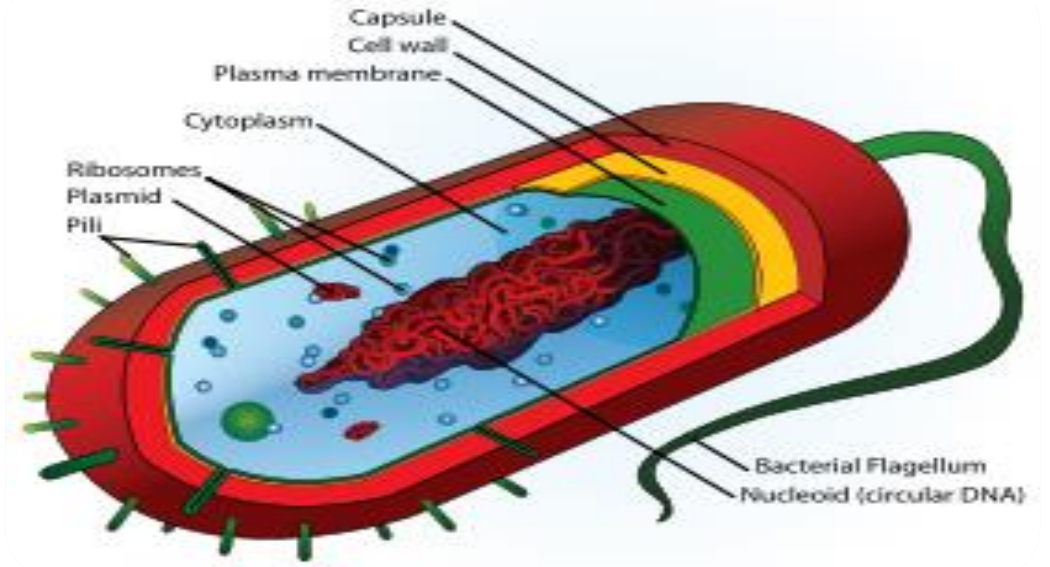
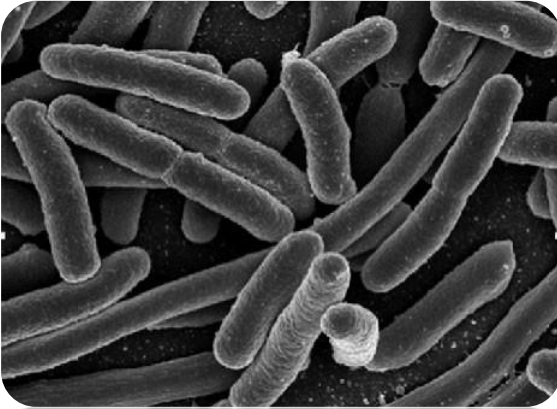


TOPRAK CANLILARI(EDAFON)



Prokaryotik canlılar (bakteri, aktinomiset ve mavi algler)

- Hücre çekirdeği yoktur.
- Mitokondri ve plastidler bulunmaz.
- Hücre zarı mürein adı verilen heteropolimer bir madde içerir.



Eukaryotik canlılar (algler, mantarlar ve protozoalar)

- **Hücre çekirdeğine sahiptirler.**
- **Mürein içermezler.**
- **Sitoplazmada mitokondri bulunur.**
- **Bitki hücrelerinde plastidler bulunur.**

- Toprak mikroorganizmaları içerisinde bakteri ve mantarlar en fazla ilgiyi çeken organizmalardır.
- Karasal ekosistemdeki enerji akışı ve besin maddesi aktarımının büyük bir kısmı bu organizmalar ile gerçekleştirilir.

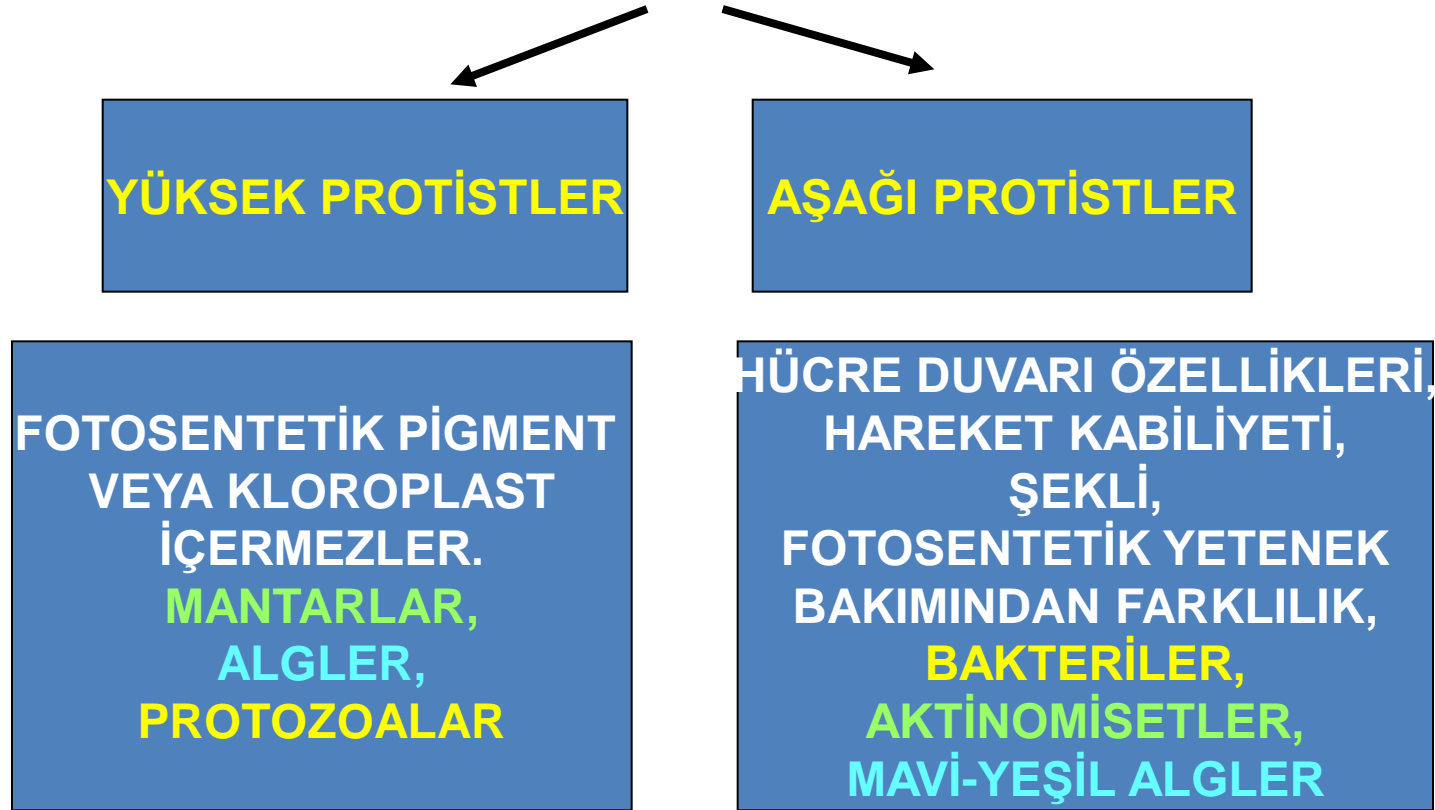
Mikroorganizmaların Boyutları

TÜR	BOYUT(μm)
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 $\times 10^{-8}$
Aktinomiset	0.5-2(çap)
Cyanophceae	2-5 (çap)
Alg	3-50 (çap)
Mantar	3-50 (çap)
Protozoa	14-600

Toprak Mikroorganizmaları (Mikrobiota)

- Bazı mikrobiyolojistler biyolojik organizasyonları nedeniyle mikroorganizmaları bitki ve hayvanlardan ayrı bir grup içinde toplayarak buna PROTİSTA adını vermişlerdir. Bu grubun üyeleri tek hücreli veya sönositik veya çok hücreli olduklarında olgun dönemlerindeki bitki ve hayvan dokularının karakteristiklerinden ayrımlar gösteren canlılardır.

Protista' nın Sınıflandırılması



Bakteriler



BAKTERİLER



OTOKTAN (YERLİ) POPULASYONLAR

KOMÜNİTELERİN BİYOKİMYASAL
İŞLEVLERİNE KATILAN ,
UZUN PERİYOTTA METABOLİK
AKTİVİTE GÖSTERMEKSİZİN
DİRENÇLİ FORMLAR HALİNDE
TOPRAKTA BARINABİLEN DOĞAL
TÜRLER

ALLOKTAN ORGANİZMALAR

KOMÜNİTE AKTİVİTELERİNE
KATILMAZLAR,
HAVA HAREKETLERİ VE YAĞIŞ SONUCU
VEYA HAYVAN GÜBRESİ,
ATIK ÇAMURLARI VE
HASTALIKLI DOKULAR YOLU İLE
ORTAMA GİRERLER,
BİR SÜRE ORTAMDA BULUNABİLİR
KISA BİR SÜRE İÇİN ÇOĞALABİLİR,
ASLA NEMLİ EKOLOJİK İŞLEVİ
OLAN TRANSFORMASYON VE
İTERAKSİYON GÖSTERMEZLER.

Topraklarda Sayısal Dağılım ve Yöntem Farklılıkları

**DOĞRUDAN MİKROSKOPİK
SAYIM**

DOLAYLI YÖNTEM-PETRİ-PLAK

**TOPRAKTAKİ AKTİF HÜCRELER
FAZLA TAHMİN EDİLMEKTE,
CANLI VE ÖLÜ HÜCRE
AYRIMININ
İYİ YAPILMASI**

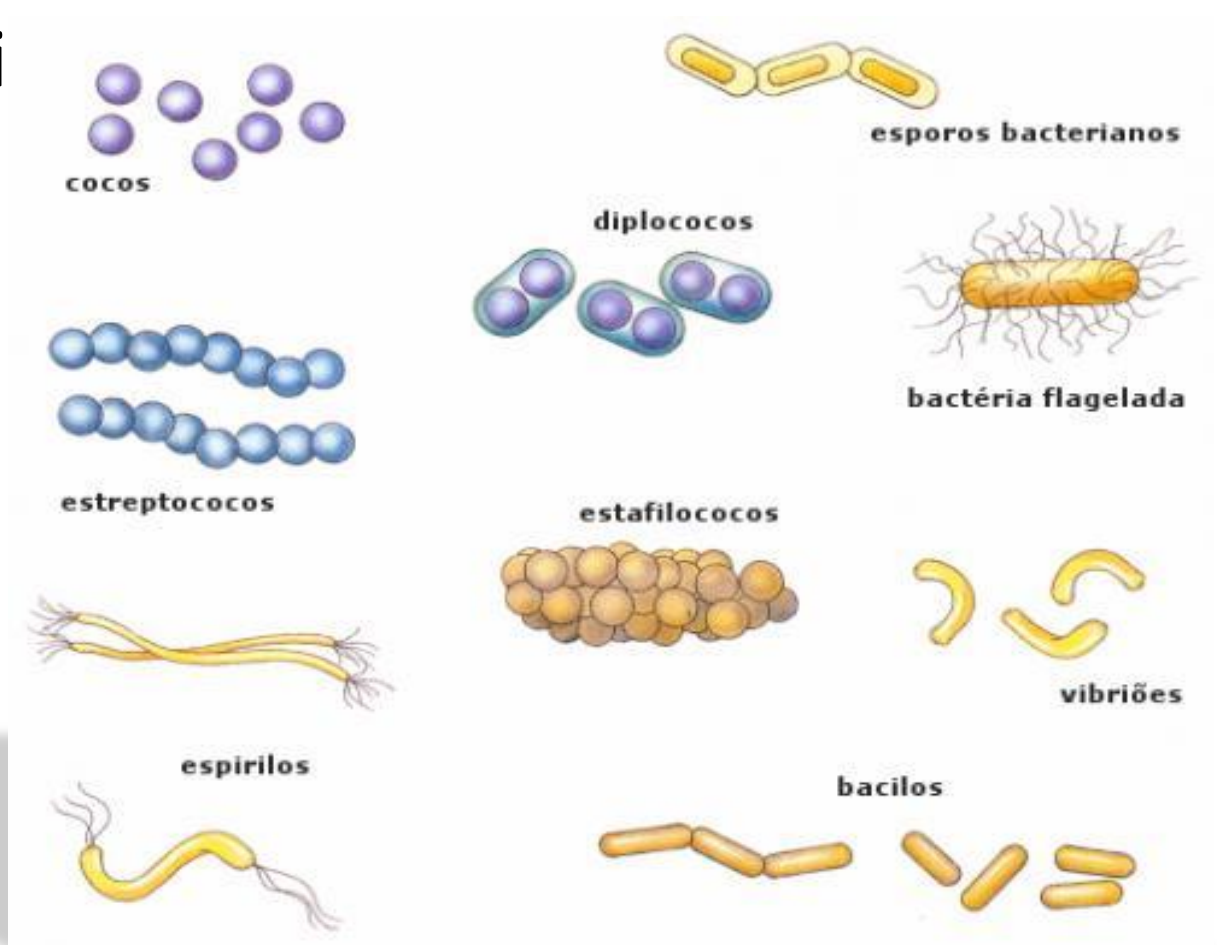
**BAZI BAKTERİLERİN BİRBİRLERİNE
ZAMKLI MADDELERLE YAPIŞMIŞ
SIKI KOLONİLER OLUŞTURMASI
SAYIMDA BİRÇOK ORGANİZMA
YERİNE TEK BİR ORGANİZMA
SAYILMASI**

Rothamsted Tarla Topraklarında Bakteri Sayıları

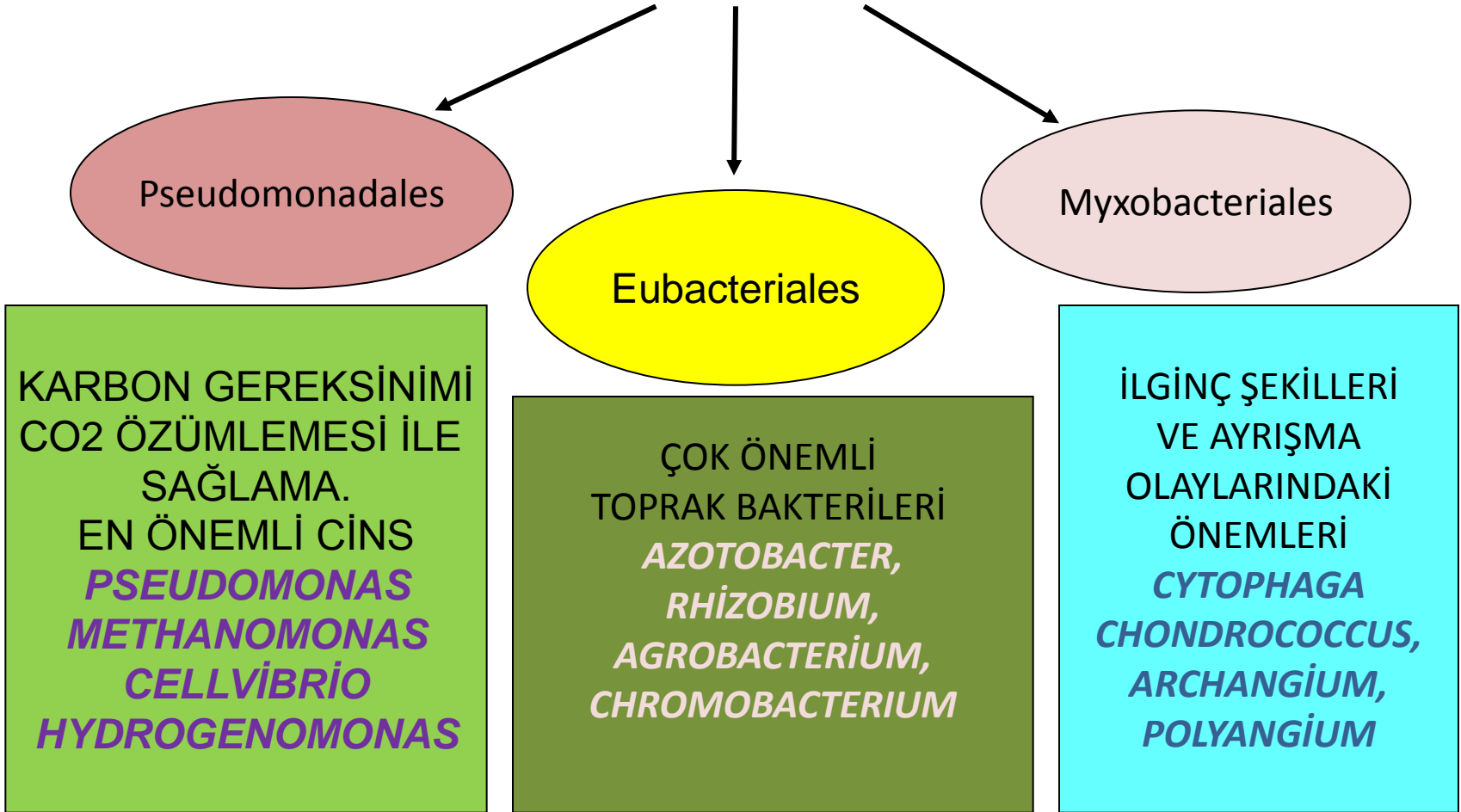
GÜBRELEME	pH	BAKTERİ SAYILARI($10^6 \times g^{-1}$)		
		Toplam sayım	Plak sayımı	Oran
Tarla+çiftlik gübresi	7.6	3730	28.9	129
Mineral+(NH ₄) ₂ SO ₄	7.2	1770	15.10	117
Gübresiz	8.0	1010	7.55	133
Park çimi+çiftlik gübresi	4.6	2390	2.25	1064
Mineral+(NH ₄) ₂ SO ₄	3.8	2400	1.35	1780
Gübresiz	5.6	3040	7.5	405

Hücre Yapısı Bakteri Tanımlanmasında Kullanılır:

- Çubuk Şeklinde Olanlar,
- Yuvarlak Şekilli
- Spiral Şekilli,



Toprakta En Fazla Rastlanan Bakteriler:



Bakterilerin enerji ve karbon kaynakları kullanımına göre sınıflanması

1. Heterotrofik veya kemoorganotrofik

mikroorganizmalar (organik besin maddelerini enerji ve karbon kaynağı olarak kullanan)

2. **Ototrofik veya litotrofik mikroorganizmalar** (**enerjilerini** güneş enerjisi-inorganik bileşiklerin oksidasyonu, **karbonu** CO₂ özümlemesinden sağlarlar)

Mantarlar, protozoalar, bütün hayvanlar ve bakterilerin çoğu heterotroftur.

Heterotrof organizmalar CO₂ özümleyebilmekte,

Ototroflar CO₂'i ana karbon kaynağı olarak kullanmakta.

Ototrof bakteriler

- **Fotoototroflar** (fotolitotrof), enerji güneş ışığından türetilir.(algler, yüksek bitkiler,bazı bakteri cinsleri fototrofik özellik gösterir.)
 - **Kemoototroflar** (kemolitotrof), enerji inorganik maddelerin oksidasyonundan sağlanır.
- Ototrofi** terimi kendini besleme özelliği olan mikroorganizmalar için tanımlanır.

Kemoototrofik bakteriler gereksindikleri enerjiyi sağlamada kullandıkları elementler dikkate alınarak alt gruplara ayrılır:

1. Azotlu bileşikleri oksitleyenler

- Amonyumu nitrite oksitleyenler *Nitrosomonas*
- Nitriti nitratlara oksitleyenler *Nitrobacter*

2. İnorganik kükürtlü bileşikleri sülfatlara çevirenler *Thiobacillus*

**3. Ferro demiri ferrik durumuna çevirenler:
*Thiobacillus ferrooxidans***

**4. H_2 ' ni oksitleyenler: *Nitrosomonas Nitrobacter*
bazı *Thiobacillus***

Kemoototrofik populasyonlar doğada önemlidir:

Enerji üreten reaksiyonları katalizlerler,

Ürün üretiminde bazı önemli olayları oluştururlar.

Hidrokarbonlar; ***corynebacterium, mycobacterium, pseudomonas*** gruplarınınca C kaynağı olarak değerlendirilir.

Liğnin ayrışmasında mantarlar özellikle basidiomycetler başat rol oynar.

Pestisit ve deterjan bakteri ve mantar türleri tarafından C ve enerji kaynağı olmak üzere ayrıştırılır.

Mikroorganizmaların gereksindiği besin maddeleri

Element	sembol	Kullanılan Şekli	Biyolojik işlevi
karbon	C	CO ₂ , organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
azot	N	NH ₄ , organik bileşikler	Strüktür, organik bileşikler
fosfor	P	PO ₄ ⁻³ , organik bileşikler	ATP, nükleik asitler, fosfolipitler
kükürt	S	SO ₄ ⁻² , H ₂ S, organik bileşikler	Amino asitler, vitaminler, sülfolipitler
vanadyum	V	Anorganik bileşikler	Enzimler, N ₂ fiksasyonu

Aktinomisetler

- Prokaryotik,
- Bakteriler ile mantarlar arasında geçit formu
- Eubacteriales takımında yer almakta
- Dallanmış miselli yapıda
- Endosporlar da olmak üzere değişik sporlar üretirler
- Toprak aktinomisetlerinin hiflerinin üzerinde konidia olarak tanınan tek, ve çift zincirler şeklinde eşeysiz sporlar oluştururlar

Aktinomisetler üç özellik bakımından mantarlara benzerler

- Misellerinde yaygın bir dallanma,
 - Hava miseli ve konidia oluştururlar
 - Aktinomisetlerin sıvı kùltürde gelişmesi bulanıklıkla sonuçlanmaz.
-
- Aktinomisetler çoğunlukla saprofit olarak yaşarlar.
 - Alkali ortamlarda iyi gelişme gösterirler.
 - Yaygınlık bakımından bakterilerden sonra gelirler.
 - Alkali ve yüksek organik madde içeren topraklarda sayıları üz milyona kadar yüksek olabilir.

- Aktinomisetler toplam toprak mikroorganizmalarının %10 ile %50 sini oluştururlar.
- Hetotrofik organizmalardır.
- Yaşamları toprakta bulunan organik maddeye bağlıdır.
- Aktinomisetler selüloz, nişasta, inülin, kitini ayrıştırır.
- Antibiyotik adı verilen mikrobiyal toksin metobolitleri sentezlerler.
- Streptomycine, klortetracyline, oksitetracyline ve sikloheksimin gibi önemli antibiyotikler aktinomisetlerden elde edilmiştir.

Aktinomisetlerin aktivite ve işlevleri

- Kitin streptomisetler ve micromonospora tarafından ayrıştırılır.
- Nocardia parafin ,fenol,steroid ve pirimidinleri ayrıştırır.
- Streptomisetler enzim salgılayarak bakterileri çözerler.
- Bazı dirençli bitki ve hayvan dokularının ayrışmasında
- Humus oluşumunda,
- Yeşil gübrelerin, kompost ve hayvan gübresi yığınlarının olgunlaşması ve transformasyonunda.

- Toprak kökenli bitki hastalıklarının oluşturulmasında.
- Bazı insan ve hayvan enfeksiyonları örn. *Nocardia asteroides* ve *N. otitidis-caviarum*.
- Mikrobiyal antagonizm ve toprak komünitelerinin düzenlenmesinde antogonistik etki ile düzen sağlama.

Aktinomisetleri etkileyen çevresel faktörler

- Organik maddece zengin toprakta fazla sayıda bulunurlar,
- 6.5-8.0 pH arasında yaşarlar.
- Aerobtururlar.
- Mezofilik özellik gösterirler.
- A horizonunda bulunurlar.

Mantarlar

- Mantarlar hif adı verilen mikroskopik,dallanmış filamentlerden oluşur bu filamentlere misel denir.
- Bazı mantarlar spor benzeri oluşumlar meydana getirerek parçalara ayrılırlar bunlara arthrospor veya oidia adı verilir.

Toprak mantarları

- Flamentli, miselli olarak tanımlanırlar
- Flamentli mantarlar, phycomycetes lerdir.
- Toprak mantarlarınınin bazı tanınmış cinsleri, *mucor*, *aspergillus*, *penicillium*, *fusarium*, *trichoderma*, *chaetomium*

Mantarlar

- **Phycomycetes** (orman topraklarında *mucor*, *rhizopus* ve *mortierella*)
- **Ascomycetes** (meyvalarda sorun oluşturlar *penicillium*, *aspergillus* ,*aspergillus flavus* tarafından üretilen **aflatoksin** kanserojenik niteliklidir.)
- **Basidiomycetes** (orman ve çayır vejetasyonunda , *mycorrhiza*, *agaricales*, *aphyllophorales*)
- **Deuteromycetes** (depolarda saklanan meyve ve sebzelerin bozulmasına *F. Imperfecti* grubu mantarlar neden olur.)

Toprak algleri

- Mikroskopik, klorofil içeren organizmalar
 - Mavi yeşil algler (cyanophyta)
 - Yeşil algler (chlorophyta)
 - Diatomeler (bacillorophyta)
 - Sarı-yeşil algler (Xantophyta)
-
- Erozyon önlemede, atmosfer azotunu fikse etmede, verimliliğe katkı,



Mikrobiyal İnteraksiyonlar (Karşılıklı Etkileşimler)

Olumsuz etkileşimler :

- Rekabet (competition),
- Zıt etkileşim(antogonizm),
- Mantar gelişiminin engellenmesi(fungistasis),
- Avcılık(predasyon),
- Parazitik ilişkiler.

Mikrobiyal İnteraksiyonlar (Karşılıklı Etkileşimler)

Olumlu etkileşimler:

- Birlikte bulunma (kommensalizm)
- Zorunlu olmayan karşılıklı yararlanma (protokooperation),
- Karşılıklı zorunlu yararlanma (mutualizm)

Olumsuz Etkileşimler

REKABET(COMPETITION)

İki veya daha fazla sayıda organizmanın bir madde veya koşulu sağlamak için aktif davranış ve isteklerini belirtir.

Mikroorganizmalar daha çok substrat yani enerji sağlamak için rekabet ederler.

Su, besin elementleri gelişme alanı için fazla rekabet etmezler.

- Substratın ayrışması için başlangıçta sağlanan yararılı su yeterli olmakta ve aktivite metabolik suyun üretilmesi ile otokatalitik olarak gelişmektedir.
- Rekabetin pratik önemi azot fiksasyonu konusunda görülmektedir.
- Nodül oluşturucu kültür rhizobium soyları ile toprakta bulunan doğal rhizobium florası arasında rekabet ortaya çıkmaktadır.

Zıt Etkileşim (Antogonizm)

- Metobolit salgılanması ile bir türün başka bir türü engellemesi ile sonuçlanan etkileşim (Amensalizm),
- Etkileşim her iki organizmayı da olumsuz etkiliyorsa (antagonizm),
- Antibiyotik üretimi ile oluşturulan etkileşim bazen (antibiyosiz) olarak tanımlanır.

Mantar Gelişiminin Engellenmesi (Fungistasis)

- Fungistatik madde mantar gelişmesini engelleyen fakat mantarı öldürmeyen niteliktedir.
- Amonyak,
- H_2S ,
- Metan,
- Tiyol,
- Dimetil sülfid,
- Uçucu kükürt bileşikleri bir grup populasyon ve aktiviteleri engellemektedir.

Avcılık (Predasyon ve Parazitizm)

- Bir organizma diğerkleri tarafından enerji ve madde kaynağı olarak tüketilir.

Predasyon olarak tanımlanan bu olaya örnek;bakterilerin predatörleri protozoalar olup beslenme amacı ile tüketilir ve bu yol ile bakteri popülasyonları önemli düzeyde etkilenir.

- Parazitizm, bir organizmanın diğerk organizmayı hem substrat kaynağı hem de habitat olarak kullanması olup, bu özelliğı ile predasyondan ayrılır.
- Predatör organizma serbest yaşamak ve avından besin ve enerji kaynağı olarak yararlanmak eğilimindedir.

Olumlu Etkileşimler

Kommensalizm: Birlikte Bulunma

Farklı türlere ait organizmalar arasında gözlenen ilişki olup, 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 substrat görevi yapar. ÖRNEK: Selüloz ayrıştıran mantarlar ile şeker ayrıştıran mantarlar arasındaki ilişki.

- Örneğin fiziksel değişimlerin bazı organizmalarca gerçekleştirilmesi, aynı çevrede farklı türden organizmaların gelişmesine olanak sağlar.
- Toprakta aerob mikroorganizmaların aktivitesi sonucu toprak redoks potansiyelinin azalması ile bu çevrede anaerobik organizmaların gelişmesini sağlar.
- Bu olay obligat anaerob olan ***Clostridium sp.***'nin genel olarak aerob bir çevre olan toprakta nasıl gelişebildiğini açıklamaktadır.

Mutualizm (Karşılıklı Zorunlu Yararlanma)

- Bitki köklerinde yaşayan mikoriza mantarları ile bitki simbiyozu ve azot fikse eden rhizobium bakterileri ile baklagil kökleri arasındaki simbiyotik işbirliği ile aktinomisetler ile yüksek bitkilerin oluşturduğu simbiyoz.
- Yüksek bitkiler ile mikroorganizmalar yanında iki mikroorganizma veya fauna-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.

Protokoperasyon (zorunlu Olmayan Karşılıklı Yararlanma)

- Etkileşimde bulunan her iki türün bireyleri birbirlerinden yararlanırlar, fakat yaşamlarının devam edebilmesi için işbirliği zorunlu değildir.
- Selüloz ayrıştıran organizmaların varlığı halinde, azotobakterlerin bu ayrışma ürünlerinden yararlandığını ve N_2 fiksasyonu yaptıklarını Jensen ve Svaby tarafından gözlemlenmiştir. Bu olayda selülotik mikroorganizmalar selülozu polisakkaritlerden basit şeker ve organik asitlere çevirmekte ve bu maddelerden azotobakterler substrat olarak yararlanmaktadırlar.

Mikrobiyal İnteraksiyonlar (Karşılıklı Etkileşimler)

Olumsuz etkileşimler :

- Rekabet (competition),
- Zıt etkileşim(antogonizm),
- Mantar gelişiminin engellenmesi(fungistasis),
- Avcılık(predasyon),
- Parazitik ilişkiler.

Mikrobiyal İnteraksiyonlar (Karşılıklı Etkileşimler)

Olumlu etkileşimler:

- Birlikte bulunma (kommensalizm)
- Zorunlu olmayan karşılıklı yararlanma (protokooperation),
- Karşılıklı zorunlu yararlanma (mutualizm)

Olumsuz Etkileşimler

REKABET(COMPETITION)

İki veya daha fazla sayıda organizmanın bir madde veya koşulu sağlamak için aktif davranış ve isteklerini belirtir.

Mikroorganizmalar daha çok substrat yani enerji sağlamak için rekabet ederler.

Su, besin elementleri gelişme alanı için fazla rekabet etmezler.

- Substratın ayrışması için başlangıçta sağlanan yararılı su yeterli olmakta ve aktivite metabolik suyun üretilmesi ile otokatalitik olarak gelişmektedir.
- Rekabetin pratik önemi azot fiksasyonu konusunda görülmektedir.
- Nodül oluşturucu kültür rhizobium soyları ile toprakta bulunan doğal rhizobium florası arasında rekabet ortaya çıkmaktadır.

Zıt Etkileşim (Antogonizm)

- Metobolit salgılanması ile bir türün başka bir türü engellemesi ile sonuçlanan etkileşim (Amensalizm),
- Etkileşim her iki organizmayı da olumsuz etkiliyorsa (antagonizm),
- Antibiyotik üretimi ile oluşturulan etkileşim bazen (antibiyosiz) olarak tanımlanır.

Mantar Gelişiminin Engellenmesi (Fungistasis)

- Fungistatik madde mantar gelişmesini engelleyen fakat mantarı öldürmeyen niteliktedir.
- Amonyak,
- H_2S ,
- Metan,
- Tiyol,
- Dimetil sülfid,
- Uçucu kükürt bileşikleri bir grup populasyon ve aktiviteleri engellemektedir.

Avcılık (Predasyon ve Parazitizm)

- Bir organizma diğerkleri tarafından enerji ve madde kaynağı olarak tüketilir.

Predasyon olarak tanımlanan bu olaya örnek;bakterilerin predatörleri protozoalar olup beslenme amacı ile tüketilir ve bu yol ile bakteri popülasyonları önemli düzeyde etkilenir.

- Parazitizm, bir organizmanın diğer organizmayı hem substrat kaynağı hem de habitat olarak kullanması olup, bu özelliği ile predasyondan ayrılır.
- Predatör organizma serbest yaşamak ve avından besin ve enerji kaynağı olarak yararlanmak eğilimindedir.

Olumlu Etkileşimler

Kommensalizm: Birlikte Bulunma

Farklı türlere ait organizmalar arasında gözlenen ilişki olup, 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 substrat görevi yapar. ÖRNEK: Selüloz ayrıştıran mantarlar ile şeker ayrıştıran mantarlar arasındaki ilişki.

- Örneğin fiziksel değişimlerin bazı organizmalarca gerçekleştirilmesi, aynı çevrede farklı türden organizmaların gelişmesine olanak sağlar.
- Toprakta aerob mikroorganizmaların aktivitesi sonucu toprak redoks potansiyelinin azalması ile bu çevrede anaerobik organizmaların gelişmesini sağlar.
- Bu olay obligat anaerob olan ***Clostridium sp.***'nin genel olarak aerob bir çevre olan toprakta nasıl gelişebildiğini açıklamaktadır.

Mutualizm (Karşılıklı Zorunlu Yararlanma)

- Bitki köklerinde yaşayan mikoriza mantarları ile bitki simbiyozu ve azot fikse eden rhizobium bakterileri ile baklagil kökleri arasındaki simbiyotik işbirliği ile aktinomisetler ile yüksek bitkilerin oluşturduğu simbiyoz.
- Yüksek bitkiler ile mikroorganizmalar yanında iki mikroorganizma veya fauna-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.

Protokoperasyon (zorunlu Olmayan Karşılıklı Yararlanma)

- Etkileşimde bulunan her iki türün bireyleri birbirlerinden yararlanırlar, fakat yaşamlarının devam edebilmesi için işbirliği zorunlu değildir.
- Selüloz ayrıştıran organizmaların varlığı halinde, azotobakterlerin bu ayrışma ürünlerinden yararlandığını ve N_2 fiksasyonu yaptıklarını Jensen ve Svaby tarafından gözlemlenmiştir. Bu olayda selülotik mikroorganizmalar selülozu polisakkaritlerden basit şeker ve organik asitlere çevirmekte ve bu maddelerden azotobakterler substrat olarak yararlanmaktadırlar.

Toprakta organik madde ayrışması ve karbon döngüsü

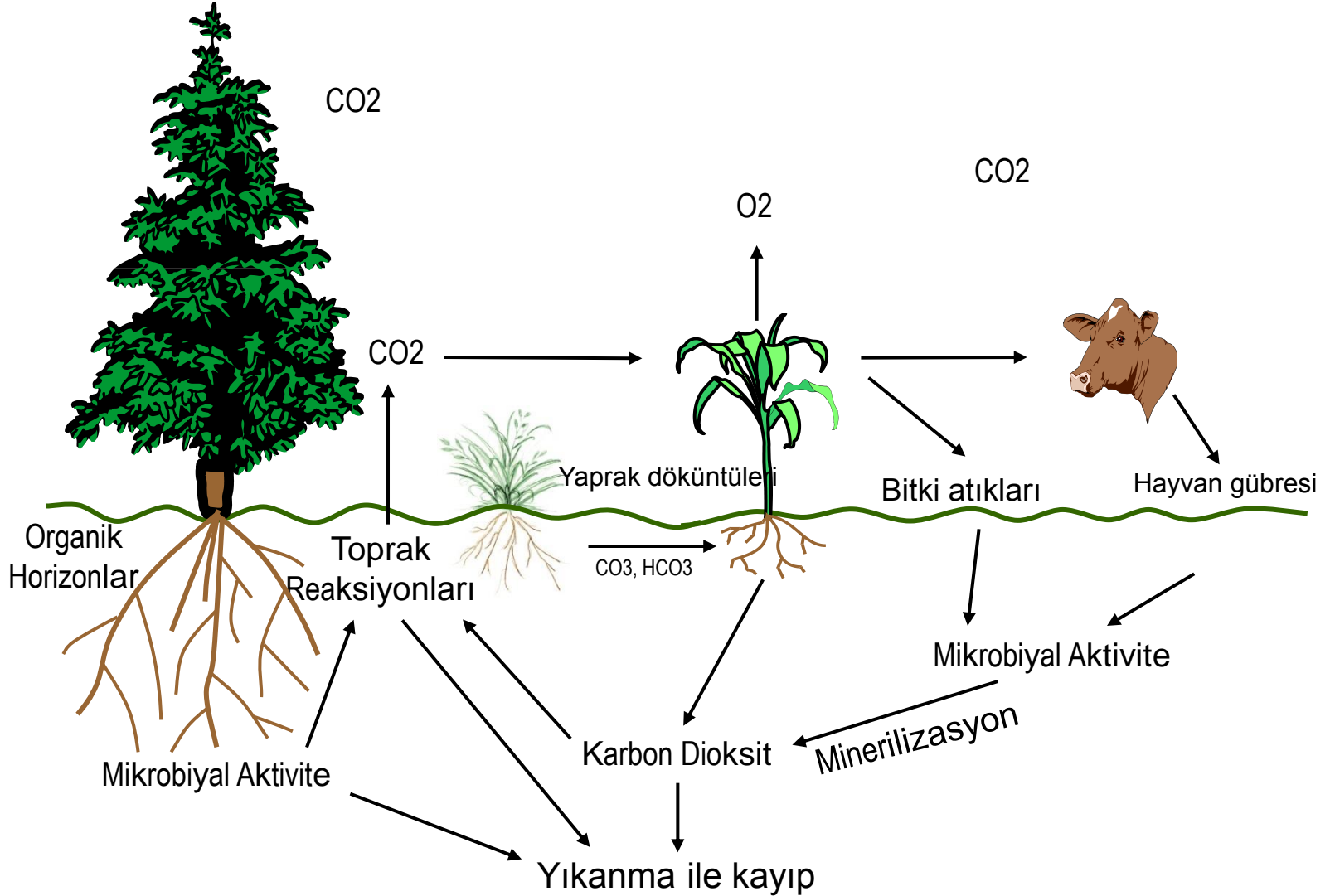
Organik maddenin değişik süreçler sonucu oluşturduğu üç humus şekli olan Mull, Moder ve Ham Humus ,orman ekosistemlerde uygun edofik koşullarda döküntü katmanının şiddetle ayrışarak, hızlı bir şekilde toprağa karışması ile oluşur. Mineral toprak yüzeyinde yalnızca yaprak ve çok ince bir çürüme katmanı bulunur, biyolojik aktivitenin çok yüksek olduğu bir humus şeklidir. Moder, orta derecede mikroorganizma aktivitesi bulunan bir humus formudur. Bu nedenle, humus tabakası toprağa yavaş karışır. Ham humus ise, mineral toprak üzerinde ayrılmaksızın duran, kalın organik döküntüdür.

Toprak faunasının genellikle yumuşak dokulu, karbon/azot oranı dar olan ıhlamur, mürver, dışbudak ve kızılağaç döküntülerini daha hızlı ayrıştırdığı, sert yapraklı meşe ve gürgen dokularının ise daha dayanıklı olduğu gözlenmiştir. Çok çeşitli toprak faunasının bu tür parçalayıcı, yumuşatıcı ve karıştırıcı etkisinden sonra, organik kalıntılar, toprak mikroflorasının etkisi ile daha hızlı değişime uğrarlar.

Karbon, canlı hücrenin en önemli yapı taşlarından birisi ve biyolojik sistemin en önemli elementidir. Bitki ve mikroorganizma hücreleri büyük düzeyde karbon içerirler. Karbondioksit, yeryüzündeki karasal ekosistemde fotoototrof yüksek bitkiler ve su sisteminde de algler tarafından organik karbona dönüştürülür.

Toprak ekosisteminde karbon döngüsü, CO₂'in bitkiler tarafından fiksasyonu ve organik bileşiklerin sentezi için özümlemesini, bitkisel organik kalıntılar ile primer ve daha üst düzey tüketicilere aktarılan kısımdan dışkı ve kadavralara aktarılan kısmının mikroorganizmalarca ayrıştırılması ve tekrar karbondioksit şeklinde atmosfere verilmesini tanımlamaktadır. Biyosferin canlı ve cansız kısımları arasındaki madde değişimi ise biyojeokimyasal döngü olarak tanımlanır. Biyolojik bakımdan karbon döngüsü yeşil bitkilerin CO₂'i fotosentetik olarak redükte etmesi ve bunun daha sonra bitki, mikroorganizma ve daha az olmak üzere hayvan solunumu ile atmosfere geri bırakılmasıdır.

Karbon Döngüsü



Karbon Döngüsü

- Atmosferde CO₂ oranı oldukça düşüktür (%0.03 CO₂ , 12 µmol/l).
- Yeşil bitkiler ve fotosentez yapan organizmalar sürekli olarak atmosferdeki CO₂ 'i kullanırlar.
- CO₂'in tekrar atmosfere geri dönüşümü olmasa idi atmosferdeki karbondioksit deposu fotosentez reaksiyonlarına ancak 20 yıl süre ile hizmet edebilirdi.
- Denizler ve okyanuslar CO₂'in depolandığı en geniş ortamlardır.

Karbon Döngüsü

- CO₂ burada % 90 oranında bikarbonat (HCO₃⁻) halinde bulunur.
- Atmosferik CO₂ ile denizlerdeki CO₂ karşılıklı değişim içindedir.
- Ancak karbondioksitin karşılıklı değişim hızı çok düşüktür.
- Bir yılda havada bulunan CO₂'in yalnızca 1/10'u denizlerdeki CO₂ ile değişmiş olur.
- Denizlerden başka göllerin ve iç suların hipolimnion (alt katmanı) tabakası da CO₂ içeriği bakımından çok zengindir.

Karbon Döngüsü

- Katmanlarda sıcaklık ve fotosentez nitelikleri farklı olduğundan, kimyasal özellikleri ve canlı popülasyonu farklılık gösterir.
- Suda çökebilen maddeler hipolimnion katmanına doğru hareket eder.
- Akarsular organik ve anorganik azot fosfor bileşiklerini göllere taşırlar. Algler sulardaki C,P,N u kullanarak ve göl suyuna giren güneş ışığının şiddetine bağlı olarak fotosentez yaparlar.

Karbon Döngüsü

- Algler zooplanktonların besinini oluştururlar. Sucul yaşamın diğer tüketicileri örneğin balıklar yararlanırlar. Bu tür işlevler sonucunda suda çözünmüş organik C kapsamı artar.
- Mikroorganizmalar organik C unu kullanarak CO₂ üretirler. Üretilen CO₂ algler tarafından kullanılır.
- Zooplankton ve diğer fauna solunumu da, havadan doğrudan çözünen CO₂, sudaki CO₂ kaynaklarıdır.

Karbon Döngüsü

- Atmosferdeki CO₂ 'in fiksasyonu ile fotosentez sonucunda şekerler ve benzer organik bileşikler oluşur.
- CO₂ 'in fikse edilmesi ile oluşan karbonhidrat polimerleri bitkilerde depolanır.
- Ağaçların dokusunda % 75 olan polisakkaritler, ot ve sebzelerde daha yüksektir.
- Fotosentez ile atmosferik CO₂'in yaklaşık olarak yarısından fazlası ağaçların ve otların polisakkaritlerine çevrilir.

Karbon Döngüsü

Atmosferden çekilen karbondioksitin tekrar atmosfere kazandırılması:

- Fotosentez yapan bitkilerin solunum yapması,
- Yeryüzündeki yüksek canlıların solunumları,
- Heterotrof aerob mikroorganizmaların monomerleri (şekerleri) parçalaması ve CO₂'e kadar okside etmeleri,
- Organik materyalin minerilizasyonu ile (anaerobik koşullarda fermantasyonlarla, asetogenik ve metanogenik reaksiyonlarla) ,
- Organik polimerlerin minerilizasyonu sonucunda karbonun % 1.0 ve 1.5 kadarının atmosfere CH₄ olarak dahil olduğu,



—————→

—————→

Karbon Döngüsü

CO₂ gazı yavaş bir şekilde atmosferde sürekli artmaktadır.

Bunda iki önemli faktör etkindir:

- Yeryüzünde petrol ve kömürün yakıt olarak kullanılması,
- Büyük orman alanlarınınin yok edilmesi.

Karbon Döngüsü

- Metan gazı temiz yanan bir yakıt olduğundan mükemmel enerji kaynağıdır.
- Isı ve elektrik üretiminde kullanılan metan kanalizasyon atıklarının işlendiği tesislerde elde edilmektedir.
- Parçalanamayan organik bileşikler anaerobik katabolizmaya sahip bakteri ve diğer mikroorganizmalarla H_2 , CO_2 ve asetata kadar parçalanırlar.

Karbon Döngüsü

- Metan bakterileri (Metanogenler) ve asetogenler **KARBONAT SOLUNUMU** yapan grup içinde yer alırlar.
- Metanogenler (metan bakterileri), desülfürükantlar gibi zorunlu ve kuvvetli anaerob bakterilerdir.
- Metan bakterilerinin hidrojen donörü olarak kullandığı substratlar çok sınırlıdır.
- İki temel substrat, hidrojen ve asetat yanında formiyat (HCOOH), metanol ($\text{CH}_3\text{-OH}$) ve metilamini ($\text{CH}_3\text{-NH}_2$) de kullanabildikleri saptanmıştır.

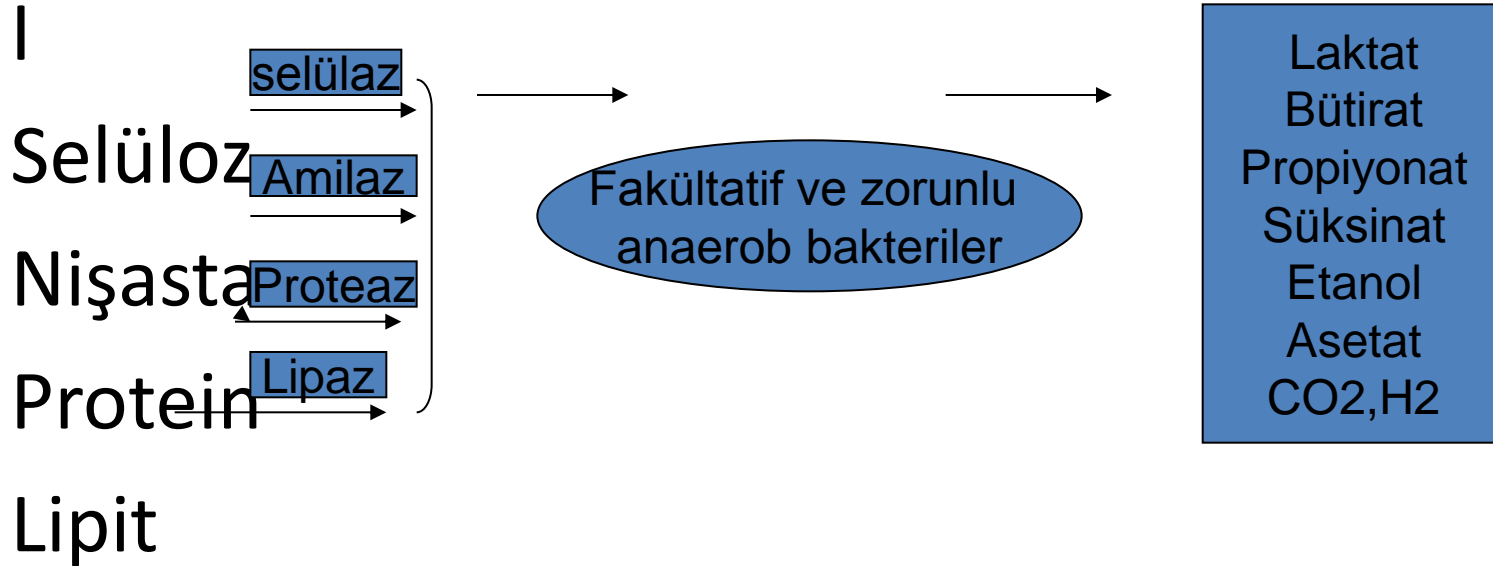
Karbon Döngüsü

- Metan bakterilerinin yeryüzünde ürettiği metanın yaklaşık;
- % 70'i asetatdan ,
- % 30'u H₂ ve CO₂ ' den meydana gelmektedir.

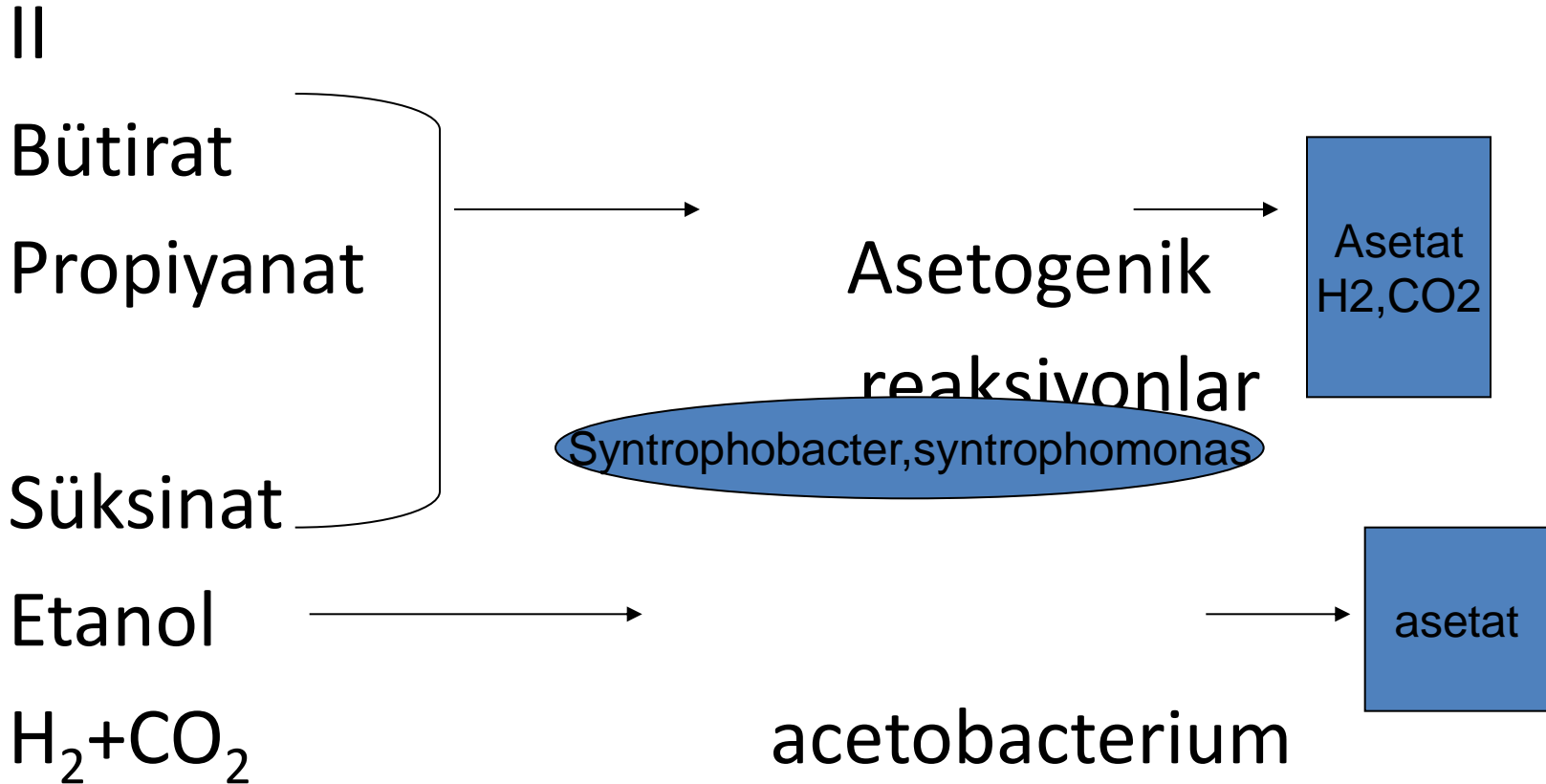
Doğada organik polimerlerin anaerobik koşulda parçalanmaları

Organik polimerler

son ürünler

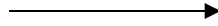


Doğada organik polimerlerin anaerobik koşulda parçalanmaları

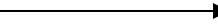


III

Asetat



Metanogenik

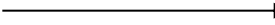


CH₄+CO₂



H₂+CO₂

reaksiyonlar



CH₄

methanogenler

Metanın oluştuğu ekosistemler

- Soğuk stepler (tundralar)
- Suyla doymuş ve su altında kalmış topraklar(eltik ekim alanları,bataklıklar, çamurlu topraklar)
- Göl, deniz ,çay ,ırmak ve birikinti su sedimentleri,

Evsel atıklarda, lağım çukurlarında,kanalizasyon atıklarında metan bakterileri bulunur.

Metan bakterileri geviş getiren hayvanların işkembe ve bağırsak sistemlerinde dominant flora arasında yer alır.

- Metan bakterileri aktifleştirdikleri H_2 molekülleriyle CO_2 'i metana redükte etmekte ve CO_2 moleküllerini C kaynağı olarak hücre materyalinin sentezinde kullanırlar.
- Kemolitotrof-ototroftur.
- Anaerob, ototrof ve H_2 oksidasyonu yapan bakterilerdir.
- Hidrojeni okside ederek metan oluşturur.
- Bazı metan bakterileri CO de metana dönüştürür.

- CO, metan oluşumunda kullanılırsa ürün olarak CO₂ ve H₂ meydana gelir ve metan oluşumu için kullanılır.

→

- $4\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2$
- $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $4\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CO}_2 + \text{CH}_4$

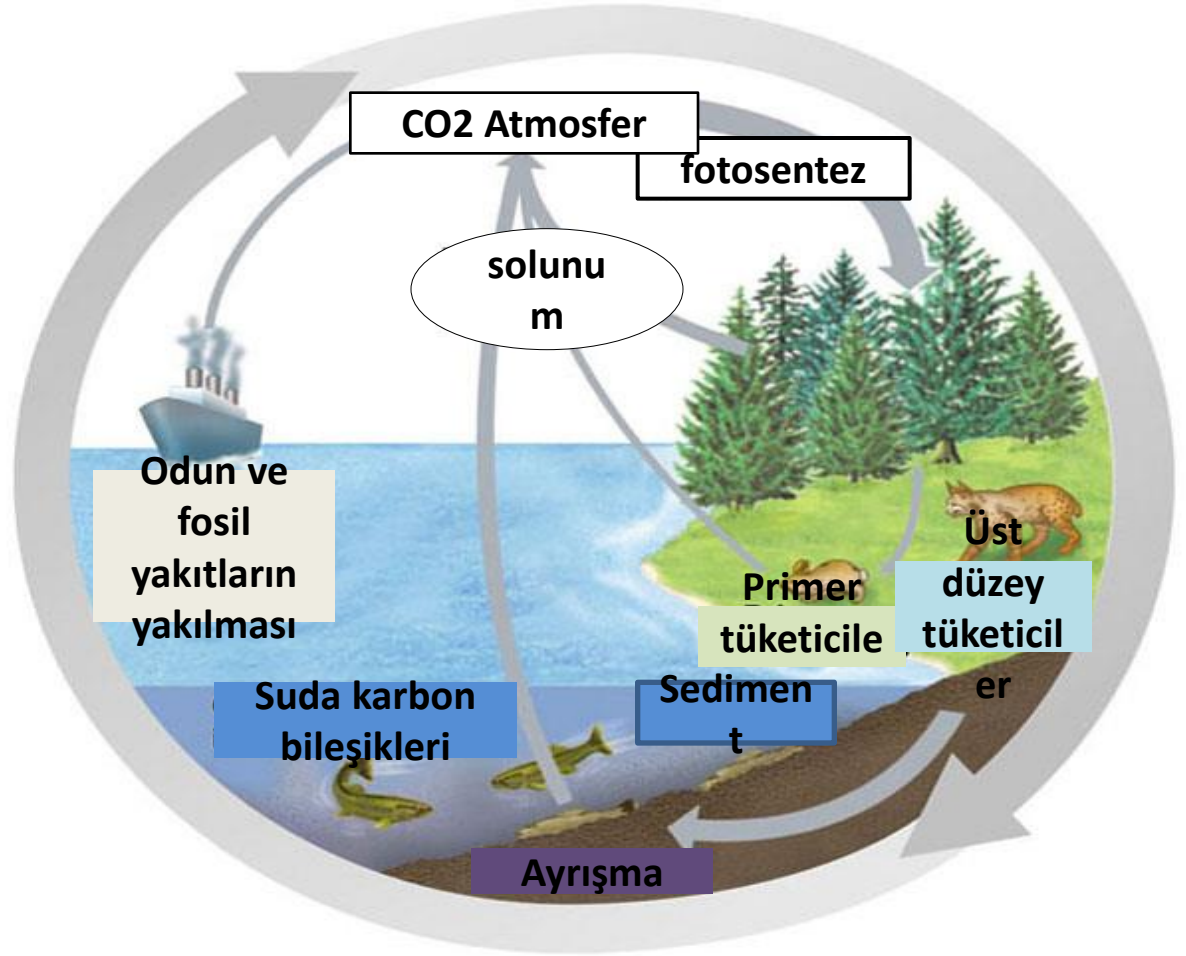
The carbon cycle relies on photosynthesis, respiration, and decomposition

Karbon bileşikleri (organik) tüketilir.

Solunum ile CO2 atmosfere geri döner.

Fotosentez = Solunum

Yanmış fosil yakıtları CO2 seviyesini yükselterek küresel ısınmaya neden olurlar.



Karbonat solunumu (metanogenler ve asetogenler)

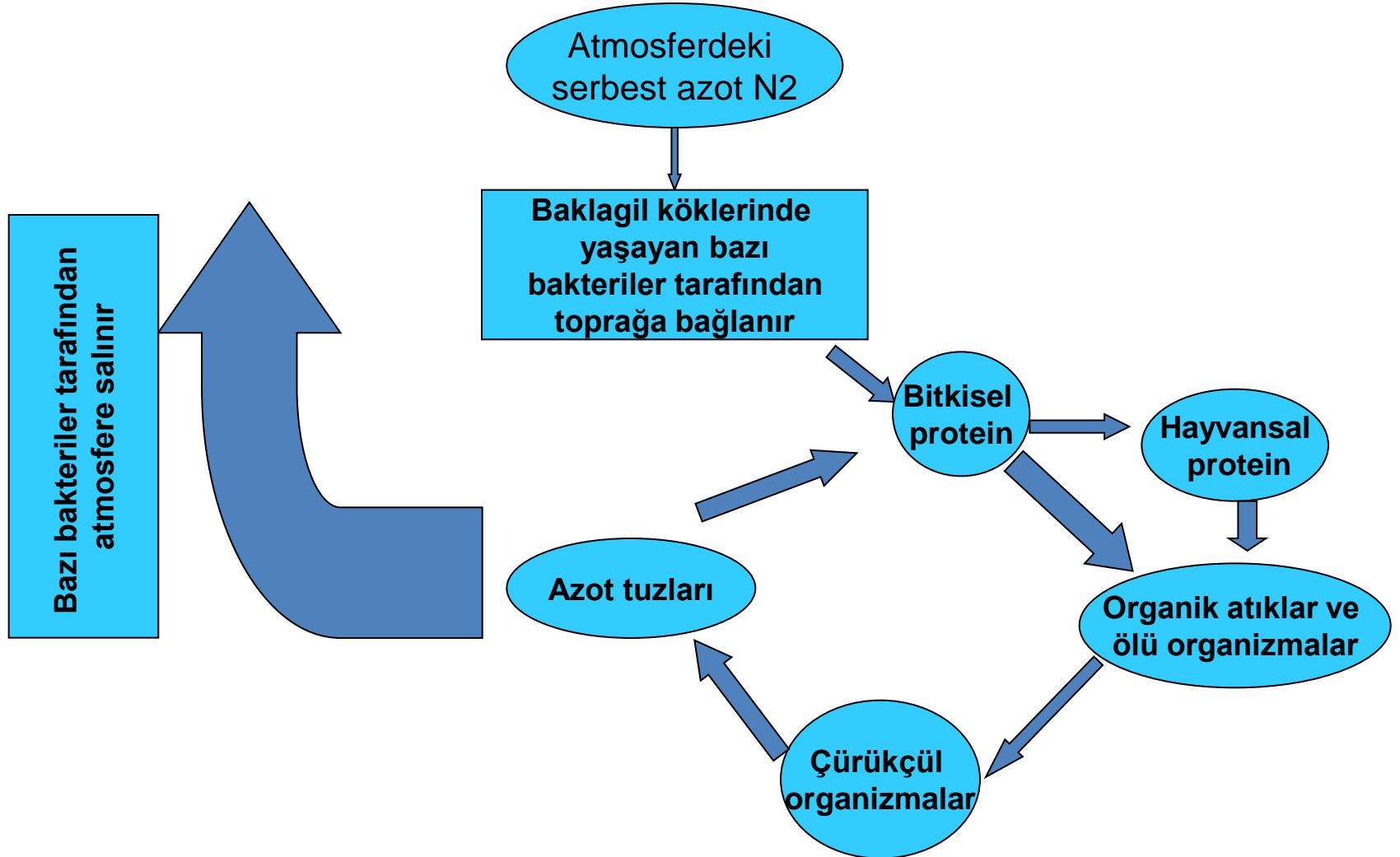
- Bir grup bakteri CO_2 ve HCO_3^- 'ı elektron akseptörü olarak kullanır.
- Hidrojen doneri olark H_2 ve asetati, elektron akseptörü olarak da karbonati kullanan ve metan oluşturanlar METANOGENLER,
- Hidrojeni donör ve karbonati akseptör olarak kullanıp asetat ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) oluşturanlar ASETOGENLER olarak tanımlanır.

- H₂ ve CO₂'i indirgeyebilen metanogenlerle CH₄ oluşturulurken , asetoklastik metanogenler de asetat, CH₄ ve CO₂'ide ayrılır.
- 1 kg organik matelyalden 600L metan üretmek mümkün olmaktadır.
- Atmosferde CH₄ gazının artması ile sera gazı etkisi ortaya çıkmaktadır.
- Metan kızıl ötesi ışınları absorbe ederek sera gazı etkisi yaratarak küresel ısınmayı olumsuz

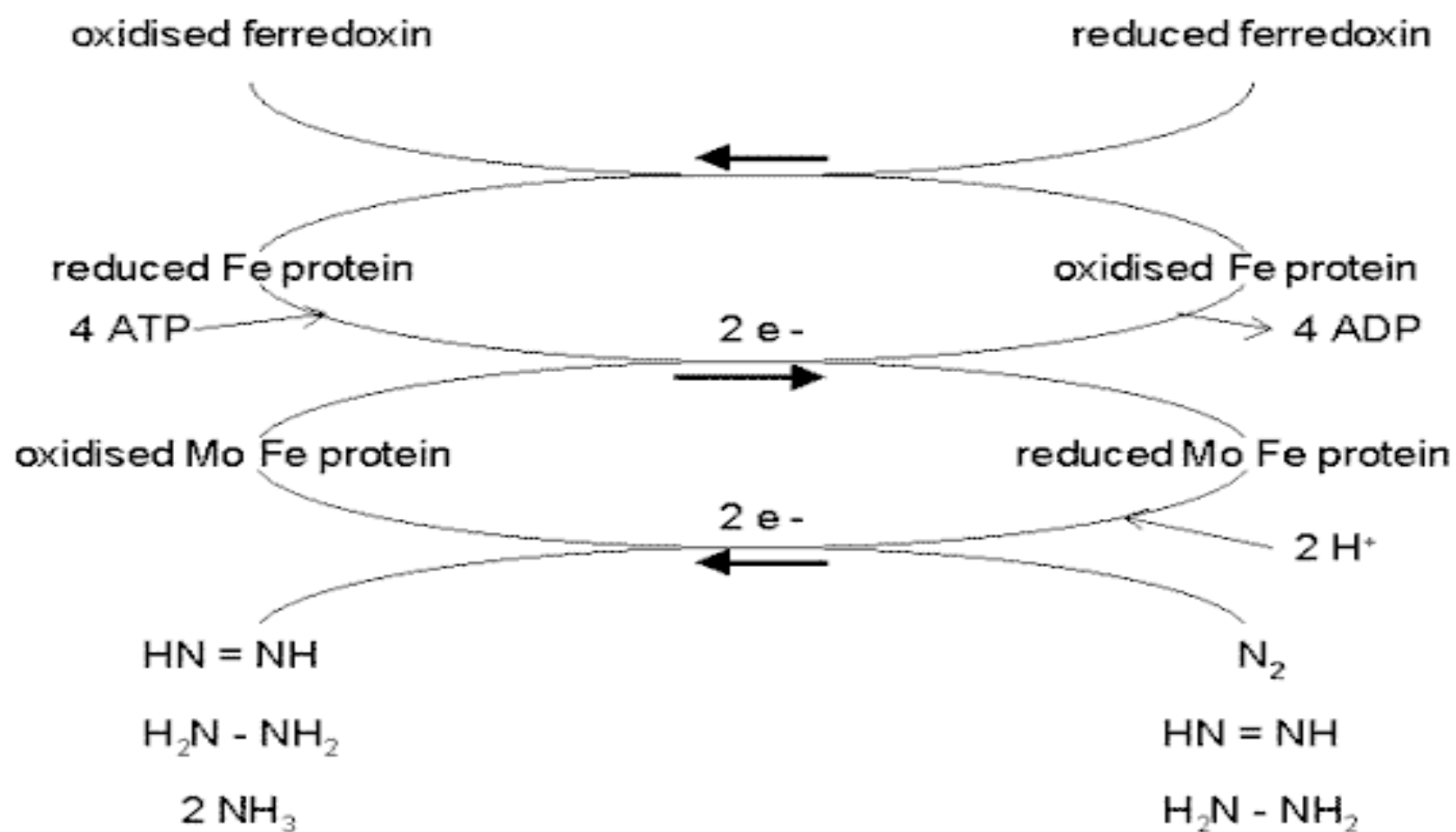
N Fiksasyonu ve N Dönüşü



Havadaki serbest azot yıldırım ,şimşek gibi atmosferik olaylarla ve fasulye, nohut, mercimek gibi baklagillerin köklerinde yaşayan azot bağlayan bakteriler tarafından toprağa bağlanır. Böylece bitkiler topraktan azot tuzlarını alır, hayvanlar ise bitkilerden alarak kullanır.







N Döngüsü

- N, canlılar için önemli olan karbon ve oksijen gibi temel elementtir
- Canlılar için hayati önem taşıyan aminoasit, nükleik asit, hormon ve vitamin gibi moleküllerin yapısına katılır
- Bitkiler atmosfer azotunu kullanamazlar
- Bitkiler azotu topraktan tuzlar şeklinde alırlar
- Hayvanlar azotu bitki ve diğer canlıları yiyerek aminoasitler sayesinde alırlar
- Bazı mikroorganizmalar atmosfer azotunu doğrudan kullanabilirler

N Döngüsü

- N, hem gaz halinde hem de yıkanma ile kaybolan bitki besin elementlerinden biridir.
- Atmosferdeki azot gazı çeşitli yollar (minerilizasyon, asimilasyon, fiksasyon ve denitrifikasyon) ile toprağa katılması, bitki ve hayvan dokusuna girmesi daha sonra bu dokuların ayrışması ile mineralize olması ve kayıplara uğraması azot döngüsü içinde gerçekleşmektedir.
- Azotun doğadaki döngüsü atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer gibi çevre bileşenleri arasında hızlı bir etkileşim vardır.

N Döngüsü

- Kompleks azotlu bileşiklerin ayrışma ve transformasyonlar sonucunda basit inorganik azot formlarına dönüşmesine MİNERİLİZASYON,
- Mineral azot formlarının canlı organizma dokularına alınarak karmaşık bileşikler içinde organik olarak tutulması olayına ASİMİLASYON veya N-İMMOBİLİZASYONU,
- Toprak azotunun gaz bileşikler şeklinde kaybolmasına DENİTRİFİKASYON,
- Atmosferde bol miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararlı duruma geçmesine AZOT FİKSASYONU,

N Döngüsü

- AZOT MİNERİLİZASYONU sonucunda iki ana ürün amonyum ve nitrat iyonları,
- Organik bileşiklerden amonyum iyonlarının türemesi olayına AMONİFİKASYON,
- Toprakta özel bakteri (ototrof nitelikli) grupları tarafından amonyum iyonlarının kademeli olarak nitrit ve nitrat iyonlarına yükseltgenmesi NİTRİFİKASYON,
- Organik azotun amonyum ve nitrata çevrilen oranı MİNERİLİZASYON ORANI,

N Döngüsü

- Toprakta organik azot formlarının bir kısmını proteinler oluşturmaktadır. Canlı hücre proteini bitki gelişmesi için kaynak oluşturmaktadır.
- Proteinler ve amino şekerlerin ayrışmasından serbest kalan amonyum iyonlarının bir kısmı kinonlar ve polifenoller ile birleşmekte oluşan ürünlerin mikrobiyal ayrışmaya karşı çok dirençli olduğu bilinmektedir. Bu reaksiyonlar topraklara gübre olarak amonyum bileşikleri uygulandığında ortaya çıkmakta ve amonyum fiksasyonu olarak tanımlanmaktadır.
- Ayrışma sonucunda açığa çıkan amino asitler de kinonlar ile birleşerek dirençli humik asit polimerlerini oluşturur.

N Döngüsü- Amonifikasyon

- Toprağa katılan organik azotlu formlar proteinlerdeki amino-N nükleik asitlerdeki heterosiklik-N bileşikleri olup, azotu bağlı bulunduğu bu formlardan açığa çıkaran topraktaki heterotrof mikroorganizmalardır.
- Bu bakteriler, ***Arthrobacter spp.***, ***Bacillus spp.***
- Ayrışmada ilk olay, protein çözülmesi (proteolisis) olup amino-N formları oluşmaktadır.
- Bu olaya AMİNİZASYON da denmektedir.
- Amino-N çok değişik bakteri grupları tarafından amonyağa indirgenir. Bu olaya AMONİFİKASYON denir.

N Döngüsü- Amonifikasyon

- Mikroorganizmalar salgıladıkları hücre dışı proteolitik enzimler ile gerçekleştirirler.
- Amonifikasyon sürecinde havalı koşullarda ortaya çıkan son ürünler; CO_2 , NH_2 , H_2O , SO_2 ,
- Anaerob koşullarda ise; merkaptanlar, H_2S , CO_2 , RNH_2 , $RCOOH$, tam mineralize olmamış ürünler,
- Diğer bakteriler, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Serratia*, *Micrococcus*, mantarlardan *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*.
- Mantarlar hücre sentezinde bakterilerden daha fazla azot özümlediğinden daha az amonyak çıkarırlar.

N Döngüsü- Amonifikasyon

- Amino asitlerinin ayrışması sırasında amin grubunun amonyağa çevrilmesi ve açığa çıkarılması reaksiyonları DEAMİNASYON, karboksilin açığa çıkarılmasına DEKARBOKSİLASYON reaksiyonları ile gerçekleşir.

- Amino asitten amonyağın çıkarılması-deaminasyon



Oksidatif deaminasyon



Redüktif deaminasyon



Dekarboksilasyon



→

N Döngüsü- Nitrifikasyon

- Amonyumun nitrata çevrilmesinden sorumlu toprak bakterileri, *Nitrosomonas, Nitrococcus, Nitrosospira, Nitrosolobus*
- Nitrit iyonları mikroorganizma ve bitki gelişimi için toksik maddelerdir.
- Nitrit derhal nitrat iyonlarına yükseltgenirler. Bakteriler, *Nitrobacter*
- *Nitrifikasyon bakterileri karbon kaynağı olarak CO₂ ,enerji kaynağı olarak inorganik azotlu bileşiklerin biyolojik oksidasyonunu kullanırlar.*

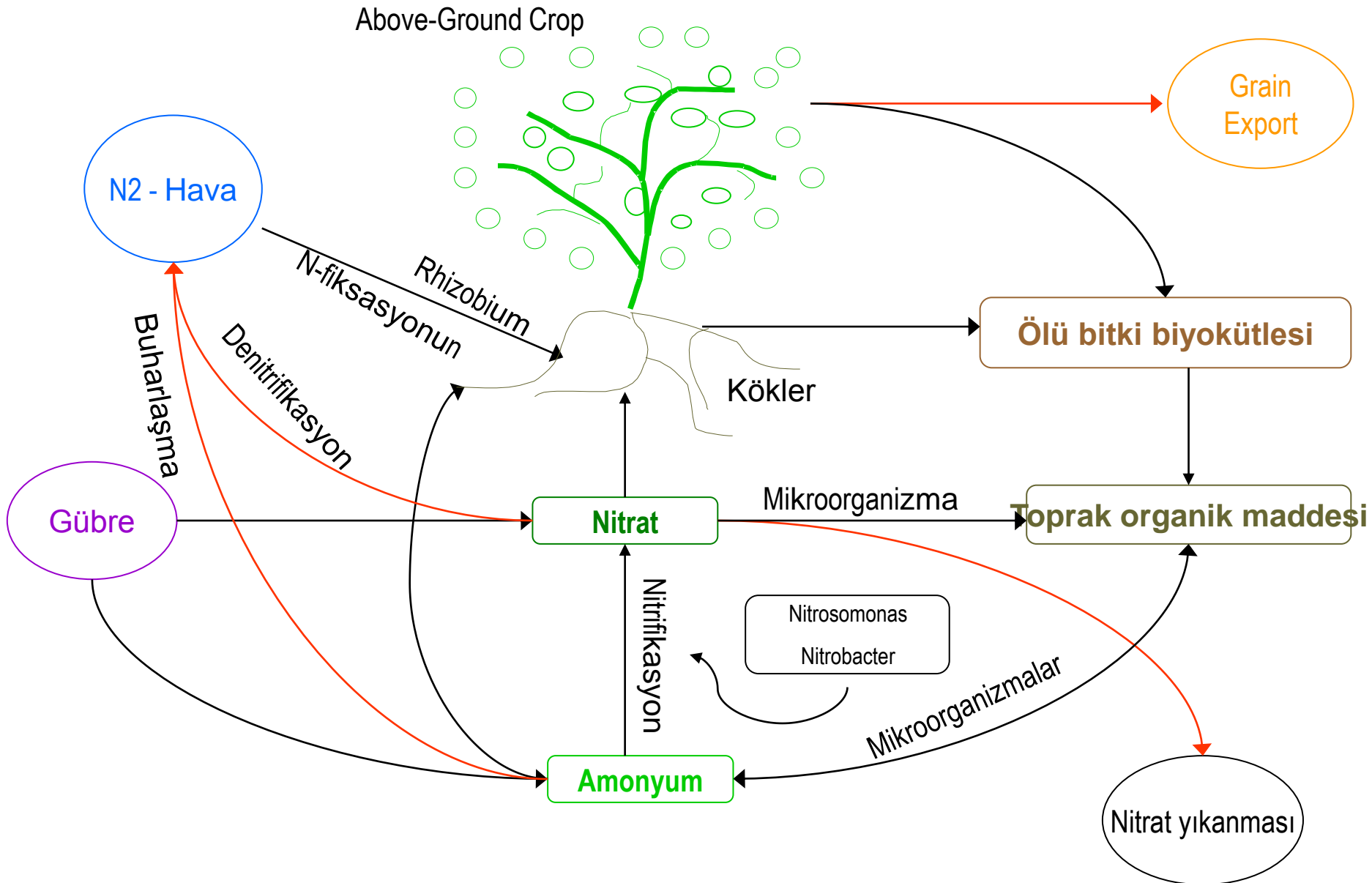
N Döngüsü- Denitrifikasyon

- Nitrat ve amonyum iyonları nitroz oksit ve serbest azot gazı şekline çevrilir.
- Bu olay çok asit olmayan koşullarda genellikle 5 pH üzerinde ve zayıf havalanma koşullarında ortaya çıkmaktadır.
- Toprakta aktif mikrobiyal popülasyonun varlığı, kolay ayrışabilir organik madde varlığı, sıcak ve nemli koşullar, denitrifikasyon için uygun koşulları sağlamaktadır.
- Denitrifikasyon yapan bakteriler,
- *Pseudomonas denitrificans, Bacillus nitroxus, Thiobacillus denitrificans, Micrococcus denitrificans, Acromobacter*

N Döngüsü- İnorganik Azotun Topraktan Kaybı

- Bitkiler tarafından alınım,
- Mikroorganizmalar tarafından özümleme - immobilizasyon
- Uçucu bileşikler şekline çevrilme ve atmosfere karışma,
- Sızma suları ile topraktan yıkanma.

Azot Döngüsü



Azot Fiksasyonu

Atmosferde bol miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararılı duruma geçmesine **azot fiksasyonu** denmektedir. Azot fiksasyonunda enerji gereksinir. Yağmur suyunda çeşitli azotlu bileşikler bulunmaktadır.

Yağmur suyunda iki temel azot formu amonyum (NH_4)ve nitrat (NO_3)tır. Yağmur suyundaki azot, dolanım yolu ile atmosfere girmiş olabildiği gibi fikse edilmiş azot da olabilir. Yağmur suyunda bulunan nitrat azotun atmosferde bulunan organik azot fraksiyonlarının minerilizasyonundan türemiş amonyumun fotokimyasal oksidasyonu ile oluştuğu açıklanmıştır.

Azot Fiksasyonu

Atmosferde bol miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararılı duruma geçmesine **azot fiksasyonu** denmektedir. Azot fiksasyonunda enerji gereksinir. Yağmur suyunda çeşitli azotlu bileşikler bulunmaktadır.

Yağmur suyunda iki temel azot formu amonyum (NH_4)ve nitrat (NO_3)tır. Yağmur suyundaki azot, dolanım yolu ile atmosfere girmiş olabildiği gibi fikse edilmiş azot da olabilir. Yağmur suyunda bulunan nitrat azotun atmosferde bulunan organik azot fraksiyonlarının minerilizasyonundan türemiş amonyumun fotokimyasal oksidasyonu ile oluştuğu açıklanmıştır.

Biyolojik Azot Fiksasyonu

Yağmurda bulunan nitrat değişimindeki düzensiz değişimlerin silisyum dioksit derişimi ile paralellik gösterdiği belirtilmektedir.

Biyolojik azot fiksasyonu bir çok mikroorganizma tarafından gerçekleştirilir. Bu organizmaların bir kısmı bağımsız olarak bu işlevi gerçekleştirirler. Buna kısaca **serbest azot fiksasyonu** denmektedir. Bazı toprak bakterileri baklagil bitkileri ile simbiyoz durumunda önemli azot fikse edici organizmalar olarak tanınırlar.

Biyolojik Azot Fiksasyonu

Serbest azot fiksasyonu yapan bakteriler heterotrof veya ototrof gruptan olabilmektedir. Heterotrofik türler arasında aerob ve anaerob aktivite gösteren gruplar vardır. Aerob bakterilerden ***Azotobacter*** ve ***Beijerinckia*** örnek olarak verilebilir.

Azotobacter chroococcum genellikle nötral ve alkali topraklarda bütün dünyada geniş yayılım gösterir. ***Azotobacter beijerinckia*** pH 3'e kadar asit koşullara dayanabilir.

Mavi-yeşil Algler

Bu organizmalar, toprak ekosistemindeki yüksek bitkilere benzer fotosentez yolu ile oksijen üreten ve karbondioksit fiksasyonu yapan ve azot fikse eden tek organizmadır. Arid bölgelerde ve çöl alanlarda gelişen alg türleri azot kazancı bakımından önemlidir.

Simbiyotik azot fiksasyonu:

1. Baklagil bitkileri ile simbiyoz oluşturan *Rhizobium* bakterileri,
2. Baklagil dışındaki ağaç türünden yüksek bitkiler ile simbiyoz oluşturan *aktinomisetler* oluşturmaktadır.

Rhizobium-baklagil simbiyozu

Baklagil bitkilerinin yetiştirilmesi, dünya tarım sisteminin sürekli ve çok önemli bir kısmını oluşturmaktadır. **Baklagil** (*Leguminosae*) familyasının türleri çok yaygın olup, kültüre alınmış 200 den fazla türü bulunmaktadır. İnsan için besin olarak değil, hayvan yemi, kereste, dokuma ve diğer çeşitli ürünleri veren bitkileri içerirler. Toprakta yeşil gübre olarak kullanılırlar. Bu bitki türleri köklerini enfekte ederek yerleşen ve oluşturduğu kök yumruları (nodül) içinde azot fiksasyonu yapan ***Rhizobium*** bakterileri ile bir simbiyoz oluştururlar.

Rhizobium-baklagil simbiyozu

Bir baklagil bitkisi bu yolu ile bir hektar toprağa 200-300 kg bitkiye yararılı azot sağlar. Bazen bir miktar daha fazla olabilir. Baklagiller azot gereksinimlerini iki yoldan sağlamaktadırlar:

1. Toprak azotunun özümlemesi: Nitratların absorpsiyonu kökler yolu ile olur. Nitratlar, bitkideki nitrat redüktaz enzimi ile indirgenir ve amonyağa dönüştürülür. Amonyak sonra amino asit ve proteinlerin yapısına girer. Bütün baklagiller bu enzime sahiptir.

Rhizobium-baklagil simbiyozu

2. Atmosfer azotunun fiksasyonu: atmosfer azotu toprak havasından nodüllere geçer ve burada nitrogenaz enzimi tarafından redükte edilerek amonyağa çevrilir. Amonyak amino asit ve proteinleri oluşturmak için bitki içindeki madde dönüşümlerine katılır. Baklagillerin sadece kırmızı renkli nodül oluşturanları bu fiksasyon işlemini yapabilir. Bu sistemde bakteri havadan bağlamış olduğu azotu bitki kullanımına verirken, kendisi de bitkiden karbonhidrat ve diğer bazı gelişim faktörlerini sağlamaktadır. Bitki kök bölgesi (Rizosfer) bitki köklerinin salgıları ile *Rhizobium* vd. bakteri türlerinin normal topraktan daha fazla bulunduğu bir toprak kısmıdır.

Rhizobium-baklagil simbiyozu

Nodül oluşum mekanizması:

1. Enfeksiyon öncesi dönem,
2. Enfeksiyon şeridinin oluşması
3. Nodül oluşumu.

Baklagil-Rhizobium simbiyozu yolu ile azot fiksasyonu modern tarımda en önemli biyolojik yöntemi oluşurmaktadır.

Simbiyotik azot fiksasyonunu etkileyen en önemli nedenlerin başında toprak pH'sı gelmektedir.

Asit koşulların, Rhizobium bakterilerinin gelişmesi için uygun olmayan ortam oluşturması nedeniyle toprakta bulunmamaktadır. pH koşullarının uygun olmaması, kök salgılarının yeteri kadar salgılanamaması nedeniyle bakterilerin rizosferde yeteri kadar çoğalmaması ve kök yüzey strüktürünün değişmesi nedeniyle bakterilerin köke nüfuz edememesi asit topraklarda yapılan tarla çalışmalarında üçgölde nodozite oluşmamış veya çok zayıf nodoziteler görülmüştür.

Mikrobiyolojik Gübreleme ve Baklagil Tohumlarının Aşılama

Protein değeri yüksek olan gıda maddelerinin ve hayvansal yemlerin üretilmesinde baklagil bitkilerine ve dolayısı ile simbiyotik azot bağlanmasına büyük önem verilmektedir. 19. yüzyılın sonlarından beri ekilen tohumların azot tesbit etme yeteneği yüksek olan *Rhizobium* bakterileri ile aşılama olarak ekilmesi ve bu yolla tesbit edilen azotun garanti altına alınması için hala çalışmalar yapılmaktadır. Ekimden önce baklagil bitkilerinin tohumlarına o bitkiye özgü azot tesbit etme yeteneği yüksek olan nodozite bakterilerinin verilmesi işleme **aşılama** denir.

Mikrobiyolojik Gübreleme ve Baklagil Tohumlarının Aşılama

Aşılama işlemi çeşitli sera ve tarla denemeleri ile seçilmiş *Rhizobium* suşlarının özel olarak üretilmesi ve ekimden önce tohumlara tatbik edilmesi yoluyla yapılmaktadır. Aşılama preparatlarının veya kültürlerin hazırlanmasında kullanılacak suşların azot bağlama kapasiteleri çok önemli özelliktir. Kullanılacak suş üzerinde yaşadığı bitkide azot bağlayan etkili nodoziteler oluşturmalıdır. Azot tesbit etme yeteneği yüksek olan suşların diğer bazı özellikleri de olmalıdır. Bunlar:

Mikrobiyolojik Gübreleme ve Baklagil Tohumlarının Aşılması

- Toprakta doğal olarak bulunan suşlarla nodozite oluşumu yönünden rekabete girişebilmeleri,
- Tohum üzerinde, rizosferde ve üzerinde yaşadığı bitkinin bulunmayışı halinde toprakta yaşamını devam ettirebilmeleri gibi özelliklerdir.
- Bazı özel durumlarda ise yüksek ve düşük ısı derecelerinde azot bağlama yetenekleri, pH ve pestisitlere olan toleransları ve azot bileşiklerinden etkileniş durumları söz konusu olur.

Fosfor Döngüsü ve Mikrobiyolojisi

- Fosfor, hücrelerin çekirdeklerinde ve sitoplazmasında bulunan DNA ve RNA 'nın temel yapı taşlarından biridir.
- Toprakta organik fosfor fosforik asit radikali, organik ve inorganik radikallere bağlanmıştır.
- Hayvan atıkları ve çiftlik gübresi toprağın organik fosforuna katkıda bulunurlar.
- Hayvanlar geniş ölçüde üre ve dışkı ile mineral fosfat bırakırlar.
- Bitki artıklarının ayrışması sırasında mikroorganizmalar enzimatik reaksiyonlarla fosforu alırlar.

Fosfor Döngüsü ve Mikrobiyolojisi

- Mikroorganizmalar bir seri transformasyonlar ile fosfor yayınlılığını etkilerler. Bunlar:
- Anorganik fosfor bileşiklerinin çözünürlüğünün değiştirilmesi,
- Organik bileşiklerin minerilizasyonu ve anorganik fosfatın serbest bırakılması,
- Anorganik yayınlılı fosfor anyonunun hücre içine alınması ve immobilize edilmesi,
- Anorganik fosfor bileşiklerinin oksidasyon veya redüksiyonunun oluşturulması.

Fosfor Döngüsü ve Mikrobiyolojisi

- Tarımsal ürünler genellikle % 0.05 ile %0.50 düzeylerinde fosfor içerirler. Bu element bitkilerde fitin, fosfolipidler, nükleik asitler, fosforlanmış şekerler, koenzimler ve ilgili bileşikler halinde bulunur.
- Fosfor ayrıca vakuller içinde anorganik ortafosfat şeklinde bulunur.
- Azot ve kükürde kıyasla fosfor anyon halinde alındıktan sonra bitki bünyesinde redüksiyona uğramaz. Bu iyon organik kombinasyona büyük ölçüde değişime uğramaksızın girer.

Fosfor Döngüsü ve Mikrobiyolojisi

- Bu nedenle fitin, fosfolipidler ve nükleik asitlerde fosfat halinde bulunur.
- İnositol fosfatlar her inositol ünitesi için 1 \longrightarrow 6P atomu içerirler. Bu bileşikler topraklarda ve yaşayan organizmalarda bulunur ve enzimatik olarak oluşur.
- Fosfolipidler iselipid ve fosfotlardan oluşur.
- Lesitin ve sefalin'i kapsayan ve bir fosfolipid sınıfı olan fosfatidlerde, fosfat azotlu bir baz ile esterleşmiştir.

Fosfor Döngüsü ve Mikrobiyolojisi

- Çözünmez anorganik fosfor bileşikleri bitkilere büyük ölçüde yararlanılsız durumdadır. Birçok mikroorganizma fosfatları çözerek yararlanılsılığını artırabilmektedir.
- Bu tür bakteriler çoğunlukla kök yüzeyleri üzerinde yaygındır. *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *micrococcus*, *Bacillus*, *Flovabacterium*, *Penicillum*, *Sclerotium*, *Fusarium*, *Aspergillus* gibi birçok tür çevrimde aktif rol oynarlar.
- Bu mikroorganizmalar çözünen fosforu yalnızca özümlemez, aynı zamanda büyük miktarlarda çevrim yaptıklarından yararlanılsılı fosforu serbest bırakırlar.

Tarımda Kullanılan Kimyasal Maddelerin Edafon Üzerine Etkileri

- Modern tarımsal üretimde organik ve mineral gübreler yanında, ürün artışını desteklemek ve emniyet altına almak amacı ile çok farklı bileşim ve miktarlarda yapay kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu tür maddelere **tarımsal kimyasallar** adı verilmektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli bileşimlerin çoğunluğu doğada örneği bulunmayan molekül yapılar göstermektedirler.

Tarımda Kullanılan Kimyasal Maddelerin Edafon Üzerine Etkileri

- Biyoregülatörler, verimi arttırmak ve güçlü bir tarımsal ürün sağlamak amacı ile bitki gelişmesini belirli ölçülerde kontrol altına alan özel hormon ve kimyasal maddeler gelişmeyi düzenleyici olarak modern tarımda kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan biyoregülatörlerden biri CCC (**CHLORCHOLINCHLORID**), buğday saplarının fazla uzamasını kontrol altına alarak buğday başağının güçlü ve dolgun olmasında etken olur. Genç bitkilere püskürtme yolu ile uygulanan bu madde, toprağa da ulaştığından, toprakta edafon tarafından hızla ayrıştırılır.

Tarımda Kullanılan Kimyasal Maddelerin Edafon Üzerine Etkileri

- Herbisitler, herbisitlerin çoğunluğu toprakta biyolojik olarak hızla ve bir vejetasyon dönemi içinde ayrışabilir. En hızlı ayrışma mikrobiyal aktivitesi yüksek olan topraklarda gerçekleşir. **S-triazin** grubu herbisitlerden simazin, selüloz ayrıştırıcılar tarafından C ve enerji kaynağı olarak tüketilebilir. Toprak algleri herbisitlere karşı oldukça duyarlıdırlar. Yeşil alglerden ***Chlorella vulgaris*** herbisitlerin saptanmasında duyarlılığından ötürü indikatör organizma olarak kullanılmaktadır.

Tarımda Kullanılan Kimyasal Maddelerin Edafon Üzerine Etkileri

- İnsektisitler; insektisit gruplarının toprakta önemli işlevleri olan nodül bakterileri, selüloz ayrıştıran bakteriler ile yeşil alglerin populasyon ve aktivitelerine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Toprak faunasının da etkilendiğine dair bilgiler bulunmaktadır. Çayır topraklarında linden uygulamasının yer solucanı populasyonunu % 75 azalttığı belirlenmiştir.
- Fungisitler; mantarlardan kaynaklanan hastalıkların önlenmesinde yaygın olarak kullanılan bu tür kimyasal maddelerin toprak mikroorganizmaları üzerine kuvvetli zarar etkileri olduğu belirtilmiştir.

Tarımda Kullanılan Kimyasal Maddelerin Edafon Üzerine Etkileri

- Toprak verimliliği ile çok yakın ilişkileri olan mikorriza oluşumlarının fungusitlerden olumsuz etkilenmesi en önemli toprak biyoteknolojisi sorunlarındanındır.

DEMİR SOLUNUMU

Fe (III)'ün Fe (II) 'ye redüksiyonu

Bütün organizmaların demire ihtiyaçları vardır.

Hücre dışında bulunan Fe^{2+} , okside olarak suda çözünemez durumdaki Fe(III) oksitlere veya hidroksitlere dönüştüğünden hücre içine kolayca alınamaz.

Çeşitli organizmaların ihtiyaçları olan demiri hücre içine alma mekanizmaları farklıdır.

DEMİR SOLUNUMU

Mikroorganizmalar ; katalaz,peroksidaz sitokrom enzimleri ve Fe-S proteinleri gibi moleküllerin yapısına giren Fe ²⁺ iyonlarına gereksindiğinden hücre dışındaki çözünemez Fe (III) oksitleri sideroforlarla yakalarlar.

Bakteriler tarafından salgılanan sideroforlar hücre dışında Fe(III) oksitlerin demirleriyle(Fe ⁺³) birleşerek kompleks oluşturur.

Kompleksler enerjiye gereksinen taşınma yolu ile hücre içine alınırlar.

Demir Solunumu

Hücre içinde komplekste bulunan Fe^{+3} , Fe^{+2} ye redükte olutken sideroforlar demirlerini hücre içinde bırakarak tekrar serbest hale geçer ve hücre dışına çıkarılırlar.

Bu şekildeki Fe^{+3} indirgenmesine **asimilatorik demir redüksiyonu** denir.

İKİNCİ MEKANİZMA:

Bakterilerin suda çözünmeyen Fe(III) oksitlerle doğrudan teması gerekmez. Ekstrasellüler bazı moleküllerin Fe(III) oksitteki Fe⁺³ ile kompleks oluşturması söz konusudur. Şelat oluşturan bu moleküller şelatör veya mediatör olarak adlandırılır.

Örneğin suda çözünebilir humik asitler ekstrasellüler doğal şelatör moleküllerdir. Elektronların taşınmasında görev üstlenirler.

$\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ redoks sistemi kuvvetli pozitif redoks potansiyeline ($E'_{\circ} = +0.77 \text{ V}$) sahiptir ve termodinamik kurallara göre anaerobik solunumda son akseptör görevi için uygun bir redoks sistemidir.

Disimilatorik demir solunumu yapan bakterilerden *Alteromonas putrefaciens*, karbon kaynağı ve H-donörü olarak asetati kullanır. Fe(III) de ortamda redükte olur. Ancak bu arada Fe(II) Fe(III) –oksit karışımı olan manyetit (Fe_3O_4) meydana gelir.

Bu sonuç bakterinin Fe^{+3} iyonlarını Fe^{+2} ' ye redükte ettiğinin kanıtıdır.