

Toprak Mikroorganizmaları
Fonksiyonları, Mikorhizalar

Topraktaki Bitkilerdeki
Fonksiyonları

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Ekolojik sistemlerdeki mikroorganizmalar çeşitli aşamalarla azot döngüsünü sağlarlar.

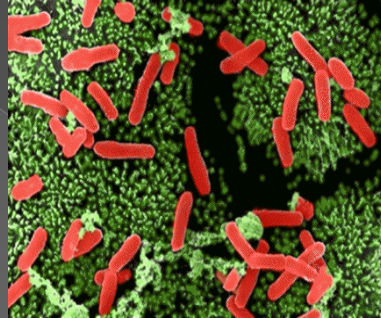
Azot döngüsünün aşamaları şunlardır:

1. Azot fiksasyonu (simbiyotik, asimbiyotik),
2. Azot oksidasyonu (nitrifikasyon),
3. Azot redüksiyonu (denitrifikasyon, amonifikasyon)

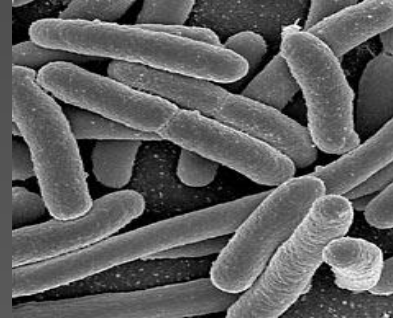
Bazı bakteriler (*Rhizobium*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus*), mavi-yeşil algler (*Anabaena*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Oscillatoria*) ve mantarlar (*Mycorrhiza*) atmosferdeki azotu tespit eder.



Rhizobium



Clostridium



Azotobater



Klebsiella



Bacillus



Anabaena



Nostoc



Calothrix



Oscillatoria



Mycorrhiza

Bunlardan *Rhizobium* bakterisi, konak seçici olup, *Leguminosae* familyasındaki bitkilerle birlikte bulunur; bu bitkilerin köklerinde nodüller oluşturarak azot tespitini sağlar.



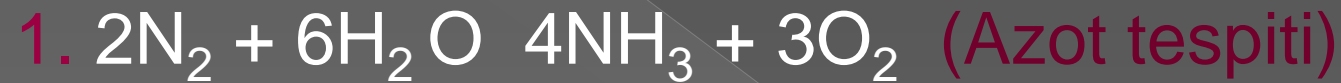
AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Bitki ve bakteri arasında, simbiyotik bir ilişki söz konusudur.

Bakteriler, bitkiden enerji sağlayıp elementel azotu bağlar; bu sırada açığa çıkan amonyaktan da bitkiler yararlanarak aminoasit sentezini gerçekleştirirler.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Belirtilen işlemler iki kademeli olarak aşağıda gösterilmiştir:



Reaksiyonlar sonucunda, amonyak ve aminoasitin yanı sıra, oksijenin de açığa çıktığı görülmektedir.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Rhizobium ve *Azotobacter* gibi, serbest azotu tutan bakterilerin özel bir enzim sisteminde, demir içeren iki ayrı bileşen bulunmaktadır.

Azotu bağlayan birinci bileşen, molibden içermektedir; ikinci bileşik ise ATP ile aktif hale gelmektedir.



Rhizobium



Azotobacter

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Amonyanın, havadaki azottan başlayarak süren biyolojik sentezinde büyük miktarda enerji harcanır.

Atmosferde bol miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararlı duruma geçmesine **azot fiksasyonu** denmektedir.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Canlılar alemi içinde sadece bazı *prokaryotik* organizmalar, gaz halindeki moleküler azotu indirgeyebilir.

Bu organizmalar sahip oldukları genetik yapıları sayesinde azotun indirgenmesinde kullanılan nitrogenaz denilen enzim sentezleme yeteneğine sahiptirler.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Prokaryot' larda 17 azot fiksasyonu geni bulunmakta, bunlar nitrogenaz proteininin sentezlenmesini, nitrogenaz proteinine Mo ve Fe'nin bağlanması için gerekli elektron transferini, nitrogenazın O₂'den korunmasını, aynı zamanda bağlanan veya ortamda bulunan azot miktarına ve meydana gelen bileşime göre nitrogenazın faaliyetinin düzenlenmesini sağlar.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Azot bağlayan prokaryotik mikroorganizmaların hepsi bakteridir.

Bunlar ya serbest yaşarlar (freeliving bacteria), ya da diğer bir canlı ile ortak yaşarlar (symbiotic bacteria) veya diğer bir canlı ile yan yana (associative bacteria) yaşarlar.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Diazotroph diye tanımlanan bu bakteriler karbon kullanım özelliklerine göre de ototrof veya heterotrof olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Heterotrof olan Prokaryotik Diazotrophlar ve Prokaryotik-Eukaryotik sistemler tabloda gösterilmiştir.

Simbiyotik yaşayanlar Macrosymbiont/Diazotroph

Serbest yaşayanlar

	Nodülsüz Symbiosis	Nodüllü Sybiosis
AEROBIC Azotobacter Azotomonas Azotococcus Beijerinckia Derrica Rhizobium Azospirillum	RHIZOSPHERE Paspalum/ Azotobacter Digitaria/ Azospirillum	LEGUME/RHIZOBIUM Phaseolus/ Rhizobium
FACULTAT VE ANAEROBIC Bacillus Klebsilla	PHYLLOSPHERE Variedgenera Beijerinckia Azotobacter Klebsiella Enterobacter	NONLEGUME/ ACTINOMYCETES Alnus/Frankia Myrica/Frankia
ANAEROBIC Clostridium Desulfovibrio Desulphotomaculum		NONLEGUME/ RHIZOBUM Trema/ Rhizobium
		NONLEGUME/ BLUE-GREENALGE Gunnera/Nostoc

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Toprakta serbest yaşayan veya yüksek bitkilerle simbiyotik olarak yaşayan bazı mikroorganizmaların nitrogenaz enzimi üretme yeteneği vardır.

Bu enzim, oldukça stabil olan ve atmosferde çok yüksek oranda bulunan N_2 'nin NH_3 'e dönüşümünü katalize etmektedir ve bu yolla organik N bileşiklerinin oluşumu mümkün olmaktadır.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Doğada sadece prokaryotlar havanın serbest azotunu bağlama yeteneğindedirler.

Biyolojik azot fiksasyonunda yüksek bitkilerle ortak yaşayan (simbiyotik) ve serbest yaşayan (non-simbiyotik) mikroorganizmalar prokaryotların bir üyesi olup **diazotrof** olarak isimlendirilirler.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Azot fiksasyonu gerçekleştiren mikroorganizmalar heterotrofturlar.

Bu mikroorganizmalar bitkilerin yaralanmış kısımlarından, kılcal köklerinden veya epidermisin hiç bozulmamış kısımlarından bitki içerisine girebilirler.

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Tüm bu aşamalarda iki hücre duvarı veya orta lamellerde organizmaların kabul edilmeleri gerekmektedir.

Bitki içerisine herhangi bir organizmanın bulaşabilme yeteneği, mikroorganizmalar tarafından enzim üretilmesine, ilk hücre duvarının sertliğine ve ikinci hücre duvarının dağılımına bağlıdır.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Simbiyotik olarak azot fikse eden bakteriler üç grupta toplanmıştır.

Bunlar:

1. Baklagil bitkilerinin köklerinde yaşayan bakteriler,
2. Baklagil olmayan bitkilerin köklerinde ve üzerinde yaşayan bakteriler,
3. Bazı bitkilerin yapraklarında yaşayan bakterilerdir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

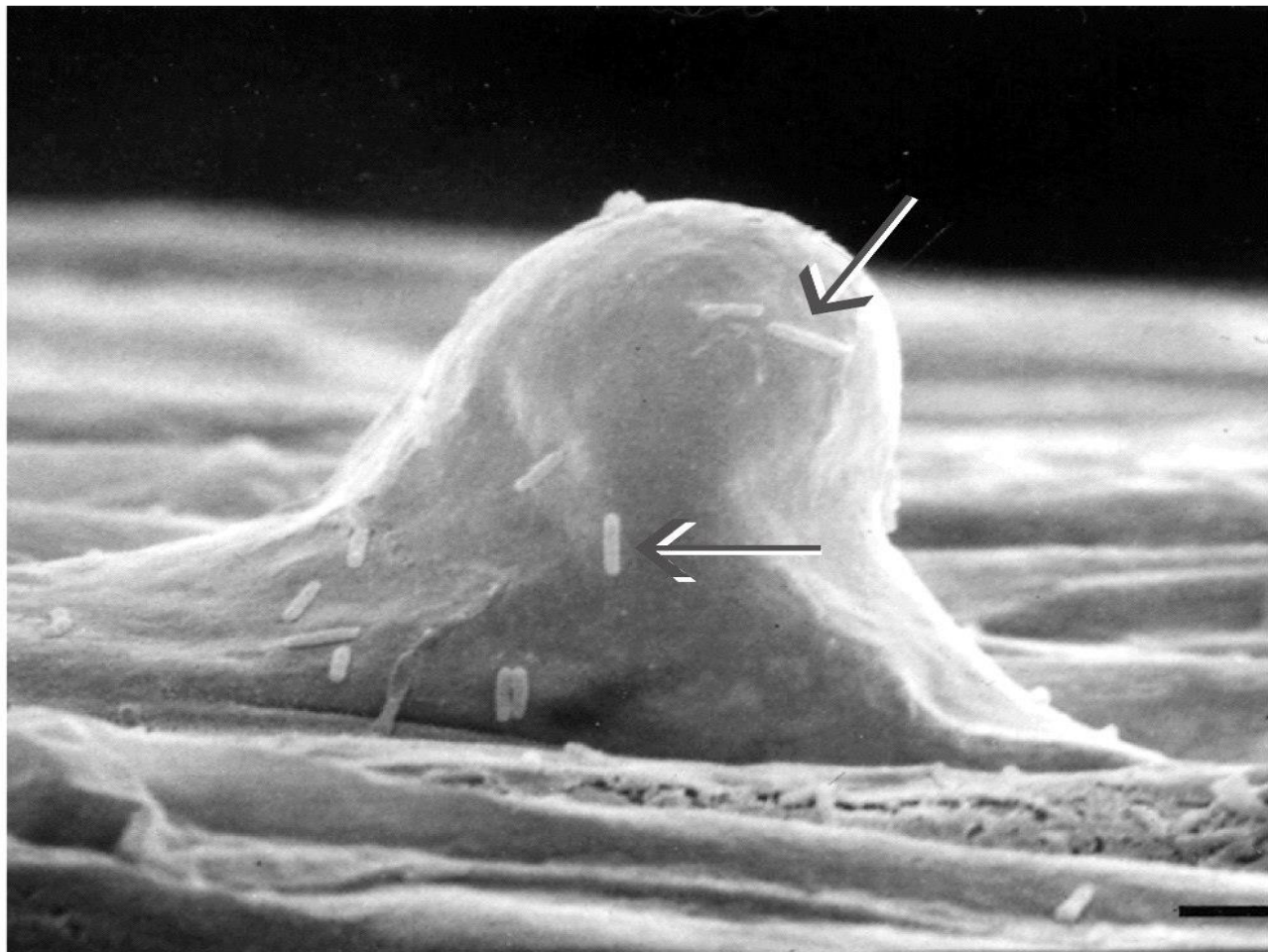
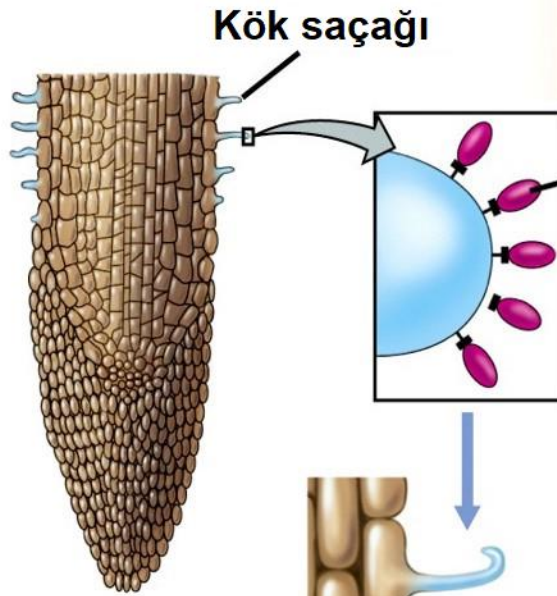


Figure 29-10a
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Kök Nodülü Oluşumundaki Aşamalar

1. Bakteri ve bitkinin her ikisinin de bir parçasının doğru eşini tanıması ve bakterinin kök saçaklarına bağlanması.
2. Bakteri tarafından nod faktörlerinin salgılanması.
3. Kök saçığına bakteriyal invazyon.
4. Enfeksiyon iplikçiği yolu ile ana köke yolculuk.
5. Bitki hücreleri içerisindeki, bakteroidler olarak bilinen, modifiye bakteri hücrelerinin oluşumu ve azot fikse etme safhasının gelişimi ve
6. Bitkinin hayata devamı, bakteriyal bölünme ve olgunlaşmış nodül kökü oluşumu.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

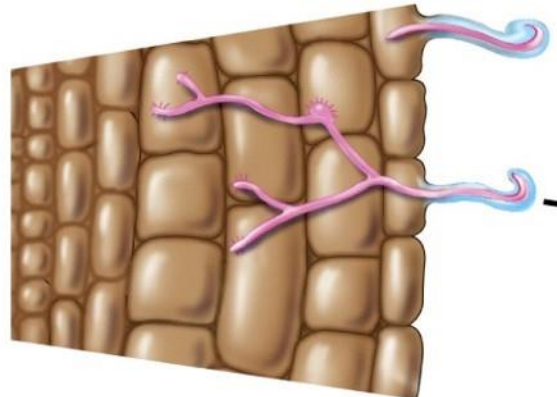


1. Tanıma ve tutunma
(rikadesin-aracılı)

2. Kök saçaklarının kıvrılmasına
neden olan bakteri tarafından
nod faktörlerinin salgılanması.

3. Invazyon. Rhizobia kök
saçağına penetre olur ve bir
"enfeksiyon ipliği" içinde
çoğalır.

4. Enfeksiyon iplikçisi içindeki
bakteriler kök hücresine doğru
büyür.



Rhizobium tarafından enfekte edilmiş bir legüme bir kök nodülünün oluşumundaki basamaklar.



Figure 29-11a
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Simbiyotik azot fiksasyonu yapan bakterilerin oluşturduğu kök nodülleri

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Simbiyotik yaşayan bakteriler “**konukçu**” denilen bir bitkinin kökleri üzerinde yaşarlar.

Bakteri konukçu bitkiden kendi ihtiyacı olan karbonhidratları alarak yaşar ve bu sırada havadan aldığı azotu konukçu bitkiye verir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Karşılıklı bir işbirliği esasına dayanan bu yaşam biçimine “**Simbiyotik Yaşam**” denir.

Rhizobium bakterisi konukçu bitki üzerinde nodül denilen yumrular oluşturur ve nodül içinde azot fiksasyonu yaparlar.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Simbiyotik azot fiksasyonunu özellikle baklagillerde ortak yaşayan *Rhizobium*'lar yapmaktadır.



SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bu gruba giren baklagillerin simbiyotik yaşam sürdükleri bitkiler ve bu bitkilere özgü bakteri türleri birbirlerinden belirgin olarak farklıdır.

Bu nedenle yeni baklagil ekilen bir alanda, ürün artışını önemli derecede sağlayan uygun bakteri ile aşılama yapılması önerilmektedir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Baklagil bitkilerinin köklerinde ortak yaşayan *Rhizobium* bakterilerinin simbiyotik azot fiksasyonu, araştırıcılar tarafından en fazla incelenen biyolojik azot fiksasyonu olayıdır.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Makrosimbiyont olan baklagil bitkisi ile mikrosimbiyont olan *Rhizobium* bakterilerinin azotu indirgeyip bitkinin yararlanabileceği formlara dönüştürmesi, birçok işlemlerden sonra gerçekleşebilmektedir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bitki tarafından gereksinim duyulan azot bakteri tarafından sağlanırken bakterinin gereksinim duyduğu enerji ve besin maddeleri de bitki tarafından sağlanmaktadır.

Bakteroidler

Rhizobia bitki hücrelerinin içinde hızla çoğalır ve bakteroidler olarak bilinen, şişmiş, dallanmış ve şekilsiz bir yapıya dönüşür.

Bakteroidler teker teker yada küçük gruplar halinde simbiozom denen yapıları oluşturmak için bitki hücre zarının bir parçasıyla çevrilir.

Bakteroidler

Simbiyozomun oluřumundan hemen sonra azot fiksasyonu bařlar.

Bitki öldüğünde nodülün kötüye gidişi başlar ve bakteriler toprağa salınır.

Nodülde Azot Fiksasyonunun Biyokimyası

Azot fiksasyonu; demir ve molibden içeren büyük iki kısımlı bir protein olan nitrojenaz enzimi gerekir.

Kök nodüllerindeki serbest yaşayan N_2 fikse eden bakterilerden elde edilen nitrojenaz enzimi, O_2 duyarlılığı asetileni indirgeyebilme kabiliyeti gibi, benzer karakterler taşır.

Nitrojenazlar bakteroidler içerisine yerleşmiş olup bitki sitoplazması içerisine salınmazlar.

Nodülde Azot Fiksasyonunun Biyokimyası

Bakteroidler, N_2 fiksasyonu için gerekli enerji kaynağı bakımından bitkiye bağımlıdırlar.

Simbiyosom membranından geçen bakteroide özgü olan temel organik bileşikler succinate, malate ve fumarate gibi C_4 organik asitlerinin olduğu sitrik asit çevrimindeki ara ürünlerdir.

Nodülde Azot Fiksasyonunun Biyokimyası

Bunlar ATP üretimi için elektron verici olarak ve pirüvata dönüşümünün ardından N_2 'nin indirgenmesi için elektronların son kaynağı olarak kullanılır.

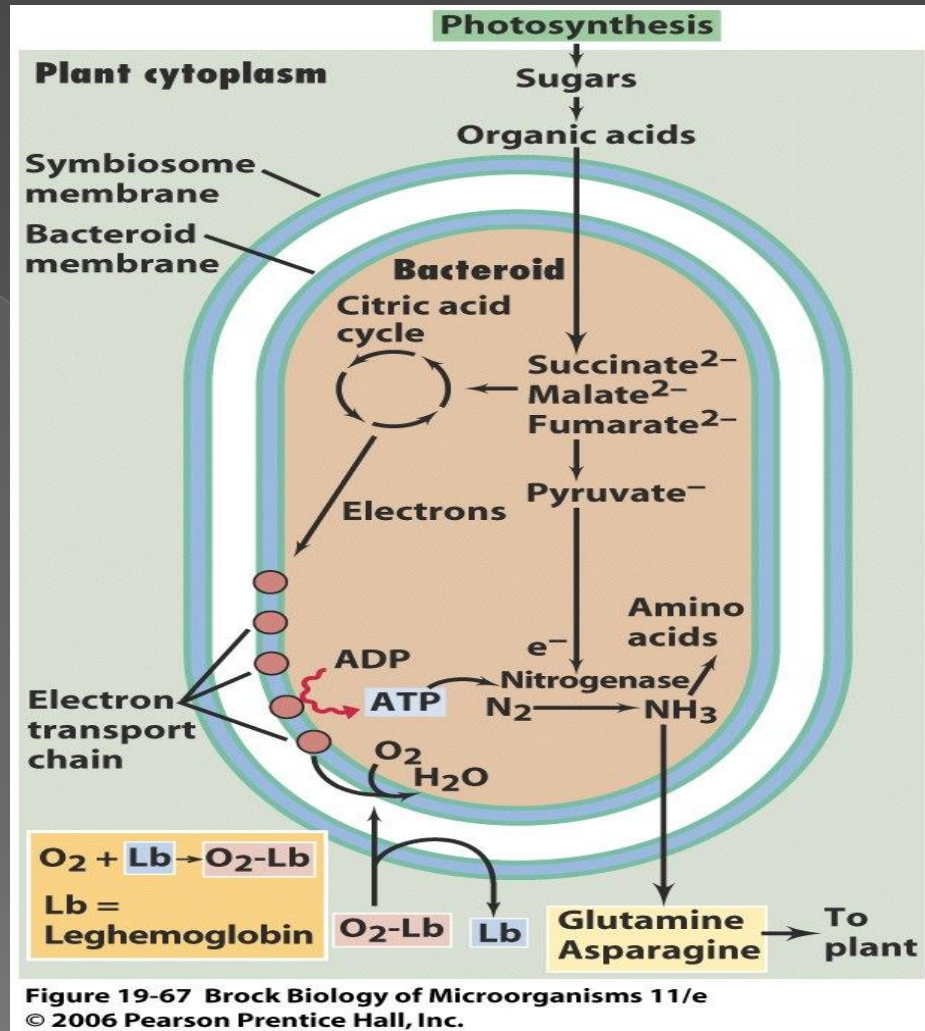


Figure 19-67 Brock Biology of Microorganisms 11/e
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Kök nodül bakteroidi. Bakteroid' de gerçekleşen ana metabolik reaksiyonlar ve besin değişimlerinin şematik diyagramı. Simbiyozom bitkiden orijinlenen tek bir membranla çevrilmiş bakteroidlerin bir toplamıdır.

Nodülde Azot Fiksasyonunun Biyokimyası

N_2 'nin birleşiminin ilk kararlı ürünü amonyaktır ve nodül köklerinde amonyağın organik azot birleşiklerine özümsemesi, özellikle bitki tarafından gerçekleştirilir.

Bakterioidlerin organik yapı içerisine bir miktar amonyak özümsemesine karşın bakteroidlerdeki amonyak özümseme enzimlerinin miktarı çok düşüktür.

Nodülde Azot Fiksasyonunun Biyokimyası

Buna rağmen; amonyak özümseyen glutamine sentetaz enzimi bitki hücrelerinin sitoplazmasında yüksek miktarlarda bulunur.

Bundan dolayı bakteroidden bitki hücrelerine taşınan amonyak, bitkideki glutamin ve asparijin amino asitleri olarak bitki tarafından özümsenebilmektedir .

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Rhizobium bakterisi, spor oluşturmeyen bir türdür.

Doğal toprak, nodül bakterileri için uygun bir ortam olmakla birlikte, tarla toprakları yetiştirilen baklagil türü ile uyumlu olmayan ve azot fiksasyon yetenekleri zayıf bakteri soyları içermektedir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bitki kök bölgesi (rizosfer) bitki köklerinin salgıları nedeni ile *Rhizobium* ve diğer bakteri türlerinin normal topraktan daha fazla bulunduğu bir toprak kısmıdır.

Özellikle baklagil ve nodül bakterisi arasındaki özel etkileşimler nedeni ile baklagil rizosferi normal topraktan çok daha büyük sayılarda *Rhizobium* popülasyonu içerir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Azot ve su tarımsal ürünü en çok kısıtlayan iki faktördür.

Baklagiller familyasındaki bitki türleri, köklerini enfekte ederek yerleşen ve oluşturduğu kök yumruları (nodül) içinde azot fiksasyonu yapan *Rhizobium* bakterileri ile mükemmel bir simbiyoz oluştururlar.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bir baklagil bitkisi bu yol ile çoğunlukla bir hektar toprağa 200-300 kg bitkiye yararışlı azot sağlar.

Bazen bu miktar daha çok olabilir.

Ancak bu işlev toprak azotça doğal olarak fakir ve simbiyozu gerçekleştirecek üyeler ortamda birlikte bulunabiliyorlar ise gerçekleşir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bu bitkiler ile *Rhizobium* bakterilerinin simbiyozu, toprak-bitki sistemine biyolojik azot girdisi mekanizmasının en önemli şeklidir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bu azot fiksasyonunda bakteri konukçu bitkiye indirgenmiş azotu, konukçu bitki de bakteriye çözünebilir karbonatları temin etmekte ve azot fiksasyonu konukçu bitkinin köklerinde oluşan nodüllerde gerçekleşmektedir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Soya fasulyesinin köklerini *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri ile inoküle eden bir araştırmacı, bu yolla fikse edilen azotun dekara 4-12 kg. arasında olduğunu bulmuştur.

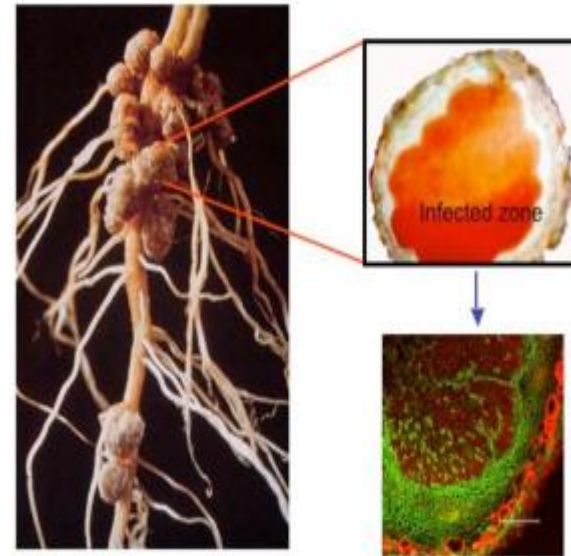


Figure 1 – a nodulated Soybean root

Confocal fluorescence image of section nodule expressing GFP (green) and counter-stained with propidium iodide (red)

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Yüksek üretimli meralarda Baklagil - *Rhizobium* ortaklığı ile önemli miktarda biyolojik N₂ fiksasyonu gerçekleşir.

Meralarda N eksikliğinin görülmesindeki esas faktörler büyümenin azlığı ve simbiyotik N fiksasyonunun düşüklüğüdür.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Bu durum uygun baklagil türlerinin yokluğuna, *Rhizobium*'ların zayıf veya etkisiz nodül oluşturmalarına, baklagil - *Rhizobium* ortaklığı için gerekli olan fosfor, kükürt veya diğer elementlerin eksikliğine, toprak asitliğine ve diğer toprak faktörlerine bağlıdır.



SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Baklagillerin fazla olduğu meralarda düşük azotlu topraklarda simbiyotik N fiksasyonuyla yılda 50 kg/da'ın üzerinde azot sağlanabilir.

Buna karşılık toprakta N biriktiği ve toprak azotunun mineralizasyonu arttığı zaman, simbiyotik fiksasyon azalır ve çoğunlukla bu şekildeki girdiler 10-30 kg/da.yıl arasında değişir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Baklagillerin gelişmesi toprakların azot durumları yanında fosforlu gübre, otlatma idaresi, toprak nemi, hayvan dışkılarının dönüşümü, böcek zararı ve toprak asitliği ile etkilenir.

Azot fiksasyonu genellikle, baklagil bitkisinin fide dönemi süresinde devam eder, çiçeklenmede en yüksek seviyeye çıkar ve tane dolumunda ise hızla düşüşe geçer.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Rhizobium'lar iyi havalandırılan, hafif asidik veya hafif bazik toprakları severler. Simbiyotik yaşam, *Actinomyces alani* - kızıl ağaç ve *Actinomyces elaeagni* - iğdegilller gibi birçok odunsu bitkiler arasında da vardır. Bu şekildeki simbiyotik yaşamla 60 kg N/ha.yıl düzeyinde N₂ fiksasyonu gerçekleşmektedir.



Actinomyces alani - kızıl ağaç

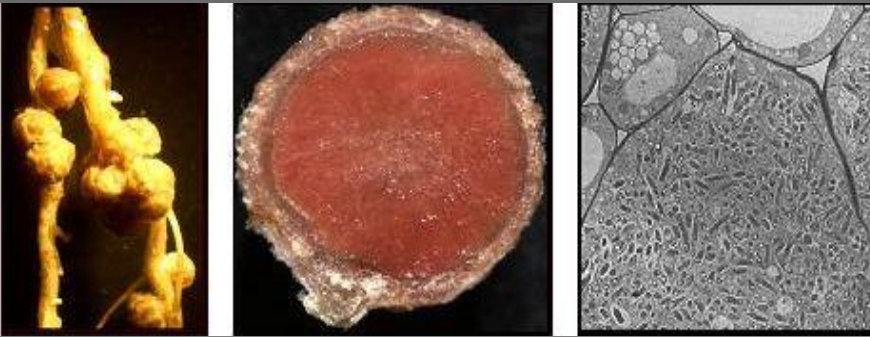
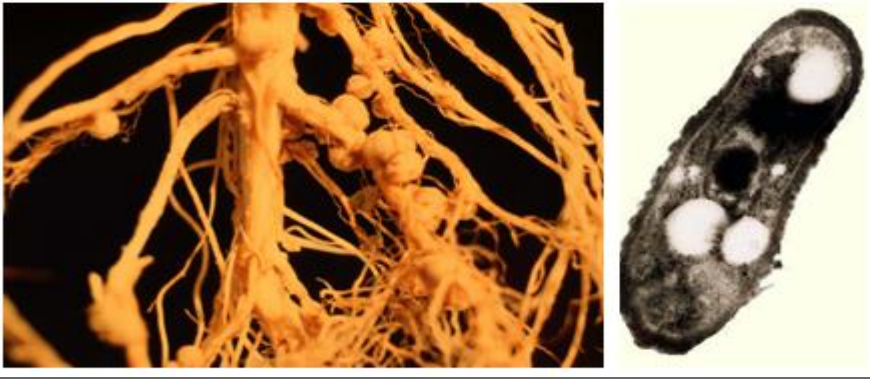


Actinomyces elaeagni - iğdegilller



SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Soya, hem topraktan kaldırdığı azotu hem de *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri vasıtasıyla atmosferden fikse ettiği azotu kullanabilme yeteneğine sahip bir bitkidir.



SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Simbiyotik azot fiksasyonunda, yonca, çayır üçgülü, bakla, mercimek, fasulye, bezelye, soya fasulyesi, fiğ ve bazı yem bitkileri büyük önem arz etmektedir.



2002/ 5/27

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Dünyada Baklagil - *Rhizobium* ortaklığı ile tespit edilen azot miktarı, yılda yaklaşık 110 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Biyolojik azot fiksasyonu, fotosentezden sonra dünyadaki en önemli biyokimyasal çevrim olarak kabul edilmektedir.

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Baklagil olmayan yüksek bitkilerle diazotroflar arasında da ortak yaşam sonucu köklerde nodül oluşumu görülmektedir.

Bunlardan azot fiksasyonu yılda hektara *Alnus spp.* (Kızılağaç)'de yaklaşık 300 kg. *Myrica gale* (Mersin ağacı)'da yaklaşık 9 kg olduğu tespit edilmiştir.



Alnus spp. (kızılağaç)



Myrica gale (Mersin ağacı)

SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Yine aktinomiset cinsi ile tropik bölgelerin ağaç ve çalılarında *Cauarina spp.* fidelerinin aşılması sonucu fiksasyonla azot miktarında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir.



SİMBİYOTİK AZOT FİKSASYONU

Ayrıca *Pavetta* spp., *Psychotria* spp. ve *Ardisia* spp. gibi tropikal bitkilerin yaprak yüzeylerinde nodül benzeri yapılar bulunmaktadır.



Pavetta spp.



Psychotria spp.



Ardisia spp.

Böyle baklagil olmayan bitkilerin azot ekonomisine önemli katkıda bulunmasından sorumlu diazotroflar arasında da bakteriler, bakteriyofajlarla enfekte edilmiş bakteriler ve aktinomisetler sayılabilmektedir.

Cyanophyceae (Mavi-yeşil algler) sınıfına dahil olan alglerden *Anabaena* ile çeltik tarımında biyogübre olarak kullanılan *Azolla* (eğreli otu) simbiyozu ise yılda dekara 3-15 kg moleküler azotu fikse edebilmektedir.



Anabaena



Eğreli otu

NONSİMBİYOTİK (SERBEST) AZOT FİKSASYONU

NONSİMBİYOTİK (SERBEST) AZOT FİKSASYONU

Biyolojik azot fiksasyonu birçok mikroorganizma tarafından gerçekleştirilir.

Bu organizmaların bir kısmı bağımsız olarak bu işlevi gerçekleştirirler.

NONSİMBİYOTİK (SERBEST) AZOT FİKSASYONU

Toprak ve su ekosistemlerinde serbest olarak yaşayan nitrogenaz enzimine sahip mikroorganizmalarca atmosferin moleküler azotunun fiksasyonuna **nonsimbiyotik azot fiksasyonu** denir.

Dünya yüzeyinde yaklaşık 30 ton azot nonsimbiyotik olarak fikse edilmektedir.

NONSİMBİYOTİK (SERBEST) AZOT FİKSASYONU

Simbiyotik olmayan serbest azot fiksasyonu, pH ve toprağın oksijen içeriğinden önemli derecede etkilenmektedir.

Serbest azot fiksasyonu ile tespit edilen azot miktarı yılda 0-2,5 kg N/ha olarak tahmin edilmektedir.

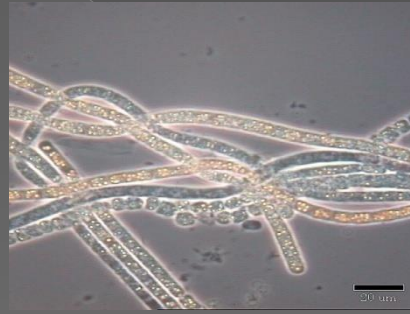
Baklagiller tarafından serbest azot fiksasyonu ile tespit edilen azot miktarı dekar başına yaklaşık 10-20 kg arasında bulunmaktadır.

Serbest azot fiksasyonu toprakta bazı serbest yaşayan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir.

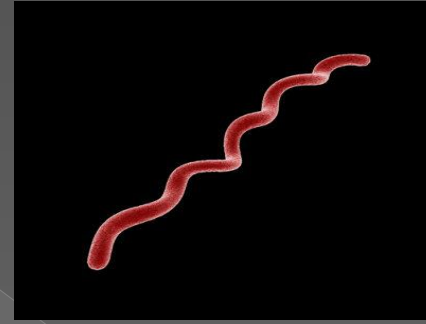
Bu organizmalar *Azotobacter*, *Beijerinia*, *Spirillum*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas* cinsi ile mavi alglerden *Anabaena* ve *Nostoc* cinsi olarak sayılabilir.



Azotobacter



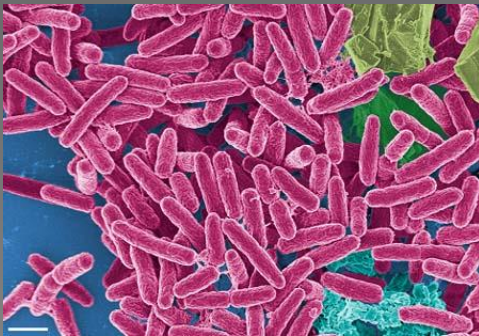
Beijerinia



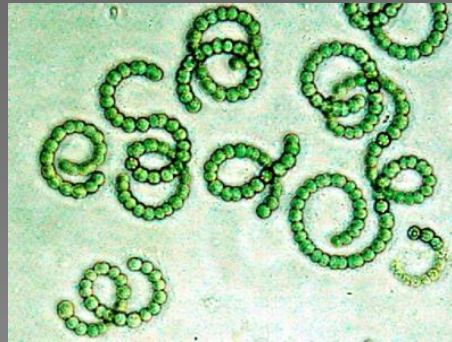
Spirillum



Enterobacter



Pseudomonas



Anabaena



Nostoc

NONSİMBİYOTİK (SERBEST) AZOT FİKSASYONU

Nonsimbiyotik azot fikse eden organizmalar dört grupta toplanmaktadır. Bunlar:

- **1. Heterotrofik bakteriler** (*Azotobacter, Clostridium, Achromobacter, Azotomonas, Beijerinckia, Pseudomonas, Bacillus polymyxa* cinsleri).
- **2. Kemooototrofik bakteriler** (*Methanobacillus amelienskii* türü)
- **3. Mavi-yeşil algler** (*Anabaena, Anaboenopsis, Aulosira, Calothrix, Cylindrospermum, Nostoc, Tolypotrix* cinsleri).
- **4. Fotosentetik bakteriler** (*Chlorobium, Rhodomicrobium, Rhodopseudomonas, Rhodospirillum* cinsleri).

Heterotrofik bakteriler



Azotobacter



Clostridium



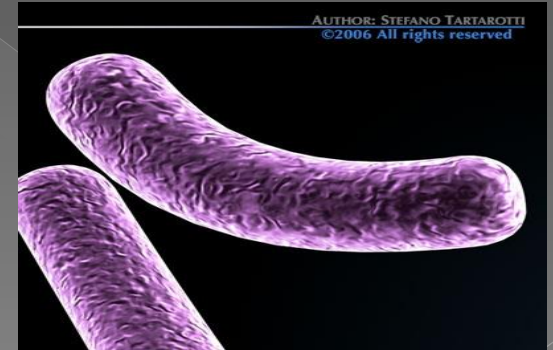
Achromobacter



Beijerinckia



Pseudomonas



Bacillus

Mavi yeşil algler



Anabaena



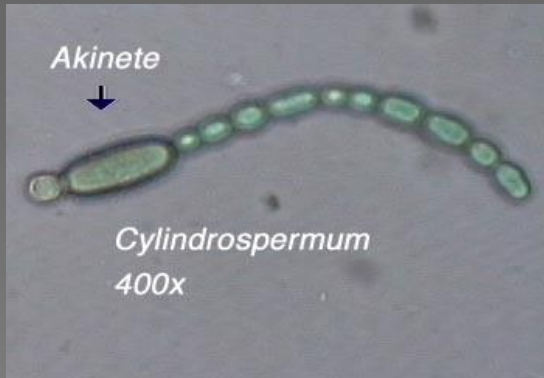
Anaboenopsis



Aulosira



Calothrix



Cylindrospermum

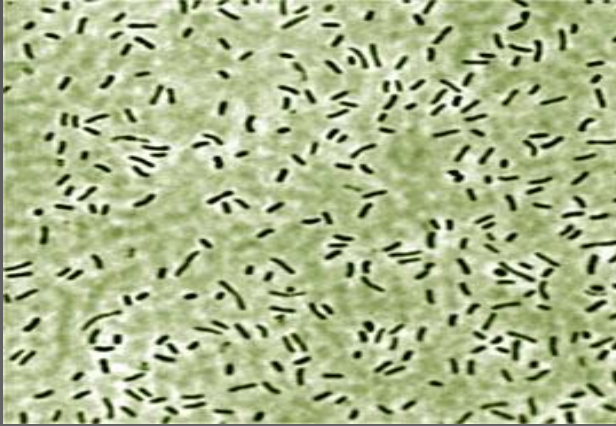


Nostoc

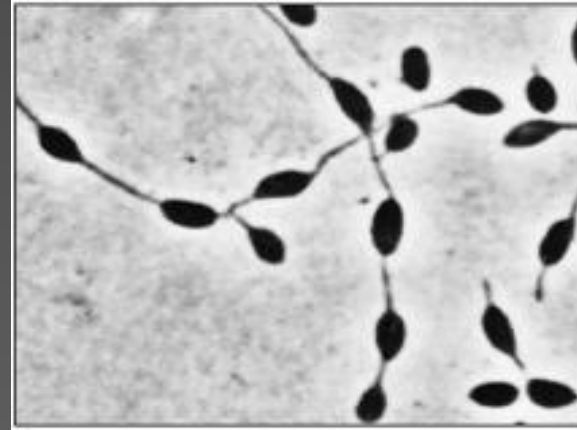


Tolypotrix

Fotosentetik bakteriler



Chlorobium



Rhodomicrobium



Rhodopseudomonas



Rhodospirillum

Azot Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler

Azot fiksasyonunu etkileyen etmenler genel olarak 6 başlık altında toplanabilir.

- Bunlar;
 - a) Topraktaki Azotun Durumu
 - b) Sıcaklık
 - c) Toprak Reaksiyonu (pH)
 - d) Toprak Nemi
 - e) Besin Elementlerinin Etkisi
 - f) Tuzluluk (EC)

Mikorhizalar

Mikorhizalar

Topraktaki mikroorganizmalarla bitkiler arasında simbiyotik yaşamlar bulunmaktadır.

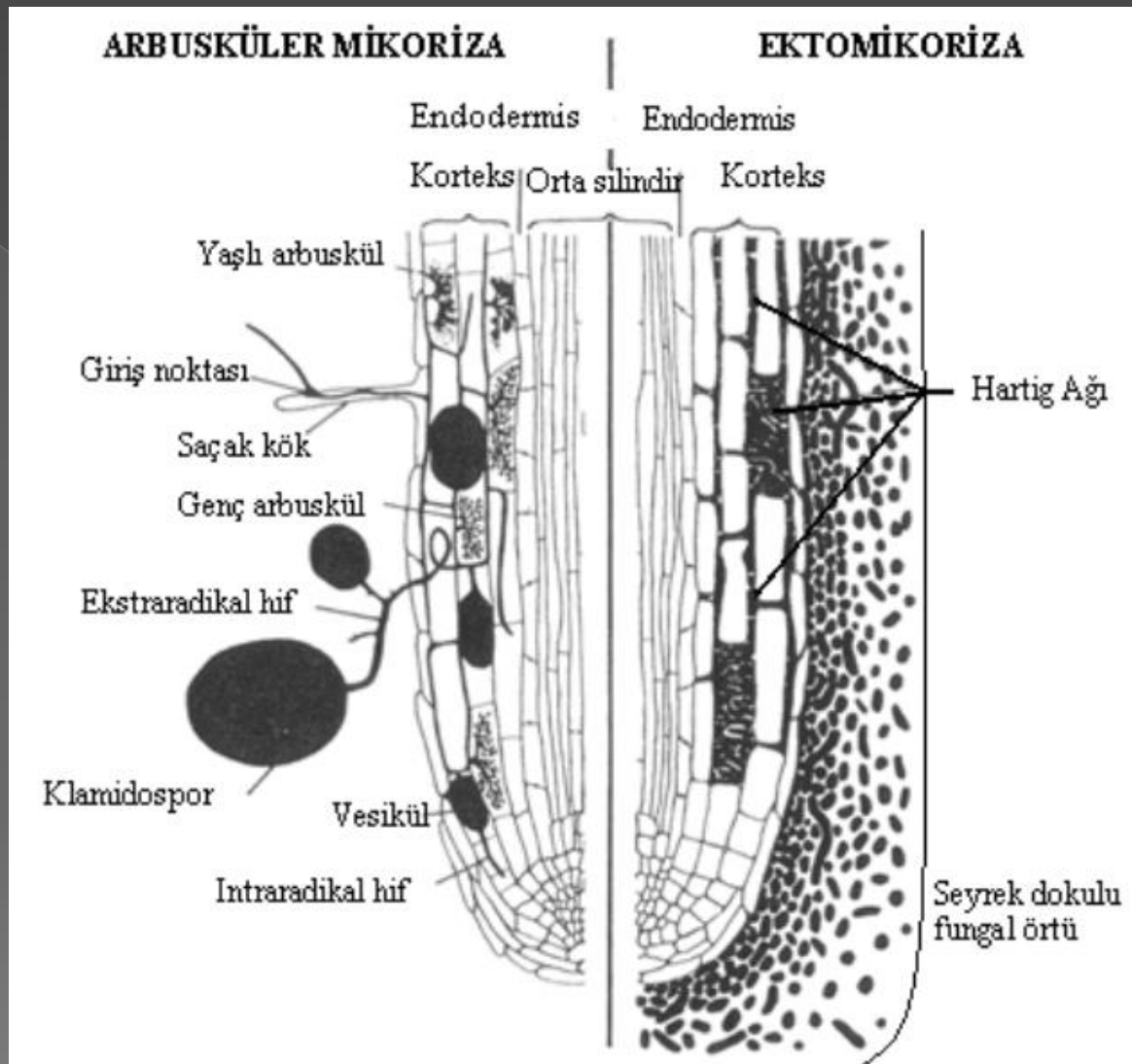
Bunlardan bir tanesi de “mikoriza”dır.

Günümüzde pek çok araştırma bitkilerle mikorizalar arasındaki bu ortak yaşamın varlığını ortaya koymuştur.

Mikorhizalar

Orman ağaçları ile bazı meyveli ağaçlarda “Ektomikoriza” tipi bir simbiyosis görülürken, hemen hemen tüm kültür bitkilerinde ve diğer meyve ağaçlarında “Endomikoriza” tipi görülmektedir.

Mikoriza araştırmaları, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikoriza (AM) oluşumuna odaklanmıştır



Şekil. Endo ve ektomikoriza'nın kökte oluşturdukları yapılar

Mikorhizalar

AM kök gelişimi, köklerin absorpsiyon kapasitesinin artması sonucunda besin ve su alınımını, köklerde hücre yenilenmesini etkiler. Fosfor dışında, azot (N), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), mangan (Mn), kükürt (S) ve çinko (Zn) gibi diğer besin maddelerinin alınımını sağlar.

Mikorhizalar

Arbüsküler mikorizal fungusların köke nüfuz etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşikler ve sitokinin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olmaktadır

Mikorhizalar

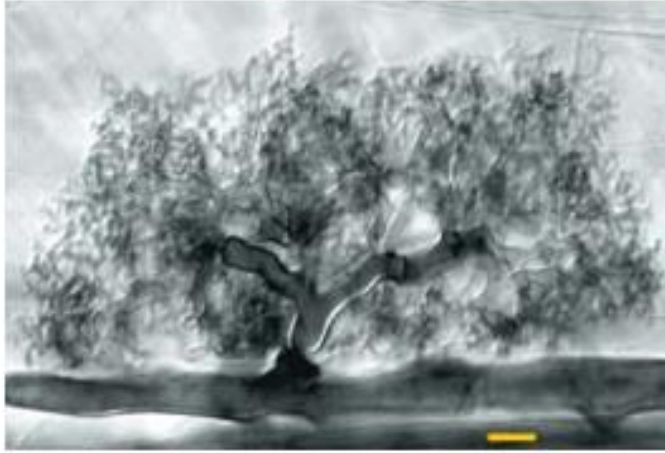
Mikoriza, bitkinin yararlanamayacağı çözünlüğü az veya yetersiz durumdaki besin elementlerini, özellikle fosforu absorbe etmekte ve bitkiye kazandırmaktadır.

Konukçu bitkinin, toprak fungusları ve nematodlara karşı dayanıklılığını artırmaktadır.

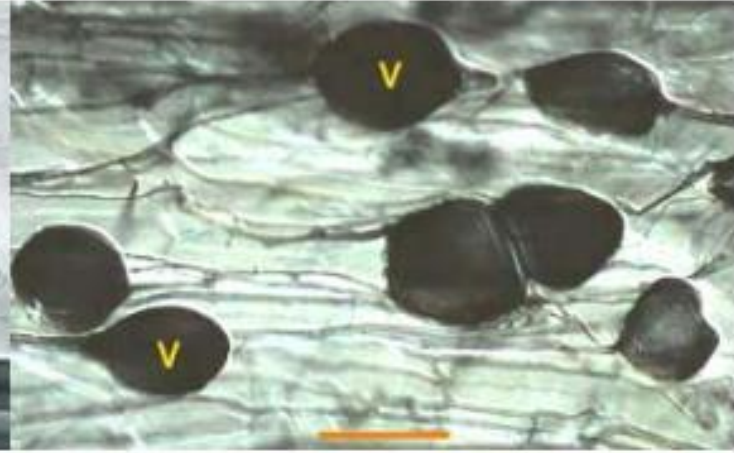
Daha iyi beslenen mikorizalı bitki, zayıf gelişen mikorizasız bitkiye nazaran obligat patojenlere karşı daha dayanıklı olabilmektedir

Mikorhizalar

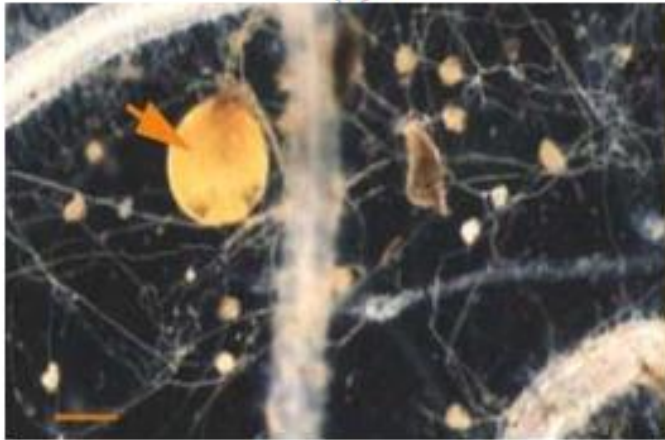
AM fungusları kök korteksi içinde emici hif benzeri (haustorium analogu) olan, dallanma özelliğine sahip arbuskülleri ile fungusun yağ ve besin deposu görevini gören vesikülleri ve toprağı çok iyi saran miselyumları ile karakterize edilmektedirler (Şekil).



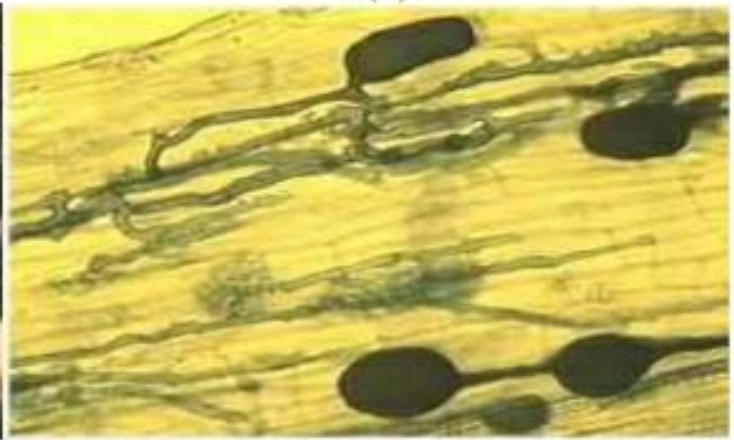
(a)



(b)

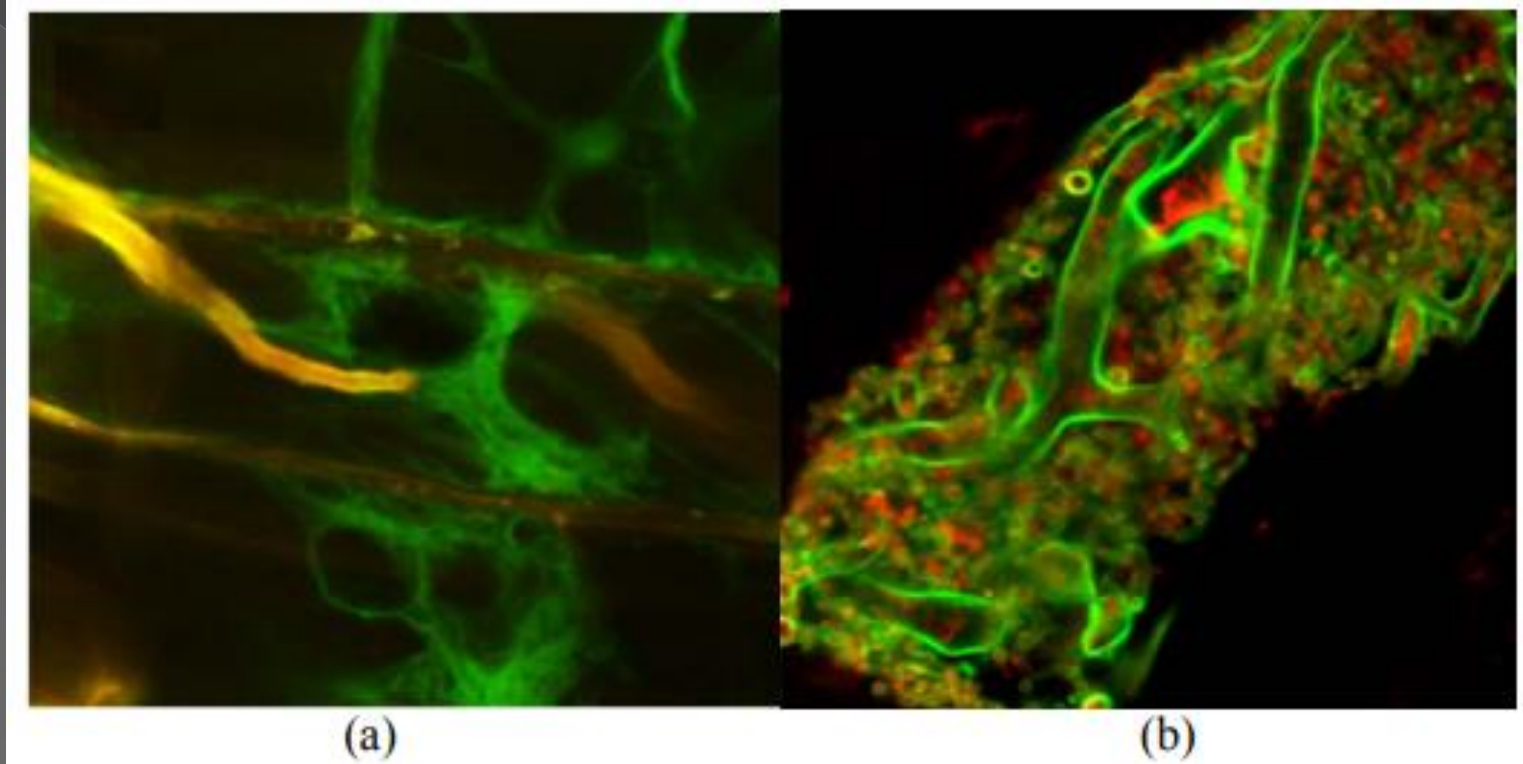


(c)



(d)

Şekil. (a)Arbüskül, (b)Vesikül, (c)Ekstramatrikal (dışsal) hifler ve klamidosporlar ve (d)İnterselüler hifler



Şekil 2. AMF hiflerinin kök epidermal hücrelerinden içeriye penetrasyonu, (a) AMF hifi sarı ve bitki zarı yeşil (b) Arbüskül oluşumu, AMF hifi yeşil ve küçük vakuoller kırmızı

Mikorhizalar

Bazı mikorizal funguslar miselleri ile toprak agregatlarını bir yumak şeklinde sarar ve salgıladıkları enzimler ile toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulunmakta ve toprak erozyonundan dolayı olan kayıpları da engellemektedirler.

Mikorhizalar

AM fungusları ve toprak arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörleri 3 ana başlık altında toplayabiliriz. (Tablo)

Bunlar:

- 1) Biyotik faktörler,
- 2) Toprak özellikleri,
- 3) Yörenin tarihsel gelişimi.

Tablo. AM fungusları ile Toprak Özellikleri Arasındaki Etkileşimi Belirleyen Faktörler

Biyotik Faktörler	Kökün yapısı ve morfolojisi
	AM funguslarının türleri ve kompozisyonu
	Hiflerin yapısı ve morfolojisi
	Hif uzunluğu, gerilme gücü, yüzey etkinliği
	AM funguslarının metabolizma, dayanıklılık ve difüzyon karakteristikleri
Toprak Özellikleri	Gözeneklilik, tekstür, kil minerolojisi, besin maddesi içeriği, organik madde tipi, polivalent katyonların miktarı ve tipleri
	Islaklık kuraklık döngüsü
	Donma ve çözülme döngüsü
Yörenin Tarihsel Gelişimi	Vejetasyon tipi, arazi kullanım şekli, tarımsal uygulamalar