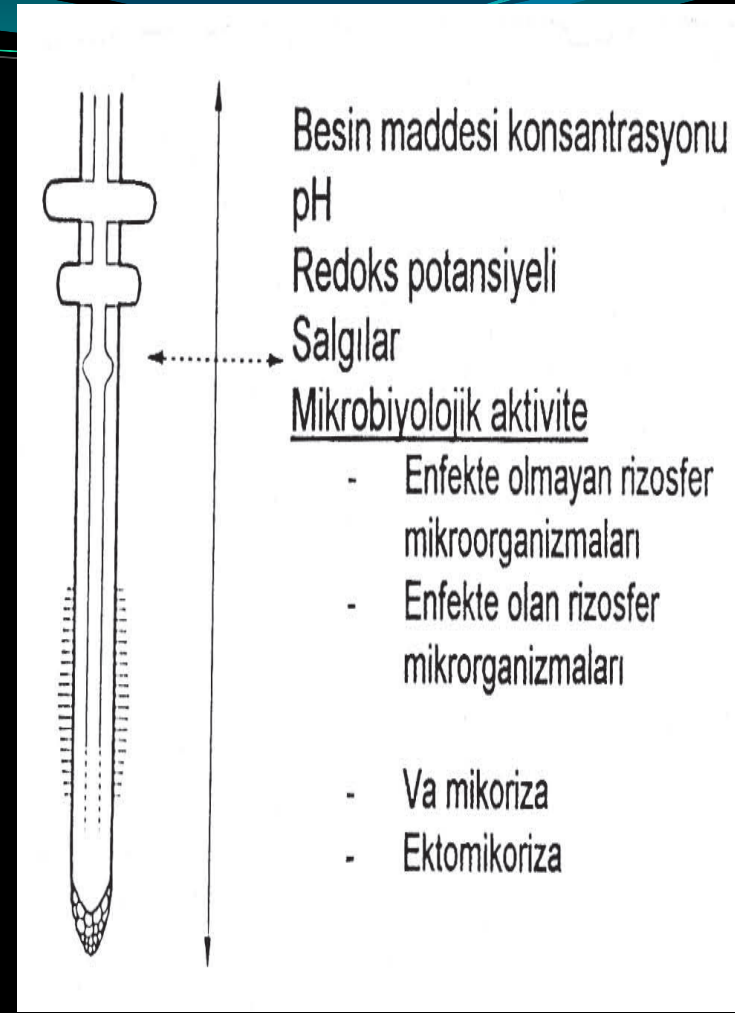


RİZOSFER ve BİTKİLERİN BESLENMELERİ

RİZOSFER-Besin maddeleri ve kök salgıları bakımından zengindir.

- Kökler, H^+ ve HCO_3^- (ve CO_2) salgılayarak pH' yı,
- O_2 tüketerek ya da salgılayarak ta redoks potansiyelini değiştirebilirler.
- Düşük moleköl ağırlıklı kök salgıları doğrudan mineral besinleri çözebildiği gibi dolaylı olarak ta rizosferdeki mikrobiyel aktivite için enerji kaynağını oluştururlar.

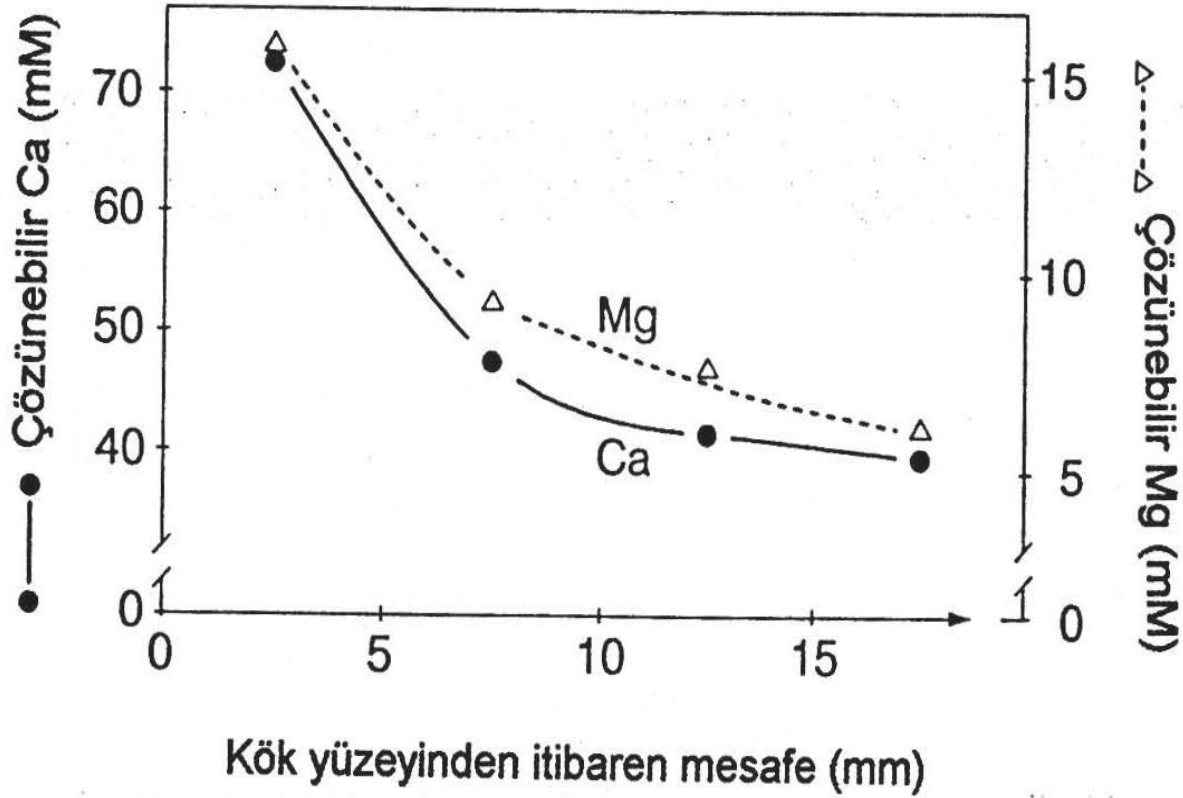
- Toprakta yetişen bitkilerin rizosferi kök boyunca dairesel ve düşey olarak bölümlere ayrılabilir.
- Bu şekilde mineral besinler, pH, redoks potansiyeli ve indirgenme işlemleri, kök salgıları ve mikrobiyel aktivite için bölümler bulunabilir.
- Bu bölümler fiziksel ve kimyasal toprak faktörleri ile tür, çeşit ve beslenme durumu gibi bitkisel faktörler ve rizosferdeki mikrobiyel aktivite tarafından belirlenir.



Şekil 7.1. Rizosferde dairesel ve düşey olarak oluşabilen bölümler

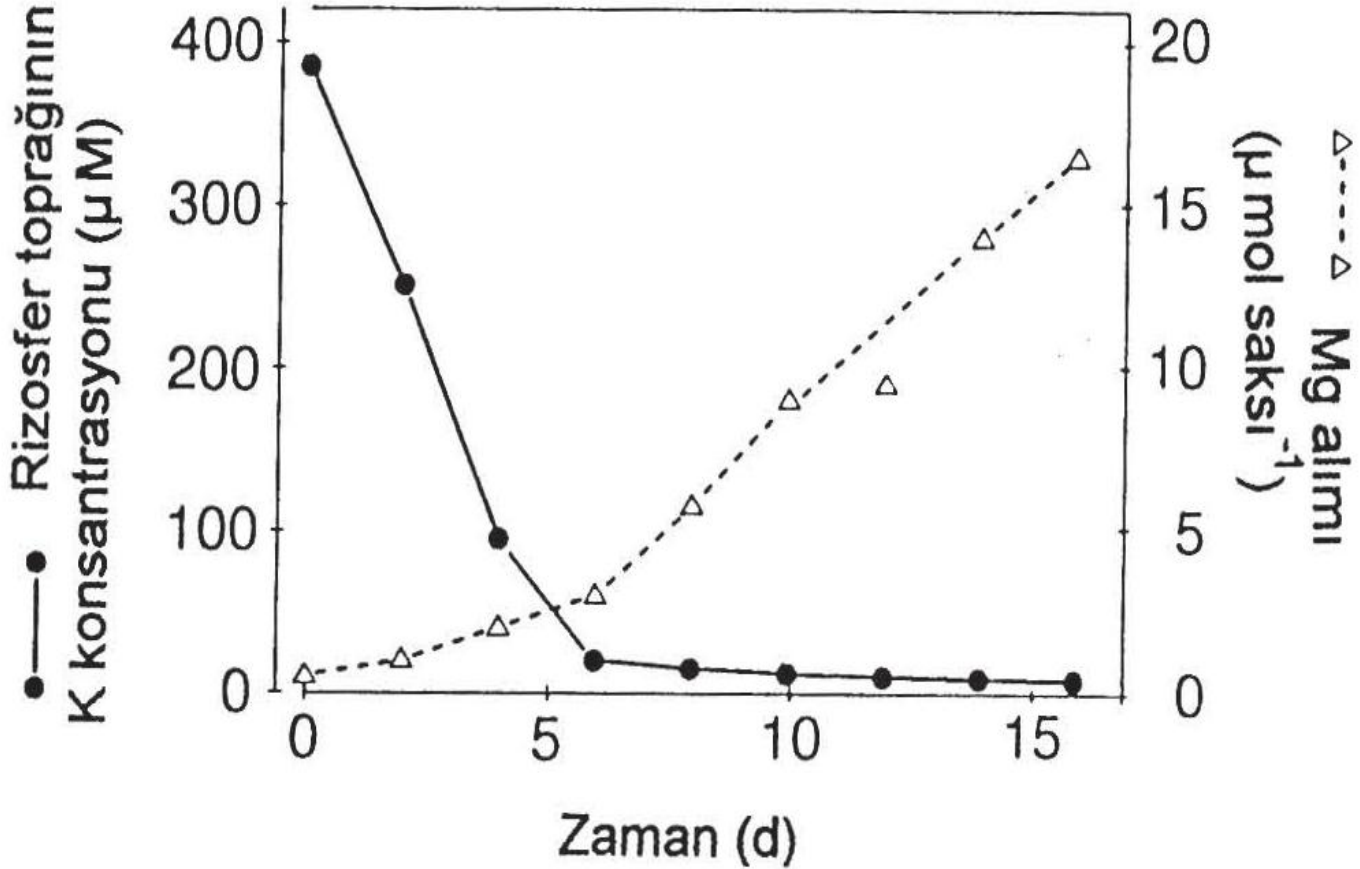
7.1. Rizosferdeki İyonların Miktarı

- Rizosferdeki iyon miktarı, rizosfer dışındaki iyon miktarı ile aynı olabileceği gibi rizosfer dışındaki miktarı, iyonların kök yüzeyine taşınması ve kökler tarafından alınma oranına bağlı olarak rizosfer dışındaki iyon miktarından az ya da fazla da olabilir.
- Rizosferdeki iyonlar tükendikçe toprağın katı fazındaki iyonların serbest hale geçişi de hızlanarak bir denge oluşturulmaya çalışılır.
- Bitkilerin iyon alımı su tüketimine oranla az olursa rizosferde iyon birikimi gözlenir.



Şekil 7.2. İki aylık arpa bitkisinin rizosferinde Ca ve Mg birikimi (Youssef ve Chino, 1987)

Rizosferde iyon alımı esnasında interaksiyonlar vardır.



Şekil 7.3. Çim bitkisinin zamana bağlı Mg alımına rizosferdeki K konsantrasyonunun etkisi

7.2. Rizosfer pH' sı ve Redoks Potansiyeli

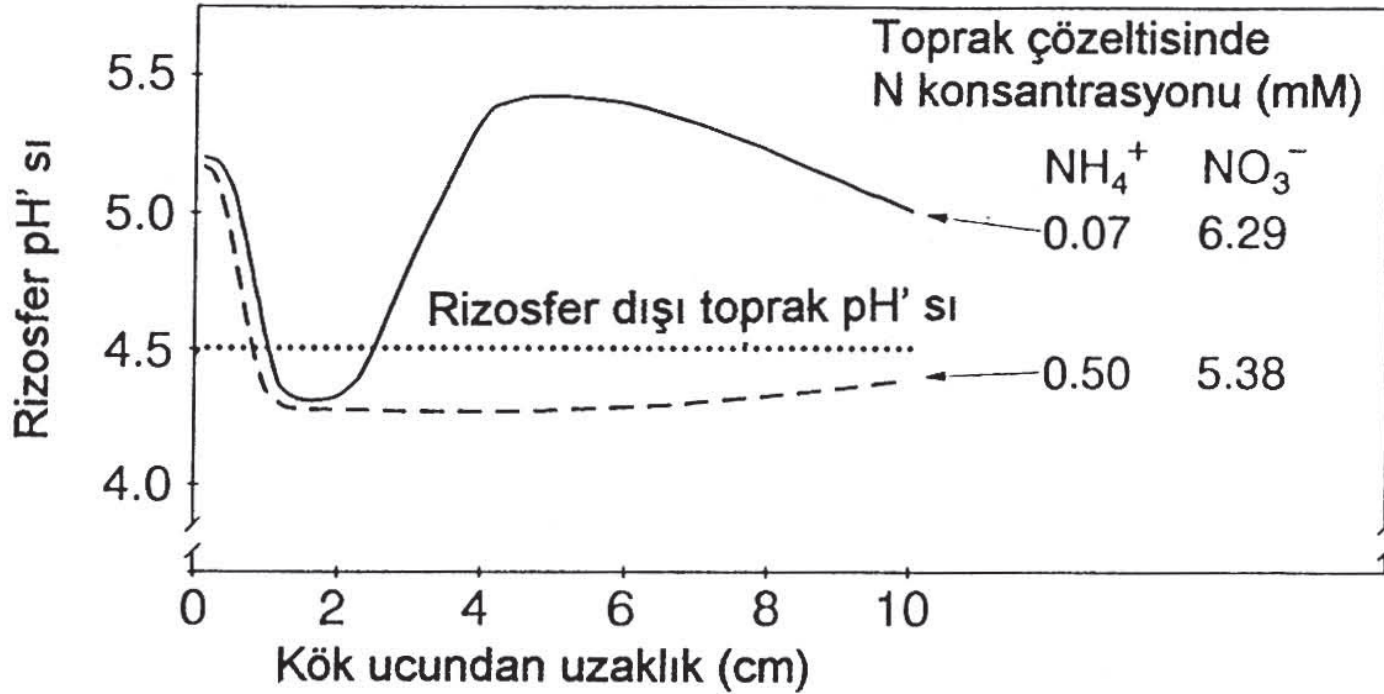
- Toprak ve bitki faktörlerine bağılı olarak rizosfer pH' sının rizosfer dışı pH' ya göre farkı 2 birime kadar çıkabilir. Rizosfer pH' sında kökler nedeniyle oluşan değişikliklerde katyon/anyon alımındaki değişiklikler ve buna bağılı olarak kök ortamına verilen H^+ , HCO_3^- (veya OH^-) iyonlarının miktarı ile kökler tarafından salgılanan organik asitler gibi faktörler önemli rol oynar.
- Köklerden salgılanan organik karbon ile kökler ve mikroorganizmaların ürettiği CO_2 mikrobiyel aktiviteyi iyileştirerek organik asitlerin üretimini artırır.

7.2.1. Azot formu ve rizosfer pH' sı

- Azotun NO_3 formu ile beslenen bitkilerin kökleri H^+ üretimi yerine HCO_3^- üretmekte veya H^+ tüketmekteyken NH_4 ile beslenen bitkilerde tersi bir durum söz konusu olmaktadır.
- Nötr ve alkali topraklarda NH_4 ile beslenen bitkilerin rizosferi asitleştirmeleri sonucu güç çözünür durumdaki kalsiyum fosfatlar çözünerek bitkilerin P alımı yanında B, Fe, Mn ve Zn gibi mikroelementlerin de alınımı artar

Çizelge 7.1. Luvisol (pH: 6.8) toprakta yetiştirilen fasulye bitkisinin besin maddesi içerikleri ve rizosfer pH'ının N formlarına bağlı olarak değişimi (Marschner, 1995)

Azot	Rizosfer	Kuru maddenin besin maddesi içeriği				
formu	pH' ısı	(mg g⁻¹)		(µg g⁻¹)		
		K	P	Fe	Mn	Zn
NO ₃ -N	7.3	13.6	1.5	130	60	34
NH ₄ -N	5.4	14.0	2.9	200	70	49



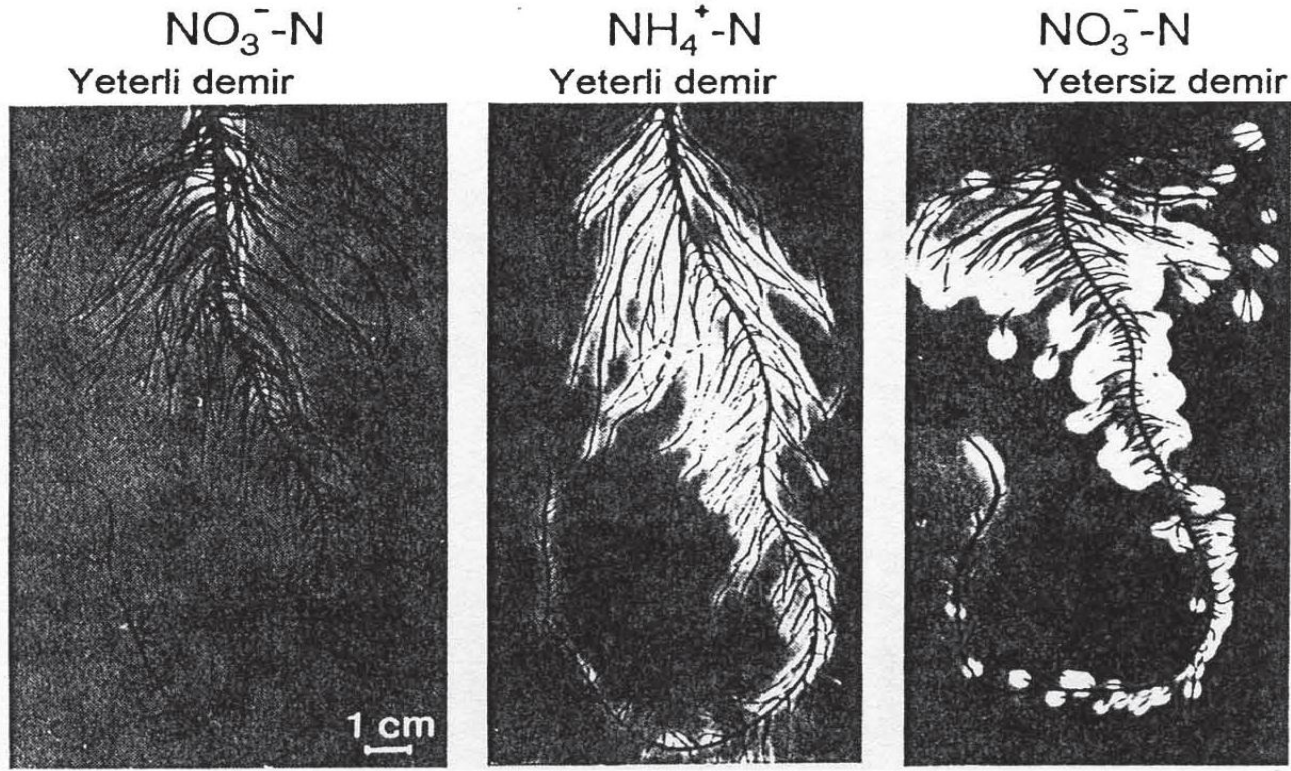
Şekil 7.4. Luvisol (pH: 4.5) bir toprakta yetiştirilen 4 yaşındaki Norveç ladininin rizosfer pH' sına azot formunun etkisi

Çizelge 7.2. Azot formunun yonca bitkisinin kökleriyle üretilen asitlik ve alkalilik ile toprak pH' sı ve ham fosfatın kullanılabilirliğine etkisi

Uygulama		Asitlik	Alkalilik	Toprak	Fosfor	Ürün
N formu	Ham fosfat	(me g ⁻¹)	(me g ⁻¹)	pH'sı	alımı (mg saksı ⁻¹)	(g saksı ⁻¹)
NO ₃	-	-	1.1	6.3	1	2.5
NO ₃	+	-	0.8	7.3	23	18.8
N ₂	-	0.5	-	6.2	4	4.7
N ₂	+	1.4	-	5.3	49	26.9

7.2.2. Bitkilerin beslenme durumu ve rizosfer pH' sı

- Çinko noksanlığında pamuk ve diğer çiftçeneklilerin Fe noksanlığında ise buğdaygil olmayan bitkilerin rizosferi asitleştirdikleri bilinmektedir.
- Bu bitkilerde katyon/anyon alım oranı arttıkça salgılanan H^+ miktarı da artış göstermektedir.



		$\mu\text{mol H}^+ (\text{g yaş ağ.})^{-1} \text{ saat}^{-1}$	
Tüm kök	-0.8	+3.6	+5.6
Aktif kök zonu	-	+3.6	+28.0

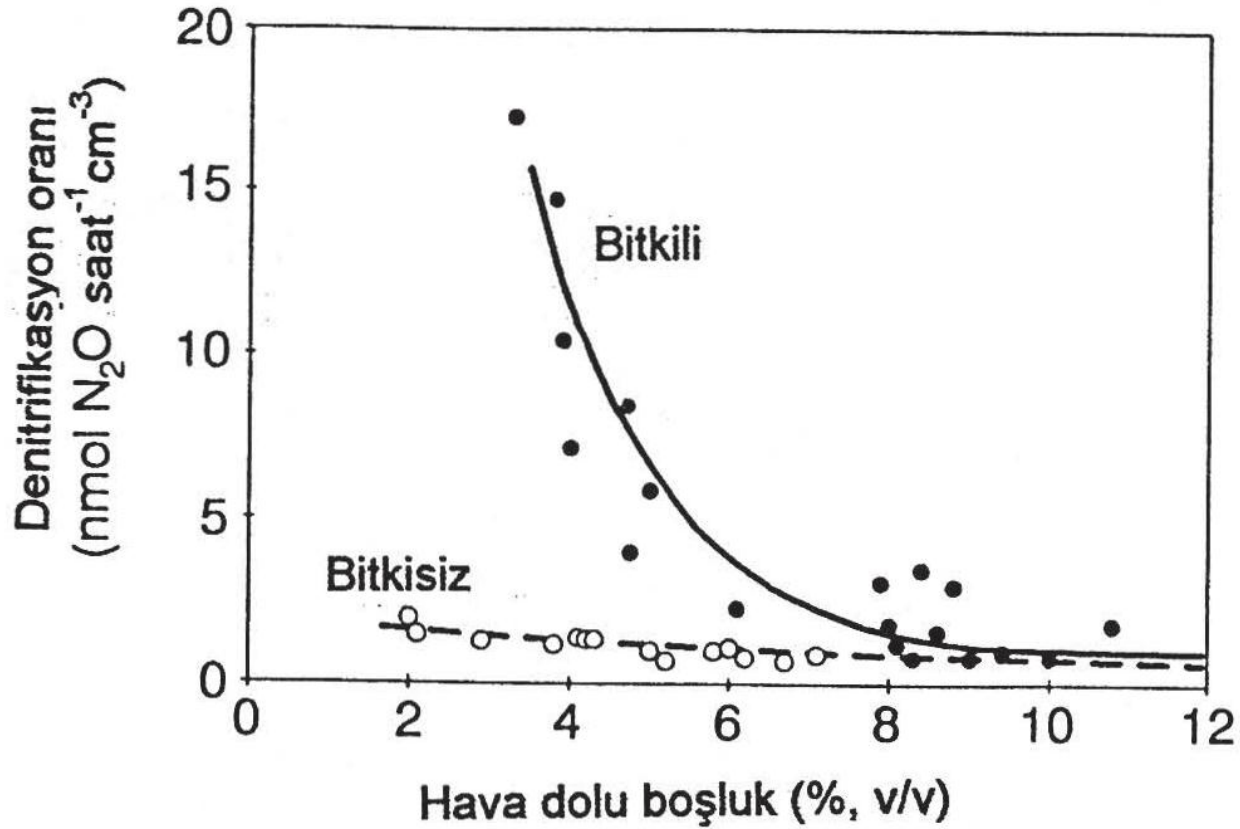
Şekil 7.5. Azot ve demir beslenmesine bağlı olarak ayçiçeği bitkisinin kökleriyle üretilen H^+ miktarı ve rizosferin asitleşmesi

Çizelge 7.3. Fosfor kapsamı az olan bir toprağa $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ uygulanarak yetiştirilen kolza bitkisinin kuru madde üretimi, P kapsamı, rizosfer pH' sı ve iyon alımındaki zamana bağlı değişimler

Bitkinin yaşı (gün)	Kuru madde (g saksı ⁻¹)	Rizosferin P kapsamı (μM)	Rizosfer pH' sı	Katyon/Anyon alımı
0	-	5.17	6.1	-
7	0.16	2.56	6.3	Kat<An
14	0.89	0.82	6.5	Kat<An
20	1.89	1.40	5.3	Kat>An
28	3.69	2.47	4.3	Kat>An

7.2.3. Redoks potansiyeli ve indirgenme işlemleri

- Toprakta su miktarı arttıkça redoks potansiyeli düşmeye başlar ve suyla doymuş topraklarda negatif değerlere ulaşılır. Redoks potansiyelinin düşmesi bir taraftan özellikle **Mn, Fe ve kısmen P** olmak üzere bitki besinlerinin çözünürlüğünü değiştirirken diğer taraftan çözünmüş fitotoksik organik bileşiklerin birikimine neden olur.
- Çeltik gibi suyla doymuş topraklarda yetişen bitkiler O_2 ' i gövdeleriyle köklere taşıyıp köklerdeki boşluklardan da rizosfere salgılayarak redoks potansiyelini dengelemeye çalışırlar. Rizosferin bu şekilde oksitlenmesi fitotoksik organik bileşiklerle, **Fe^{+2} ve Mn^{+2}** iyonlarının miktarını azaltarak bitkiyi korur.
- Havalanan topraklarda redoks potansiyeli ortalama +500 ile +700 mV arasında değişirken, bu değer çeltik topraklarında kök ucunun hemen arkasında -250 mV düzeyinden başlayarak kökten uzaklaştıkça +100 mV düzeyine kadar ulaşır.



Şekil 7.6. Çernozem topraktaki (C_{org} : % 1.8) denitrifikasyon oranına hava-dolu boşluk oranı ve buğday bitkisi yetiştirilmesinin etkisi

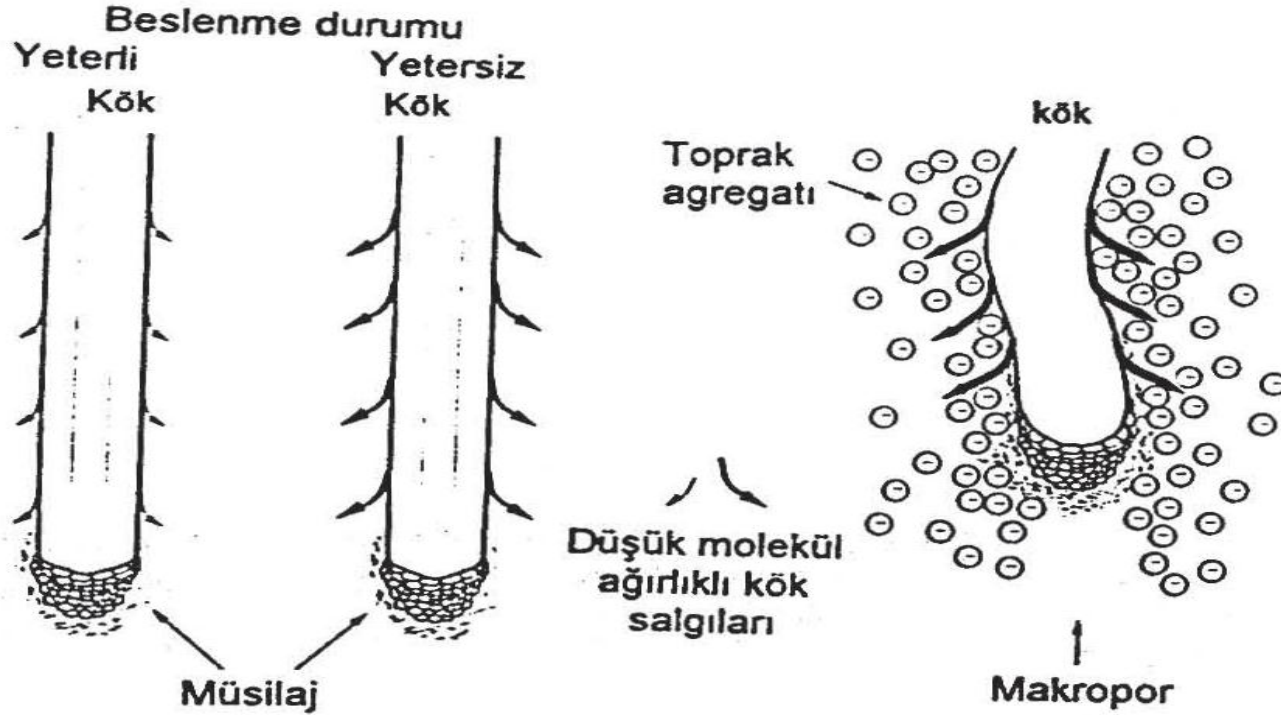
7.3. Kök Salgıları

- Fotosentezde kullanılan karbonun ortalama % 30-60' ı köklere ulaşır ve bunun büyük bir kısmı kök salgıları şeklinde rizosfere verilir.
- **Mekanik zararlanma, havasızlık, kuraklık ve besin maddesi noksanlığı** gibi stres koşulları kök salgıları miktarını artırır

- Kök salgıları kökler tarafından salgılanan büyük ve küçük moleküllü organik bileŖiklerden oluŖur. Büyük moleküllü organik bileŖikleri **musilajlar ve ektoenzimler** oluŖtururken küçük moleküllü organik bileŖikleri **Ŗekerler, organik asitler, fenolik bileŖikler ve fitosideroforları** da içeren aminoasitler oluŖturur.

Besin çözeltilisi

Katı ortam



Şekil 7.7. Besin maddesi noksanlığı ve mekanik zararlanmanın kök salgılarına etkisi

Mekanik zararlanma ya da benzeri stres koşullarından ötürü kök salgılarının artması sadece rizosferdeki besin maddelerinin hareketini etkilemekle kalmayıp bitkileri ortamda toksik düzeylerde bulunan Al gibi ağır metal zararlarından da korumaktadır.

Çizelge 7.4. Alüminyumun içeren besin çözeltisi ve kum kültüründe yetiştirilen soya fasulyesinin kök uzunluğuna ve kök ucunun besin maddesi kapsamına etkisi

Ortam	Kök uzunluğu (cm bitki ⁻¹)	Kök ucunun besin maddesi kapsamı (mg g ⁻¹)		
		Al	Ca	Mg
Besin çözeltisi				
Kontrol (-Al)	189	<0.1	0.69	1.37
+74 µM Al	39	3.9	0.36	0.47
Kum Kültürü				
Kontrol (-Al)	114	<0.1	1.56	1.39
+741 µM Al	50	0.9	1.22	1.02

7.3.1. Musilaj ve musijeller

- Kök ucu musilaj olarak bilinen ve yaklaşık % 20-50 oranında poliuronik asit içeren polisakkaritlerden oluşmuş büyük molek l ağırlıklı jelatinimsi materyallerle kaplanmıştır
-
- Musilajların kök ucunu kurumaktan korumak, yağlamak veya kayganlaştırmak suretiyle köklerin toprak içinde hareketini kolaylaştırmak iyon alımını kolaylaştırmak veya zararlı iyonlar için engellemek, toprak parçacıklarıyla birleşerek kökün toprakla temasını iyileştirmek ve özellikle kurak koşullarda rizosfer toprağının agregatlaşmasını artırmak gibi çok değişik biyolojik fonksiyonları vardır

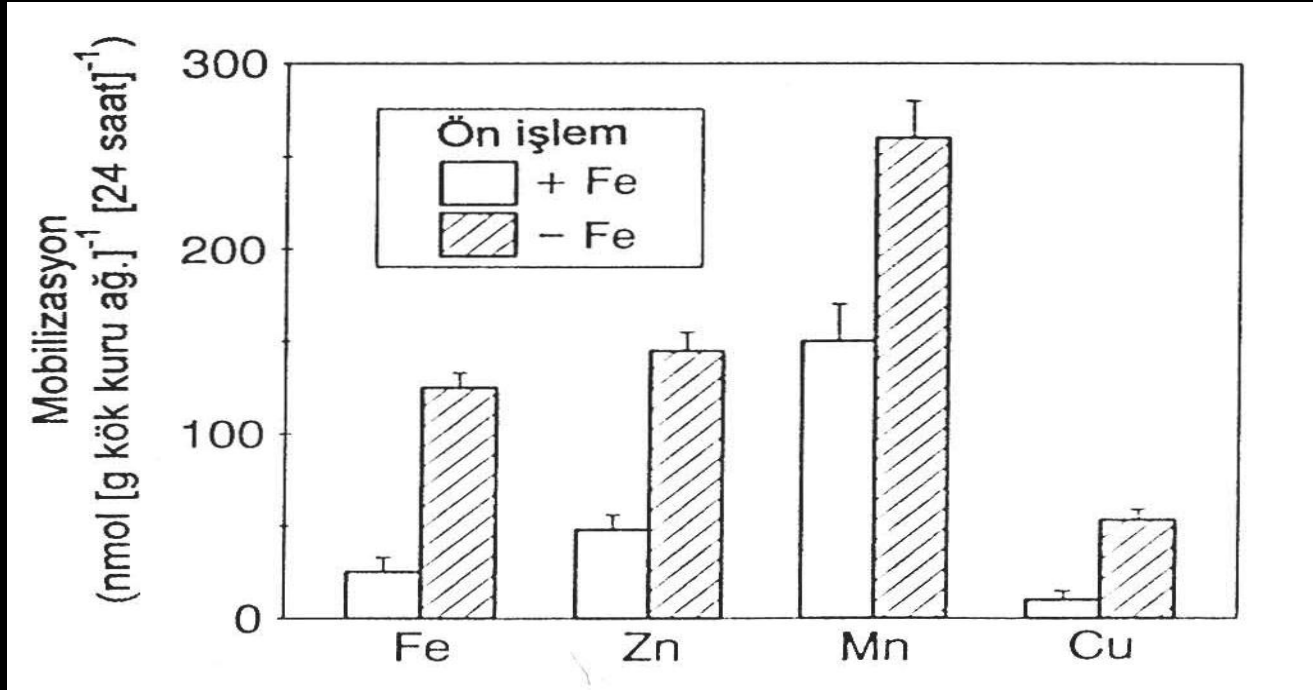
7.3.2. Kök salgıları ve bitkilerin beslenme durumları

- Bitkiler besin maddesi noksanlığı çekerse salgıların bileşimi değişir ve küçük molekül ağırlıklı salgı miktarı artar.
- Yeterli K alamayan mısır bitkisinin hem kök salgısı miktarında hem de salgı içinde şekerlere göre organik asitlerin miktarında artış görülmüştür
- Benzer şekilde Zn noksanlığı çeken çiftçenekliler ve buğdaygiller de kök salgılarındaki şeker, aminoasit ve fenolik bileşiklerin miktarını artırmakta fakat özellikle Zn çözücü salgılar buğdaygiller tarafından salgılanmaktadır
- Fosfor noksanlığında kök salgısı olarak organik asitlerin salgılanması genellikle çiftçeneklilerde ve özellikle de baklagillerde görülmektedir.
- Kök salgılarından olan organik asitlerin içinde sitrik asitin önemli bir yeri vardır.

Çizelge 7.6. Fosfor noksanlığı olan ve kireç kapsamı % 23 olan bir toprakta yetiştirilen ak acıbakla bitkisinin sitrik asit salgılamasına bağlı olarak rizosfer ve rizosfer dışı toprakta oluşan değişimler

	Rizosfer dışı	Rizosfer
pH (H ₂ O)	7.5	4.8
Sitrat ($\mu\text{g g}^{-1}$ toprak)	-	47.7
DTPA ekstraksiyonunda ($\mu\text{mol kg}^{-1}$ toprak)		
Fe	34	251
Mn	44	222
Zn	2.8	16.8

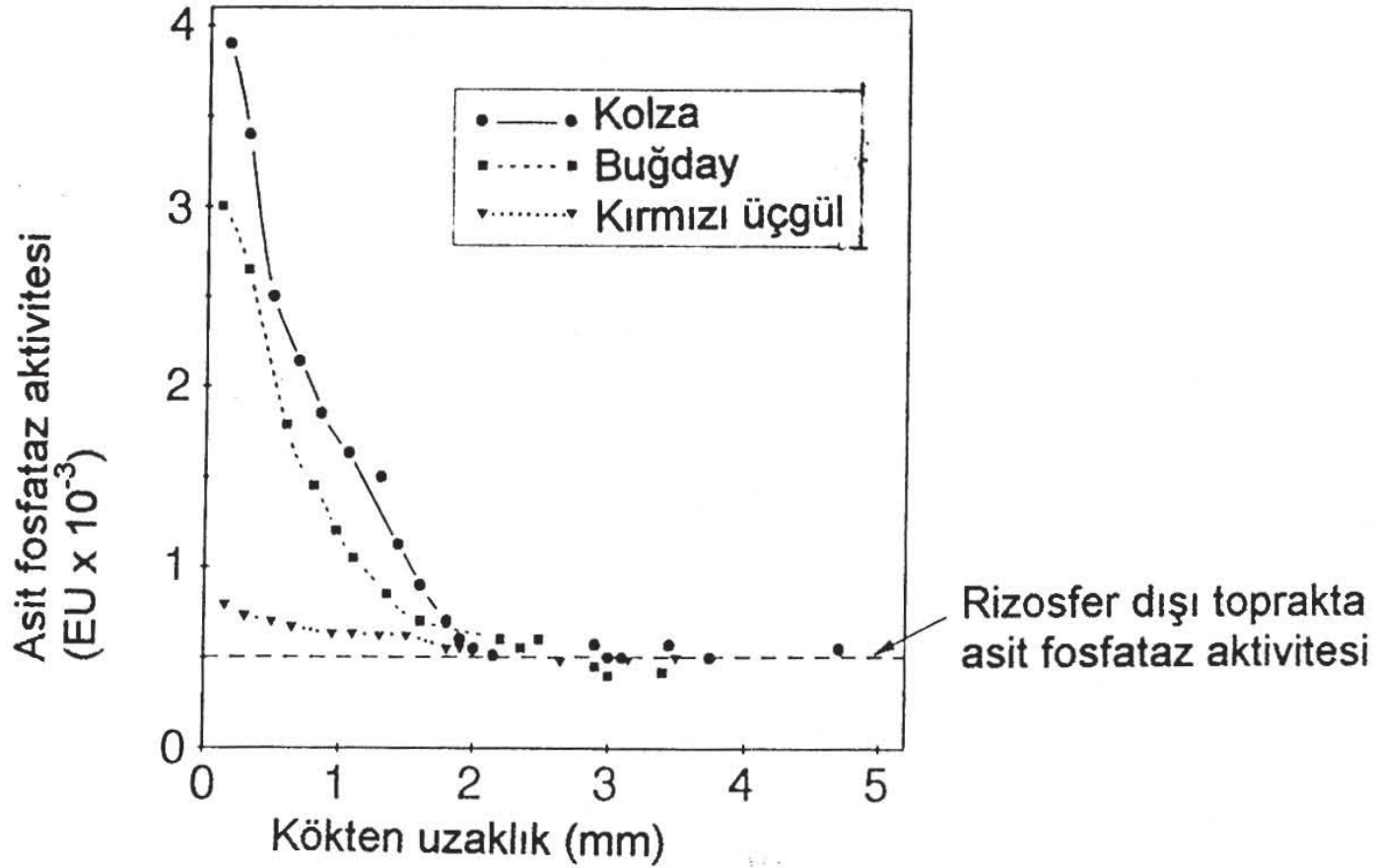
Buğdaygil bitkilerinin Fe ve Zn noksanlığına karşı salgıladıkları fitosiderofor olarak bilinen ve protein oluşturmayan aminoasitleri içeren özel bir salgıları vardır. Arpa gibi buğdaygil bitkilerinin kök salgıları kireçli topraklardaki Fe ve diğer mikroelement katyonlarını da çözerek yarayışlı duruma getirir



Şekil 7.8. Kireçli bir topraktaki (% 7 kireçli, Luvisol) mikroelementlerin çözünürlüğüne Fe beslenmesi yeterli ve yetersiz olan arpa bitkisinin kök salgılarının etkisi

7.3.3. Ektoenzimler

- Tarım topraklarında toplam P' un % 30-70' i organik formda organik maddenin yapısında bulunur.
- Bu organik fosforun bir kısmı rizosfer mikroorganizmaları tarafından çözülür.
- Organik P' un hidrolizi kök kökenli asit fosfataz, mantari asit ya da alkali fosfataz ve bakteriyel alkali fosfataz enzimleri aracılığıyla gerçekleştirilir.



Şekil 7.9. Siltli tın toprakta yetiştirilen değişik bitkilerin rizosferinde belirlenen asit fosfataz aktiviteleri

7.4. Enfekte Olmayan Rizosfer Mikroorganizmaları

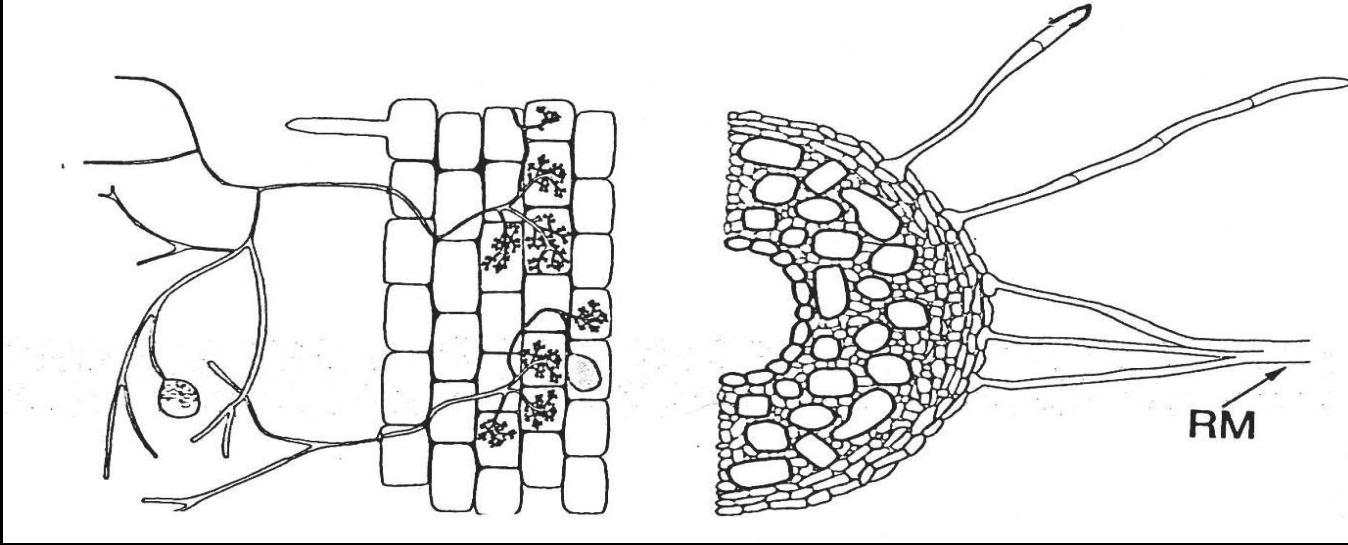
- Kökler organik C kaynağı olarak işlev gördüklerinden toprağın geneline oranla rizosferdeki mikroorganizma ve özellikle bakterilerin sayısı daha fazladır.
- Köklerin büyümeleri ve fizyolojileri ile besin maddelerinin rizosferdeki hareket ve döngüleri açısından sadece rizosferdeki toplam mikroorganizma (bakteri, mantar) sayısı önemli olmayıp aynı zamanda mikroorganizmaların tür veya hatları ile fitohormon üretip üretmemeleri, N fikse edip etmemeleri, patojen ve antagonistik özelliklerinin az olması gibi fizyolojik durumları da önemlidir.

7.5. Mikorizalar

- Mikorizalar pek çok bitkinin köküne enfekte olarak bulunur.
- Her türlü çevre koşullarında *Cruciferae* (turpgiller) ve *Chenopodiaceae* (ıspanakgiller) bitkilerinde mikoriza bulunmaz. *Proteaceae* veya salkım (yumak) kök sistemine sahip bitki türlerinin bir çoğunda da mikoriza ya hiç bulunmaz ya da çok az bulunur

7.5.1. Mikoriza grupları, yapıları ve şekilleri

Kök yapısına etkileri bakımından endo ve ektomikoriza olmak üzere mikorizaların iki büyük grubu vardır.



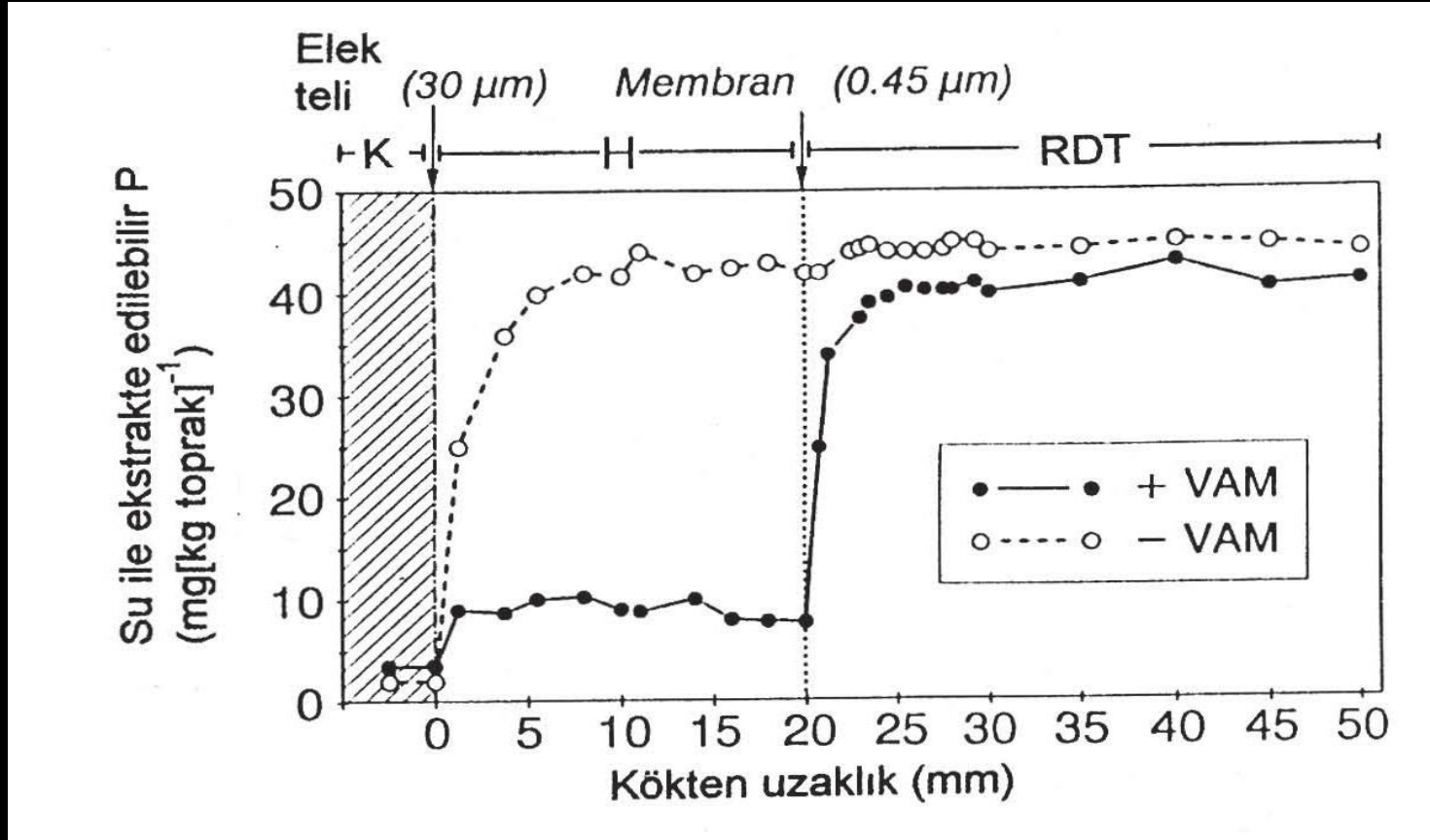
Şekil 7.10. VAM (solda) ve EKM (sağda) mikorizalarının mikroskopik yapıları. RM: rizomorf (kökçük)

Kök korteks hücreleri içinde yaşayan ve hücreler arasına doğru uzayabilen mantarlar endomikorizalardır. Endomikorizaların çok değişik tipleri olmakla birlikte vesikular-arbuskular mikoriza (VAM), erikoid ve orchidaceous en bilinenleridir. VAM' lar en yaygın bulunan endo ve ektomikorizalardan daha fazladır ve korteks hücreleri içindeki dallanmış emici yapılarıyla (arbuscules) ve toprak içinde kolayca hareket edebilen miselleriyle (dışa uzanan hifler) tanınırlar. Toprakta en yaygın bulunan türü *Glomus*' tur. Endomikoriza mantarlarının hepsi olmasa da büyük bir bölümü lipidçe zengin borucuklar oluşturur

- Ektomikorizalar (EKM) genellikle odunsu bitkilerin ve nadiren de otsu bitkilerin ve buğdaygillerin köklerinde bulunur. Ektomikorizalar kök yüzeyini çevreleyen hiflerden içe doğru örülmüş kabuk (mantari katman) mantari misellerden bir ağ oluşturmak üzere kökü korteks hücreleri arasındaki boşluğa iten hifler olmak üzere iki temel yapılarıyla tanınırlar

7.6. Konukçu Bitkilerin Beslenmesine Mikorizaların Etkisi

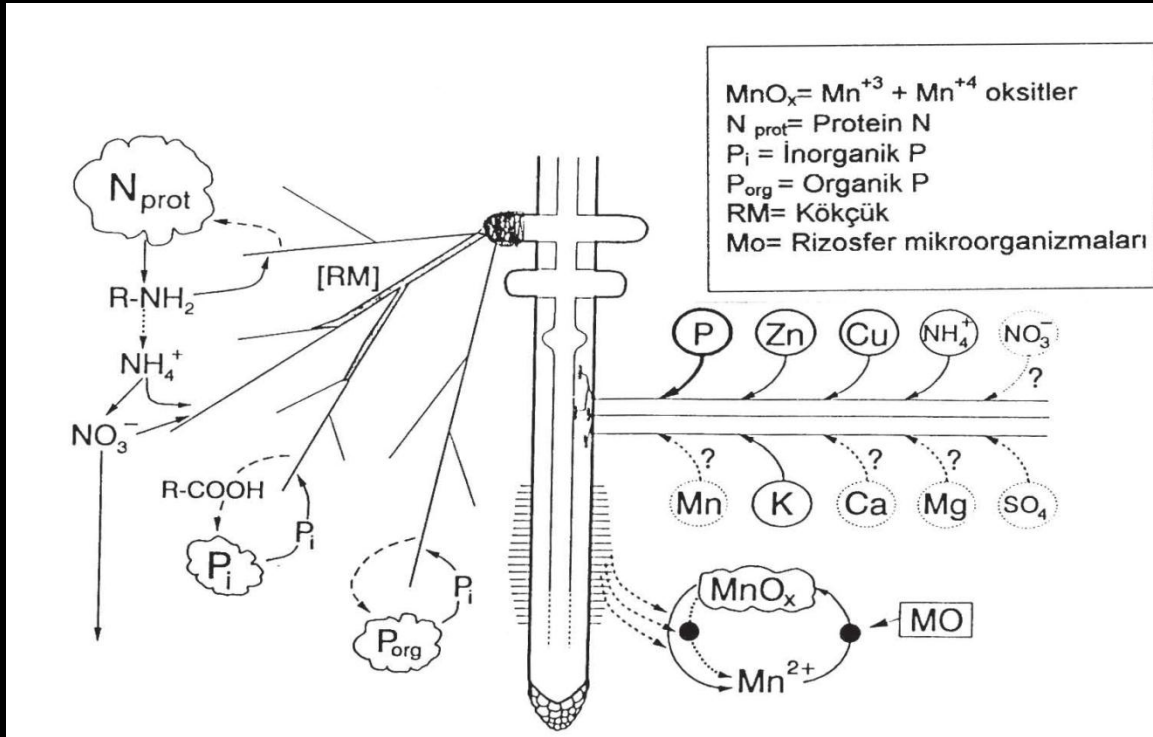
Fosfor gibi toprakta hareketi sınırlı olan besin maddelerinin alımını artırmaları yoluyla bitki gelişimini artırmaları en önemli etkileridir. Dışa uzayan hifler rizosfer dışı topraktaki P' u alarak konukçu bitkiye taşırlar.



Şekil 7.13. VAM uygulamasına bağlı olarak ak üçgül bitkisinin P alım uzaklığındaki değişimler, K: kök, H: hif ve RDT: rizosfer dışı toprak

Mikoriza bitkilerin P, Zn, Cu alımını artırırken Mn indirgeyen bakterilerin azalmasıyla Mn alımının azalmasına sebep olur.

Mikorizalar ağır metaller ile kleyt yaparak toksisiteyi önler.



Şekil 7.16. VAM'lı bitki köklerine ilaveten EKM' li bitki köklerinde de bulunan ve rizosferde besin maddesi hareketi ile alımını düzenleyen bileşenler