

Geliş Tarihi : 29.03.2000

## Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM) Aşılmasının Azotlu ve Fosforlu Gübrelerle Gübrelenmiş Nohut Bitkisinin N ve P İçeriği Üzerine Etkisi

Şefik TÜFENKÇİ<sup>(1)</sup>

Semra DEMİR<sup>(2)</sup>

İbrahim ERDAL<sup>(1)</sup>

**Özet:** Vesiküler-Arbusküler mikorrhiza (VAM) fungusunun azot, özellikle de fosfor alınımına olan katkısı, kontrollü koşullarda yapılan denemeye ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmada VAM fungusu *Glomus intraradices*' Schenck&Smith' in değişik konsantrasyonlardaki azotlu ve fosforlu gübreler ile birlikte nohut bitkisinde N ve P içeriğine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada VAM inokulasyonu yapılan bitkilerde bitki P içeriğinin arttığı, bu artışın da istatistiksel olarak önemli olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca araştırmada kullanılan azot dozlarına bağlı olarak bitki N içeriklerinin de istatistiksel olarak önemli derecede arttığı fakat yapılan fosforlu gübrelenmenin N alınımına etkide bulunmadığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM), azot, fosfor, nohut

### The Effect of VAM (Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae) with Nitrogen and Phosphorus Fertilization on N and P Concentrations of Chickpea

**Abstract:** In this study, the contribution of VAM fungus on plant N and P concentration was studied under controlled conditions. With this study, it was aimed to determine the effect of VAM fungi (*Glomus intraradices*) applied with different N and P levels on chickpea N and P nutrition. In the experiment, concentration of P in plant, inoculated with VAM, increased and this increases was statistically significant. In the study plant N concentrations significantly increased depending on N doses, but it was seen that there was no effect of the P fertilization on the plant N uptake.

**Key words:** Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (VAM), nitrogen, phosphorus, chickpea

#### Giriş

Topraktaki mikroorganizmalar ile bitkiler arasındaki simbiyotik yaşam biçimleri arasında en yaygın olanlardan biri, bitki kökleri ile bazı toprak fungusları arasında kurulan ve mikorrhiza olarak adlandırılan ortak yaşamdır. Mikorrhizal araştırmalar, daha çok, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorrhizal yaşam şekilleri arasında yer alan Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM) oluşumuna odaklanmıştır. Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM), bitki gelişimini, özellikle bitki besin maddeleri konsantrasyonlarının kritik seviyelerde olduğu marjinal toprak koşullarında teşvik etmektedir (Marschner, 1995).

Günümüze kadar yapılan sayısız araştırma, bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra VAM fungusları tarafından da alındığını ortaya koymuştur. Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM) fungusları, konukçuları olan bitkiler ile simbiyotik ilişkiye geçtiklerinde bitkinin su ve bazı mineral besin maddelerinin alınımına doğrudan katkıda bulunmaktadır. Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza fungusları bitkiye besin alınımını artırmanın yanı sıra, bitkinin tuzlu ve kurak koşullara, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını artırmakta, bitkinin

büyüme teşvik edici maddeler (hormonlar) salgılamasını sağlamaktadırlar (Brundrett, 1991; Smith ve Read, 1997).

Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza oluşumunun daha çok fosfor alınımına olan katkılarından dolayı, farklı branşlardaki birçok araştırmacı tarafından geniş ilgi görmüştür. Yakın geçmişte yapılan çalışmalarda doğadaki bitki topluluklarının % 90'ından fazlasında simbiyotik olarak yaşayan VAM fungusunun, topraktaki fosfor'un bitkilerce alınmasında belirleyici rol oynadığı ifade edilmektedir (Smith ve ark., 1992). Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza fungusunun işlevinin bitkinin fosfor ile beslenmesine bağlı olmasının yanı sıra, bazı bitki türleri yaşamının tamamını VAM fungusunun varlığına bağlamışlardır. Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza sadece fosfor'un değil aynı zamanda çinko, bakır, mangan, demir, kalsiyum, potasyum ve azot'un alınımında da etkili rol oynamaktadır (Hayman, 1982; Smith ve Read, 1997). Fosfor, yapısı ve topraktaki hareketliliği nedeniyle toprakta fikse edilen ve bitki tarafından alınımı sınırlı olan elementler arasında yer almaktadır. Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza fungusları bitki köklerinin hemen çevresinde

<sup>(1)</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 65080-VAN

<sup>(2)</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 65080-VAN

pH'yı düşürücü bazı enzim ve asitli sıvılar salgılayarak ve bitki yüzeyinde bir sünger tabakası gibi sürekli absorbe edici bir yüzey meydana getirerek yarayırlığı çok düşük olan inorganik fosfatları yarayırlı hale getirmekte, hifleri yardımıyla da köklere taşınmasını sağlamaktadır (Bolan, 1991; Smith ve ark., 1992; Smith ve Read, 1997).

Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM) tarafından bitkiye alınımı teşvik edilen bir diğer makro element azottur. VAM fungusu baklagil bitkilerinde fosfor alınımını artırdığı zaman, dolaylı olarak atmosferik azot fiksasyonunu ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle baklagillerde nodulasyon oluşumu için fazla miktarda fosfora ihtiyaç duyulduğundan fosfor içeriği düşük topraklarda yetiştirilen baklagil bitkileri VAM enfeksiyonuna gereksinim duymaktadırlar (Mosse, 1977). Baklagil dışındaki diğer bitkiler için topraktan N alımı üzerine VAM'ın direkt rolüne ilişkin kayıtlar çok nadirdir. Bu konuda yapılan çalışmalarda (+) VAM ve (-) VAM bitkilerde P'nin yanısıra N'nin de hifler tarafından alınımının arttığı saptanmıştır (Johansen ve ark., 1994a; Marschner ve Dell, 1994).

Yapılan analizlerde azotun VAM fungusu tarafından daha çok NH<sub>4</sub> formunda alındığı belirlenmiştir. Baklagil bitkileri ve hıyar bitkisi ile yapılan çalışmalarda, VAM fungusunun bulunduğu topraklardaki N konsantrasyonunun kontrol örneklerine oranla daha az olduğu, bunun da topraktaki N'nin VAM hifleri tarafından absorbe edilerek bitkiye kazandırıldığı bir göstergesi olduğu ifade edilmiştir (Johansen ve ark., 1993; 1994a; 1994b).

Bu çalışmada VAM fungusu ile azotlu ve fosforlu gübrelenmenin sera koşullarında yetiştirilen nohut bitkisi (*Cicer arietinum*) ILC 482 çelidinin azot ve fosfor içeriği üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırmada test bitkisi olarak nohut (*Cicer arietinum*) ILC 482 çeşidi, VAM fungusu olarak ise kök+toprak+misel+spor karışımından oluşan *Glomus intraradices*'e ait OM/95 izolatu kullanılmıştır (Demir ve Onoğur, 1999).

### Bitki yetiştirme ortamı

Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak toprak-kum-pomza karışımı kullanılmıştır. Hazırlanan ortama ilişkin bazı analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Hazırlanan yetiştirme ortamına amonyum sülfat formunda 3 dozda (0-100-200 mgN/kg) azot, triple süper formunda 2 dozda (0-200 mgP/kg) fosfor uygulanmıştır.

## Yöntem

### Yetiştirme ortamı ve bitki analizleri

Yetiştirme ortamında; pH, Grewelling ve Peech (1960); CaCO<sub>3</sub>, Çağlar (1949); organik madde, Jackson (1962); toplam tuz, Richards (1954); toplam N Kjeldahl yöntemiyle, Bremner (1965); elverişli P ve K, Kacar (1972)'a göre belirlenmiştir.

Bitkide toplam N ve P Kacar (1972)'a göre tayin edilmiştir.

### Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Denemede 3.5 kg karışım alan plastik saksılar kullanılmış ve saksılar %10'luk formalin ile dezenfekte edilmiştir. Yetiştirme toprağı ve inokulum materyali, saksılara sırasıyla 1500 gr yetiştirme toprağı + 500 gr inokulum (75 spor / 10 g toprak) + 500 gr yetiştirme toprağı + nohut tohumları + 500 gr kapak kum şeklinde yerleştirilmiştir (Demir, 1998). Deneme 3 tekerrürlü ve her bir saksıda 3'er bitki olacak şekilde tesadüf parsellerine göre kurulmuştur. Kontrol bitkilerinde materyallerin diziliş sırası aynı olup inokulum yerine steril dişli dere kumu + pomza karışımı verilmiştir. Deneme boyunca bitkiler sera ortamında tutulmuş, sulamalar destile su ile yapılmıştır. Deneme sırasında bitkilerde görülen hastalıklara karşı kimyasal mücadele yapılarak, özellikle çökerten hastalığına karşı bitkiler, VAM funguslarına karşı etkisiz olduğu ifade edilen propamocarp etkili maddeli bir fungusit ile ilaçlanmışlardır (Leopold, 1990).

### Köklerde fungal kolonizasyon yüzdesinin hesaplanması

Nohut bitkilerinin köklerinde VAM fungusunun varlığını ve köklerdeki kolonizasyon yüzdesini saptamak üzere, köklerde fiksasyon ve boyama işlemleri yapılmış (Phillips ve Hayman, 1970), trypan mavisi ile boyanmış olan köklerdeki VAM fungusunun kolonizasyon yüzdesini saptamak üzere *Grid-Line Intersect Metodu* kullanılmıştır (Giovanetti ve Mosse, 1980).

Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi Costat paket programı ile yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Yapılan analiz sonuçlarına göre yetiştirme ortamına ait kimi analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere ortamın pH'sı hafif alkalın reaksiyonlu, organik maddesi yetersiz, orta derecede kireçli ve hafif tuzlu olup, elverişli P ve K bakımından ise yetersizdir (Aydeniz, 1985).

### Nohut bitkisinde fungal kolonizasyon

Deneme kapsamında yer alan nohut bitkisinde OM/95 izolatının kolonizasyon yoğunluğu % 23.8-76.1 arasında değişmiş olup ortalama yoğunluk % 45.9 olarak bulunmuştur. Ayrıca yapılan mikroskopik gözlemler sonucunda OM/95 izolatına ait hifsel yapılara ve üreme organlarına da (klamidospor ve vesikül) yoğun olarak rastlanılmıştır.

Çizelge 1. Yetiştirme ortamına ilişkin bazı analiz değerleri

Özellikler	
pH (1/2.5 su)	7.90
Organik madde (%)	0.40
Kireç (%)	15.19
Tuz (%)	0.060
Toplam N (%)	0.043
Yarayışlı P ppm	5.45
Yarayışlı K ppm	150

### Bitki N ve P konsantrasyonları

Deneme faktörlerinin etkisi altında elde edilen sonuçlara göre bitkinin % N içeriği üzerine mikorrhiza

Çizelge 2. Mikorrhiza, N ve P'li gübrelemenin nohut bitkisinin N içeriğine etkisi

	Bitki N Konsantrasyonu (%)								P İçin Ort.
	- (VAM)				+ (VAM)				
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Ort.	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Ort.	
P <sub>0</sub>	4.12	5.08	4.71	4.64	3.57	4.27	4.22	4.02	4.33 a
P <sub>1</sub>	4.85	4.62	5.30	4.93	3.14	4.51	4.44	4.03	4.48 a
Ort.	4.49	4.85	5.01	4.79	3.36	4.39	4.33	4.03	

N için Ort No: 3.92 b N<sub>1</sub>: 4.62 a N<sub>2</sub>: 4.67 a

Çizelge 3. Mikorrhiza, N ve P'li gübrelemenin nohut bitkisinin N ve P içeriğine etkisine ilişkin varyans analizi

	N İçin		P İçin
	S.Der.	F Değeri	F Değeri
Ana Fak.	-	-	-
P	1	0.78 öd	39.93 ***
N	2	8.24 **	8.630 **
Mik.	1	20.25***	4.582 *
İnteraksiyon	-	-	-
PXN	2	0.78 öd	3.642 *
MikXP	1	0.67 öd	0.882 öd
MikXN	2	1.39 öd	8.402 **
MikXPXN	2	2.58 öd	30.091
Hata	24	-	-
Toplam	35	-	-

Araştırma sonuçlarına göre N dozlarının nohut bitkisinin P içeriğine etkisi farklı olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4'ün incelenmesi ile de görüleceği üzere, N<sub>0</sub> dozunda % 0.218, N<sub>1</sub> dozunda % 0.271 ve N<sub>2</sub> dozunda ise % 0.266 P değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu

fungus uygulamasının negatif, azotlu gübre uygulamasının ise pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen ortalama değerler ve Duncan guruplandırması Çizelge 2'de verilmiştir.

Bitkinin %N içeriğine ait bulgular incelendiğinde, + (VAM) örneklerin ortalaması olarak % 4.03 değeri elde edilirken, - (VAM) örneklerin ortalaması sonucu %4.79 değeri bulunmuştur. Buna göre VAM inokulasyonunun etkisinin negatif yönde olduğu Duncan testi sonucu istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Ayrıca araştırmada uygulanan azotlu gübre dozlarının da istatistiksel olarak %1 düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Uygulama sonucu N<sub>0</sub> dozunda 3.92, N<sub>1</sub> dozunda 4.62 ve N<sub>2</sub> dozunda ise 4.67 değerleri elde edilerek, bitkinin % N içeriğinin kontrol örneklere göre N<sub>2</sub> dozu uygulaması sonucunda %19.1'lik bir artışın olduğu belirlenmiştir. Ancak deneme faktörlerinden fosforlu gübre uygulamasının bitkinin % N içeriğini istatistiki olarak etkilemediği, fakat fosfor uygulamasının azda olsa sayısal olarak artırdığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara ilişkin varyans analiz değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

değerlere göre N<sub>1</sub> dozunun diğer dozlara göre daha etkili olduğu ve bu dozda kontrol uygulamasına göre % 24.6'lık bir artışın gerçekleştiği saptanmıştır. Azot uygulamalarının yanında P dozlarının da bitkinin P içeriğini artırdığı ve bu artışın Duncan guruplandırmasına göre istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Buna göre P<sub>0</sub> uygulamasında % 0.215, P<sub>1</sub> uygulamasında ise % 0.288 P değerleri elde edilerek, % 34 lük bir artış saptanmıştır.

Bu sonuçlara göre de azotlu ve fosforlu gübreleme ile bitkinin aldığı olduğu N ve P miktarının olumlu yönde etkilendiği görülmüştür.

Araştırmada kullanılan mikorrhiza inokulasyonu ile bitkinin P içeriğinin olumlu yönde etkilendiği görülmüş ve bu etkinin de istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Çizelge 4'ün incelenmesi ile görüleceği üzere mikorrhiza uygulaması sonucu % 0.264 P değeri elde edilirken mikorrhiza uygulamasının yapılmadığı örneklerde % 0.239 P değeri elde edilmiştir. İnokulasyonun yapıldığı örneklerden elde edilen değerlerin kontrol parsellerine göre %10.3'lük bir artış gösterdiği, bu artışında Duncan guruplandırmasına göre önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Mikorrhiza, N ve P'li gübrelemenin nohut bitkisinin P içeriğine etkisi

	Bitki P Konsantrasyonu (%)								P için Ort.
	- (VAM)				+ (VAM)				
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Ort.	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Ort.	
P <sub>0</sub>	0.113	0.285	0.227	0.208	0.208	0.217	0.242	0.222	0.215 b
P <sub>1</sub>	0.232	0.275	0.306	0.271	0.320	0.310	0.290	0.306	0.288 a
Ort.	0.172	0.280	0.266	0.239	0.264	0.263	0.266	0.264	
N için Ort.	N <sub>0</sub> : 0.218 b	N <sub>1</sub> : 0.271 a	N <sub>2</sub> : 0.266 a						

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre mikorrhiza inokulasyonu sonucunda bitkinin fosfor alımı olumlu yönde etkilenmiştir. Van yöresi topraklarının alkali karakterde olması ve diğer toprak özelliklerinde olumsuz etkileri nedeniyle topraktaki fosfor hareketliliği sınırlandırmakta ve yarıyışlı fosforun yetersiz olmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, mikorrhiza inokulasyonunun bölge topraklarında yapılacak baklagil bitkileri üretimi açısından büyük yararlar getireceği sonucunu ortaya koymaktadır. Yapılan birçok çalışma sonucunda da toprak fosforunun bitkiler tarafından alınımına en fazla katkının VAM fungusu ile diğer mikroorganizmalar tarafından yapıldığı bildirilmektedir (Koide, 1991; Kothari ve ark., 1991). VAM fungusunun çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzey alanını artırdığı ve kökten uzak bölgelerdeki besin elementlerinin bu hifler aracılığı ile alındığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Abott ve Robson, 1982; Bolan, 1991; Gür, 1975). Aynı araştırmacılar mikorrhizal bitkiler tarafından P absorpsiyonunun toprağın fiziksel özelliklerinin iyileşmesine, kök çevresinin modifikasyonuna, absorbe edilen P'nin depolanması ve artışına, bitki köklerine etkili P'nin transferine ve bitki içinde P'nin etkili kullanımına neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, Li ve ark. (1991) tarafından VAM fungusunun dışsal hifleri yardımıyla kök bölgesinden yaklaşık 10 cm uzaklıktaki P'nin % 80'nin den fazlasının bitkiye ulaşabildiği de saptanmıştır. Bunun yanı sıra VAM ile inokule edilmiş bitki köklerinin kendi rizosfer pH'larını da düzenleyerek fosfor ve diğer besin maddelerinin alınımının arttığı vurgulanmaktadır.

VA mikorrhizal fungusunun bitki köklerindeki gelişimini saptamada kullanılan en geçerli ve yaygın ölçütlerden biri, fungusun köklerdeki kolonizasyon yüzdesidir (Schwab ve ark., 1992). Bu çalışmada da nohut bitkisindeki VAM kolonizasyonun % 45.9 olması, fungusun bitki ile adaptasyonunun yüksek olduğunu, dolayısıyla P'yi daha iyi aldığını göstermektedir.

VAM fungusu özellikle baklagil bitkilerinde P beslenmesini artırdığı zaman, N<sub>2</sub> fiksasyonunda ve bitki gelişiminde artış görülmektedir (Mosse, 1977). Özellikle baklagil nodulasyonunda yüksek P ihtiyacı gerekli olduğundan düşük P'li topraklarda yetişen birçok baklagil bitkisi VAM inokulasyonuna oldukça bağımlıdır.

Bu çalışmada ise VAM inokulasyonu ve azotlu gübrelemeye bağlı olarak, bitki azot içeriklerinde azalma saptanmıştır. Bunun nedeni, her ne kadar kuru madde

oranları tespit edilmemişse de, söz konusu uygulamalarla elde edilen bitki gelişiminin artmasına ve böylece azotun bitki dokularında seyrelmesine bağlanabilir.

### Sonuç

Yapılan çalışmada; Vesiküler-Arbusküler mikorrhiza (VAM) fungusunun nohut bitkisinde N ve P içeriğine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada VAM inokulasyonu yapılan bitkilerde bitki P içeriğinin arttığı, bu artışın da istatistiksel olarak önemli olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca, araştırmada kullanılan azot dozlarına bağlı olarak bitki N içeriklerinin de istatistiksel olarak önemli derecede arttığı, fakat yapılan fosforlu gübrelemenin N alınımına etkide bulunmadığı görülmüştür.

### Kaynaklar

- Abott, L.K, and A.D., Robson, 1982. The role of vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. *Aust.J.Agric.Res.* 33: 389 - 408.
- Aydeniz, A, 1985. *Toprak Amenajmanı*, Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları. 928, Ders Kitabı No: 263.
- Bolan, N.S., 1991. A critical review on the role mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, 134: 189 - 207.
- Bremner, J.,M. 1965, *Methods of Soil Analysis*, Part: 2, american society of agronomy inc., publisher medison, wisconsin, USA.
- Brundrett, M., 1991. Mycorrhizas in natural ecosystem. *Advanced in Ecological Research*, 21: 171 - 313.
- Çağlar, K.Ö., 1949. *Toprak Bilgisi*. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın 10, 231-234. Erzurum.
- Demir, S., 1998. *Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler - Arbusküler Mikorrhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar*. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, 114 s
- Demir, S. ve E. Onoğur, 1999. *Glomus intraradices* schenck & smith: a hopeful vesicular - arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus determined in soils of Türkiye. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 28(1), P:33-34.

- Giovanetti, M. and B. Mosse, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84:489-500
- Grewelling, T. and M. Peech., 1960. *Chemical Soil Test*. Cornell univ. agr. exp. sta. bull. 960. Hand Book. 60. U.S. Dept. of Agriculture.
- Gür. K., 1975. Vesiküler-Arbüsküler (VA) Mikorizanın aktivite ve Dağılışı Üzerinde Çalışmalar. *TÜBİTAK Bilim Kongresi*, TÜBİTAK Yayın No: 361, TOAG Seri No; 68, S: 239-250.
- Hayman, D., 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology*, 72: 1119 - 1126.
- Jackson, M.L., 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall inc. Engle Wood Cliff-New Jersey.
- Johansen, A., I. Jacobsen and E.S. Jensen, 1993. External hyphae of vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium Subterraneum*. 3. Hyphal Transport of <sup>32</sup>P and <sup>15</sup>N. *New Phytol.*, 124: 61 -68.
- Johansen, A., I. Jacobsen and E.S. Jensen, 1994a. Hyphal N transport by A vesicular - arbuscular mycorrhizal fungus of N applied to the soil as ammonium or nitrate. *Biol Fertil Soils*, 16:66-70
- Johansen, A., I. Jacobsen and E.S. Jensen, 1994b. Hyphal N transport by A vesicular - arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown of three nitrogen levels. *Plant and Soil*, 160: 1 - 9.
- Kacar, B., 1972. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri . II. Bitki Analizleri* . A.Ü.Z.F. Yayınları No: 453. Uyg. Kılavuzu No: 155. Ankara
- Koide, R., 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.*, 117: 365 - 386.
- Kothari, S.K., H. Marschner and H. Römheld., 1991. Effect of a vesicular - arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganism on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). *New Phytol.* 117: 649 - 655.
- Leopold, H.J., 1990. *Beimfung von Klee mit VA-Mykorrhiza und Rhizobium zur Ertrags und Qualitätssteigerung* (Doktora Tezi). Gießen Üniversitesi
- Li, X. L., H. Marschner ve E. George, 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA mycorrhizal white clover in A calcareous soil. *Plant and Soil*, 135: 41 - 48.
- Marschner, H., 1995. Mycorrhizas. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 566 - 595 Academic Press, London.
- Marschner, H. and B. Dell., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159: 89 - 102.
- Mosse, B., 1977. Plant growth responses to vesicular - arbuscular mycorrhiza. X. responses of stylosanthes and maize to inoculation in unsterile soils. *New Phytol.* 78: 277 - 288
- Phillips, J.M. and D.S. Hayman, 1970. Improved procedure for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. Handbook. 60. U.S. Dep. of Agriculture.
- Schwab,S., J.A. Menge, P.B. Tinker, 1991. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytol.*, 117: 387-398.
- Smith, S.E., A.D. Robson and L.K. Abott, 1992. The involvement of mycorrhizas in assesment of genetically Dependt efficiency of nutrient uptake and use. *Plant and Soil*, 146: 169 - 172.
- Smith, S.E. and D.J. Read, 1997. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. *Mycorrhizal Symbiosis*, 605 P, 9-161, Academic Press, London