

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve Hümik Asitin Biber (*Capsicum annuum* L.) Bitkisinin Gelişimi ve *Phytophthora capsici* Leonian'ın Neden Olduğu Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkileri

Burcu ASLANPAY Semra DEMİR*

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü 65080-VAN
*e-posta: semrademir@yyu.edu.tr, Tel: +(90) 432 2251391, Fax: +(90) 432 2251104

Özet: Bu çalışmada AMF ve hümik asit uygulamalarının biber (*Capsicum annuum* L.) yetiştiriciliğinde oldukça önemli sorun olan ve verim kayıplarına yol açan *Phytophthora capsici* Leonian'ın yol açtığı kök boğazı çürüklüğü hastalığı ve biber bitkisinin bazı gelişim parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Denemede kullanılan uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunu bulmak amacıyla iklim odasında kontrollü şartlarda dört farklı F₁ biber çeşidi (Ergenekon, Bafra, Sirena ve Yıldız) üç farklı AMF türü ile (*Glomus intraradices*, *Glomus mossea* ve *Gigaspora margarita*) inokule edilmişlerdir. Her bir AMF türü dört biber çeşidinde oranları % 3.05 - % 38.66 arasında kolonize olurken, mikorhizal bağımlık oranları ise % 2.52 - % 20.64 arasında değişmiştir. Gerek kolonizasyon ve gerekse mikorhizal bağımlılık açısından en iyi uyum Bafra x *G. mosseae* kombinasyonunda tespit edilmiş ve bu kombinasyon ikinci denemede kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; AMF ve humik asit uygulamalarının biber bitkisinin bitki gelişimini pozitif yönde etkilediği ortaya konmuştur. Benzer durum bitkideki besin elementi içeriği açısından da tespit edilmiş ve özellikle AMF' nin makro ve mikro besin elementi alınımını artırdığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra AMF ve HA uygulamalarının tekli ve kombine uygulamalarının *Phytophthora capsici*'yi baskıladığı ve bu etkinin % 37.6 - % 55.6 oranlarında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biber, Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), Hümik Asit (HA), *Phytophthora capsici* Leonian

The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) and Humic Acid on the Growth of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant and Root Rot Disease Caused by *Phytophthora capsici* Leonian

Abstract: In this study, the effects of singular and double combinations of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and humic acid (HA) were investigated on the growth of pepper (*Capsicum annuum* L.) and rot root disease caused by *Phytophthora capsici* Leonian which has been known as an important problem of pepper cultivation and leading yield losses. Under controlled conditions, four F₁ pepper cultivars (Ergenekon, Bafra, Sirena and Yıldız) were inoculated with three different AMF strains (*Glomus intraradices*, *G. mossea* and *Gigaspora margarita*) in order to determine the most appropriate combination of pepper cultivar and AMF species to be used in studies. While each AMF species colonized between 3.05-38.66% on four pepper varieties, mycorrhizal dependency ratio changed between 2.52-20.64%. The best affinity was determined between Bafra x *G. mosseae* combination in point of not only colonization but also mycorrhizal dependency and this combination used in the second experiment. At the end of the study, it was found that the applications of AMF and humic acid were encouraged plant growth positively. Similar results were also determined in terms of plant macro-micro nutrient contents, and especially nutrient content of plants with AMF significantly increased. Therefore, single or combined applications of AMF and HA were effective by reducing the incidence of disease severity between 37.6-55.6%.

Keywords: Pepper, Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF), Humic Acid (HA), *Phytophthora capsici* Leonian

Giriş

Dünyanın birçok ülkesinde biber yetiştirilen alanlarda büyük ekonomik zararlara yol açan en önemli hastalık etmenlerinden biri kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *Phytophthora capsici* L.'dir. Hastalık biber yetiştirilen hemen hemen bütün alanlarda görülmekte ve görüldüğü yıllarda önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Toprak kökenli patojenler pastörize toprakta bile çok kısa sürede kolonize olabilmekte ve tohum, kök, sap gibi kısımları enfekte etmek suretiyle ciddi kayıplara neden olmaktadır (Kim ve Hwang 1992; Wheeler ve Rush 2001). Etmene karşı bazı kimyasallar geliştirilmesine rağmen, etmenin toprak kaynaklı oluşu ekonomik anlamda kimyasal savaşı olanaksızlaştırdığı gibi kültürel önlemler de hastalıkla mücadelede yetersiz kalmaktadır (Abak 1982). Hastalığa karşı dayanıklı çeşit geliştirilmesi yönünde yapılan çalışmalar, dayanıklılığın poligenik bir karaktere sahip olabileceğinden dolayı, istenilen sonucu vermemiştir (Pochard ve ark. 1983).

Son yıllarda biber yanıklığı hastalığı ile savaşmada biyolojik mücadele yöntemlerinin, hastalığı baskılayabilme etkinliği açısından olumlu sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Ahmed ve ark. 2003; Alejo-Iturvide ve ark. 2008). Bu yöntemler arasında yer alan arbusküler mikorhizal funguslar (AMF) hem bitki gelişimi hem de bitki sağlığı açısından rizosferin en etkili komponentleri arasında yer almaktadırlar (Bolan 1991; Smith and Read, 2008) ve *P. capsici* ile interaksiyonuna ait bazı çalışmalar yapılmıştır (Pozo ve ark. 2002; Ozgonen and Erkiliç 2007).

Topraktaki organik maddelerin %65-70'ini içeren hümik maddeler bitki gelişimini iyileştirici ve bitki hastalıklarını azaltıcı yönleri nedeniyle, çevre bilimlerinin yanı sıra tarımda toprak kimyası ve verimliliği, bitki fizyolojisi vb. çeşitli alanlarda yoğun olarak çalışılmaktadır (Adani 1998; Pascual ve ark. 2002; Litterick ve ark. 2004; Loffredo ve ark. 2008).

Söz konusu bu çalışma ile; AMF ve hümik asit'in tekli ve kombine uygulamalarının biber yetiştiriciliğinde oldukça önemli sorun olan ve verim kayıplarına yol açan *Phytophthora capsici* L.'nin yol açtığı kök boğazı çürüklüğü hastalığı ve biber bitkisinin bazı gelişim parametreleri üzerine etkisi'nin ortaya konması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada birinci aşama olarak Bafra, Ergenekon, Yıldız ve Sirena F₁ biber (*Capsicum annuum* L.) çeşitleri ve *Glomus mosseae* (T.H. Nicolson&Gerd.) Gerd.&Trappe), *G. intraradices* (Schenck&Smith) ve *Gigaspora margarita* (Becker&Hall) AMF türleri kullanılarak en iyi performansı gösteren biber çeşidi x AMF türü kombinasyonu belirlenmiş ve bu kombinasyon daha sonra çalışmanın 2. aşamasında kullanılmıştır. Patojen olarak %70-80 virulensliğe sahip *Phytophthora capsici* izolatu, hümik asit uygulamalarında ise polymericpolyhydroxyacid %85 w/w AGROLIG (ticari içerikli bir formülasyon) kullanılmıştır (Türkmen ve ark., 2004).

Bitki yetiştirme ortamı

Çalışmanın 1. aşamasında (uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunun belirlenmesi) biber fideleri, bir gözü 4,7x4,7x6,0 cm ebatlarındaki 45'lik plastik viollerde yetiştirilmiştir. 2. aşamada (AMF, hümik asit ve patojen uygulaması) ise 16x18 cm ebatlarında plastik saksılar kullanılmıştır. Her iki uygulamada da 1:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali, üzerini kapatmak için de vermikulit kullanılmıştır. Denemeler 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık, 25-27 °C sıcaklık %60-65 nem koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüştür.

Uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunun belirlenmesi

Bitki yetiştirme ortamı viyollere konularak, mikorhiza inokulasyonu yapılacak viyollerde tohum yatağına 2.5 gr inokulum, kontrol olarak kullanılacak viyollerde ise tohum yatağına 2.5 g steril torf/perlit karışımı ilave edilmiştir. Ekimi yapılacak biber tohumları üç defa saf su ile yıkanarak, % 2'lik NaOH'da 5 dakika tutulmuş, tekrar iki defa steril saf sudan geçirilerek yüzey dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuş ve toplam 16 uygulama grubu oluşturulmuştur. Fideler 12 saat ışıklandırma süresi ve 22±2 °C sıcaklık ve %60-70 orantılı nem koşullarına sahip iklim odasında yetiştirilmişlerdir. Tohumlar çimlenene kadar iki günde bir,

çimlenme gerçekleşikten sonra her gün saf su ile sulanmıştır. Yetiştirme periyodu süresince bitkilere 3 kez her viole 5 ml gelecek şekilde seyreltilmiş besin solüsyonu verilmiştir. Deneme sekiz hafta sonra sonlandırılarak, bitki köklerinde AMF oluşumunu tespit etmek üzere fiksasyon ve boyama işlemleri yapılmıştır (Phillips and Hayman 1970). Boyalı köklerdeki AM funguslarının kolonizasyon %'sini saptamak üzere Grid-Line Intersect Metodu (Giovanetti and Mosseae 1980) kullanılmış ve stereoskop mikroskop altında (4x10 ve 10x10) kolonizasyon oranları belirlenmiştir. Mikorhizal bağımlılık oranları ise Declerc et al. (1995)'a göre hesaplanmıştır. Kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık sonuçlarına göre en iyi çeşit x AMF kombinasyonu daha sonra ikinci denemede kullanılmıştır.

***P. capsici* inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi**

Fidelerin yetiştirilmesi

Mikorhizal kolonizasyon ve bağımlılık belirleme çalışmaları sonucunda belirlenen en iyi biber çeşidi x AMF türü kombinasyonu, çalışmanın 2. kısmında kullanılmıştır. Çalışmada 4,7x4,7x6,0 cm ebatlarındaki 45'lik plastik violler 1:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali konularak tohum yatağına 2.5 gr AMF inokulum (75 spor/g toprak) ve tohum ekimi ile birlikte 500 mg/kg dozunda hümik asit [polymericpolyhydroxyacid % 85 w/w AGROLIG (ticari içerikli bir formülasyon)] uygulaması yapılmıştır (Türkmen ve ark., 2004). Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurularak 8 farklı muamele grubu oluşturulmuş ve her muamele 3 tekrardan oluşmuştur. Muamele grupları: 1: Kontrol (Hiçbir uygulama yapılmamış fideler), 2: Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), 3: Hümik Asit (HA), 4: AMF + HA, 5: Kontrol + *P. capsici*, 6: AMF + *P. capsici*, 7: HA + *P. capsici*, 8: AMF + HA + *P. capsici* olarak düzenlenmiştir. 6 hafta süresince 12 saat ışıklandırma süresi, 22±2 °C sıcaklık ve % 60-70 oranlı nem koşullarına iklim odasında tutulan ve viyollerde bulunan biber fideleri bu sürenin sonunda 16x18 cm ebatlarında ve içinde 1:1 oranında perlit:torf karışımı bulunan plastik saksılara şaşırtılmışlardır.

Patojen inokulumunun hazırlanması ve bitkilere inokulasyonu

P. capsici izolatu PDA besi ortamına alınarak 25 °C'de çalışan inkübatörde, 10 gün karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda besi ortamında gelişen fungus izolatından 5-10 mm çapında parçalar kesilerek steril su içerisine konulmuştur. Spor solüsyonundaki spor yoğunluğu hemocytometer ile 2x10⁵ zoospor/ml yoğunluğa ayarlanarak, solüsyondan 10 ml alınmış ve patojen inokulasyonu yapılacak olan bitkilerin kök çevresine inokule edilmiştir (Ozgonen and Erkilic 2007).

Hastalık şiddetinin değerlendirilmesi

Patojen inokulasyonun'dan itibaren 6 hafta süresince bitkilerde ortaya çıkmaya başlayan hastalık belirtileri belirli aralıklarla değerlendirilerek hastalık şiddeti belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre *P. capsici*'nin neden olduğu hastalık şiddeti, patojen inokulasyonundan itibaren 2. 3. 4. ve 6. haftaların sonunda 0-5 skalası (0: lezyon yok, 1: yaprakta küçük renk değişikliği, 2: yaprakta % 25'in altında lezyonlar, 3: yaprakta % 25-50 arasında lezyonlar, 4: yaprakta % 50'nin üstünde lezyonlar, 5: yaprağın tamamı lezyonlu) kullanılarak tespit edilmiştir (Yao et al., 2002). Bu değerlendirme sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak hastalık şiddeti (%) olarak tespit edilmiştir.

$$\text{Hast. Şid. (\%)} = \left[\sum_{i=1}^n (\text{Skala değ.} \times \text{frekans}_i) \right] \times 100 / [\text{Toplam bitki sayısı (n)} \times \text{En yüksek skala değ.}]$$

Bitkilerin morfolojik gelişim parametrelerinin belirlenmesi

Deneme kapsamında kullanılan biber fidelerinin yaprak sayısı (adet) sürgün ve kök uzunlukları (cm), kök boğazı çapı (cm), kumpas ve cetvel yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Bunun dışında biber bitkilerin kök ve sürgün ağırlıkları tespit edilmiş; yaş ağırlıkları tespit edilen bitkilerin kök ve yeşil aksam örnekleri kase kağıtlarına konularak 70 °C'de 48 saat süresince kurutma dolaplarında tutularak toplam kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Kacar 1984).

Bitkide (kök ve yeşil aksam) mineral madde miktarının belirlenmesi ve toprakta pH ve tuz tayini

Bitki örneklerine ait toprakların rizosfer bölgesi pH ölçümleri pH metre ile Kacar (1984); tuz içerikleri ise Richard (1954)' a göre belirlenmiş; yeşil aksamda P içeriği vanadomolibdofosforik sarı yöntemi ile Kacar (1984); diğer makro ve mikroelement içeriği ise AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre) yöntemi ile saptanmıştır (Kacar 1984).

AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi

AM fungus'unun biber bitkisinin köklerinde kolonizasyon oranları yukarıda anlatıldığı şekilde tespit edilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SAS paket programı kullanılmış ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Farklı biber çeşitlerinin AMF uyumu

Biber çeşitleri ve AMF türlerinin birbirlerine uyumu ve en iyi uyumu gösteren kombinasyonu belirlemek amacıyla iklim odası koşullarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Biber çeşitlerinde AMF türlerinin kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık oranları (%)

Biber Çeşidi	AMF Türü	Kolonizasyon (%)	Mikorhizal Bağımlılık (%)
BAFRA	<i>Glomus intraradices</i>	30.52	-*
	<i>Glomus mosseae</i>	26.47	+++ (6.89)
	<i>Gigaspora margaritha</i>	29.59	+(2.52)
ERGENEKON	<i>Glomus intraradices</i>	34.31	-
	<i>Glomus mosseae</i>	15.35	+(20.64)
	<i>Gigaspora margaritha</i>	30.92	+(7.97)
SİRENA	<i>Glomus intraradices</i>	26.38	-
	<i>Glomus mosseae</i>	31.81	-
	<i>Gigaspora margaritha</i>	30.06	-
YILDIZ	<i>Glomus intraradices</i>	38.66	-
	<i>Glomus mosseae</i>	23.75	-
	<i>Gigaspora margaritha</i>	3.05	+(12.16)

*-: Mikorhizal bağımlılık yok

**+: Mikorhizal bağımlılık var

Çizelge 1'den de görüleceği üzere biber çeşitlerinin AMF kolonizasyon oranları % 3.05-%38.66, mikorhizal bağımlılık oranları ise %2.52-%20.64 arasında değişmiştir. Biber çeşitlerinin hepsinde AMF kolonizasyonu gerçekleşirken, Bafra x *G. intraradices*, Ergenekon x *G. intraradices*, Yıldız x *G. intraradices*, Yıldız x *G. mosseae* kombinasyonları ile Sirena biber çeşidinin inokule edildiği tüm AMF türlerinde mikorhizal bağımlılık oluşmamıştır (Çizelge 1). AMF kolonizasyonu ve mikorhizal bağımlılık açısından en iyi kombinasyonlar sırasıyla Ergenekon x *G. mosseae* ve Bafra x *G. mosseae* şeklinde oluşmuştur. Ergenekon x *G. mosseae* kombinasyonu daha önce farklı bir çalışmada (TÜBİTAK TOVAG 1080862 no'lu proje) kullanıldığı için bu çalışmanın 2. aşamasında, uyum ve biber çeşidini patojene duyarlılığı göz önünde bulundurularak Bafra x *G. mosseae* kombinasyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; biber çeşitleri ile AMF türlerinin kolonizasyon oranlarının birbirinden farklı olduğunu göstermiştir (Çizelge 1). Mikorhizal funguslara uyum ve mikorhizal yaşama bağımlılık doğal ekosistemlerde bitkilerin populasyon yapısı ve dinamiğini birinci derecede etkilemekte (Van der Heijden ve ark. 1998), tarımsal ekosistemlerde ise farklı tür x AMF veya aynı tür içindeki farklı genotip x AMF etkileşimlerinin araştırılması ve uygun kombinasyonların ortaya konması ise bitki gelişimi ve dayanıklılığı artırmak açısından oldukça önemli görülmektedir (Sensoy ve ark. 2007). Ayrıca AM fungusları biotik ve abiotik stres koşullarına karşı birçok kültür bitkisini olumlu yönde teşvik etmekle beraber son yıllarda yapılan çalışmalar, bitkilerdeki pozitif etkinin, genetik varyasyona bağlı olarak

çeşitler arasında farklılık gösterebileceğini göstermiştir (Declercq ve ark. 1995; Linderman ve Davis 2004; Sensoy ve ark. 2007). Nitekim mevcut çalışmada da aynı bitkiye ait farklı çeşitlerin mikorhizal uyumunun da farklı olduğu görülmüştür.

***P. capsici* inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkileri**

Fide gelişim parametreleri

Biber fidelerinin sürgün boyu, kök boyu, kök boğazı çapı ve yaprak sayısı uygulamalara göre birbirinden farklılıklar göstermiş, özellikle yaprak sayısının HA uygulamasında (52 adet), kontrol ve diğer uygulamalara göre önemli oranda artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Sürgün - kök boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin ise patojen'in tek başına veya kombine olarak yer aldığı uygulamalarda daha yüksek olduğu ve diğer uygulamalara göre farklılığın istatistiki olarak da önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Fidelerin sürgün ve kök kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları uygulamalara göre farklılıklar göstermiştir (Çizelge 3). Söz konusu bu farklılıklar, sürgün yaş ve kuru ağırlığında $P < 0,01$ düzeyinde, kök yaş ve kuru ağırlıkları ise $P < 0,05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Biber fidelerinin sürgün ve yaş ağırlıkları açısından en fazla değerler sırasıyla AMF uygulamasında elde edilirken (66.95 g ve 17.40 g), kök yaş ve kuru ağırlığı açısından ise HA+*P. capsici* uygulamasında (31.09 g ve 6.93 g) dikkate değer artışlar kaydedilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün boyu (cm), kök boyu (cm) ve kök boğazı çapı (cm) değerleri

Uygulamalar	Sürgün boyu (cm) **	Kök boyu (cm) *	Kök boğazı çapı (mm) **	Yaprak sayısı (adet) **
Kontrol	11.51 bc	22.48 c	4.59 c	37 ab
AMF	13.08 ab	27.42 abc	5.65 b	38 ab
HA	11.76 abc	24.67 bc	5.72 b	52 a
AMF+H.A	11.90 abc	22.16 c	5.56 b	42 ab
<i>P.capsici</i>	13.30 a	30.86 ab	6.10 ab	13 c
AMF+ <i>P.capsici</i>	13.53 a	34.17 a	6.79 a	33 b
HA+ <i>P.capsici</i>	13.37 a	28.20 abc	6.66 a	32 b
AMF+HA+ <i>P.capsici</i>	10.55 c	30.00 ab	5.67 b	33 b

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

** Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.01$ 'e göre önemsizdir.

Çizelge 3. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) ve kök yaş ve kuru ağırlığı (g) değerleri

Uygulamalar (5 adet bitki)	Sürgün yaş ağırlığı (gr) **	Sürgün kuru ağırlığı (gr) **	Kök yaş ağırlığı (gr) *	Kök kuru ağırlığı (gr) *
Kontrol	62.14 ab	15.58 ab	14.81 b	3.70 b
AMF	66.95 a	17.40 a	16.02 b	4.33 b
HA	60.45 ab	15.10 ab	19.57 b	4.89 ab
AMF+H.A	53.87 abc	13.46 abc	15.17 b	4.28 b
<i>P.capsici</i>	37.33 c	9.32 c	21.42 ab	5.46 ab
AMF+ <i>P.capsici</i>	45.15 bc	11.28 bc	22.79 ab	5.69 ab
HA+ <i>P.capsici</i>	39.17 c	10.29 c	31.09 a	6.93 a
AMF+HA+ <i>P.capsici</i>	41.30 c	10.30 c	22.53 b	5.61 ab

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

** Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.01$ 'e göre önemsizdir.

AMF ve HA uygulamasının yapıldığı ve *P. capsici*'nin inokule edildiği biber fidelerinde, makro besin elementi içeriklerini kontrol bitkilerine göre arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4). HA uygulamasında K ve Ca'un biber bitkisinde sırasıyla sürgün-kök (%2.44-% 1.62) ve sürgünde (% 1.00), AMF+HA

uygulanmasında ise N, P ve K'un sırasıyla kök (% 0.30), sürgün (% 1.11) ve sürgünde (%2.49) diğer uygulamalara göre önemli artışlar gösterdiği ve bu artışların istatistiki olarak da önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün ve kök bölgelerinin makro besin elementi içerikleri (%).

Uygulamalar	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)	
	Sürgün **	Kök *	Sürgün *	Kök *	Sürgün **	Kök **	Sürgün **	Kök **	Sürgün *	Kök **
Kontrol	0.45 cd	0.23 bc	1.01abc	0.42cd	2.04 ab	1.75 a	0.71bc	0.70b	0.75abcd	0.93b
AMF	0.51abc	0.20 c	1.04abc	0.35 d	2.15 ab	0.79b	0.76b	0.33e	0.83abc	0.50cd
HA	0.47 d	0.23 bc	1.08ab	0.76bc	2.44 a	1.62a	1.00a	0.61cd	0.65cd	0.55c
AMF+H.A	0.49 c	0.30 a	1.11 a	0.43cd	2.49 a	1.13ab	0.81b	0.59d	0.82abc	0.35d
<i>P.capsici</i>	0.54 a	0.28 ab	1.03abc	1.01 b	1.8 bc	0.90ab	0.36d	0.68bc	0.58d	1.40a
AMF+ <i>P.capsici</i>	0.50 bc	0.28abc	1.12 a	1.44 a	1.67 bc	1.18ab	0.64bc	1.28a	0.93a	0.95b
HA+ <i>P.capsici</i>	0.51abc	0.26 ab	0.94 c	1.05 b	1.5 c	1.58a	0.52cd	0.75b	0.86ab	1.05b
AMF+HA+ <i>P.capsici</i>	0.53 ab	0.27 ab	0.95 bc	0.72 bc	1.76b c	0.70b	0.63bc	0.30e	0.71bcd	0.43cd

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

Biber fidelerinin sürgün ve köklerindeki mikro besin elementi içeriklerinde uygulamalara göre farklılıklar ortaya çıkmış, bu farklılıklar sürgün ve kök bölgelerinde sırasıyla $P < 0,01$ ve $P < 0,05$ düzeylerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Fe içeriği sürgün ve köklerde AMF (1189.5 ppm ve 1238.4 ppm) uygulamasında, Cu içeriği sürgün ve köklerde sırasıyla kontrol (7.80 ppm), ve AMF+*P.capsici* (14.69 ppm) uygulamalarında, Zn içeriği sürgün ve köklerde sırasıyla AMF+HA (56.39 ppm) ve HA+*P.capsici* (36.76 ppm) uygulamalarında, Mn içeriği ise sürgün ve köklerde sırasıyla AMF+HA (169.3 ppm) ve HA+*P.capsici* (243.1 ppm) uygulamalarında en yüksek değerlerini almıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün ve kök bölgelerinin mikro besin elementi içerikleri (ppm).

Uygulamalar	Fe (ppm)		Cu (ppm)		Zn (ppm)		Mn (ppm)	
	Sürgün **	Kök *	Sürgün **	Kök *	Sürgün **	Kök *	Sürgün **	Kök **
Kontrol	555.7 c	612.3 c	7.80 a	8.14 c	51.45 ab	59.19 a	149.7 ab	165.8 b
AMF	1189.5 a	1238.4 a	7.69 a	6.10 de	45.71 bc	35.90 ab	146.1abc	129.0 cd
HA	257.8 de	287.6 de	5.62 ab	11.2 b	54.13 a	55.36 a	157.7 a	219.7 a
AMF+H.A	179.7 e	217.7 e	6.59 ab	4.64 ef	56.38 a	53.27 a	169.3 a	118.7 d
<i>P.capsici</i>	268.5 de	334.4 de	3.48 cd	13.48 a	43.47 cd	51.97 a	120.7cd	147.2 bc
AMF+ <i>P.capsici</i>	731.0 b	872.8 b	4.21 cd	14.69 a	37.34 de	39.62 ab	115.9 d	232.6 a
HA+ <i>P.capsici</i>	312.5 d	427.3 d	3.25 d	6.78 cd	36.76 e	39.05 ab	111.6 d	243.1a
AMF+HA+ <i>P.capsici</i>	257.4 de	298.9 de	4.90 cd	3.83 f	42.67 cde	19.22 b	128.9 cd	45.6 e

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

** Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.01$ 'e göre önemsizdir.

Mikorhizal yaşam büyük ölçüde bitki - fungus arasındaki besin alışverişine dayanan ve karşılıklı beslenme ilişkisi içinde yürüyen bir simbiyotik yaşam şeklidir. Bu konuda yapılan akademik çalışmaların büyük çoğunluğu bitki lehine olan beslenme yönüne dikkati çekmişler ve AM bitkilerinin daha iyi geliştiğini ifade etmişlerdir (Hayman, 1982; Marschner, 1995). Bu çalışmanın temel amaçlarından biri de bu beslenmenin, özellikle bitki açısından avantajlarını ortaya koymak olmuştur. Nitekim gerek morfolojik parametreler ve gerekse besin elementi içeriği açısından mikorhizal biber bitkilerinin mikorhizal olmayanlara göre daha teşvik edildiği ve söz konusu parametre değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 2, 3, 4 ve 5). Biber bitkisinin yeşil ve kök aksamında makro ve mikro besin elementi içerikleri açısından da *G.mosseae* ve HA yer aldığı muamele grubundaki bitkilerin besin elementi içerikleri kontrol grubuna göre artış göstermiştir (Çizelge 4 ve 5). Özellikle AMF türlerinin başta fosfor olmak üzere birçok makro ve mikro besin elementin (çinko, bakır, mangan, demir, kalsiyum, potasyum ve azot v.b.) alımında etkili olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Hayman 1982; Marchner 1995; Demir 1998). Ayrıca AMF oluşumunun daha çok fosfor alımına olan katkılarından dolayı farklı branşlardaki birçok araştırmacı tarafından araştırılmış olup, toprakta yoğun olarak fikse edilen ve bitki tarafından alınımı sınırlı olan

fosforun, AM fungusları tarafından daha kolay bir şekilde bitkiye kazandırıldığı ortaya konmuştur (Hayman ve Mosse 1972; Smith ve ark., 1992). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar sözü edilen çalışmalarla paralellik göstermiş, *G. mosseae* ve HA bitkinin besin statusünü teşvik ettiği ortaya konmuştur. Bitkilere uygulanan hümik asit birçok parametre açısından gelişimi teşvik edici yönde etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2, 3, 4, ve 5). Türkmen ve ark. (2004), domateste; Ayaş ve Gülser (2005), ıspanakta; Tüfenkçi ve ark. (2006), marulda hümik asit uygulamalarının bitki gelişimini arttırdığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde hümik asitin fasülye (Sözüdoğru ve ark., 1996) ve domates (Adani ve ark. 1998)'in bitki gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerinde de olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda da AMF ve HA'nın birlikte kullanımının bitkinin bazı morfolojik gelişim parametrelerini teşvik ettiği belirlenmiştir.

Rizosfer bölgesi toprakların pH değerleri ve tuz içerikleri

Çalışma kapsamında yer alan *G. mosseae* ve hümik asitin biber yetiştirilen toprakların pH ve tuz içeriğine olan etkileri de araştırılmıştır. Muamele gruplarında yer alan toprak örneklerinin pH değerleri uygulamalara göre 5.36-5.88 arasında değişmiştir (Çizelge 6) Genel olarak biber yetiştiriciliği yapılan toprakların en uygun toprak pH'ı optimum 5,6-6,8 olmalıdır (Anonim, 2008). Elde ettiğimiz sonuçlara göre uygulamalarda yer alan tüm faktörlerin kontrol grubuna göre toprak pH'sını yükselttiği görülmüştür. Toprak pH değerinin en uygun olduğu uygulama, HA uygulamalarının yer aldığı muamele grubunda elde edilmiştir. Tuz içeriği açısından da uygulamalar arasında farklılıklar gözlenmiş, en yüksek tuz içeriği AMF+HA+*P. capsici* ve AMF+HA uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 6). Gülser ve ark. (2014) yetiştirme ortamlardaki tuzluluğun göstergesi olan EC (elektriksel iletkenlik) değerlerinin potasyum, SA ve HA kombinasyon uygulamalarında yükseldiği ve bunun da bitkilerdeki hastalık şiddetlerini artırdığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da genel olarak HA uygulanan bitkilerde tuz içeriği artmakla beraber, bu artışın hastalık şiddetine yansımaları negatif yönde olmuştur (Bkz. Çizelge 8).

Çizelge 6. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber fidelerine ait toprakların pH değerleri ve tuz içerikleri

Uygulamalar	pH *	Tuz (ppm) **
Kontrol	5.63 ab*	1079.3 bc**
AMF	5.67 ab	982.6 cd
HA	5.77 a	919.6 de
AMF+H.A	5.51 ab	1151.0 ab
<i>P.capsici</i>	5.51 ab	1104.6 b
AMF+ <i>P.apsici</i>	5.78 a	853.6 e
HA+ <i>P.capsici</i>	5.67 ab	816.0 e
AMF+HA+ <i>P.capsici</i>	5.36 b	1226.6 a

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

** Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark P <0.01'e göre önemsizdir.

Biber bitkisi köklerinde AMF *Glomus mosseae*'nin kök kolonizasyonu

Grid-Line Intersect metodu kullanılarak yapılan değerlendirmelerde biber bitkisi köklerindeki AMF türlerinin kolonizasyon oranları % 30.3-35.3 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 7). Çalışma kapsamında yer alan muamele grupları arasında en yüksek kolonizasyon oranı *Glomus mosseae* x *P.capsici* nin yer aldığı muamele grubunda %35.3 olduğu tespit edilmiştir. AMF'ların kök kolonizasyonları toprak kökenli patojenler tarafından nasıl etkilendiği literatürde de netlik kazanmamıştır. Zambolin and Schenck (1983), Hassan Dar et al., (1997) ve Akköprü and Demir (2005), AMF fungusların çeşitli konukçularda ve farklı patojenler tarafından etkilendiğini ve kök kolonizasyonlarının azaltıldığını belirlemişlerdir. Buna karşılık, Caron et al., (1985) ile Özgönen ve ark. (1999) yapmış oldukları çalışmalarla AMF kök kolonizasyonu'nun istatistiki açıdan önemli düzeyde etkilendiğini belirlemişlerdir. Çalışmamız sonuçlarında AMF kök kolonizasyonunun *P.capsici* bakımından istatistiki açıdan önemli düzeyde etkilendiği görülmektedir.

Çizelge 7. AMF uygulanmış biber bitkisi köklerinin kolonizasyon oranları (%)

Uygulamalar	AMF Kolonizasyon Oranı (%) *
AMF (<i>G. mosseae</i>)	33.0 a*
AMF + HA	32.0 a
AMF + <i>P.capsici</i>	35.3 a
AMF + HA + <i>P.capsici</i>	30.3 a

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı harfler arasındaki fark 0.05'e göre önemsizdir.

***P. capsici* inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkisi**

G. mosseae ve HA'nın *P. capsici*'nin hastalık şiddetine etkisi %30.3-%68.3 arasında değişmiştir (Çizelge 8). En yüksek hastalık şiddeti *P.capsici* uygulama grubunda (%68.3) tespit edilirken, en düşük hastalık şiddeti ise AMF+HA+*P.capsici* muamele grubunda (%30.3) belirlenmiştir (Çizelge 8). Hastalık şiddeti değerlerine bakıldığında, genel olarak *Glomus mosseae* ve hümik asit'in *P.capsici*'nin hastalık şiddetini değiştiren oranlarda baskıladığı ortaya çıkmıştır. AM funguslarının toprak kökenli patojenler üzerindeki etkisi ve baskılama mekanizması farklı patosistemlerde de incelenmiş ve genel olarak bu simbiyotik mikroorganizmaların özellikle fungal kök patojenleri üzerinde engelleyici bir etkisinin olduğu ortaya konmuştur (Linderman 1992; Demir and Akköprü, 2007). Bitkiler ile simbiyotik ilişkiye giren AM fungusu penetrasiyondan sonra bitkide önemli fizyolojik değişikliklere yol açmakta ve bu durum bitkilerin hastalık etmenlerine karşı davranışını da etkilemektedir. AM fungusu ile bitki arasındaki interaksyon bitki köklerinde meydana geldiği için mikorhiza ve hastalıklar konusunda yapılan araştırmalar, toprak kaynaklı patojenlerin, özellikle fungusların yol açtığı hastalıklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Dehne (1982) AM fungusu ve bitki arasındaki interaksyonları dayanıklılık mekanizmasına bağlı olarak şu genel durumla tanımlamaktadır. “Mikorhizal funguslar, yerleştikleri kök sisteminde patojenin gelişimini geciktirme yeteneğindedirler. Bu etki mikorhizal ilişkinin kurulduğu bölge ile sınırlandırılmıştır. Konukçu bitkinin fizyolojisi üzerinde AM funguslarının lokalize edilmiş spesifik etkileri vardır”. Söz konusu bu varsayım mevcut çalışma sonuçlarını da açıklayıcı niteliktedir. Bunun yanı sıra AMF türlerinin kök hastalıkları üzerindeki engelleyici etkisi mikorhizalı bitkilerin daha iyi fosfor (P) almalarından kaynaklanabilmektedir (Zambolim and Schenck, 1983; Jalali et al., 1983). Bu çalışmada da mikorhizal biber bitkilerinin genel olarak diğer muamele grubu bitkilerine göre fosforu daha iyi aldıkları tespit edilmiştir (Bkz Çizelge 4.6.). Dolayısıyla mikorhizal fungusların yer aldığı patosistemlerde *P.capsici*'nin hastalık şiddetindeki azalışı, mikorhizal bitkilerdeki fosfor oranı artışına ve AMF nin hastalığın etkilerini geciktirmesine bağlayabiliriz. Mevcut çalışmada organik kaynaklı hümik asit'in de toprak kaynaklı fungal patojen olan *Pythophthora capsici*'yi baskı altında tutulması konusunda etkili olduğu belirlenmiştir. Nitekim Loffredo et al. (2008) hümik maddelerin total asitlik, COOH grubu ve elementel bileşim içeriği gibi bazı kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı toprak kaynaklı fungusların kontrolünde etkili olduğunu ve misel oluşumunu engellediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Litterick et al. (2004), Loffredo et al. (2007) hümik maddelerin toprak kaynaklı fungusların kontrolünde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Kaynaklar

- Abak K (1982). Biberlerde kök boğazı yanıklığına dayanıklılığın kalıtımı üzerine çalışmalar. A.Ü.Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü (Doçentlik Tezi), Ankara.
- Adani F, Genevi P, Zocchi G (1998). The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 21(3):561-575.
- Ahmed AS, Ezziyyani M, P'erez S'anchez C, Candele ME (2003). Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annuum*) plants. *European Journal of Plant Pathology* 109: 633–637, 2003.
- Akköprü A, Demir S (2005). Biological control of Fusarium wilt in tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some Rhizobacteria. *Journal of Phytopathology*. 153 (9): 544-550.
- Alerjo-Iturvide F, Marquez-Lucio MA, Morales-Ramírez I, Vazquez-Garcidueñas MS, Olalde-Portugal V (2008). Mycorrhizal protection of chili plants challenged by *Phytophthora capsici*. *European Journal of Plant Pathology* 120:13-20.
- Anonim 2008. Modüler Programlar. <http://www.cygm.meb.gov.tr> (Erişim tarihi: 21.06.2011)

- Ayaş H, Gülser F (2005). The effects of sulphur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (*Spinacia oleracea* var. *spinoza*). Journal of Biological Sciences 5 (6): 801-804.
- Bolan NS (1991). A critical review on the role *mycorrhizal* fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil (134): 189 - 207.
- Caron M, Fortin JA, Richard C (1985). Effect of *Glomus intrarardices* on infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomatoes over a 12-week period. Canadian Journal of Botany 64: 552-556.
- Declercq S, Plenchette C, Strullu DG (1995). Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. Plant Soil 176: 183-187.
- Dehne HW (1982). Interactions between vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology (72): 1115 - 1119.
- Demir S, Akköprü A (2007). Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens, pp. 17-37, In: Biological Control of Plant Diseases. Chincholkar SB, Mukerji KG (eds), Haworth Press, NY, USA.
- Demir S (1998). Bazı kültür bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) oluşumu ve bunun bitki gelişimi ve dayanıklılıktaki rolü üzerine araştırmalar (Basılmamış Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Giovanetti M, Mosse B (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular Arbuscular Mycorrhizal infection in roots. New Phytologist (84): 489-500.
- Gülser E, Tüfenkçi Ş, Demir S (2014). Domateste potasyum, salisilik asit ve humik asit uygulamalarının fide çıkışı ve *Fusarium solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) etkileri. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi 24(1): 16-22.
- Hassan Dar, Zargar G, Beigh MY (1997). Biocontrol of *Fusarium* root rot in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using symbiotic *Glomus mosseae* and *Rhizobium leguminosarum*. Microbial Ecology 34: 74-80.
- Hayman D, Mosse B (1972). Plant growth to vesicular - arbuscular mycorrhiza. III Increased uptake of labille P from soil. New Phytologist 71: 41- 47.
- Hayman D (1982). Influence of soils and fertility on activity and survival vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Phytopathology 72: 1119-1126.
- Jalali BL, Chhabra ML, Singh RP (1983). Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal endophyte and *Macrophomina phaseolina* in mungbean. Indian Phytopathology 43: 4, 527 - 530
- Kacar B (1984). Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900 Uygulama Kılavuzları: 214.
- Kim ES, Hwang BK (1992). Virulence to Korean pepper cultivars of isolates of *P.capsici* from different geographic areas. Plant Disease 76: 486-489.
- Linderman RG (1992). Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and soil microbial interactions. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture (54): 45-71.
- Linderman RG, Davis AE (2004). Varied response of marigold (*Tagetes* spp.) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. Science Horticulturae 99: 67-78.
- Litterick A, Harrier M, Wallace P, Watson CA, Wood M (2004). The role of uncomposted materials, compost, extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production-a review. Crit. Rev. Plant Sci. 23: 453-479.
- Loffredo E, Berloco M, Casuli F, Senesi N (2007). In vitro assessment of the inhibition of humic substances on the growth of two strains of *Fusarium oxysporum*. Biol. Fert. Soils. 43: 759-769.
- Loffredo E, Berloco M, Senesi N (2008). The role of humic fractions from soil and compost in controlling the growth in vitro of phytopathogenic and antagonistic soil borne fungi. Ecotoxicology and Environmental Safety 69: 350-357.
- Marschner H (1995). Mycorrhizas. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press. 566 - 595.
- Ozgonen H, Erkilic A (2007). Growth enhancement and *Phytophthora blight* (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. Crop Protection. 26: 1682–1688.
- Özğönen H, Biçici M, Erkilic A (1999). The effect of salicylic acid and endomycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* on plant development of tomatoes and fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 25: 25-29.
- Pascual JA, Garcia C, Hernandez T, Lerma S, Lynch JM (2002). Effectiveness of municipal waste compost and its humic fraction in suppressing *Pythium ultimum*. Microbial Ecology 44: 59-68.

- Phillips JM, Hayman DS (1970). Improved procedure for cleaning roots and staining parasitic and vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Transaction of Britis Mycological Society* (55): 158-161.
- Pochard E, Molat M, Dominquez J (1983). Etude de deux nouvelles sources de resistance a *Phytophthora capsici* Leon. *Chezle piment. Agronomi*, 3(4): 333-342.
- Pozo MJ, Cordier C, Gaudot ED, Gianinazzi S, Bare JM, Azcón – Aguilar CA (2002). Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *Journal of Experimental Botany* 53 (368): 525-534.
- Richard LA (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and AlkalineSoils. Handbook 60. U.S. Dept. of Agriculture.*
- Sensoy S, Demir S, Turkmen Ö, Erdinc Ç, Savur OB (2007). Responses of some different pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae* 113: 92-95.
- Smith SE, Read DJ (2008). Arbuscular Mycorrhizas, pp. 9-161, In: *Mycorrhizal Symbiosis*, 2 nd ed, Smith ES, DJ Read (eds) Academic Press, London.
- Smith SE, Robson AD, Abott LK (1992). The involvement of mycorrhizas in assesment of genetically depend efficiency of nutrient uptake and use. *Plant and Soil* (146):169-172.
- Sözüdoğru S, Kütük AC, Yalçın R, Usta S (1996). Humik asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi. *Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın No:* 1452.
- Tufenkci S, Turkmen O, Sonmez F, Erdinc C, Sensoy S (2006). Effects of humic acid doses and application times on the plant growth, nutrient and heavy metal contents of lettuce grown on sewage sludge-applied soils. *Fresenius Environment Bulletin* 15(4): 295-300.
- Turkmen O, Bozkurt MA, Yildiz M, Cimrin KM (2004). Effect of nitrogen and humic acid applications on the head weighth, nutrient, and nitrate contents in lettuce. *Adv. Food Sci.* 26:1-6.
- Van der Heijden, MGA, Boller T, Wiemken A, Sanders IR (1998). Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology* 79(6): 2082-2091.
- Wheeler T, Rush CM (2001). Soilborne diseases, pp. 935-947, In: *Encyclopedia of Plant Pathology* Vol. 2., Maloy OC, Murray TD (eds), Wiley, New York.
- Yao MK, Tweddell RJ, Désilets H (2002). Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani* . *Mycorrhiza* 23:1-14.
- Zambolim L, Schenck NC (1983). Reduction of the effects of pathogenic, root- infecting fungi on soybean by the mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. *Phytopathology* 73:1402-1405.