

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS (AMF) VE HUMİK ASİTİN BİBER
(*Capsicum annum* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE *Phytophthora capsici*
Leonian 'IN NEDEN OLDUĞU KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ASLANPAY
DANIŞMAN: Doç. Dr. Semra DEMİR

VAN-2011

T.C
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS (AMF) VE HUMİK ASİTİN BİBER
(*Capsicum annum* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE *Phytophthora capsici*
Leonian 'IN NEDEN OLDUĞU KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ASLANPAY

VAN-2011

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından
2010-FBE-YL085 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Semra DEMİR danışmanlığında Burcu ASLANPAY tarafından hazırlanan “Arbüsküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve Humik Asitin Biber (*Capsicum annum* L.) Bitkisinin Gelişimi ve *Phytophthora capsici* Leonian’ın Neden Olduğu Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkileri” isimli bu çalışma 26/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ	İmza:
Üye (Danışman)	: Doç. Dr. Semra DEMİR	İmza:
Üye	: Doç. Dr. Suat ŞENSOY	İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../2011 Gün vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS (AMF) VE HÜMİK ASİTİN BİBER (*Capsicum annum* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE *Phytophthora capsici* Leonian 'IN NEDEN OLDUĞU KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA ETKİLERİ

Burcu ASLANPAY
Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Semra DEMİR
Haziran, 2011, 53 sayfa,

Bu çalışmada AMF (*Glomus mosseae*) ve hümik asit uygulamalarının biber yetiştiriciliğinde oldukça önemli sorun olan ve verim kayıplarına yol açan *Phytophthora capsici* Leonian patojeninin 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 bağımlılık 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 uygulanmalarının *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.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS (AMF) AND HUMIC ACID ON THE GROWTH OF PEPPER(*Capsicum annum L.*) PLANT AND ROOT ROT DISEASE CAUSED BY *Phytophthora capsici* Leonian

ASLANPAY Burcu
M. Sc., Plant Protection Science
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Semra DEMİR
June, 2011, 53 Pages

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 annum 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 were inoculated (Ergenekon, Bafra, Sirena and Yıldız) with three different AMF strains (*Glomus intraradices*, *G. mosseae* 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 in comparison with those with AMF(-). Therefore, AMF and HA applications (single or combined) were effective by reducing the incidence of disease severity between 37.6-55.6%.

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

ÖN SÖZ

Biber (*Capsicum*), patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasından *Capsicum* cinsindendir. Biber üretimi ülkemizde Erzurum-Kars illerindeki soğuk ve yüksek yaylalar haricinde hemen hemen her tarafta yetiştirilmektedir. Yetiştiricilik alanı çok fazla olan biberin doğal olarak birçok hastalık ve zararlısı bulunmaktadır. Biber hastalıkları kök, meyve ve yaprak olmak üzere üç kısımda toplanır. Biberde özellikle *Pythophthora capsici* Leonian kök boğazı çürüklüğü hastalığına dünyanın birçok yerinde rastlanmaktadır. Hastalık toprak kökenli olduğu için mücadelesi oldukça zordur. Bu hastalıkla mücadelede kültürel önlemler, dayanıklı çeşit ve bazı biyolojik savaş elemanlarının kullanımıyla hastalığın etkisi bir ölçüde azaltılabilmektedir.

Bu tez çalışması ile biber yetiştiriciliğinde önemli bir sorun olan *Pythophthora capsici* Leonian hastalığına karşı Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve hümik asit uygulamalarının biber bitkisinin bazı bitki gelişim parametreleri, mineral madde düzeyleri ve hastalık şiddetine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmalarım sırasında desteğini hiçbir şekilde esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Semra DEMİR'e, gerek laboratuvar ve gerekse iklim odası çalışmaları sırasında önemli katkılar sağlayan Araş. Gör. Emre DEMİNER DURAK, Araş. Gör. Hüsamettin ÜNSAL, Araş. Gör. Ferit SÖNMEZ, Zir. Yük. Müh. Pelin TURHAN, Zir. Müh. Ayşe COŞKUN, Zir. Yük. Müh. Şeyhmus BİÇER ve YYÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü öğretim elemanlarına, patojen izolatımı temin etmemi sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Hülya ÖZGÖNEN hocam'a, her zaman bana yardımcı ve destek olan sevgili aileme ve eşim Mesut HARPUTLU'ya, teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim. Ayrıca tezin gerçekleştirilmesi için finansal katkı sağlayan YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na da teşekkür ederim.

Van, 2011

Burcu ASLANPAY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1 Biber Bitkisinin Genel Özellikleri	5
2.2. <i>Phytophthora capsici</i> Leon (<i>P.capsici</i>)	7
2.3. Arbusküler Mikorhiza Fungus (AMF)	11
2.4. AMF ve <i>P.capsici</i> İlişkisi	13
2.5. Hümik Asit (HA)	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Bitkisel materyal	16
3.1.2. AMF türleri	16
3.1.3. Patojen izolatu	16
3.1.4. Hümik asit	16
3.1.5. Bitki yetiştirme ortamı	16
3.1.6. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvar ve iklim odası	17
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunun belirlenmesi	18
3.1.2.1. Fide yetiştirme ortamı ve uygulamalar	18
3.1.2.2. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi	20
3.1.2.2.1. Fiksasyon	20
3.1.2.3.2. Boyama	21
3.1.2.3. Mikorhizal bağımlılığın belirlenmesi	21
3.2.2. <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi	22
3.2.2.1. Fidelerin yetiştirilmesi	22
3.2.2.2. Patojen inokulumunun hazırlanması ve bitkilere	23

İnokulasyonu	
3.2.2.3. Hastalık şiddetinin değerlendirilmesi	23
3.2.2.4. Fide gelişim parametrelerinin incelenmesi	24
3.2.2.4.1. Çimlenme hızı	24
3.2.2.4.2. Gerçek yaprak çıkış hızı	24
3.2.2.4.3. Hipokotil boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyu	24
3.2.2.4.4. Sürgün ve kök boyları, kök boğazı çapı	24
3.2.2.4.5. Biber fidelerinin yaprak sayısı	24
3.2.2.4.6. Sürgün ve kök yaş ağırlıkları	25
3.2.2.4.7. Sürgün ve kök kuru ağırlıkları	25
3.2.2.4.8. Sürgünde makro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi	25
3.2.2.5.9. Sürgünde mikro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi	26
3.2.2.5.10. Toprakta tuz içerikleri ve pH'nın belirlenmesi	26
3.2.2.5. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi	26
3.3. İstatistiki Değerlendirmeler	26
4. BULGULAR	28
4.1. Uygun biber çeşit x AMF kombinasyonlarının belirlenmesi	28
4.2. <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkileri	29
4.2.1. Fide gelişim parametreleri	29
4.2.2. Biber fidelerinin makro ve mikro besin elementi içerikleri	33
4.2.2.1. Makro besin elementi içerikleri	33
4.2.2.2. Mikro besin elementi içerikleri	34
4.2.3. Rizosfer bölgesi toprakların pH değerleri ve tuz içerikleri	35
4.2.4. Biber bitkisi köklerinde AMF <i>Glomus mosseae</i> 'nin kök kolonizasyonu	36
4.2.5. <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber bitkilerinde arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümik asit (HA) uygulamalarının etkisi	37
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	40
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Biber bitkisinin genel (a) ve yetiştirme ortamı görünümü (b)	5
Şekil 2.2 <i>Pythophthora capsici</i> 'nin PDA besi ortamı içeren petri kabındaki genel görünümü	7
Şekil 2.3 <i>P.capsici</i> 'nin kök bölgesi (a), yaprak (b) ve meyvedeki (c) belirtileri	8
Şekil 2.4 AMF'un kök içindeki yapıları (vesikel ve sporlar (a), arbuskül görünümü (b))	11
Şekil 3.1 Araştırmanın gerçekleştirildiği iklim odası (a),(b) ve laboratuvar (c).	18
Şekil 3.2 Harç toprağının viyollerde görünümü	19
Şekil 3.3 Viyollere AMF inokulumunun verilmesi	19
Şekil 3.4 Biber tohumlarının ekilmesi	19
Şekil 3.5 Tohum ekimi yapılmış viyoller	19
Şekil 3.6 Biber fidelerinin genel görünümü	20
Şekil 3.7 Grid-Line Intersect Metodu	21
Şekil 4.1. AMF türleri ile inokule edilmiş (a)Ergenekon, (b)Bafra, (c)Sirena ve (d)Yıldız F1 biber çeşitlerinin hasat sonrası görünümleri.	29
Şekil 4.2. Biber fidelerinin çıkış ve gelişme görünümleri	30
Şekil 4.3. Biber fidelerinin gelişimi	30
Şekil 4.4. Örneklenen biber fidelerinin genel görünümü	31
Şekil 4.5. Biber bitkisi köklerinde vesikel ve kök içi sporlarının görünümü	36
Şekil 4.6 <i>P. capsici</i> inokulasyonu yapılan biber bitkilerinde gelişme geriliği	37
Şekil 4.7 <i>P. capsici</i> inokulasyonu yapılan biber bitkilerinde solgunluk ve kuruma	37
Şekil 4.8 AMF ve HA uygulanmış biber bitkilerinde <i>P. capsici</i> 'nin hastalık şiddeti	38
Şekil 4.9 AMF uygulaması yapılmış biber bitkilerinde hastalık şiddeti	39
Şekil 4.10. HA uygulaması yapılmış biber bitkilerinde hastalık şiddeti	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Biber çeşitlerinde AMF türlerinin kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık oranları (%)	28
Çizelge 4.2 AMF ve HA uygulanmış biber fidelerinin çimlenme ve gerçek yaprak çıkış hızları.	30
Çizelge 4.3 AMF ve HA uygulanmış biber fidelerinin hipokotil boyu (mm), kotiledon eni (mm) ve kotiledon boyu (mm) değerleri.	31
Çizelge 4.4 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün boyu (cm), kök boyu (cm) ve kök boğazı çapı (cm) değerleri	32
Çizelge 4.5 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) ve kök yaş ve kuru ağırlığı (g) değerleri	33
Çizelge4.6 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün ve kök bölgelerinin makro besin elementi içerikleri (%).	34
Çizelge 4.7 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber fidelerinin sürgün ve kök bölgelerinin mikro besin elementi içerikleri (ppm).	35
Çizelge4.8 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber fidelerine ait toprakların pH değerleri ve tuz içerikleri (ppm).	36
Çizelge 4.9 AMF uygulanmış biber bitkisi köklerinin kolonizasyon oranları (%).	36
Çizelge 4.10 AMF ve HA uygulanmış ve <i>P. capsici</i> inokule edilmiş biber bitkilerinin hastalık şiddeti (%).	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Fe	Demir
Zn	Çinko
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Cu	Bakır
g	Gram
mm	Milimetre
C	Santigrat
°	Derece
%	Yüzde
ppm	Milyonda bir kısım

Kısaltmalar

AMF	Arbüküler Mikorhizal Fungus
HA	Hümkik Asit
AFA	Alkol Formaldehit Asetik asit

1. GİRİŞ

Anavatanı Tropikal Amerika olan biber bitkisi *Solanaceae* familyasına ait bir bitkidir. Kristof Colomb'un (1492) Amerika'yı keşfi sırasında Meksika, Brezilya, Şili ve Peru'daki Kızılderililerin biber yetiştirdiğini gördüğü söylenir. Biber 1493 yılında İspanya'ya geçmiş, 16. yüzyılda ise Osmanlı İmparatorluğu döneminde İstanbul'a getirilmiştir (Hekimoğlu ve Altındeğer, 2009).

Ilık ve tropik iklimlerde yetiştirilen, sıcak iklim sebzesi olan ve çok yıllık subtropik iklimlerde tek yıllık bir bitki olan biber, ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebze türüdür. En çok tüketimi yapılan tür ise *Capsicum annuum* L.'dur (Özalp, 2010).

Biber önemli sebzelerden biri olup, taze ve salça halinde yemeklere renk verir. Ayrıca salata, turşu, toz ve pul, pişmiş, konserve, sos, ketçap, konsantre domates çorbaları, hazır çorbalar, tarhana, pastırma, sucuk, çocuk mamaları, yeşil zeytinlerinin içi, bazı peynirler, dondurulmuş gıda, kurutularak, boya sanayisinde ve ilaç sanayisinde bol miktarda değerlendirilir (Aybak, 2002). Protein, karbonhidrat, yağ ve vitaminler yönünden oldukça zengin olan biber bitkisi özellikle C vitamini miktarı bakımından çok değerlidir. Biberin 100 gramında 160 mg C vitamini vardır. İçerdiği değişik mineral ve vitaminler yanında, acı biberlerde acı ve yakıcı tadı veren kapsaicin alkaloidi kanser hastalıklarına karşı önemli bir antioksidanttır (Aybak, 2002).

Biber insan sağlığı açısından da önemli bir sebzedir. Sindirimi kolaylaştırıcı özelliğinin yanı sıra iştah açıcı ve sindirim sistemini dezenfekte etme, idrar söktürücü ve kan dolaşımını uyarıcı yönleri de bulunmaktadır (Özalp, 2010).

Değişik şekillerde sınıflandırılan biber bitkisinin meyve şekil ve renklerine göre çok farklı tipleri bulunmaktadır. Uzun sivri biberler, dolmalık biberler, kiraz biberi, süs biberleri, konik biberler ve domates biberi gibi. Çiçek renklerine göre; beyaz ve mor çiçekliler olarak, tadına göre; tatlı ve acı biberler olarak sınıflandırılırlar. Meyvesi yenen sebzeler grubundandır. Çiçek biyolojisine göre kendine tozlanan ve az oranda yabancı tozlanma görülen bir türdür (Özalp, 2010).

Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen biber tipleri; sofralık olarak sivri, çarliston, dolmalık, kapya, kurutmalık olarak yerel biberler, turşuluk biberler ve süs biberleri gibi tiplerdir. Bunların yanında daha az üretim potansiyeli olan Macar biberi, Yunan çarlisi, blok biberler (iri dolmalık-California Wonder), Şili biberi ve Jalapeno gibi biber tipleride yetiştirilmektedir (Özalp, 2010).

Dünya biber üretimi 2008 yılında 28 milyon ton olup, Çin 14 milyon ton ile ilk sırada, 2 milyon ton ile Meksika ikinci sırada ve ülkemiz 1.8 milyon ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır (Özalp, 2010). Türkiye toplam sebze üretimi 2008 yılı itibarıyla 27.2 milyon tona ulaşmış olup, biber üretimi de 1.8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Biber üretiminin % 82'i açık alan, % 18'lik kısmı da örtüaltı yetiştiriciliğinden elde edilmektedir. Akdeniz Bölgesi biber üretiminde % 28 üretim payı ile bölgeler arasında ilk sırada yer almakla beraber illere göre biber üretiminde Samsun (227.286 ton) ilinin ardından Antalya (224.738 ton) ikinci sırada gelmektedir. Örtü altı biber üretiminde ise Antalya ili 182 159 ton ile ilk sırada yer almaktadır (Özalp, 2010).

Dünyada ve ülkemizde biber üretimi yapılan alanlarda yetiştiriciliği sınırlayan ve ilk sıralarda yer alan en önemli sorunların başında hastalıklar gelmektedir. Bu hastalıkların en tehlikelisi olarak kabul edilen biber kök boğazı yanıklığı, toprak kökenli fungal bir etmen olan *Phytophthora capsici* Leonian tarafından oluşturulmaktadır (Yuon ve ark., 1989). Patojenin en önemli konukçusu, biber (*Capsicum annuum*)'dir. Ancak bu etmen *Cucurbitaceae* (kavun, hıyar, vb.), *Leguminaceae* ve *Solanaceae* (patlıcan, domates, vb.) familyasına ait türlerde de hastalık oluşturmaktadır (Satour ve Butler, 1967).

Hastalık etmeni bitkilerin tüm gelişme döneminde etkili olmaktadır. Özellikle fide döneminde kök boğazı çürüklüğü oluşturmakta ve bitkinin bir anda solup ölmesine yol açmaktadır. *P. capsici* etkilediği bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak biber bitkilerinin kök, gövde, yaprak ve meyvelerini hastalandırır. Hastalıktan etkilenen bitkilerde solgunluk ve ölümler bitkilerin meyve vermeye başlamasıyla görülmeye baslar. Geç infektelenen bitkiler geçici solgunluklar gösterirken, daha erken dönemlerde hastalanan bitkiler çabuk bir şekilde ölmektedir. Yoğun yağmurlarda, toprak hastalık etmeni ile bulaşık ise patojen geniş alanlara yayılmakta ve topraktan sıçrayan sularla bitkinin toprak üstü aksamaları da hastalanmaktadır (Black ve ark., 1991).

P. capsici biberlerde kök, gövde, yaprak ve meyvelerinde hastalık oluşturmaları nedeniyle önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ekonomik kayıp yağmur ve sulama ile artmaktadır (Barksdale ve ark., 1984; Kim ve Hwang, 1992). Bu gibi durumlarda biber ekili alanlarının %80'i bir anda yok olmakta ve ciddi ekonomik sorunlar oluşturmaktadır. Hastalık nedeniyle verim kaybını minimum düzeye indirmek için kimyasal (fungisit ve toprak fumigantı; metil bromid) ve kültürel önlemler (ekim nöbeti, damla sulama, sırta dikim vb.) uygulanmaktadır. Ancak sel gibi doğal afetlerde dezenfekte edilen toprakların da patojenle bulaşması durumunda hastalık ciddi boyutlarda kendini göstermekte ve önemli ekonomik

kayıplar oluşmaktadır. Kimyasalların çevreye olumsuz etkileri, metil bromidin 2008 yılında kullanımının yasaklanmış olması ve toprakların *P.capsici* ile bulaşık bulunması hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımını önemli kılmakta ve ön plana çıkarmaktadır.

Uzun yıllardan beri tüm dünya üzerinde pek çok araştırmanın yapıldığı bu hastalığa karşı günümüzde de tam olarak etkin bir savaşım yöntemi bulunmamaktadır. *P.capsici* Leon. patojeninin toprak kökenli bir fungus oluşu, hastalıkla kimyasal savaşımı olanaksız hale getirmekte; yetiştiricilik sırasında kültürel önlemler almak, düşük etkili bir korunma yöntemi olarak sadece hastalığın çıkışını ve yayılmasını yavaşlatıcı rol oynamakta; dayanıklı çeşit kullanmaktan başka bir yol başarı sağlayamamaktadır.

Ancak hastalığa karşı dayanıklı çeşitlerin ticari değeri yüksek çeşitler olmaması, ayrıca bu genotiplerdeki dayanıklılığında kısmi ve kondüsyonel oluşu günümüzde de bu hastalığa dayanıklılık üzerinde çalışmaların devam etmesine neden olmakta, etkin bir genetik dayanıklılık geliştirilebilmesi için hastalığa dayanım mekanizmasının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir (Abak, 1982).

Yukarıda sözü edilen mücadele yöntemleri dışında biyolojik mücadele, hastalığı baskılayabilme etkinliği açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Biyolojik kontrol ajanları arasında yer alan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) hem bitki gelişimi hem de bitki sağlığı açısından rizosferin en etkili komponentleri arasında yer almaktadırlar.

Doğadaki en yaygın simbiyontlardan biri olan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) gerek bitki gelişimini ve gerekse hastalıklara dayanıklılığı artırma açısından oldukça önemli rollere sahiptirler. Dünya üzerinde bilinen kara bitkilerinin yaklaşık % 80'i bu simbiyontlarla ortak yaşam ilişkisindedir. AM fungusları toprak kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri olmaları nedeniyle en etkili rizosfer komponentleri arasında bulunmaktadır (Hayman ve Mosse, 1972; Bolan, 1991; Smith ve ark., 1992).

Bilindiği üzere kaliteli bir toprak yapısı geliştirmek ve onu muhafaza etmek sürdürülebilir tarımın amaçları arasındadır. Sürdürülebilir tarıma duyulan ilgiden dolayı, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini teşvik etmek için, organik atıkların ilavesi gibi tarımsal uygulamalara artan bir şekilde dönüş yapılmıştır (Sonnleitner ve ark., 2003 a). Özellikle son yıllarda toprak yapısını güçlendirmek için bazı organik substratlara yoğun ilgi gösterilmeye başlanmıştır (Lynch ve Bragg, 1985; Tisdall ve ark., 1997; Sonnleitner ve ark., 2003b). Bu organik substratlar içerisinde hümik asit önemli bir yere sahiptir. Hümik asitler (ülmik ve fulvik asitler), kısmen veya tamamı ile çürümüş bitki veya hayvan artıklarının oluşturduğu siyah veya koyu kahverengi maddelerdir. 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.

Arbusküler Mikorhizal Fungusların bitki gelişimine ve dayanıklılığına etkisine yönelik olarak birçok çalışma yapılmakla beraber humik asit etkileri konusunda yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır.

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

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1 Biber Bitkisinin Genel Özellikleri

Anavatanı Tropikal Amerika olan biber bitkisi *Solanaceae* familyasındandır (Şekil 2.1. a, b). Kristof Colomb'un (1492) Amerika'ya keşfi sırasında Meksika, Brezilya, Şili ve Peru'daki Kızılderililerin biber yetiştirdiğini gördüğü ifade edilmektedir. Biber 1493 yılında İspanya'ya, 16. yüzyılda ise Osmanlı İmparatorluğu döneminde İstanbul'a getirilmiştir. Ilık ve tropikal iklimlerde yetişebilen çok yıllık bir bitkidir. Subtropik iklimlerde tek yıllık bir bitki olarak yetiştiriciliği yapılır (Hekimoğlu ve Altındeğer, 2009).



Şekil 2.1. Biber bitkisinin (a) genel ve (b) yetiştirme ortamı görünümü (Anonim, 2011 b, Anonim, 2011 c)

Biberin insan beslenmesindeki değeri özellikle içerdiği C vitamininden kaynaklanmakta olup biber bitkisinde ortalama 160 mg C vitamini bulunmaktadır. Ayrıca sebzelerde ender olarak bulunan P vitamini de biberin içeriğinde yer almaktadır. Biber bitkisinin içeriğinde yer alan bir başka önemli madde ‘‘Capsaicin’’ adı verilen bir alkaloiddir (Anonim, 2010 a)

Biber bitkisi yoğun ve narin saçak kök yapısına sahiptir. Köklerinin % 70'i toprağın üst 10-30 cm'lik kısmında dağılırken, geri kalan kısmı ise daha derinlere 50 cm'ye, zaman zaman da, 100 cm'ye kadar inebilmektedir. Köklerin yanlara dağılımı ise 40-60 cm arasında değişmektedir. Dik olarak büyüyen ve başlangıçta otsu, giderek odunsu bir yapı gösteren biber gövdesi, hıyar kadar olmasa da, çabuk kırılan gevrek bir yapıya sahiptir. Gövde kısmı boğum ve boğum aralarından oluşmaktadır. Çiçekleri biyolojik bakımdan erseliktir, bir çiçekte 5 çanak, 5 taç yaprak, 5 erkek ve 1 dişi organ vardır. Erselik çiçek yapısına karşın % 3-30 arasında yabancı tozlaşma görülmektedir ve bu durum genelde erkek ve dişi organın farklı zamanlarda olgunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Tohumları domates bitkisinin tohumlarına

benzer ancak daha geniş ve parlak sarı renklidir. 1 gram' da biber tohumu sayısı 150-180 arasında değişmekte olup 1000 dane ağırlığı 5-6 gramdır. Biber tohumları 8 °C'ın üzerindeki sıcaklıklarda çimlenebilirse de en iyi çimlenmeyi 21-28 °C'ler arasında gösterir. Fakat optimum çimlenme sıcaklığı, gece gündüz aynı olmak koşuluyla, 24 °C'dır. Fide döneminde ise ideal ortam sıcaklıkları gece ve gündüz olmak koşuluyla 18-23 °C'ye düşürülebilir. Işığı çok seven biber bitkileri gün uzunluğuna karşı duyarsızdırlar. Biber seralarında oransal hava nemi'nin % 70-75, toprak pH' sının 6.0- 6.5 arasında, topraktaki tuz oranının ise litrede 3 g' dan daha az olması istenir (Anonim, 2010 a, b)

Acı ve tatlı biber türleri (Chile), daha çok Amerika, Afrika ve Asya'da baharat amaçlı olarak yetiştirilmekteyken, tatlı biber çeşitleri ise sebze olarak ılıman iklim kuşağında bulunan Avrupalı tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Dünyada, biberin en fazla kültürü yapılan beş türü vardır ve bunlar farklı bölgelerde yetiştirilmektedir. *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense* ve *Capsicum frutescens* ise dünyada yaygın olarak yetiştirilen üç biber türüdür. *C. annuum* ilk kez Meksika'da kültüre alınmıştır. Meksika, Afrika ve Asya'da yetiştirilen acı biberlerin birçoğu ve ılıman iklim kuşağında yetiştirilen tatlı biber çeşitlerinin tümüne yakını *C. annuum* türüne aittir. Bununla birlikte Latin Amerika gibi nemli bölgelerde daha çok *C. frutescens* ve *C. chinense* türleri yetiştirilmektedir. *C. frutescens* aynı zamanda Afrika ve Asya'da baharat yapımı için yaygın olarak yetiştirilmektedir. *C. chinense*'nin farklı bir aromasının bulunması ve çok acı olması nedeniyle yöresel yemek yapımında tercih edilmekte ve gelişmiş ülkelerde bu türün tüketimi giderek artmaktadır. Latin Amerika'da yoğun olarak üretimi yapılmasa da *C. baccatum* acı tadı nedeniyle taze ve fırında pişmek için bazı lokal bölgelerde yetiştirilmektedir. *C. pubescens* yüksek bölgelerde meyve etinin kalın olması nedeniyle taze tüketim için üretilmektedir (Pickersgill, 1997).

Biber, gen kaynakları bakımından zengin olup, bu sayede çok geniş ekolojik koşullara uyum sağlamıştır. Bu zenginlik farklı genler içermesi nedeniyle ıslah yönünden de önemlidir. Hastalıklara dayanıklı ticari çeşitler elde etmek biber ıslah programlarında en önemli amaçlardan biridir. Yabani gen kaynakları viral, bakteriyel ve fungal hastalıklara karşı dayanıklılık genleri içermeleri nedeniyle çok değerlidirler. Yabani gen kaynaklarından *Capsicum annuum* türüne dayanıklılık genlerinin aktarılması, hastalıklara dayanıklı ıslah programlarında çok başarılı şekilde uygulanmaktadır. New Meksico'da *Verticillium* Solgunluğu, *Phytophthora* Kök Çürüklüğü ve *Phytophthora* Yaprak Yanıklığı ile *Rhizoctonia* Kök Çürüklüğüne karşı yabani gen kaynaklarında, dayanıklılık genleri bulunmuştur (Bosland ve ark. 1988).

Yabani gen kaynakları yalnızca hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklılık kaynağı olarak önemli değildir. Aynı zamanda besin içeriğini zenginleştirmek, verim ve kaliteyi arttırmak için de kullanılabilir. Ancak bazı *Capsicum* türleri dünya gen koleksiyonunda bulunmamaktadır. Örneğin, *C. lanceolatum*, *Capsicum* türleri arasında olup 1939 yılında Standley tarafından Guatemala'da yağmur ormanlarında bulunduğu kaydedilmiş ve birçok hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Ancak bu tür şu anda dünyada herhangi bir koleksiyonda bulunmamaktadır (Bosland ve ark., 1988).

2.2. *Phytophthora capsici* Leonian

Dünyada ve ülkemizde biber üretimi yapılan alanlarda yetiştiriciliği sınırlayan ve ilk sıralarda yer alan en önemli sorunların başında hastalıklar gelmektedir (Şekil 2.2.). Bu hastalıkların en tehlikelisi olarak kabul edilen biber kök boğazı yanıklığı, toprak kökenli fungal bir etmen olan *Phytophthora capsici* Leonian tarafından oluşturulmaktadır (Yuon ve ark., 1989). Patojenin en önemli konukçusu, biber (*Capsicum annuum*)' dir. Ancak bu etmen *Cucurbitaceae* (kavun, hıyar, vb.), *Leguminaceae* ve *Solanaceae* (patlıcan, domates, vb.) familyasına ait türlerde de hastalık oluşturmaktadır (Satour ve Butler, 1967).

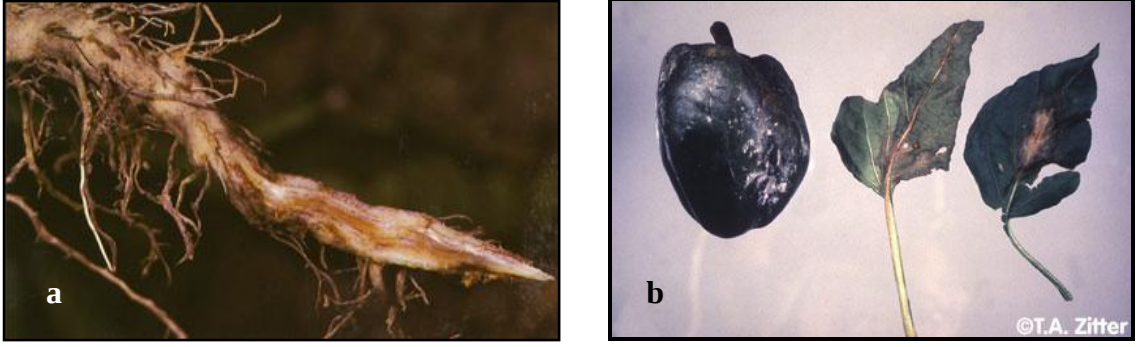


Şekil 2.2. *Pythophthora capsici* 'nin PDA besi ortamı içeren petri kabındaki genel görünümü (Anonim 2011 d)

P. capsici etmeni, yuvarlaksı, armut şeklinde renksiz, üst kısmında hafif çıkıntı olan aseksüel spor olan sporangia oluşturmaktadır. Sulu ortamda ise sporangiadan zoospor çıkışı gerçekleşmektedir. Fungusun istirahat formu olan oospor kalın hücre duvarlı ve oogonium adı verilen dişi gamet içerisinde eşeyli üreme sonucunda oluşmaktadır. Patojen 7 – 37 °C'ler arasında gelişmekle beraber en iyi gelişme sıcaklığı 25 – 30 °C arasında olmaktadır (Uchida ve Aragaki, 1980).

Hastalık etmeni bitkilerin tüm gelişme döneminde etkili olmaktadır. Özellikle fide döneminde kök boğazı çürüklüğü oluşturmakta ve bitkinin bir anda solup ölmesine yol

açmaktadır. Patojen, etkilediği bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak biber bitkilerinin kök (Şekil 2.3. a), gövde, yaprak (Şekil 2.3. b) ve meyvelerini (Şekil 2.3. c) hastalandırır. Hastalıktan etkilenen bitkilerde solgunluk ve ölümler bitkilerin meyve vermeye başlamasıyla görülmeye başlar. Geç infektelenen bitkiler geçici solgunluklar gösterirken, daha erken dönemlerde hastalanan bitkiler çabuk bir şekilde ölmektedir. Yoğun yağmurlarda, toprak hastalık etmeni ile bulaşık ise patojen geniş alanlara yayılmakta ve topraktan sıçrayan sularla bitkinin toprak üstü aksamaları da hastalanmaktadır (Black ve ark., 1991).



Şekil 2.3. *P.capsici*'nin köki belirtisi (a) *P.capsici*'nin yaprakta ki belirtisi (b)



Şekil 2.3. *P.capsici*'nin (a) kök bölgesi, (b) yaprak ve (c) meyvedeki belirtileri (Anonim, 2011 a, b)

P. capsici biberlerde kök, gövde, yaprak ve meyvelerinde hastalık oluşturması nedeniyle önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ekonomik kayıp yağmur ve sulama ile artmaktadır (Barksdale ve ark., 1984; Kim ve Hwang, 1992; Alcantara ve Bosland, 1994; Goldberg, 1995; Lindsey ve ark.,1996).

Bu gibi durumlarda biber ekili alanlarının % 80'i bir anda yok olmakta ve ciddi ekonomik sorunlar oluşturmaktadır. Hastalık nedeniyle verim kaybını minimum düzeye indirmek için kimyasal (fungisit ve toprak fumigantı; metil bromid) ve kültürel önlemler

(ekim nöbeti, damla sulama, sırta dikim, v.b.) uygulanmaktadır. Ancak sel gibi doğal afetlerde dezenfekte edilen toprakların da patojenle bulaşması durumunda hastalık ciddi boyutlarda kendini göstermekte ve önemli ekonomik kayıplar oluşmaktadır. Kimyasalların çevreye olumsuz etkileri, metil bromidin 2008 yılında kullanımının yasaklanmış olması ve toprakların *P.capsici* ile bulaşık bulunması hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımını önemli kılmakta ve ön plana çıkarmaktadır (Abak, 1982).

Uzun yıllardan beri tüm dünya üzerinde pek çok araştırmanın yapıldığı bu hastalığa karşı günümüzde de tam olarak etkin bir savaşım yöntemi bulunmamaktadır. *P.capsici* patojeninin toprak kökenli bir fungus oluşu, hastalıkla kimyasal savaşımı olanaksız hale getirmekte; yetiştiricilik sırasında kültürel önlemler almak, düşük etkili bir korunma yöntemi olarak sadece hastalığın çıkışını ve yayılmasını yavaşlatıcı rol oynamakta; dayanıklı çeşit kullanmaktan başka bir yol başarı sağlayamamaktadır (Abak, 1982).

Ancak hastalığa karşı dayanıklı çeşitlerin ticari değeri yüksek çeşitler olmaması, ayrıca bu genotiplerdeki dayanıklılığın da kısmi ve kondüsyonel oluşu günümüzde de bu hastalığa dayanıklılık üzerinde çalışmaların devam etmesine neden olmakta, etkin bir genetik dayanıklılık geliştirilebilmesi için hastalığa dayanım mekanizmasının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir (Abak, 1982).

Hastalık gerek dünyada gerekse ülkemizde, görüldüğü yıllarda ve üretim alanlarında ciddi ürün kayıplarına yol açmışlardır. Walker (1952), ABD’ de yapılan bir çalışmada biber yanıklığının sıcak ve rutubetli yaz aylarında görüldüğünü, etmenin bir toprak fungusu olduğunu ve zararın genellikle toprak seviyesinde olduğunu, gövdenin çepeçevre koyu yeşil ile siyah renkte çevrilmesi şeklinde bitkiyi soldurduğunu ve öldürdüğünü ifade etmektedir. Chupp ve Sherf (1960), ise yapmış oldukları çalışmada, biberde kök boğazı yanıklığı hastalığının Amerika, Arjantin ve Kolorado’ya kadar yayıldığını ve biberlerde yanıklık olarak zarar yaptığını ayrıca etmenin kök boğazında olduğu gibi yaprak ve meyvelerde de zarar yaptığını belirtmişlerdir. Hastalık Avrupa ülkelerinde de önemli bir patojen konumunda olup, Beyries ve ark. (1965), Fransa’da ve İtalya’da hastalığın yaygın olduğunu belirtmişlerdir.

Ülkemizde de *P. capsici*’ nin yaygınlığı, şiddeti ve mücadele olanakları üzerinde farklı bölgelerde çalışmalar yürütülmüştür. Karahan ve Maden (1974) tarafından Orta Anadolu bölgesinde yaptıkları bir çalışmada biber kurumalarına *Phytophthora capsici* neden olduğu, etmenin genellikle biberlerin kök boğazında siyahlaşma şeklinde enfeksiyona sebep olduğu ve bitkileri ani olarak kuruttuğu kaydedilmiştir.

Ulukuş ve Sağır (1982), Elazığ ve Diyarbakır illerinde kuruyan biberlerden *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Alternaria* ve *Aspergillus* genuslarına ait 76 fungus izolatından

sadece *Phytophthora* genusuna ait olanların yüksek oranda patojenisite gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kırbağ ve ark., (2005), yapmış oldukları çalışmada Malatya ilindeki biber kurumalarına genellikle *Phytophythora capsici*’nin neden olduğunu ve hastalığın tohumla taşınmayıp hasta fidelerle, fide köklerine yapışık toprakla, tarla toprağıyla ve bitki artıklarıyla taşındığını tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca hastalığın önlenmesinde hasta fide ekilmemesi, hastalıklı bitki artıklarının topraktan uzaklaştırılmasına özen gösterilmesi gerektiği önerilmiştir.

Biber kökboğazı yanıklığına karşı sera koşullarında mücadele imkânları konusunda yapılan bir başka çalışmada, değişik kimyasallar topraktan verilerek ve bitki gelişimi düzenleyicileri kullanılarak hastalık kontrol etmeye çalışılmıştır. Farklı mikroorganizmalardan oluşan bitki düzenleyicileri stabil olmadığı için tercih edilmediği ancak dipotasyum fosfanat ve dipotasyum fosfat karışımının serada hastalığın devamlı kontrolü için etkili olduğu bildirilmiştir (Roskopf ve ark. 2004).

Hwang ve Sung (1989), *P. capsic*’nin bitki hücreesindeki gelişimini izlemek için yaptıkları çalışmada, patojenin misel yapılar şeklinde hücrelerarası (intercellular) boşlukta geliştiğini ve dayanıklı genotiplerde patojenin hücrelerarası boşlukta gelişiminin gluconase tarafından baskı altına alındığını bildirmişlerdir.

Egea ve ark. (1999) *P. capsici*’ye karşı dayanıklı bulunan biber genotipindeki capsidol isimli fitoaleksinin üretiminin uyarılması konusunda geniş kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiş ve bu bileşenlerin dayanıklı genotiplerde fungal hif gelişimini durdurmaya yardım ettiğini bildirmişlerdir.

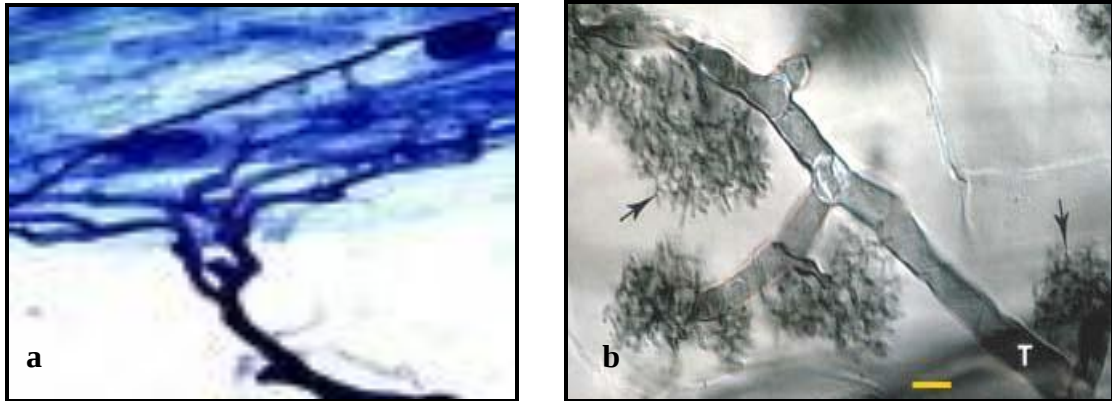
New Jersey’de Klien ve ark., (2004) tarafından yapılan çalışmada; *P.capsici*’ye karşı dayanıklı çeşit geliştirme programında elde edilen 17 hattın tarla koşullarındaki dayanıklılık performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Islah hatlarını, 25 yıldır biber yetiştiriciliği yapılan üretici tarlasında ve 5 yıldır üretim yapılan ayrı bir lokasyonda deneyen araştırmacılar, üç hattın (Paladin, Aristotle ve Alliance) hastalığa tolerant olduğunu ve meyve özellikleri ile verim yönünden de pazar isteklerini karşılayacak düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir.

2.3. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF)

Mikorhiza terimi ilk kez, 1885 yılında Bernhardt Frank tarafından, odunsu bitkilerin köklerinde özel yapıların tanımlanması üzerine kullanılmış, daha sonra bu yapıların ektomikorhiza grubuna ait oldukları anlaşılmıştır. Kısa bir süre sonra, Frank 1887’de endomikorhiza ve ektomikorhizalar arasındaki farkları tanımlamıştır. (Strack ve ark., 2003;

Koide ve Mosse, 2004). Bu yapıların tesbitinden sonra ve halen süren çalışmalar ile karasal bitkilerin %90'ının mikorhizal ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Mikorhizal funguslar 7 farklı grupta bitkilerle simbiyotik bir ilişki kurarlar. Bunlar; Arbusküler Mikorhiza, Ektomikorhiza, Ektendomikorhiza, Erikoid Mikorhiza, Arbutoid Mikorhiza, Orkid Mikorhiza, Monotropoid Mikorhiza gruplarıdır (Hodge, 2000; Strack ve ark., 2003).

Mikorhiza araştırmaları, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorhizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikorhiza (AM) oluşumuna odaklanmıştır (Şekil 2.4. a, b). AM, bitki gelişimini, özellikle bitki besin maddelerinin yoğunluklarının kritik seviyelerde olduğu marjinal topraklarda ve koşullarda teşvik etmektedir. Bu teşvik, simbiozise sahip köklerin topraktan kantitatif olarak, başta fosfor olmak üzere bazı makro ve mikro besin maddelerini daha iyi alabilmeleri ile açıklanmaktadır. Fungus ise bitkiden bazı organik maddeleri ve karbonhidratları almaktadır. Bu yaşam şeklinde, her iki partner de belli koşullar altında birbirlerinden faydalanmaktadırlar (Smith ve Read, 1997).



Şekil 2.4. AMF'un kök içindeki yapıları ((a)vesikel ve sporlar, (b) arbuskül görünümü)(Anonim, 2011 d, e)

AM funguslarda konukçu seçiciliği yok denecek kadar az olmasına rağmen, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae* ve *Urticaceae* familyaları üyesi bitki türlerinde mikorhizal kolonizasyon oluşmaz. AMF simbiyosis, *Zygomycota* şubesi *Glomales* takımında bulunan *Glomus*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* ve *Entrophosphora* cinslerine bağlı 150 türden fazla fungus tarafından oluşturulmaktadır (Linderman, 1988; Hodge, 2000; Quilambo, 2003; Strack ve ark., 2003). Günümüzde AMF'ler, çölden tropik yağmur ormanlarına, sulak çevrelerden, yoğun tuzlu ve sodalı topraklara kadar çok geniş bir yelpazedeki çevre koşullarında varlıkları tespit edilmiştir. (Quilambo, 2003; Strack ve ark., 2003).

Mikorhizal birliktelik genellikle bir mutualistik simbiyosistir. Çünkü partnerler arasında ilişkinin kurulabilmesi; konukçu bitkinin, fungal miselyumlar yoluyla mineral besin elementlerini ve suyu almasına, fungusun da konukçunun fotosentetik ürünlerinden faydalanmasına önemli düzeyde bağlıdır (Demir, 1998; Strack ve ark., 2003; Johansson ve ark., 2004).

Farklı bitkilerin ya da aynı bitkinin farklı genotiplerinin mikorhizal yaşama tepkileri birbirinden farklılık gösterebilir (Declerck ve ark., 1995; Linderman ve Davis, 2004; Sensoy ve ark., 2007). 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 ve AMF veya aynı tür içindeki farklı genotip ve AMF etkileşimlerinin araştırılması ve uygun kombinasyonların ortaya konması ise bitki gelişimi ve dayanıklılığı artırmak açısından oldukça önemli görülmektedir (Sensoy ve ark., 2007).

Bitki - fungus arasındaki bu simbiyotik ilişki, bir davranış faktörü olarak bitki patojen ilişkilerini de etkilemektedir. AMF oluşumunun görüldüğü bitkiler toprak kaynaklı fungal patojenlere ve nematodlara karşı daha dayanıklı hale gelmekte böylelikle mücadelesi oldukça güç olan bu etmenlere karşı savaşında çok önemli bir avantaj elde edilmektedir. Buna karşılık, AMF bitkilerinin daha iyi gelişmelerine bağlı olarak bazı obligat patojenlere karşı (Külleme, pas etmenleri ve viruslar) daha duyarlı hale geldikleri de ileri sürülmektedir (Dehne, 1982; Linderman, 1992; 1994).

AMF' ın bitkilerdeki fungal kök patojenlerini engelleme özelliklerine yönelik olarak yapılan çalışmalarda; bu etkilerin bitki beslenmesi, yer ve besin için rekabet, kök sistemindeki değişimler, mikorizosfer etki ve bitki savunma mekanizmaların aktivasyonu gibi olası hastalık baskılama mekanizmalarından ileri geldiği belirtilmiştir (Schönbeck, 1980; Dehne, 1982; Smith, 1988; Linderman, 1988; 1992; Azcon-Aguilar ve Barea, 1996; Demir ve Akköprü, 2007).

AM fungusları, bitkiye besin alınımasını artırmanın yanı sıra, bitkinin tuzlu ve kurak koşullara, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını artırmakta, bitkinin, büyümeyi teşvik edici maddeler (hormonlar) salgılamasını sağlamaktadırlar. Ayrıca, bazı mikorhizal funguslar miselleri ile toprak agregatlarını bir yumak şeklinde sararak, toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulunmakta ve toprak erozyonundan dolayı olan kayıpları da engellemektedirler (Tisdall, 1994; Strack ve ark, 2003).

2.4. AMF ve *P.capsici* İlişkisi

P. capsici ile AMF funguslarının interaksiyonuna ilişkin çeşitli araştırmalar mevcuttur.

Ozgonen ve Erkilic., (2007), yapmış oldukları çalışmada, biber bitkisine AMF çeşitlerinden; *Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* ve *Gigaspora margarita* uygulamışlar ve bitki hastalıklarından *Phytophthora capsici* ile büyümesi üzerine etkisi olan phytoalexinin rolünü araştırmışlardır. Sonuç olarak, AM funguslardan özellikle *G. mosseae*'nin biber patojeni olan *Phytophthora capsici* hastalığının etkisini azalttığını tespit etmişlerdir.

Lioussanne ve ark. (2007), Kanada'da yaptıkları çalışmada, domates bitkisinin köklerinden izole edilen *P. nicotianae*'nin zoosporlarının kimyasal içeriğine *Glomus intraradices*'in etkisi incelenmiş, mikorhizalı domates bitkisi köklerinde *P. nicotianae*'nin zoospor içeriğinin azaldığı sonucunu elde etmişlerdir.

Portekiz'de Alejo-Iturvide ve ark. (2007) tarafından AMF *Glomus fasciculatum* uygulanmış ve uygulanmamış biber bitkilerine uygulamadan iki gün sonra *P. capsici* patojeni inokule edilmiş ve mikorhizalı biber bitkilerinin yapraklarında mikorhizasız olanlara göre %25 daha az nekrotik lezyonlara rastlanmıştır. Bunun sonucunda da *G. fasciculatum*'un, *P.capsicinin* etkisini azalttığını belirtmişlerdir.

AMF funguslarının farklı *Phytophthora* türleri üzerine olan etkileri de farklı çalışmalarla ortaya konmaya çalışılmıştır. İki ayrı AMF türünün (*G. mosseae* ve *G. intraradices*) domates bitkisi köklerinde bulunan *P. parasitica* üzerine sistemik veya lokal uyarılmış dayanıklılık etkileri Pozo ve ark. (2002) tarafından araştırılmıştır. İki farklı bölmeye ayrılmış yetiştirme ortamlarında geliştirilen bitki köklerinde *G. mosseae*'nin, *P. parasitica*'nın hastalık simptomlarını etkili bir şekilde azalttığı görülmüştür. Söz konusu bu durum lokal ve sistemik mekanizmaların kombinasyonunun etkisine bir kanıt sayılmıştır. Biyokimyasal analizler sonucu ise, lokal uyarılmışlıkla ilgili; hidrolitik kitinaz enzimleri, kitosanaz, β -1,3 glukanaz ve süperoksit dismutaza kadar bir çok enzim bulunmuş ki bu enzimlerin, oksidatif strese karşı koruyucu etkiye sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca kök protein ekstraktlarının *Phytophythora*'nın hücre duvarlarına karşı litik aktivitesi üzerinde de çalışılmış ve AMF simbiyosizinin sistemik etkiyi kuvvetlendirerek domates bitkisinin dayanıklılığı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Fusconi ve ark. (1999) *G. mosseae* ve *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* ilişkisinin domates bitkisinin kök uçlarındaki etkisini incelemişlerdir. Patojenik fungusun, kontrol domates bitkilerinde mitoz bölünmenin sayısını ve kök ucunun çapını azalttığı,

uçlarda plazmolize sebep olduğu, hücre ve nükleusun denatüre olmasına sebebiyet vererek ölümlere neden olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan AMF'nin, uç boyutlarını arttırdığı ve infekteli köklerdeki nekrozisleri azalttığı, böylece AMF'nin patojen infeksiyonundan apikal uçları koruyarak normal gelişmelerini sağladığı bulunmuştur. Bunun yanı sıra uçların genişlediğini ve köklerin kalınlaşmasını sağlayarak dolaylı olarak bitkiyi koruduğunu, simbiyontun yayılarak dokulardaki kolonizasyon hacmini arttırdığı ve patojenin hiflerinin arbuskül içeren hücrelere girmesini engellediğini ifade etmişlerdir.

2.5. Hümik Asit (HA)

Hümik asitler (ülmik ve fulvik asitler), kısmen veya tamamı ile çürümüş bitki veya hayvan artıklarının oluşturduğu siyah veya koyu kahverengi maddelerdir. Topraktaki organik maddelerin % 65-70'ini içeren hümik maddeler bitki gelişimini iyileştirici yönleri nedeniyle, çevre bilimlerinin yanı sıra tarımda toprak kimyası ve verimliliği, bitki fizyolojisi vb. çeşitli alanlarda yoğun olarak çalışılmaktadır.

Hümik maddeler bünyelerinde önemli oranda polifenoller, polikarboksilik asitler, karboniller ve peroksitler gibi organik kimyanın önemli gruplarını barındırmaktadırlar. Humik asidin ana fonksiyonel gruplarını karboksil, fenolik hidroksil, alkolik hidroksil, keton ve quinoid oluşturmaktadır (Russo ve Beryln, 1990). Bu organik maddelerin bitki gelişimini uyarmadaki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte, hücre zarı geçirgenliğini, oksijen alımı, solunum, fotosentez, nükleik asit sentezi ve fosfat alınımını artırmadaki etkileri araştırmacılar tarafından öne sürülmektedir (Cacco ve Dell Agnolla, 1984; Russo ve Beryln, 1990; Ferretti ve ark., 1991; Valdrighi ve ark., 1996).

Hümik asitler toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkileyerek bitki gelişimine yardımcı olmakta, besleyici fonksiyonları özellikle makro ve mikro besin elementlerinin bitkiye geçişinde ortaya çıkmaktadır. Hümik asitlerin biyolojik etkileri ise daha çok mikroorganizmaların aktivitelerini artırılmasında görülmektedir. Fiziksel ve kimyasal olarak ise iyi toprak yapısı oluşturmada, toprağa süzme kolaylığı sağlamasında, havalandırmada, nem tutmada, toprağın iyon değişiminde ve toprağın tamponlanmasında hümik asitler önemli roller oynamaktadırlar. Humik asitlerin bitki besin maddeleri alınımını artırarak, bitki gelişimini iyileştirdiği değişik araştırmalarda ortaya konulmuştur (Senesi ve ark., 1990; Böhme ve Thi Lua, 1997; Adani ve ark., 1998; Wang ve ark., 1995; Türkmen ve ark., 2004, 2005; Tüfenkci ve ark., 2006), humik maddelerin özellikle mikro elementlerin alınımı ve taşınmasında önemli bir fonksiyona sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Toprak hümik maddeleri, bitkilerin beslenmesinde doğrudan ve dolaylı olarak önemli bir rol oynar. Dolaylı etkiler, suyun tutulması, drenaj ve havalanma gibi toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ve topraktaki besin elementlerinin yayılabilirliği değiştirerek, kökler tarafından besinlerin absorpsiyonu ile ilgilidir. Hümik maddeler metalik iyonlar ile şelatlı bileşikler ya da metalik hidroksitler oluşturarak suda çözünabilir formları meydana getirirler. Bu elementlerin birçoğunun çözünürlüğünde kontrol ederler. Bitkilere doğrudan etkisi, kök gelişimi ve bitkiler tarafından absorbe edilen besin elementlerinin metabolizmalarını etkilemesi ile meydana gelmektedir. Wang (1995), alkalik özellikteki topraklara fosforlu gübre ve hümik asit uygulamasının bitkinin fosfor alımını ve kuru ağırlığını arttırdığını bildirmiştir. Sözüdoğru ve ark. (1997) da hümik asidin fasulye bitkisi gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda bitki kuru ağırlığında önemli etkide bulunmadığı bunun yanında besin elementi alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Adani ve ark. (1998), domates bitkisinin gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine ticari hümik asitin etkisini araştırmışlar, araştırma sonucunda bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementi içeriği ve alımında olumlu etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Bitki gelişimini direkt ve indirekt yollarla teşvik eden hümik asidin toprak kaynaklı mikroorganizmalara etkisine yönelik olarak son yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır (Pascual ve ark., 2002; Litterick ve ark., 2004; Türkmen ve ark., 2005; Loffredo ve ark., 2007; 2008). Söz konusu çalışmalarda organik kaynaklı hümik asit fraksiyonlarının in-vitro'da özellikle toprak kaynaklı fungal patojenlerin (*Fusarium oxysporum*, *Pythium ultimum* ve *Sclerotinia sclerotiorum*) baskı altında tutulması konusunda etkili olduğu; *Trichoderma viride* ve *T. harzianum* gibi antagonist mikroorganizmalar üzerinde ise etkili olmadıkları belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak Bafra, Ergenekon, Yıldız ve Sirena F1 biber (*Capsicum annuum* L.) çeşitleri kullanılmıştır. Uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonlarının belirlenmesi aşamasında en iyi performansı gösteren biber çeşidi çalışmanın 2. aşamasında da kullanılmıştır.

3.1.2. AMF türleri

Çalışmada, YYÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü kültür stoklarında bulunan *Glomus mosseae* (T.H. Nicolson&Gerd.) Gerd.&Trappe), *Glomus intraradices* (Schenck&Smith) ve *Gigaspora margarita* (Becker&Hall) AMF türleri kullanılmıştır.

3.1.3. Patojen izolatu

Phytophthora capsici izolatu Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm'ünden Yrd. Doç. Dr. Hülya ÖZGÖNEN'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan izolat'ın virulensliği ön çalışma ile %70-80 olarak tespit edilmiştir.

3.1.4. Hümik asit

Hümik asit uygulamalarında polymericpolyhyroxyacid %85 w/w AGROLIG (ticari içerikli bir formülasyon) kullanılmıştır (Türkmen ve ark., 2004).

3.1.5. 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

karişımından oluşan harç materyali, üzerini kapatmak içinde vermikulit kullanılmıştır. Kullanılan harç materyaline ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir:

Cimlendirme torfu zellikleri :

- Yüksek kalitede %70 beyaz torf + %30 siyah torf
- Ph değeri 5,2 – 6,0
- Tuz oranı 0,3 gr/lt
- Toplam N-P-K + mikro elementler 1,5 kg/ton
- Elenmiş strüktür : İnce (0-10 mm)

Perlit

Kimyasal kompozisyonu ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki maddelerden oluşan perlit kullanılmıştır: SiO₂(72.0 – 76.0 %), Al₂O₃(11.0 – 17.0 %), K₂O(4.0 – 5.0 %), Na₂O(2.9 – 4.0 %), CaO(0.5 – 2.0 %), MgO(0.1 – 0.5 %), Fe₂O₃(0.5 – 1.5 %), TiO₂(0.03 – 0.2 %), MnO₂(0.03 – 0.1 %), SO₃(0 – 0.2 %), H₂O(2 – 7 %).

Vermikülit

- pH: 6.0 – 9.0,
- Yüksek katyon değişim kapasitesi,
- Çok yüksek su tutma kapasitesi,
- İnorganiktir ve bozulmaz,
- Kullanılabilir bitki besin maddelerini en iyi şekilde tutma özelliği,
- Hastalık ve otlardan ari,
- Yosun gelişimini engelleme özelliği.

3.1.6. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvar ve iklim odası

alışmalar Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvar ve iklim odalarında yürütülmüştür (şekil 3.1. a, b, c). İklım odası; 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık, 25-27 C sıcaklık %60-65 nem koşullarında kullanılmıştır



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.1. Araştırmanın gerçekleştirildiği (a),(b) iklim odası ve (c) laboratuvar.

3.2. Yöntem

3.2.1. Uygun biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunun belirlenmesi

3.1.2.1. Fide yetiştirme ortamı ve uygulamalar

Fide yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf+perlite, örtü kapağı olarak ise vermikülit kullanılmıştır (Şekil 3.1.). Harç toprağı 5 cm göz çapı ve 6 cm göz derinliğine sahip 45'lik viyollere konulmuş ve mikorhiza inokulasyonu yapılacak viyollere tohum yatağına 2.5 gr inokulum ilave edilmiştir (Şekil 3.2.). Kontrol olarak kullanılacak viyollerde tohum yatağına 2.5 g steril torf/perlit karışımı konulmuştur. Ekimi yapılacak biber tohumları üç defa saf su ile yıkanarak, % 2'lik NaOH'da 5 dakika tutulacak ve tekrar iki defa steril saf sudan geçirilerek yüzey dezenfeksiyonu sağlanmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4). Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuş ve toplam 16 uygulama grubu oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. Harç toprağının viyollerde görünümü



Şekil 3.3. Viyollere AMF inokulumunun verilmesi



Şekil 3.4. Biber tohumlarının ekilmesi



Şekil 3.5. Tohum ekimi yapılmış viyoller

Uygulama grupları aşağıda gösterildiği şekilde hazırlanmıştır.

1. **Bafra** F1 x Kontrol
2. Bafra F1 x *Glomus moseae*
3. Bafra F1 x *Glomus intraradices*
4. Bafra F1x *Gigaspora margarita*
5. **Ergenekon** F1x Kontrol
6. Ergenekon F1x *Glomus moseae*
7. Ergenekon F1x *Glomus intraradices*
8. Ergenekon F1x *Gigaspora margarita*
9. **Yıldız** F1 x Kontrol
10. Yıldız F1 x *Glomus moseae*
11. Yıldız F1 x *Glomus. intraradices*
12. Yıldız F1 x *Gigaspora margarita*
13. **Sirena** F1 x Kontrol
14. Sirena F1 x *Glomus moseae*
15. Sirena F1 x *Glomus intraradices*
16. Sirena F1 x *Gigaspora margarita*

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 gerçekleştikten sonra her gün saf su ile sulanmıştır. Yetiştirme periyodu süresince bitkilere 3 kez her vial 5 ml gelecek şekilde seyreltilmiş besin solüsyonu verilmiştir (1 l için: 720 mg $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 12.2 mg KH_2PO_4 , 295 mg $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 240 mg KNO_3 , 0.75 mg $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.75 mg KI, 0.75 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1.5 mg H_3BO_3 , 0.001 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 4.3 mg FeNaEDTA ve 0.00017 mg $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). (Şekil 3.5) (Vosatka ve Gryndler 1999' den modifiye edilerek) (Şekil 3.5).

Deneme 8 hafta sonra sonlandırılmış ve mikorhizal fungusun etkinliği, kök kolonizasyonu ve mikorhizal bağımlılık oranları hesaplanmak suretiyle tespit edilmiştir. Kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık sonuçlarına göre en iyi çeşit x AMF kombinasyonu daha sonra ikinci denemede kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Biber fidelerinin genel görünümü

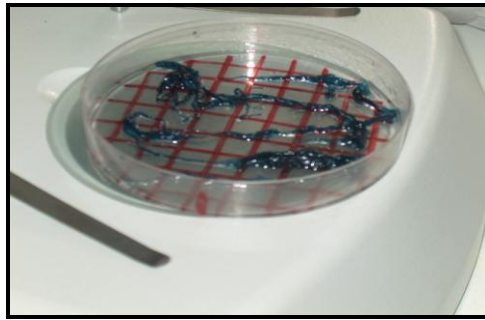
3.1.2.2. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi

3.1.2.2.1. Fiksasyon

Biber bitkisinin toprak üstü aksamaları kesilerek kök ve kök boğazı kısmının yavaşça ve dikkatli bir şekilde topraktan ayrılması sağlanmıştır. Topraktan ayrılan kökler musluk suyu altında iyice yıkanarak köklere yapışan toprak parçacıkları temizlenmiştir. Köklerden daha sonra 1-0.5 gr'lık parçalar alınarak AFA Fiksasyon sıvısına (% 70'lik 90 ml Alkol, 5 ml Formaldehit ve 5 ml Asetik asit) konmuş ve kökler boyama işlemine kadar bu sıvı içinde muhafaza edilmiştir.

3.1.2.3.2. Boyama

AFA sıvısı içinde muhafaza edilen kökler, mikorhizal fungusun varlığını ve kolonizasyon yüzdesini saptamak amacıyla trypan mavisi ile boyanmıştır. Boya çözeltisi olarak içerisine % 0.05'lik Trypan mavisi katılacak; laktik asit (40 ml) + gliserin (80 ml) + saf su (40 ml)' dan oluşan boya çözeltisi kullanılmıştır (Phillips ve Hayman 1970'den modifiye edilmiştir). Boyalı köklerdeki AM fungus(lar)unun kolonizasyon %'sini saptamak üzere *Grid-Line Intersect* Metodu kullanılmıştır (Şekil 3.6.) (Giovanetti ve Mosseae, 1980).



Şekil 3.7. Grid-Line Intersect Metodu

3.1.2.3. Mikorhizal bağımlılığın belirlenmesi

Mikorhizal fungus inokule edilen ve edilmeyen bitki tür ve çeşitleri 8 haftalık gelişme periyodu sonunda kökleriyle birlikte hasat edilerek, yaş olarak tartılmıştır. Yaş ağırlıkları tespit edilen bitki örnekleri daha sonra kese kâğıtlarına konularak 70 °C'de 48 saat süresince kurutma dolaplarında tutulacak ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Kacar, 1984). Yaş ve kuru ağırlıkları tespit edilen bitkilerdeki mikorhizal bağımlılık aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmiştir.

Mikorhizal bağımlılık (%) = [mikorhizal bitkinin toplam kuru ağırlığı – mikorhizal olmayan bitkinin toplam bitki ağırlığı x 100 / mikorhizal bitkinin toplam kuru ağırlığı] (Declerc ve ark., 1995).

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

3.2.2.1. Fidelerin yetiştirilmesi

Bölüm 3.2.1.'de belirtildiği üzere en iyi biber çeşidi x AMF türü kombinasyonunun belirlemek üzere yapılan çalışmalar sonucunda; kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık oranları açısından **Bafra x *Glomus mosseae*** kombinasyonunun tatminkar sonuç verdiği belirlenmiş ve çalışmanın 2. kısmında bu materyaller kullanılmıştır. Ayrıca AMF uygulamasının yanı sıra 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). Biber fideleri bölüm 3.1.2.1.'de belirtildiği şekilde yetiştirilmiş ve 8 farklı muamele grubu oluşturulmuştur. Deneme tesadüfi deneme parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Çalışmanın bu aşamasında oluşturulan muamele grupları aşağıda gösterilmiştir.

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* .

Deneme süresince bölüm 3.1.2.1.'de belirtildiği şekilde sulama ve gübreleme işlemleri yapılmıştır. 6 hafta süresince 12 saat ışıklandırma süresi, 22±2 °C sıcaklık ve % 60-70 orantılı nem koşullarına iklim odasında tutulan ve viyollerde bulunan biber fideleri bu sürenin sonunda 16x18 cm ebatlarındaki plastik saksılara şaşırtılmışlardır. Saksılarda yetiştirme toprağı olarak 1:1 oranında perlit:torf karışımı kullanılmıştır.

3.2.2.2. Patojen inokulumunun hazırlanması ve bitkilere inokulasyonu

SDÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü kültür koleksiyonundan temin edilen *P. capsici* izolatu steril kabin içerisinde PDA besi ortamına alınmış ve 25 °C’de çalışan inkübatörde 5-7 gün karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır.

Plastik saksılara şaşırtılan biber fidelerinin 5-6 tane gerçek yaprakları oluştuktan sonra patojen inokulasyonu yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle petrilerde gelişen kültürün en uç kısmından 5mm çapında miselyum diskleri alınarak yaprağın alt kısmına bırakılmış ve üzerine nemli pamuk konulmuştur. Bitkiler, iklim odasında 12 saat karanlık 12 saat aydınlıkta, 25 °C’de tutularak ve 48 saat sonra patojenin gelişimi ve lezyon oluşumu günlük olarak takip edilmiştir (Ahmed ve ark., 2000; Alejo- Iturvide ve ark., 2007; Varma ve ark., 2009).

Ancak bu yöntemde istenilen lezyon oluşumu gözlenmediği için spor solüsyonu yöntemi kullanılmıştır (Özgönen ve Erkilic, 2007). Bu yöneme göre, PDA besi ortamında 25 °C’de 7-10 gün karanlıkta inkübatörde geliştirilen patojen izolatu’ndan 5-10 mm çapında parçalar kesilmiş ve steril su içerisine konulmuştur. Spor solüsyonundaki spor yoğunluğu hemocytometer ile ölçülmüş ve 2×10^5 zoospor/ml yoğunluğundaki solüsyondan 10 ml alınarak patojen inokulasyonu yapılacak olan bitkilerin kök çevresine inokule edilmiştir.

3.2.2.3. 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 (Yao ve ark., 2002) kullanılarak tespit edilmiştir. Bu skalaya göre;

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 olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak hastalık şiddeti (%) olarak tespit edilmiştir.

$$\% \text{ Hastalık şiddeti} = \frac{(\text{Skala değ.} \times \text{frekans}) + (\text{Skala değ.} \times \text{frekans}) \dots}{\text{Toplam bitki sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100$$

3.2.2.4. Fide gelişim parametrelerinin belirlenmesi

Fide gelişim parametreleri çimlenme hızı, gerçek yaprak çıkış hızı, hipokotil boyu, kotiledon eni, kotiledon boyu, sürgün ve kök uzunlukları, kök boğazı çapı, sürgün ve kök yaş ağırlıkları, sürgün ve kök kuru ağırlıkları, makro ve mikro besin elementi içerikleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca yetiştirme toprağının tuz ve pH içerikleri tespit edilmiştir.

3.2.2.4.1. Çimlenme hızı

Biber bitkilerinin tohum ekimi yapıldıktan sonra uygulamalar arasında çimlenme hızları incelenmiştir. Yapılan hesap (gün) üzerinden görsel olarak değerlendirmeye alınmıştır.

$$\text{Çimlenme Hızı} = \frac{N1.T1 + N2.T2 + N3.T3 + \dots + Nn.Tn}{N1 + N2 + N3 + \dots + Nn} \text{ (Varış 1985 a)}$$

(N1 : T1 gününde çıkma gösteren tohum sayısı, N2 : T1 ve T2 günleri arasındaki artış) formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.2.4.2. Gerçek yaprak çıkış hızı

Gerçek yaprak çıkış hızları kotiledon yapraklarının çıkmasının ardından gözlenmiştir. Yapılan bu gözlem görsel olarak yapılmıştır ve gün üzerinden değerlendirilmiştir.

$$\text{Gerçek Yaprak Çıkış Hızı} = \frac{N1.T1 + N2.T2 + N3.T3 + \dots + Nn.Tn}{N1 + N2 + N3 + \dots + Nn} \text{ (Varış 1985 a)}$$

(N1 : T1 gününde çıkma gösteren gerçek yaprak sayısı, N2 : T1 ve T2 günleri arasındaki artış) formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.2.4.3. Hipokotil Boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyu

Biber bitkilerinin fide olum dönemi gelişimi aşamasında 4. hafta sonunda hipokotil boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyları, kumpas yardımıyla mm'lik olarak ölçülmüştür.

3.2.2.4.4. Sürgün ve kök boyları, kök boğazı çapı

Biber fideleri hasat döneminde sökülerek kök kısımlarının yıkanmasından sonra kök ve sürgün kısmının birleştiği yer makas yardımıyla kesilmiştir. Böylelikle kök ve sürgün birbirinden ayrılmıştır. Sürgün ve kök uzunlukları cetvel (cm), kök boğazı çapı ise (mm) kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.2.4.5. Biber fidelerinin yaprak sayısı

Biber fidelerinin hasadı sırasında yaprak sayıları tespit edilmiştir (adet/fide).

3.2.2.4.6. Sürgün ve kök yaş ağırlıkları

Biber bitkileri hasattan sonra kök ve sürgün ağırlıkları (g) ayrı ayrı tartılmıştır.

3.2.2.4.7. Sürgün ve kök kuru ağırlıkları

Yaş ağırlıkları tespit edilen bitkilerin kök ve yeşil aksam örnekleri kese kağıtlarına konulmuş, 70 °C'de 48 saat süresince kurutma dolaplarında tutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.2.4.8. Sürgünde makro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi

Biber bitkileri hasat edildikten sonra bölüm 3.2.2.4.7.'de belirtildiği şekilde kurutulmuş ve öğütülmüş, öğütülen bitki örneklerinden 1'er g alınarak yakma işlemine tabi tutulmuşlardır (Jones ve ark., 1993). Çeşitli aşamalardan sonra elde edilen süzüklerin Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında okutularak (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) (ppm) içerikleri belirlenmiştir.

Fosfor analizi deneme sonlandırıldıktan sonra toplam bitkide yapılmıştır. Alınan bitki örnekleri önce musluk suyu, daha sonra saf suda yıkanıp temizlenerek kurutma kağıtlarına alınmıştır (Jones ve ark., 1993). Kurutma kağıtlarında nemi alındıktan sonra 70 °C'

de 48 saat kurutulan bitki örnekleri öğütülerek, 1 g'ı yakma işlemine tabi tutulmuş ve çeşitli aşamalardan sonra elde edilen süzüklerden, vanadomolibdofosforik sarı yöntemi ile spektrofotometre kullanılarak fosfor (P) değerleri (ppm) tespit edilmiştir (Kacar, 1984).

Bitki örneklerinde azot analizi ise 3 aşamada yapılmıştır;

1) Yakma aşaması: Kurutulmuş bitki yeşil aksamından 1 gr tartılmış ve Kjehldahl tüplerine konularak üzerlerine 15 ml konsantre sülfirik asit ve 1 adet Kjehldahl tableti eklenmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilerek 400 °C' de renk kirli beyaz oluncaya kadar yakılmıştır.

2) Destilasyon aşaması: Yakma işlemi yapılan örnekler yakma ünitesinden çıkartıldıktan sonra soğumaya bırakılmış ve üzerilerine 50 ml saf su ve 50 ml % 40'lık NaOH eklenmiştir. Destilasyon cihazında 250 ml erlenmayer içerisine 20 ml %4'lük H₃BO₃ ve 2 damla indikatör eklenmiş ve erlenmayerde 40 ml kadar destilat oluşuncaya kadar destilasyon işlemi yapılmıştır. Erlenmayer içerisindeki borik asidin rengi önce pembe iken destilasyon sırasında amonyak tutulmaya başlayınca mor renge dönüşmüştür.

3) Titrasyon aşaması: Erlenmayer içerisindeki örnek 0,1 normaliteye sahip HCl asit ile titre edilmiş, titrasyon sırasında erlenmayerdeki renk tekrar pembeye döndüğü anda titrasyona son verilerek sarf edilen HCl asit miktarı kaydedilmiştir. Örneklerdeki toplam azot oranı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Kaçar, 1984).

$$\% \text{ Azot: } \frac{(\text{örnek-tanık}) \times N \times 0,014 \times 100}{\text{Tartılan örnek miktarı}}$$

Tartılan örnek miktarı

3.2.2.5.9. Sürgünde mikro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi

Alınan bitki örnekleri önce musluk suyu, daha sonra saf suda yıkanıp temizlenerek kurutma kağıtlarına alınmıştır (Jones ve ark., 1993). Kurutma kağıtlarında nemi alındıktan sonra 70 °C' de 48 saat kurutulan bitki örnekleri öğütülerek, 1 g'ı yakma işlemine tabi tutulmuş ve çeşitli aşamalardan sonra elde edilen süzükler Atomik Absorbsiyon Spektrofotomet cihazında okutularak demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) (ppm) içerikleri belirlenmiştir.

3.2.2.5.10. Toprakta tuz içerikleri ve pH'nın belirlenmesi

Uygulama grupları topraklarının tuz içerikleri ve pH'sının belirlenmesi amacıyla toprak örnekleri alınmış ve çamur süzüklerinin çıkarılması amacıyla laboratuara taşınmıştır.

Kuruyuncaya kadar bekletilen topraklardan 100 gr tartılarak saf su ile satürasyon çamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan satürasyon çamurunun daha sonra tuz miktarı ölçülmüştür.

Toprak pH' sını belirlemek amacıyla saksı topraklarından biber bitkisi çıkarıldıktan sonra; rizosfer bölgesinden 10' ar gr toprak örneği alınarak açıkta kurutulmuş, daha sonra cam beher glass içine konulmuştur. Beher içinde bulunan toprak örneklerinin üzerine 25 ml saf su eklenmiş, 10' ar dakika aralarla cam baget ile karıştırılmış ve 30 dakika sonra da pH metre ile toprak örneklerinin pH' sı ölçülmüştür.

3.2.2.5. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi

AM fungus'unun biber bitkisinin köklerinde kolonizasyon oranları bölüm 3.1.2.2., 3.1.2.2.1. ve 3.1.2.2.2.'de belirtildiği şekilde tespit edilmiştir.

3.3. İstatistiki Değerlendirmeler

Çalışma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SAS paket programı kullanılmış ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (SAS, 1998).

4. BULGULAR

4.1. Uygun biber çeşit x AMF kombinasyonlarının belirlenmesi

Biber çeşitleri ve AMF türleri'nin birbirlerine uyumu ve en iyi uyumu gösteren kombinasyonu belirlemek amacıyla iklim odası koşullarında bölüm 3.2.1.'de anlatıldığı üzere dört farklı F1 hibrid biber çeşidine (Ergenekon, Bafra, Sirena ve Yıldız) ile üç AMF türü (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae* ve *Gigaspora margarita*) inokule edilmiştir. 8 haftalık gelişme periyodu sonucunda (Şekil 4.1 a, b, c, d) AMF izolatlarının farklı biber çeşitlerindeki kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık oranları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 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 margarita</i>	29.59	+ (2.52)
ERGENEKON	<i>Glomus intraradices</i>	34.31	-
	<i>Glomus mosseae</i>	15.35	+ (20.64)
	<i>Gigaspora margarita</i>	30.92	+ (7.97)
SİRENA	<i>Glomus intraradices</i>	26.38	-
	<i>Glomus mosseae</i>	31.81	-
	<i>Gigaspora margarita</i>	30.06	-
YILDIZ	<i>Glomus intraradices</i>	38.66	-
	<i>Glomus mosseae</i>	23.75	-
	<i>Gigaspora margarita</i>	3.05	+ (12.16)

*-: Mikorhizal bağımlılık yok

*+: Mikorhizal bağımlılık var

Çizelge 4.1'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 4.1.). 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 TÜBİTAK TOVAG 108O862 no'lu projede kullanıldığı için ve Ergenekon x *G. intraradices* kombinasyonu TÜBİTAK TOVAG 108O862 no'lu projede Ergenekon biber çeşiti kullanıldığı için bu çalışmanın 2. aşamasında ikinci en iyi uyumun görüldüğü Bafra x *G. mosseae* kombinasyonu kullanılmıştır. Bafra x *Gigaspora margarita* ve Yıldız x *Gigaspora margarita* mikorhizal bağımlılık göstermiştir; ancak Bafra x *G.*

mosseae kombinasyonuna göre düşük bir değer olduğundan çalışmanın ikinci aşamasında kullanılmamıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)

şekil 4.1. AMF türleri ile inokule edilmiş (a) Ergenekon, (b) Bafra, (c) Sirena ve (d) Yıldız F1 biber çeşitlerinin hasat sonrası görünümleri.

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

4.2.1. Fide geleişim parametreleri

Çalışmada fide geleişim parametreleri çimlenme hızı, gerçek yaprak çıkış hızı (şekil 4.2. a, b) (izelge 4.2.), hipokotil boyu, kotiledon eni, kotiledon boyu (izelge 4.3.), sürgün ve kök uzunlukları, kök boğazı çapı, yaprak sayısı (izelge 4.4.), sürgün ve kök yaş ağırlıkları, sürgün ve kök kuru ağırlıkları (izelge 4.5.) olarak belirlenmiştir.

Biber fidelerinin çimlenme hızı ve gerçek yaprak çıkış hızı parametreleri açısından en yavaş uygulamanın hümik asit uygulaması olduğu (13.40/gün, 16.56/gün), mikorhizal fungus ve hümik asit'in beraber kullanıldığı uygulamalarda ise çimlenme ve gerçek yaprak çıkış hızlarının diğer uygulamalar göre daha hızlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2 a, b).



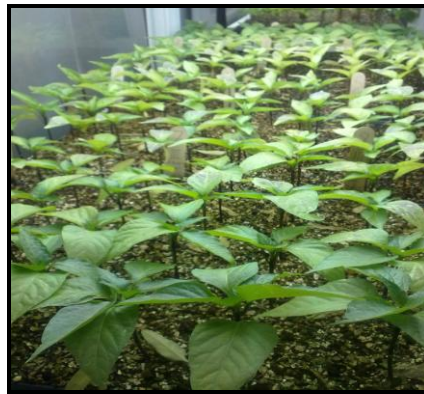
Şekil 4.2. Biber fidelerinin çıkış ve gelişme görünümü

Çizelge 4.2. AMF ve HA uygulanmış biber fidelerinin çimlenme ve gerçek yaprak çıkış hızları.

Uygulamalar	Çimlenme hızı (gün) *	Gerçek yaprak çıkış hızı (gün) *
Kontrol	12.46 ab	16.33 ab
AMF	12.30 ab	16.23 ab
HA	13.40 a	16.56 a
AMF+H.A	11.96 b	16.16 ab

* Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Biber fidelerinde, patojen inokulasyonu yapılmadan ve saksılara şaşırtılmadan önceki fide gelişimini gösteren hipokotil boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyu (Şekil 4.3. a, b) parametrelerinde uygulamalar arasında farklılıklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.3.).



Şekil 4.3. Biber fidelerinin gelişimi

Hipokotil boyu ve kotiledon eni açısından uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli fark bulunmazken, kotiledon boyu, AMF+HA uygulamasında en yüksek değerini almış (46.46 mm) ve kontrol grubuna (38.40 mm) göre önemli farkın oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. AMF ve HA uygulanmış biber fidelerinin hipokotil boyu (mm), kotiledon eni (mm) ve kotiledon boyu (mm) değerleri.

Uygulamalar	Hipokotil boyu (mm) (öd)	Kotiledon eni (mm) (öd)	Kotiledon boyu (mm) *
Kontrol	36.03	22.77	38.40 b
AMF	35.90	24.69	40.80 ab
HA	36.90	25.20	45.34 ab
AMF+H.A	34.23	26.35	46.46 a

* Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

(öd): Önemli değil

Şaşırtma dönemine gelen ve patojen inokulasyonu yapılan biber fidelerinde çalışma sonlandırıldıktan sonra da sürgün boyu, kök boyu, kök boğazı çapı, yaprak sayısı (Çizelge 4.4.), sürgün yaş ve kuru, kök yaş ve kuru ağırlıkları (Çizelge 4.5.) gibi bazı fide gelişim parametreleri değerlendirilmeye alınmıştır (Şekil 4.4 a, b).



Şekil 4.4. Örneklenen biber fidelerinin genel görünümü

Biber fidelerinin sürgün boyu, kök boyu, kök boğazı çapı ve yaprak sayısı uygulamalara göre birbirinden farklılıklar göstermiş ve genel olarak kontrole göre tüm uygulamalarda artış kaydedilmiştir (Çizelge 4.4.). Ancak yaprak sayısında hastalıklı bitkiler kontrole göre azalma göstermiştir. Uygulamalar arasındaki farklar sürgün boyu ve kök boğazı çapı ve yaprak sayısında istatistiki olarak $P < 0.01$, kök boyunda ise $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En uzun sürgün boyları *P. capsici* (13.30 cm), AMF+*P. capsici* (13.53 cm) ve HA+*P. capsici* (13.37) uygulamalarında, en kısa sürgün boyu ise AMF+HA+*P. capsici*

uygulamasında (10.55 cm) elde edilmiştir (Çizelge 4.4.) Kök boyu ve kök boğazı çapı olarak en uzun değer her iki parametre için AMF+*P. capsici* uygulamasında (34.17 cm, 6.79 cm) görülürken en kısa değerler kök boyu için AMF+HA (22.16), kök boğazı için ise en ince kontrol uygulamasında (4.59 cm), en kalın AMF+ *P. Capsici* (6.79) elde edilmiştir (Çizelge 4.4.). Yaprak sayısı açısından ise en fazla değer ve en az değerler sırasıyla HA uygulamasında (52 adet) ve *P.capsici* (13 adet) uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. 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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

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

Fidelerin sürgün ve kök kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları uygulamalara göre farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.5.). 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 4.5.). Biber fidelerinin tüm ağırlık parametreleri açısından en düşük değerler, sürgün ağırlıkları (yaş ve kuru) açısından patojenin tek başına yer aldığı hastalıklı kontrol uygulamasında (37.33 g ve 9.32 g), kök ağırlıkları (yaş ve kuru) açısından ise kontrol uygulamalarında (14.82 g ve 3.70 g) elde edilmiştir (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. 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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P<0.05$ 'e göre önemsizdir.

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

4.2.2. Biber fidelerinin makro ve mikro besin elementi içerikleri

4.2.2.1. Makro besin elementi içerikleri

AMF ve HA uygulamasının yapıldığı ve *P. capsici*'nin inokule edildiği biber fidelerinde genel olarak bu uygulamaların bitkilerdeki makro besin elementi içeriklerini kontrol bitkilerine göre artırdığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.). Fidelerin sürgün ve kök bölgelerindeki en yüksek N içeriği sürgün bölgesinde *P. capsici* uygulamasında (%0.054), kök bölgesinde ise AMF+HA (%0.030) uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca uygulamalar arasında fark istatistiki olarak sürgünde $P< 0,01$, kök bölgesinde ise $P< 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6.).

Uygulama gruplarına göre biber bitkisinin kök ve sürgünlerindeki P içeriği birbirinden farklılıklar göstermiştir. Hem sürgün hem de kök bölgesi için en yüksek P içeriği AMF+*P. capsici* (%1.12 ve %1.44) uygulamasında tespit edilirken, en düşük değerler ise sırasıyla HA+*P. capsici* (%0.94) ve AMF (%0.35) uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.6.).

Biber fidelerinin sürgün ve bölgelerindeki K içerikleri uygulamalara göre farklılık göstermiş, bu fark her iki bölge için de $P< 0,01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sürgün ve kök bölgelerindeki en yüksek değerler sırasıyla AMF+HA (%2.49) ve kontrol uygulamalarında (%1.75), en düşük değerler ise sırasıyla HA+*P. capsici* (%1.51) ve AMF+HA+*P. capsici* (%0.70) uygulamalarında elde edilmiştir tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. 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+HA	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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

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

Sürgün ve köklerdeki Ca içerikleri açısından da uygulamalar arasında farklılıklar gözlenmiş ve istatistiki olarak $P < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6.). Sürgün ve köklerdeki Ca içeriği en yüksek sırasıyla HA (%1) ve AMF+*P. capsici* (%1.28), en düşük ise *P. capsici* (%0.36) ve AMF+HA+*P. capsici* (%0.30) uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.). Çalışma sonucunda biber sürgün ve köklerinde tespit edilen Mg konsantrasyonlarının uygulamalar göre farklılığı sırasıyla $P < 0,05$ ve $P < 0,01$ düzeylerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6.). İçerdikleri magnezyum bakımından sürgün ve köklerdeki en yüksek değer sırasıyla AMF+*P. capsici* (%0.93) ve *P. capsici* (%1.40), en düşük ise *P. capsici* (%0.58) ve AMF+HA (%0.35) uygulamalarında saptanmıştır (Çizelge 4.6.).

4.2.2.2. Mikro besin elementi içerikleri

Biber fidelerinin sürgün ve köklerindeki mikro besin elementi içeriklerinde uygulamalar göre farklılıklar ortaya çıkmış, bu farklılıklar sürgün ve kök bölgelerinde sırasıyla $P < 0,01$ ve $P < 0,05$ düzeylerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7.). Fe içeriği sürgün ve köklerde en yüksek AMF (1189.5 ppm ve 1238.4 ppm), en düşük ise AMF+HA (179.7 ppm ve 217.7 ppm) uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.7.).

Cu açısından da benzer sonuçlar elde edilmiş olup uygulamalar arasındaki farklılıklar sürgün ve köklerde sırasıyla $P < 0,01$ ve $P < 0,05$ düzeylerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sürgünde en yüksek Cu değeri hiçbir uygulamanın olmadığı kontrol uygulamasında (7.80 ppm), en düşük değer ise HA+*P. capsici* (3.25 ppm) uygulamasında belirlenmiştir. Kök bölgesinde ise en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla AMF+*P. capsici*

(14.69 ppm) ve AMF+HA+*P. capsici* (3.83 ppm) uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. 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.apsici</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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

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

Biber bitkisinin Z besin elementi değerlerini incelediğimizde uygulamalara göre sürgün aksamında $P < 0.01$, kökte ise $P < 0.05$ düzeylerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7.). Sürgünde en yüksek Zn içeriği AMF+HA (56.39 ppm), kökte ise HA+*P.capsici* (36.76 ppm) uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.7.).

AMF ve HA uygulamalarının yapıldığı *P. capsici* inokule edilmiş biber bitkilerinin sürgün ve kök kısımlarında Mn içeriği açısından uygulamalara göre farklılıklar ortaya çıkmış ve $P < 0.01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7.). Sürgün ve kökte en yüksek ve en düşük Mn değerleri sırasıyla AMF+HA (169.3 ppm) ve HA+*P.capsici* (243.1 ppm) ile HA+*P. capsici* (111.6 ppm) ve AMF+HA (118.7 ppm) uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.7.).

4.2.3. Rizosfer bölgesi toprakların pH değerleri ve tuz içerikleri

Biber fidelerinin rizosfer bölgesi topraklarında uygulamalara göre pH değerleri arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli fark ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.8.). En yüksek ve en düşük pH değerleri sırasıyla HA (5.77) ve AMF+HA+*P. capsici* (5.36) uygulamalarında tespit edilmiştir. Tuz içerikleri açısından da uygulamalar arasında istatistiki olarak $P < 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar görülmüştür (Çizelge 4.8.). En yüksek tuz miktarı AMF+HA+*P.capsici* (1126.6 ppm), en düşük miktar ise HA+ *P.capsici* (816.0 ppm) uygulamalarında saptanmıştır.

Çizelge 4.8. 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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

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

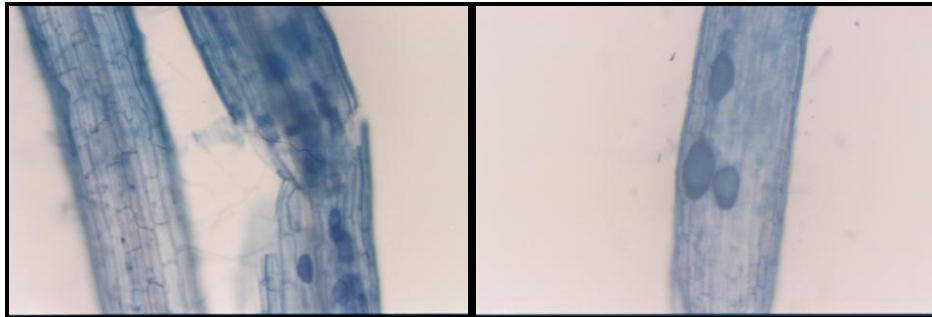
4.2.4. Biber bitkisi köklerinde AMF *Glomus mosseae*'nın kök kolonizasyonu

Çizelge 4.9.'dan da görüleceği üzere, AMF'un inokule edildiği tüm bitkilerde kolonizasyon'un gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4.5.), (Çizelge 4.9.). İstatistiki olarak kök kolonizasyonu açısından önemli fark bulunmazken, en yüksek kolonizasyon oranı AMF+*P. capsici* (%35.3), en düşük oran ise AMF+HA+*P. capsici* (%30.3) uygulamalarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. 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 testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.



Şekil 4.5. Biber bitkisi köklerinde vesikel ve kök içi sporlarının görünümü

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

P. capsici inokulasyonu yapılmış yetiştirme ortamlarında bulunan biber bitkilerinde, *P. capsici* (-) yetiştirme ortamlarında bulunan bitkilere oranla gelişme farklılıklarının olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.6. *P. capsici* inokulasyonu yapılan biber bitkilerinde gelişme geriliği

Genel olarak *P. capsici* inokule edilmiş saksılarda yetiştirilen biber bitkilerinde bitkilerinde; gelişme geriliği, kök boğazında incelme ve kahverengileşme, ilerleyen aşamalarda yapraklarda solgunluk ile başlayan ve tüm bitkiye yayılan sararma ve kurumalar gözlenmiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.7. *P. capsici* inokulasyonu yapılan biber bitkilerinde solgunluk ve kuruma

Uygulamalara göre *P. capsici*'nin biber bitkilerindeki hastalık şiddeti açısından istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli farklar bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. AMF ve HA uygulanmış ve *P. capsici* inokule edilmiş biber bitkilerinin hastalık şiddeti (%).

Uygulamalar	Hastalık şiddeti (%) *
<i>P.capsici</i>	68.3 a
AMF + <i>P.capsici</i>	36.6 b
HA + <i>P.capsici</i>	42.6 b
AMF + HA + <i>P.capsici</i>	30.3 c

* Duncan çoklu testine göre aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir..

En yüksek hastalık şiddeti, hastalık kontrol uygulamasında (*P. capsici*) (%68.3) en düşük değer ise AMF+HA+*P. capsici* uygulamasında (%30.3) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.10'dan da görüleceği üzere AMF ve HA'in hem tekli hem de kombine uygulamalarının hastalık şiddetini baskılamada oldukça etkili olduğu (Şekil ve bu etkinin sırasıyla %46.4, %37.6 ve %55.6 oranlarında gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.8. AMF ve HA uygulanmış biber bitkilerinde *P. capsici*'nin hastalık şiddeti



a

Şekil 4.9.a. AMF uygulaması yapılmış biber bitkilerinde hastalık şiddeti



b

Şekil 4.10.b. HA uygulaması yapılmış biber bitkilerinde hastalık şiddeti

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, arbusküler mikorhizal fungus (AMF) türü ve hümik asitin biber bitkisindeki bazı gelişim özellikleri ve biberdeki en önemli hastalıklar arasında yer alan *Phytophthora capsici* Leonian'nın yol açtığı biber kök boğazı yanıklığı hastalığı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda, söz konusu biyolojik kontrol elemanı ve organik maddenin, hastalık şiddeti, bitki morfolojik parametreleri, bitkinin sürgün ve kök aksamı makro ve mikro besin elementleri içeriği ile rizosfer bölgesi tuz içeriği ve pH'sına etkileri incelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında öncelikli olarak biber çeşitleri ve AMF türlerinin birbirlerine uyumu ve en iyi uyumu gösteren kombinasyonu belirlemek amacıyla iklim odası koşullarında dört farklı F1 hibrid biber çeşidine (Ergenekon, Bafra, Sirena ve Yıldız) ile üç AMF türü (*G. intraradices*, *G. mosseae* ve *Gigaspora margarita*) inokule edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında; biber çeşitleri ile AMF türlerinin kolonizasyon oranlarının birbirinden farklılık göstermiştir (Çizelge 4.1.). 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 biyotik ve abiyotik 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 (Declerck ve ark., 1995; Linderman ve Davis, 2004; Sensoy ve ark., 2007). Nitekim mevcut çalışmada en iyi kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık uyumu *Glomus* cinsine dahil *G. mosseae* x Ergenekon ve *G. mosseae* x Bafra kombinasyonlarında görülmüştür. *Glomus mosseae*; mikorhiza türleri içinde kullanım alanı en geniş olan türlerden biridir. Schenck ve Smith (1982) ve Morton ve Bentivenga (1994)'da dünya üzerindeki yayılışı bakımından, *Glomus* türlerinin en yaygın AM Fungusları olduğu ve *Glomus* türleri arasında da *G. mosseae* ve *G.intraradices*'in agresivitesi en yüksek türler olduğunu belirtmişlerdir.

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. (Rhodes, 1980; 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 4.2., Çizelge 4.3., Çizelge 4.4., Çizelge 4.5., Çizelge 4.6., Çizelge 4.7.) 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 (Bkz. Çizelge 4.6., Çizelge 4.7.). 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 alınımına olan katkılarından dolayı farklı branşlardaki birçok araştırmacı tarafından araştırılmış olup, toprakta yoğun olarak fikse edilen ve bitki tarafından alınımlı sınırlı olan fosforun, AM fungusları tarafından daha kolay bir şekilde bitkiye kazandırıldığı ortaya konmuştur (Hayman ve Mosse, 1972; Hayman, 1982; Smith ve ark., 1992; Srivastava ve ark., 1996). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar sözü edilen çalışmalarla paralellik göstermiş, *G.mosseae* ve HA bitkinin besin statüsünü teşvik ettiği ortaya konmuştur.

Bitkilere uygulanan hümik asid birçok parametre açısından gelişimi teşvik edici yönde etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.). 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 fasulye bitkisi gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda bitki kuru ağırlığında önemli etkide bulunmadığı bunun yanında besin elementi alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir (Sözüdoğru ve ark., 1996). Domates bitkisinin gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine ticari hümik asitin etkisi araştırma sonucunda bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementi içerik ve alımlarına olumlu etkide bulunduğunu belirtmişlerdir (Adani ve ark., 1998). Çalışmamızda AMF ve HA'nın birlikte kullanımının bitkinin bazı morfolojik gelişim parametrelerini teşvik ettiği, ayrıca patojen üzerinde de baskı kurduğu tespit edilmiştir. Nitekim Loffredo ve ark. (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 ve ark. (2004), Loffredo ve ark. (2007) hümik maddelerin toprak kaynaklı fungusların kontrolünde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bitki gelişimini direkt ve indirekt yollarla teşvik eden hümik asidin

toprak kaynaklı mikroorganizmalara etkisine yönelik olarak son yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır (Pascual ve ark., 2002; Litterick ve ark., 2004; Türkmen ve ark., 2005; Loffredo ve ark., 2007; 2008). Bu çalışmada da organik kaynaklı hümik asid'in toprak kaynaklı fungal patojen olan *Pythophthora capsici*'yi baskı altında tutulması konusunda etkili olduğu belirlenmiştir.

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 uygulamalar göre 5.36-5.88 arasında değişmiştir (Bkz. Çizelge 4.8.). 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 (Bkz. Çizelge 4.8.). Gülser ve ark. (2009) yetiştirme ortamlardaki tuzluluğun göstergesi olan EC (elektiriksel 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 yansması negatif yönde olmuştur (Bkz. Çizelge 4.10).

Proje kapsamında yer alan AMF türlerine ait üreme yapıları, biber köklerinde fiksasyon ve boyama işlemleri yapıldıktan sonra mikroskopta altında incelenmiştir. İnceleme sonucunda, yoğun olarak içte ve dışta gelişen hifsel yapılar başta olmak üzere vesikel ve klamidosporlarla karşılaşmış, arbüskül oluşumuna ise rastlanamamıştır (Şekil 4.5.). Arbüskül'ün kısa ömürlü olması ve bitkideki simbiyosis oluşumundan 10-14 gün sonra bitki tarafından sindirildiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Schönbeck, 1980; Strack ve ark., 2003). Söz konusu çalışmada da mikroskopik gözlemlerde arbuskül oluşumunu tespit edemeyişimiz, arbusküllerin kısa sürede sindirilmiş olmasına dayandırılabilir.

Grid-Line Intersect metodu kullanılarak biber bitkisi köklerindeki AMF türlerinin kolonizasyon oranları % 30.3-35.3 arasında değişmiştir (Çizelge 4.9.). 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. Zambolim ve Schenck (1983), Hassan Dar ve ark.(1997) ve Akköprü ve Demir (2005), AMF fungusların çeşitli konukçularda ve farklı patojenler tarafından

fungusların yer aldığı patosistemlerde *P.capsici*'nin hastalık şiddetindeki azalışı, mikorhizal bitkilerdeki fosfor oranı artışına bağlayabiliriz. Ancak AMF nin *P. capsici* hastalığının etkilerini geciktirdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada;

1. Çalışma kapsamında yer alan dört farklı F1 biber çeşidi (Ergenekon, Bafra, Sirena, Yıldız)'nin AMF türleri (*Gigaspora margarita*, *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices*) ile uyumu ve mikorhizal bağımlılığı açısından en iyi sonuçlardan birisi Bafra x *G. mosseae* kombinasyonunda belirlenmiştir.

2. Genel olarak AMF ve humik asit uygulamalarının biber bitkisinin bazı morfolojik gelişim parametrelerini değerlerini kontrol grubu bitkilerine göre arttırdığı ve 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.

3. AMF ve HA uygulamalarının tekli ve kombine uygulanmalarının *P.capsici*'yi baskıladığı, bu etkinin *G. mosseae*'nin tek başına kullanıldığı uygulamalarda daha baskın olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda sıralanan sonuçlar ışığında AMF ve HA'in uygun kombinasyonlarının oluşturularak, bitki sağlığı ve verimliliğinin artırılması yönünde olumlu katkı sağlayacağı görülmektedir. Bu bağlamda farklı konukçu ve mikroorganizma kompozisyonlarının etkinlikleri üzerinde yapılacak çalışmalar ivme kazandırılması gerekmektedir. Ayrıca bu yönde yapılacak çalışmaların geliştirilmesindeki en önemli unsurun da bitki x mikroorganizma interaksiyonlarında bireysel etkileşimlerinin olduğu düşünülmektedir. net olarak ortaya konmasıdır.

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.
- 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, M.A., Morales-Ramírez, I., Vazquez-Garcidueñas, M.S., Olalde-Portugal, V., 2007. Mycorrhizal protection of chili plants challenged by *Phytophthora capsici*. *European Journal of Plant Pathology* (2008). 120:13-20.
- Ahmed, A.S., Sanchez, C.P., Candela, M.E., 2000. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *European Journal of Plant Pathology*. **106**: 817-824.
- Alcantara, T.P., Boslan, P.W., 1994. An inexpensive disease screening technique for foliar blight of chile pepper seedlings. *HortScience*. **29** (10), 1182-1183.
- Anonim, 2008. <http://www.cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar>
- Anonim, 2010 a. <http://www.buzlu.org/benzer/biber-yetistirciligi>
- Anonim, 2010 b. <http://www.plantmanagementnetwork.org/.../pumpkin>
- Anonim, 2011 a. <http://www.bitkisagligi.net/Biber/ozellik.asp?patlat>
- Anonim, 2011 b. http://www.bitkitohum.blogspot.com/2011_02_21_archive.html
- Anonim, 2011 c. <http://www.gerzehaber.net/images/haber/3240.jpg>
- Anonim, 2011 d. <http://www.soilhealth.com/fungi/02.htm?print>
- Anonim, 2011 e. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/bonline/e33/33b.htm>
- 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.
- Aybak, H.Ç., 2002. Biber Yetiştiriciliği. *Hasat Yayıncılık*. s: 92-123
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. M., 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil borne plant pathogens- an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* (6): 457-464.

- Barksdale, T.H., Papavizas, G.C., Johnston, S.A., 1984. Resistance to foliar blight and crown rot of pepper caused by *P.capsici*. ***Plant Diseases* 68**:506-509.
- Beyries, A., Leroux, J.P., Messiaen, C.M., 1965. Essais de lutte contre *Phytophthora capsici* Leon. par addition de fongicides solubles aux eauxd'arrosage ***Phytopathologie Meditterraee. 4.*** 173-175.
- Black, L.L., Green, S.K., Hartman, G.L., Poulos, J.M., 1991. Pepper diseases: a field guide. asian vegetable research and development center, ***AVRDC Publication.*** Pg: 54-56
- 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.
- Bosland, P.W., Iglesias, J., Bailey, A., 1988. Capsicum pepper varieties and Classification. Coop. Exten. Serv. – Circular 530. ***New Mexico State University.*** Las Cruces.
- Böhme, M., Thi Lua, H., 1997. Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. ***Acta Horticulturae* 450**:161-168.
- Cacco, G., Dell Agnolla, G., 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic substances. ***Canadian Journal of Soil Science* 64**:25-28.
- Caron, M., Fortin, J.A., Richard, C., 1985a. 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.
- Caron, M., Fortin, J.A., Richard, C., 1985b. influence of substrate on the Interaction of *Glomus intraradices* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* on Tomatoes. ***Plant and Soil. 87***: 233-236.
- Chupp, C., Sherf, A.F., 1960. Vegetable diseases and their control. ***The Ronald Press Company.*** Newyork, 693.
- Declerck, S., Plenchette, C., Strullu, D.G., 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. ***Plant Soil. 176***: 183-187.
- Dehne, H.W., 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. ***In: Biological Control of Plant Diseases.*** Eds.S.B. Chincholkar, K.G. Mukerji, Haworth Press, NY, USA, p:17-37.
- 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.*** 144 s.

- Egea, C., Dickinson, M. J., Candela, M., Candela, M. E., 1999. β -1,3-glucanase isoenzymes and genes in resistant and susceptible pepper cultivars infected with *P. capsici* ***Physiologia Plantarum*. 107: 312-318.**
- Ferretti, M., Ghisi, R., Nardi, S., Passera, C., 1991. Effect of humic substances on photosynthetic sulphate assimilation in maize seedlings. ***Canadian Journal of Soil Science* 71:239- 242.**
- Fusconi, A., Gnavi, E., Trotta, A., Berta, G., 1999. Apical meristems of tomato roots and their modifications induced by arbuscular mycorrhizal and soilborne pathogenic fungi. ***New Phytol.* 142: 505-516.**
- Giovanetti, M., Mosse, B., 1980. An evolution of techniques for measuring vesicular Arbuscular Mycorrhizal infection in roots. ***New Phytologist* (84): 489-500.**
- Goldberg, N.P., 1995. Chile pepper diseases. N.M.Agr.Ext.Sta. ***College Agr. Home Econ. Circ.* 549.**
- Gülser, E., Tüfenkçi, Ş., **Demir, S.**, 2009. Domateste (*Lycopersicum esculentum*) potasyum, salisilik asit ve humik asit uygulamalarının fide çıkışı ve *Fusarium* solgunluğuna (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) etkileri. ***Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri***, (15-18 Temmuz, 2009, Van) s:163.
- Hassan Dar, G., Zargar, M.Y., Beigh, G. M., 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.**
- Hekimoğlu, B., Altindeğer, M., 2009. Samsun ili kapa biber üretimi. ***Samsun Tarım İl Müdürlüğü Strateji Geliştirme Birimi***. Nisan 2009.
- Hodge, A., 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. ***FEMS Microbiology Ecology*. 32: 91-96.**
- Hwang, B.K., Sung, N.K., 1989. Effect of metalaxyl on capsidiol production in stems of pepper plants infected with *P. capsici*. ***Plant Diseases*, 73: 748-751.**
- Jalali,B.L., Chhabra, M.L. ve Singh, R.P., 1983. Interaction between vesicular - arbuscular mycorrhizal endophyte and *Macrophomina phaseolina* in mungbean. ***Indian Phytopathology*, 43: 4, 527 - 530**

- Johansson, J. F., Paul, L. R., Finlay, R. D., 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS Microbiology Ecology**. **48**: 1-13.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R. E., Zitter, A.T., 1993. **Compendium of Tomato Diseases**. APS Press. 73 p.
- Kacar, B., 1984. **Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900 Uygulama Kılavuzları: 214.
- Karahan, O., Maden, S., 1974. Orta Anadolu Bölgesinde biberde kök boğazı yanıklığı (*Phytophthora capsici* Leonian) hastalığının tanımlanması ve zararı. **Bitki Koruma Bülteni**. **14**(3), 147-150.
- Kırbağ, S., Turan, N., 2005. Malatya’da yetiştirilen bazı sebzelerde kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan fungal etmenler. **F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi** **18**(2). 159-164.
- Klien, W.L., Wyenandt, C.A., Zimmerman, M.D. Fogg, M.L., 2004. Evaluation of *Phytophthora* resistant bell pepper cultivars and breeding lines. **17th International Pepper Conference**. Florida-USA. Abstract, p:14.
- Kim, E.S., Hwang, B.K., 1992. Virulence to korean pepper cultivars of isolates of *P.capsici* from different geographic areas. **Plant Disease** **76**:486-489.
- Koide, R. T., Mosse, B., 2004. A history of resarch on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**. **14** (3): 145-163.
- Lindsey, D.L., Sollars, J.R., Liddell, C.M., Biles, C.L., 1996. 1992 producer survey of foliar chile pepper diseases in mexico. **N.M.State Univ.Agr. Expt. Sta. Res. Rpt**. 708.
- Linderman, R.G., 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. **Phytopathology Vol:(78)**, 366 - 370.
- Linderman, R. G., 1992. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and soil microbial interactions. **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture**. (54): 45-71.
- Linderman, R.G., Davis, A.E., 2004. Varied response of marigold (*Tagetes* spp.) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. **Science Horticulturae** **99**: 67-78.
- Lioussanne, L., Jolicoeur, M., St-Arnaud, M., 2007. Mycorrhizal colonization with *Glomus intraradices* and development stage of transformed tomato roots significatly modiff the chemotactic response of zoospores of the pathogen *Phytophthora nicotianae*. **Soil Biology&Biochemistry**. **40**(2008) 2217-2224.

- Litterick, A., Harrier, Wallace, P., Watson, C.A., 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.
- Lynch, J.M., Bragg, E., 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. **Adv. Soil Sci.** **2**: 287-297.
- Marschner, H., 1995. Mycorrhizas. **Mineral Nutrition of Higher Plants** (Second Edition). Academic Press. 566 - 595.
- Morton, J.B., Bentivenga, S.P., 1994. Levels of diversity in endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes) and their role in defining taxonomic and non- taxonomic groups. **Plant and Soil.** **159**: 47-59.
- Ozgonen, H., Erkilic, A., 2007. Growth enhancement and *Phytophthora bligh* (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. **Crop Protection.** **26**: 1682-1688.
- Özalp, R., 2010. Ülkemizde biber üretimi ve örtüaltı biber yetiştiriciliği. **Tarım Türk Dergisi.** **24(5)**: 29-32.
- Özgönen, H., Biçici, M., Erkıılıç, A., 1999. The effect of salicyvlic 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, J.A., Garcia, C., Hernandez, T., Lerma, S., Lynch, J.M., 2002. Effectiveness of municipal waste compost and its humic fraction in suppressing *Pythium ultimum*. **Microbial Ecology** **44**: 59-68.
- Phillips, J.M., Hayman,D.S., 1970. Improved Procedure for Cleaning Roots and Staining Parasitic and Vesicular - Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assesment of İnfection. **Transaction of British Mycological Society** (**55**): 158-161.
- Pickersgill, B., 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum spp.* **Euphytica.** **96**:129-133.

- Pozo, M. J., Cordier, C., Gaudot, E. D., Gianinazzi, S., Bare, J. M., Azcón- Aguilar, C. A., 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.
- Rhodes, L.H., 1980. The use of mycorrhizae in crop production systems. ***Outlook On Agriculture***. **10**(6): 275- 281.
- Roskopf, E.N., Yacdoc, C.B., Albano, J.P., Lamb, E.M., 2004. Screening of biorationals for control of *P. capsici*. ***17th International Pepper Conference***, Florida-USA. Abstract, p: 24.
- Russo, R.O., Beryln, G.P., 1990. The use of organic bio-stimulants to help low input sustainable agriculture. ***Journal of Sustainable Agriculture*** **1**:19-42.
- SAS/STAT Software: hangen and Enhanced. Sas, Ins. Inc. Cri. NCI.
- Schönbeck, F., 1980. Endomycorrhiza in Relation to Plant Disease. Chap. 23. ***Soil-borne Pathogens (Editors: Schippers, B., Gams, W.) Academic Pres.*** New York. 271-280.
- Satour, M.M., Butler, E.E., 1967. A Root and crown rot of tomato caused by *Phytophthora capsici* and *Phytophthora parasitica*. ***Phytopathology***. **57**:510-515.
- Senesi, N., Loffredo, E., Padonava, G., 1990. Effects of humic acid herbicide interactions on the growth of *Pisum sativum* in nutrient solution. ***Plant and Soil***. **127**: 41-47.
- Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, Ö., Erdinc, Ç., Savur, O.B., 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. ***Scientia Horticulturae***. **113**: 92-95.
- Schenck, N.C., Smith, G.S., 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. ***Mycologia***. **74**(1): 77 -93.
- Smith, S.E., Read, D.J. 1997. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. ***Mycorrhizal Symbiosis***. (Editörs: Smith, E.S., D.J. Read, D.J.) Academic Press, London. 9-161.
- Smith, G.S., 1988. The Role of Phosphorus Nutrition in Interactions of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Fungi With Soilborne Nematodes and Fungi. ***Phytopathology***, **(78)**: 371-374.
- Smith, S.E., Robson, A.D., Abott, L.K., 1992. The involvement of mycorrhizas in assement of genetically depend efficiency of nutrient uptake and use. ***Plant and Soil***. **(146)**:169-172.
- Sonnleitner, R., Lorbeer, E., Schinner, F., 2003a. Monitoring of changes in physical and microbiological properties of a Chernozem amended with different organic substrates. ***Plant and Soil***. **253**: 391-402.

- Sonnleitner, R., Lorbeer, E., Schinner, F., 2003b. Effects of straw, vegetable oil, and whey on physical and microbiological properties of a chernozem. *Applied Soil Ecology*. **22**:195-204.
- Sözüdoğru, S., Kütük, A. C., Yalçın, R., Usta, S., 1996. Humik asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi. *Ankara Üni. Zir. Fak.Yayın No*: **1452**.
- Srivastava, D., Kapoor, R., Srivastava, S. K., Mukerji, K. G., 1996. Vesicular arbuscular mycorrhiza-an overview. K. G. Mukerji (ed.). *Concepts in Mycorrhizal Research*. Kluwer Academic Publishers, pp. 1-39.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., Walter, M.W., Walter, M.W., 2003. Arbuscular Mycorrhiza: biological, chemical and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*. **(29)**: 1955-1979.
- Quilambo, O. A., 2003. The Vesicular- arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal of Biotechnolog.*, **2**(12): 539-546.
- Tisdall, J.M., Smith, S.E., Rengasamy, P., 1997. Aggregation of soil by fungal hyphae. *Aust.J.Soil Res.* **35**: 55-60.
- 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, M.A., Yildiz, M., Çimrin, K.M., 2004. Effect of nitrogen and humic acid applications on the head weight, nutrient, and nitrate contents in lettuce. *Adv. Food Sci.* **26**:1-6.
- Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., Dursun, A., 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biological Sciences*. **5(5)**: 568-574.
- Uchida, J.Y., Aragaki, M., 1980. Chemical stimulation of oospore formation in *Phytophthora capsici*. *Mycologia*. **72**: 1103-1108.
- Ulukoş, İ., Sağır, A., 1982. Elazığ ve Diyarbakır illerinde biber kurumaları ve hastalığın fungal etmenleri üzerinde ön çalışma. *Bitki Koruma Bülteni*. **22(1)**, 13-20
- Valdrighi, M. M., Pera, A., Agnoluci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., Vallini, G., 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **58(2-3)**:133-144.

- Van der Heijden, M.G.A., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R., 1998. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. ***Ecology***. **79**(6): 2082-2091.
- Varma R.S., George, K.J., Balaji, S., Parthasarathy, V.A., 2009. Differential induction of chitinase in *Piper colubrinum* in response to inoculation with *Phytophthora capsici*, the cause of foot rot in black pepper. ***Saudi Journal of Biological Sciences***. **16**:11- 16
- Vosatka, V., Gryndler, M., 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. ***Applied Soil Ecology***, **11**: 245-251.
- Walker, J. C., 1952. Diseases of vegetable crops, ***McGraw Hill Book Company***. New York, 529.
- Wang, X.J., 1995. The effects of humic acid on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. ***Soil Use and Management***. **11**(2): 99-102.
- Yao, M.K., Tweddell R.J., 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.
- Yuan, J.Y., Gren, S.K., Tschanz, A.T., Tsou, S.C.A., Chang, L.C., 1989. Pepper improvement in the tropics: Problems and the AVRDC approach. In: Proc. Int. Symp. on Integrated Management Practices_Tomato and Pepper Production in the Tropics. pp. 86-98.
- Zambolim, L., Schenck, N.C., 1983. Reduction of the effects of pathogenic, root- infecting fungi on soybean by the mycorrhizal fungus, *Glomus mossea*. ***Phytopathology***. **73**:1402-1405.

ÖZGEÇMİŞ

1985 Yılında Denizli’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Denizli’de tamamladı. 2004 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliğini kazandı ve 2008 yılında Ziraat Mühendisliği Bitki Koruma Alt Programından mezun oldu. 2008 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.