

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Hülya ÖZGÖNEN

**BİBERDE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI (*Phytophthora capsici* Leonian)'NA
KARŞI MİKORİZAL FUNGUSLAR, SALİSİLİK ASİT VE DL-β-AMİNO-
N-BUTİRİK ASİT İLE DAYANIKLILIĞIN TEŞVİK EDİLMESİ**

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2004

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİBERDE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI (*Phytophthora capsici* Leonian)'NA
KARŞI MİKORİZAL FUNGUSLAR, SALİSİLİK ASİT VE DL- β -AMİNO-N-
BUTİRİK ASİT İLE DAYANIKLILIĞIN TEŞVİK EDİLMESİ**

**Hülya ÖZGÖNEN
DOKTORA TEZİ**

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**Bu tez 11/02/2004 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle
Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

Prof.Dr. Ali ERKİLİC
DANIŞMAN

İmza.....

Prof.Dr. N.Kemal KOÇ
ÜYE

İmza.....

Prof.Dr. Mehmet BİÇİCİ
ÜYE

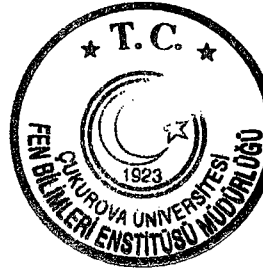
İmza.....

Prof.Dr. İbrahim ORTAŞ
ÜYE

İmza.....

Doç.Dr. Şener KURT
ÜYE

**Bu tez Enstitümüz Bitki Koruma Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No: 800**



Prof.Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No: FBE 2002 D-88**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1.Vesiküler-Arbüsküler Mikorizal Funguslar İle İlgili Çalışmalar.....	5
2.2.Dayanıklılığın Teşviki İle İlgili Çalışmalar	12
2.3.Bir Fitoaleksinin Olan Kapsidiol ile İlgili Çalışmalar	22
3.MATERYAL VE METOD	27
3.1.Materyal.....	27
3.1.1.Bitki Materyali	27
3.1.2. <i>Phytophthora capsici</i> İzolatları	27
3.1.3.Mikorizal Fungus Türleri.....	27
3.1.4.Dayanıklılığı Teşvik Edici Kimyasallar	27
3.2.Metod.....	28
3.2.1.Hastalıklı Bitki Örneklerinden <i>Phytophthora capsici</i> 'nin İzolasyonu	28
3.2.2.Patojenite Testleri.....	29
3.2.2.1. Kahramanmaraş Yerli Çeşit Kullanarak <i>Phytophthora capsici</i> İzolatlarının Patojenitelerinin Belirlenmesi	29
3.2.2.2.Biber Çeşitlerinin <i>Phytophthora capsici</i> 'ye Duyarlılığının Belirlenmesi	30
3.2.3.Laboratuvar Çalışmaları	31
3.2.3.1.SA ve BABA'in in vitro'da <i>Phytophthora capsici</i> Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	31

3.2.3.1.(1).Miseliyal Gelişme Üzerine Etkileri	31
3.2.3.1.(2).Misel Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri	31
3.2.4.Saksı, Sera ve Tarla Denemeleri İçin Yapılan Ön Hazırlıklar	32
3.2.4.1.Mikorizal Fungus İnokulumunun Üretilmesi	32
3.2.4.2.Mikorizal Fungus Türlerinin İnokulumundaki Spor Yoğunluklarının Belirlenmesi	33
3.2.4.3.Biber Fidelerinin Yetiştirilmesi	33
3.2.5.Saksı Denemeleri	34
3.2.5.1.Mikorizal Fungusların Biber Bitkilerinde Kök Kolonizasyon Oranlarının Belirlenmesi	34
3.2.5.2.SA ve BABA'in Toprak Uygulamalarının Mikorizal Fungus Kolonizasyonuna Etkilerinin Belirlenmesi	36
3.2.5.3.Mikorizal Fungusların Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	36
3.2.5.4.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	37
3.2.5.5.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	38
3.2.6.Sera Denemeleri	39
3.2.6.1.Mikorizal Fungusların Biber Verimine Etkisinin Belirlenmesi	39
3.2.6.2.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	40
3.2.6.3.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	41
3.2.7.Tarla Denemeleri	42
3.2.7.1.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	42
3.2.7.2.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	42
3.2.8.Kapsidiol Analizleri	43
3.2.8.1.Kapsidiol Standardının Elde Edilmesi	43

3.2.8.1.(1).Meyvelere Elisitör Uygulanması ve Meyve Dokusu Ekstraksiyonu	43
3.2.8.1.(2).Bakır Sülfat Eriyiği Ekstraksiyonu	44
3.2.8.1.(3).Kolon Kromatografisi.....	45
3.2.8.1.(4).İnce Tabaka Kromatografisi	45
3.2.8.2.Uygulamadaki Kapsidiol Miktarının Gaz Kromatografi ile Belirlenmesi	46
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	48
4.1.Hastalıklı Bitki Örneklerinden <i>Phytophthora capsici</i> 'nin İzolasyonu	48
4.2.Patojenite Testleri.....	49
4.2.1.Kahramanmaraş Yerli Çeşit Kullanarak <i>Phytophthora capsici</i> İzolatlarının Patojenitelerinin Belirlenmesi	49
4.2.2.Biber Çeşitlerinin <i>Phytophthora capsici</i> 'ye Duyarlılığının Belirlenmesi	51
4.3.Laboratuvar Çalışmaları	53
4.3.1.SA ve BABA'in in vitro'da <i>Phytophthora capsici</i> Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.....	53
4.3.1.1.Miseliyal Gelişme Üzerine Etkileri	53
4.3.1.2.Misel Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri.....	58
4.4.Saksı, Sera ve Tarla Denemeleri İçin Yapılan Ön Hazırlıklar.....	60
4.4.1.Mikorizal Fungus Türlerinin İnokulumundaki Spor Yoğunluklarının Belirlenmesi.....	60
4.5.Saksı Denemeleri	62
4.5.1.Mikorizal Fungusların Biber Bitkilerinde Kök Kolonizasyon Oranlarının Belirlenmesi.....	62
4.5.2.SA ve BABA'in Toprak Uygulamalarının Mikorizal Fungus Kolonizasyonuna Etkilerinin Belirlenmesi	65
4.5.3.Mikorizal Fungusların Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	68
4.5.4.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	74

4.5.5.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.....	78
4.6.Sera Denemeleri.....	86
4.6.1.Mikorizal Fungusların Biber Verimine Etkisinin Belirlenmesi	86
4.6.2.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	88
4.6.3.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.....	89
4.7.Tarla Denemeleri.....	91
4.7.1.Mikorizal Fungusların <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	91
4.7.2.SA ve BABA'in <i>Phytophthora capsici</i> 'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.....	94
4.8.Kapsidiol Analizleri	97
4.8.1.Kapsidiol Standardının Elde Edilmesi.....	97
4.8.2.Uygulamalardaki Kapsidiol Miktarının Gaz Kromatografi ile Belirlenmesi	98
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	121
EKLER.....	122

ÖZ

DOKTORA TEZİ

BİBERDE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI (*Phytophthora capsici* Leonian)'NA KARŞI MİKORİZAL FUNGUSLAR, SALİSİLİK ASİT VE DL- β -AMİNO-N-BUTİRİK ASİT İLE DAYANIKLILIĞIN TEŞVİK EDİLMESİ

Hülya ÖZGÖNEN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

Danışman: Prof.Dr. Ali ERKİLİÇ

Yıl : 2004 Sayfa: 122

Jüri: Prof.Dr. Ali ERKİLİÇ

Prof.Dr. N. Kemal KOÇ

Prof.Dr. Mehmet BİÇİCİ

Prof.Dr. İbrahim ORTAŞ

Doç.Dr. Şener KURT

Bu çalışmada, VAM Funguslar, Salisilik Asit (SA) ve DL- β -amino-n-butirik asit (BABA)'ın biberlerde kökboğazı yanıklığı etmeni *Phytophthora capsici*'ye karşı etkileri araştırılmıştır. Bitki gelişmesini, *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* ve *Gigaspora margarita* kontrole oranla daha fazla teşvik etmiştir. Ancak, sera koşullarında, *G. fasciculatum* verimi daha fazla arttırmış ve verim artışı %22 oranında olmuştur. *Glomus mosseae*, *P. capsici*'nin hastalık şiddetini, saksı koşullarında %91.7, sera koşullarında %43.0 ve tarla koşullarında %57.2 oranında azaltmıştır.

SA, in vitro'da 250ppm konsantrasyonda *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini tamamen inhibe etmiştir. Saksı denemelerinde, SA'ın toprak ve yaprak uygulamaları *P. capsici*'nin hastalık şiddetini sırasıyla %75.1-92.2 ve %87.2-95.0 oranında azaltmıştır. Sera ve tarla koşullarında, *P. capsici*'nin hastalık şiddeti üzerine, SA'ın 1g/m² toprak uygulaması sırasıyla %68.9 ve 62.0, 500 ve 1000ppm yaprak uygulamaları ise %61.6 ve 50.2 oranında etkili olmuştur.

BABA'ın in vitro'da, 1000ppm konsantrasyona kadar *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesine hiçbir etkisi olmamıştır. Ancak, saksı denemelerinde, BABA'ın toprak ve yaprak uygulamaları *P. capsici*'nin hastalık şiddetini sırasıyla %60.1-84.3 ve %83.6-97.2 oranında azaltmıştır. Sera ve tarla koşullarında, *P. capsici*'nin hastalık şiddeti üzerine, BABA'ın 1g/m² toprak uygulaması sırasıyla %70.5 ve 49.0, 500 ve 2000ppm yaprak uygulamaları ise %63.4 ve 46.4 oranında etkili olmuştur. *G. mosseae*, SA'ın 1000ppm ve BABA'ın 2000ppm yaprak uygulamaları biber bitkilerinde kapsidiol düzeyinde artışa neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dayanıklılığın Teşviki, Mikorizal Funguslar, Salisilik Asit (SA), DL- β -Amino-n-Butirik Asit (BABA), Kapsidiol

ABSTRACT

PhD THESIS

INDUCED RESISTANCE AGAINST PHYTOPHTHORA BLIGHT OF PEPPER (*Phytophthora capsici* Leonian) WITH MYCORRHIZAL FUNGI, SALICYCLIC ACID AND DL- β -AMINO-N-BUTYRIC ACID

Hülya ÖZGÖNEN

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Prof. Ali ERKİLİÇ

Year: 2004 Pages: 122

Jury: Prof. Ali ERKİLİÇ

Prof. N. Kemal KOÇ

Prof. Mehmet BİÇİCİ

Prof. İbrahim ORTAŞ

Assoc. Prof. Şener KURT

In this study, the effects of VAM Fungi, Salicyclic Acid (SA) and DL- β -amino-n-butyric Acid (BABA) on Phytophthora blight caused by *Phytophthora capsici* were investigated. The plant development were more enhanced by *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* and *Gigaspora margarita* compared to control. However, in the greenhouse condition, *G. fasciculatum* increased significantly greater the yield and yield was increased at the ratio of 22%. *Glomus mosseae* reduced the disease severity of *P. capsici* with 91.7% in the pot trials, 43.0% in the greenhouse and 57.2% in the field.

SA completely inhibited the mycelial growth of *P. capsici* at 250ppm concentration in vitro. In the pot experiments, the applications of soil and leaves of SA reduced the disease severity of *P. capsici* with 75.1-92.2% and 87.2-95.0%, respectively. In the both greenhouse and field conditions, the effects of SA on the disease severity of *P. capsici* were 68.9 and 62.0% at 1g/m² dose of soil drench, 61.6% at 500ppm and 50.2% at 1000ppm of leaves sprays, respectively.

BABA had no effect on mycelial growth of *P. capsici* up to 1000ppm concentrations in vitro. However, in the pot experiments, the applications of soil and leaves of BABA reduced the disease severity of *P. capsici* with 60.1-84.3% and 83.6-97.2%, respectively. In the both greenhouse and field conditions, the effects of BABA on the disease severity of *P. capsici* were 70.5 and 49.0% at 1g/m² dose of soil drench, 63.4% at 500ppm and 46.4% at 2000ppm of leaves sprays, respectively. *G. mosseae*, the applications of leaves with 1000ppm of SA and 2000ppm of BABA increased the capsidiol level in pepper plants.

Key Words: Induced Resistance, Mycorrhizal Fungi, Salicyclic Acid (SA), DL- β -Amino-n-Butyric Acid (BABA), Capsidiol

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora Tezi, kapsamı ve pratiğe yönelik sonuçları ile yoğun ve titiz bir çalışma sonucunda gerçekleşmiştir. Bu sürecin, bana bilgi birikimi ve deneyim konusunda geleceğe yönelik olumlu katkılarda bulunduğu inanıyorum. Konu ile ilgili olarak araştırmaya yönelmek, farklı tekniklerin kullanılması ve çalışmaların yapılması sırasında karşılaşılan birtakım zorluklara rağmen bunun üstesinden gelebilmek bana kazandırdığı en önemli deneyimler oldu. Ayrıca teşekkür borçlu olduğum pekçok kişi, bu sürecin tamamlanmasına benim için çok değerli bilgileri ve emekleriyle katkıda bulundular.

İlk olarak, bana “Biberde Kökboğazı Yanıklığı (*Phytophthora capsici* Leonian)’na Karşı Mikorizal Funguslar, Salisilik Asit ve DL- β -Amino-n-Butirik Asit ile Dayanıklılığın Teşvik Edilmesi” konulu Doktora Tezini veren danışman ve fikir hocam Sayın Prof.Dr. Ali ERKİLİÇ’a sonsuz teşekkür ediyorum.

Doktora Tez İzleme Komitesi’nde bulunan Sayın Prof.Dr. N.Kemal KOÇ ve Sayın Prof.Dr. İbrahim ORTAŞ’a yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları ve laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağladıkları için çok teşekkür ederim.

Doktora Tezimi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda tamamlamama olanak sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Başkanlığı’na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm Başkanlığı’na ve Doktora Tezime maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederim.

P. capsici izolatlarının elde edilmesi sırasında Kahramanmaraş İlinde infekteli biber tarlalarının incelenmesinde çok yardımlarını gördüğüm Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Akif ESKALEN’e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında emeği geçen değerli arkadaşlarım Arş.Gör. D.Soner AKGÜL, Zir.Yük.Müh Hatice KOÇ, Zir.Müh. Bülent GÜVEN, Zir.Müh. Hilmi MERCAN ve Zir.Müh Nurcan TUZLA’ya teşekkür ederim.

Doktora Tezim içerisinde yer alan Kapsidiol Analizleriyle ilgili olarak, çalışmaların planlanmasından itibaren tamamlanana kadar engin deneyimlerinden ve değerli fikirlerinden yararlandığım ve her aşamasında yöntemle ilgili olarak danıştığım Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Doç.Dr. A. Sülün ÜSTÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İnce tabaka kromatografi çalışmalarında, laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Işıl VAR ve Arş.Gör. Bülent KABAK'a teşekkür ederim. Gaz Kromatografi cihazında analizlerin yapılabilmesi konusunda bana destek veren Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Prof.Dr. Oktay ERBATURA çok teşekkür ederim. Örneklerimin analizi sırasında, değerli bilgisi ve harcadığı emekle çalışmayı sonuçlandırdığımız Dr. Erdal KUŞVURAN'a ve yardımlarından dolayı Arş. Gör. Osman Malik ATANUR'a sonsuz teşekkürler ediyorum.

Scanning Elekrn Mikroskop çalışmaları sırasında, mikorizal fungusların kök kolonizasyonu ile ilgili olarak örneklerin incelenmesi ve resimlenmesi konusunda yardımcı olan Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Soner SOYLU ve Sayın Doç. Dr. Şener KURT'a çok teşekkür ederim.

Sera ve tarla denemelerim sırasında çok değerli emekleriyle katkıda bulunan Bitki Koruma Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı çalışanları Talip OKUTUCU, Bekir DAL, Cemal YILDIZ ve şu anda emekli olan Veli ERASLAN'a çok teşekkür ederim.

Manevi desteği ve sevgisiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiğim ve benim için sonsuz motivasyon kaynağı olan Sevgili Anne'ciğime ve aileme sonsuz teşekkürler...

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1.Biber bitkilerinden fungusların izole edilme oranları (%).....	48
Çizelge 4.2. <i>Phytophthora capsici</i> (Pc) izolatlarının Kahramanmaraş Yerli çeşitte oluşturdıkları hastalık şiddeti (%).....	49
Çizelge 4.3.Pc5 izolatının bazı biber çeşitlerinde hastalık şiddeti (%).....	51
Çizelge 4.4.SA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	53
Çizelge 4.5.BABA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	56
Çizelge 4.6.SA'in <i>P. capsici</i> 'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri	58
Çizelge 4.7.BABA'in <i>P. capsici</i> 'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri	59
Çizelge 4.8.VAM fungusların inokulum ortamındaki spor yoğunlukları (10g toprak).....	61
Çizelge 4.9.Mikorizal fungusların biber bitkisinin köklerinde kolonizasyon oranları (%)	62
Çizelge 4.10.SA'in mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna etkisi	66
Çizelge 4.11.BABA'in mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna etkisi.....	67
Çizelge 4.12.Mikorizal fungusların bitki boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığına etkileri	69
Çizelge 4.13.Mikorizal fungusların sürgün ve kök kuru ağırlığına etkisi	72
Çizelge 4.14.Mikorizal fungusların saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri	74
Çizelge 4.15.SA'in saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkisi	78
Çizelge 4.16.BABA'in saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkisi	82
Çizelge 4.17.Mikorizal fungusların biber verimine etkisi.....	86
Çizelge 4.18.Mikorizal fungusların sera koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.....	88

Çizelge 4.19.SA ve BABA'in sera koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri	89
Çizelge 4.20.Mikorizal fungusların tarla koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri	91
Çizelge 4.21.SA ve BABA'in tarla koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri	94
Çizelge 4.22.Uygulamalardaki kapsidiol miktarı	99



Şekil 4.1.Pc izolatlarının Kahramanmaraş yerli çeşitte hastalık şiddeti (%)	50
Şekil 4.2.Pc5 izolatının Kahramanmaraş Yerli çeşitte meydana getirdiği hastalık belirtileri (solda <i>P. capsici</i> , sağda kontrol bitkiler).....	50
Şekil 4.3. <i>P. capsici</i> 'nin bazı biber çeşitlerinde göstermiş oldukları hastalık şiddeti (%) değerleri	51
Şekil 4.4. <i>P. capsici</i> 'nin Charleston Bağcı biber çeşidinde solgunluk belirtileri.....	52
Şekil 4.5.Gövde üzerindeki kahverengi yanıklık belirtileri	52
Şekil 4.6.SA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	54
Şekil 4.7.SA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	54
Şekil 4.8.SA'in farklı konsantrasyonlarda <i>P. capsici</i> 'nin koloni gelişmesi ile ilgili regresyon eğrisi ve denklemi	55
Şekil 4.9.BABA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	56
Şekil 4.10.BABA'in PDA'da <i>P. capsici</i> 'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.....	57
Şekil 4.11.SA'in <i>P. capsici</i> 'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	58
Şekil 4.12.BABA'in <i>P. capsici</i> 'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	60
Şekil 4.13. <i>Glomus mosseae</i> 'nin inokulum ortamından izole edilmiş sporu	61
Şekil 4.14. <i>Glomus mosseae</i> 'nin biber bitkilerinin kök yüzeyi ve içindeki hifsel gelişmesi	63
Şekil 4.15. <i>Glomus mossea</i> 'nin kök yüzeyi içindeki beslenme hifleri (arbüskül)	63
Şekil 4.16. <i>Glomus mosseae</i> 'nin kök hücresi içindeki vesikül yapıları.....	63
Şekil 4.17. <i>Glomus mosseae</i> 'nin kök kolonizasyonu (Scanning Elektron Mikroskop).....	64
Şekil 4.18.Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkileri ile ilgili deneme	69
Şekil 4.19.Mikorizal fungusların bitki boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığı üzerine etkileri.....	70

Şekil 4.20.Mikorizal fungusların bitki boyuna etkileri (soldan sağa <i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Gigaspora margarita</i> ve Kontrol).....	71
Şekil 4.21.Mikorizal fungusların kök gelişimine etkileri (soldan sağa, <i>Glomus etunicatum</i> , <i>Gigaspora margarita</i> , <i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Glomus mosseae</i> ve Kontrol)	71
Şekil 4.22.Mikorizal fungusların sürgün ve kök kuru ağırlığına etkileri.....	72
Şekil 4.23.Mikorizal fungusların saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.....	74
Şekil 4.24.Mikorizal fungusların <i>P. capsici</i> 'nin biber bitkilerinde hastalık oluşturması üzerine etkileri (a)Kontrol, (b) <i>Glomus mosseae</i> (c) <i>Glomus etunicatum</i> (d) <i>Glomus fasciculatum</i> (e) <i>Gigaspora margarita</i>	75
Şekil 4.25.Mikorizal fungusların <i>P. capsici</i> 'nin gövdede lezyon oluşturması üzerine etkileri.....	76
Şekil 4.26.SA'in saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkisi	79
Şekil 4.27.SA'in <i>P. capsici</i> 'nin gövdede lezyon oluşturması üzerine etkisi.....	79
Şekil 4.28.SA'in toprak uygulamaları (üstte, sırasıyla Kontrol, 25, 50 ve 100mg konsantrasyonlar) ve yaprak uygulamaları (altta, sırasıyla Kontrol, 500, 1000 ve 1500ppm konsantrasyonlar)	80
Şekil 4.29.SA'in 1500ppm yaprak uygulamasındaki fitotoksik etkisi	81
Şekil 4.30.BABA'in saksı koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturması üzerine etkisi	83
Şekil 4.31.BABA'in <i>P. capsici</i> 'nin gövdede lezyon oluşturması üzerine etkisi.....	83
Şekil 4.32.BABA'in toprak uygulamaları (üstte, sırasıyla Kontrol, 25, 50 ve 100mg konsantrasyonlar) ve yaprak uygulamaları (altta, sırasıyla Kontrol, 1000, 2000 ve 3000ppm konsantrasyonlar)	84
Şekil 4.33.Mikorizal fungusların biber verimine etkisi	86

Şekil 4.34.Mikorizal fungusların biber verimine etkisiyle ilgili kurulan sera denemesi	87
Şekil 4.35.Mikorizal fungusların sera koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri	88
Şekil 4.36.SA ve BABA'in sera koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri	90
Şekil 4.37.Mikorizal fungusların tarla koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri	92
Şekil 4.38.Tarla denemesinde mikorizal fungusların <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri (a)Tarla denemesinden genel görünüm (b)Kontrol parsel (c) <i>Glomus mosseae</i> (d) <i>Glomus etunicatum</i> (e) <i>Glomus fasciculatum</i> (f) <i>Gigaspora margarita</i>	93
Şekil 4.39.SA ve BABA'in tarla koşullarında <i>P. capsici</i> 'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri	95
Şekil 4.40.Tarla denemesi (a)Deneme alanı (b)Kontrol parsel, (c) <i>P. capsici</i> ile infekteli bitki (d)Sağlıklı ve infekteli bitki (e)SA toprak uygulaması (f)BABA toprak uygulaması, (g)SA yaprak uygulaması (1000ppm), (h)BABA yaprak uygulaması (2000ppm).....	96
Şekil 4.41.Kolon kromatografisi.....	97
Şekil 4.42.İnce tabaka kromatografisi ve ince tabaka plakasındaki turkuvaz mavisi renkli kapsidiol noktaları	98
Şekil 4.43.Uygulamalardaki kapsidiol miktarı	99

SİMGELER VE KISALTMALAR

Al_2O_3	Aluminyum Oksit
ASM	Acibenzolar-S-methyl
BABA	DL- β -amino-n-butirik Asit
BTH	Benzothiadiazole
$((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	Dietileter
$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$	Vanillin
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	Etil Asetat
CH_3OH	Metanol
CHCl_3	Kloroform
CMA	Cornmeal Agar (Mısır Unu Agar)
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bakır Sülfat
ED_{50}	Gelişmenin %50'sinin engellendiği doz
GE	<i>Glomus etunicatum</i>
GF	<i>Glomus fasciculatum</i>
GiM	<i>Gigaspora margarita</i>
GM	<i>Glomus mosseae</i>
H_2SO_4	Sülfirik Asit
HCl	Hidroklorik Asit
KOH	Potasyum Hidroksit
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Pc	<i>Phytophthora capsici</i>
PDA	Patates Dekstroz Agar
SA	Salisilik Asit
VAM	Vesiküler-Arbüsküler Mikoriza

1.GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.) gerek serada gerekse açık alanda taze tüketim ve çeşitli sofralık yan ürünlerin üretimi amacıyla, çok yaygın olarak yetiştirilen, iç tüketim ve ihracata yönelik önemli bir ürünümüzdür. 2001 verilerine göre, Ülkemizde 798.844ha alanda sebze üretimi yapılmaktadır. Meyvesi yenen sebzeler içerisinde biber, yıllık 1.560.000ton üretim ile önemli bir yer tutmaktadır. Kahramanmaraş ili yaklaşık 288.000ton üretimle biber üretiminde birinci sırayı almaktadır (Anonymous, 2001).

Ülkemiz için önemli bir gelir kaynağı olan biberin fitopatolojik açıdan en önemli sorunlarından birisi, *Phytophthora capsici* Leonian tarafından neden olunan kökboğazı yanıklığıdır. Hastalık toprak kökenlidir ve tarlada özellikle suyun göllenmiş olduğu alanlarda tek tek ya da gruplar halinde kurumalara neden olur. Hastalık, bitkinin gövdesinde başta suda ıslanmış gibi daha sonra kuruyarak kahverengiye dönen nekrozlar meydana getirir ve bitki hızla solarak ölür (Black ve ark., 1991). Hastalığı en önemli kılan özellik ise bitkinin herhangi bir gelişme evresinde ortaya çıkabilmesidir. Dolayısıyla kalitatif ve kantitatif olarak büyük zararlar ortaya çıkabilir. Biber yetiştiriciliğine elverişli bölgelerde en çok kar sağlanan ürün olan biberin devamlı bir ekimi söz konusu olduğundan, inokulum devamlı olarak toprakta artar. Ayrıca fungus toprakta birkaç yıl oospor olarak canlılığını sürdürebilir. Biber çeşidinin duyarlılığı, sulama miktarı ve sıklığı, toprak yapısı ve drenaj sorunu hastalığın gelişmesinde önemlidir. Hastalık gelişimini etkileyen faktörler göz önüne alındığında, hastalığın kontrolü, son yıllarda kültürel önlem olarak biber fidelerinin sırta dikilmesi ile büyük oranda başarılabilmektedir. Her ne kadar kimyasal mücadele için metalaxyl etkili maddeli fungusitlerin kullanımı önerilse de hastalığın kontrolünde yeterli bir başarı sağlanamamaktadır. Ülkemizde ise bu hastalığa karşı ruhsatlı herhangi bir fungusit bulunmamaktadır. Ayrıca toprak kökenli hastalıklara karşı mücadele güçlüğü, geniş alanlarda uygulamanın yüksek maliyet getirmesi ve en önemlisi de kimyasal mücadelesinde önerilen fungusitlere karşı patojenin dayanıklılık geliştirebilme olasılığı kimyasal mücadeleyi uygulanamaz hale getirmektedir. Kültürel önlemler içerisinde yer alan önerilere

uyulmaması nedeniyle de bu hastalık, biber yetiştiriciliğini sınırlar hale gelmiştir. Bu yüzden alternatif çözüm yollarının ortaya konması ve bunların pratiğe aktarılması gerekmektedir.

Mikorizal funguslar bitki kökleri ile simbiyotik yaşayan funguslar olup fiziksel ve biyokimyasal olarak bitkileri toprak kökenli hastalıklara karşı korurlar (Agrios, 1997). Bunlardan en yaygın olan türler, vesiküler-arbüsküler mikorizal fungus grubuna bağlı olan *Glomus* cinsine ait türlerdir. Bu türler fiziksel olarak kök dokusu çevresinde hifsel bir kitle oluşturarak patojenin girişini engellerler. Bunun yanı sıra, bitkinin köklerine kolonize olduktan sonra bitkide fiziksel ve biyokimyasal birtakım dayanıklılık mekanizmalarını aktive ederek koruma sağlarlar (Dumas-Gaudot ve ark., 2000). Mikorizal funguslar içerisinde ümitvar olan türlerin, özellikle toprak kökenli fitopatojen funguslara karşı biyokontrol etmeni olarak kullanılmasıyla ilgili yapılan araştırmaların birçoğunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Zambolim ve Schenck, 1983; Tosi ve ark., 1993; Matsubara ve ark, 1995; Liu, 1995). VAM funguslar, geniş konukçu dizisine sahip olup tek ve çok yıllık bitkilerin köklerinde kolayca kolonize olabilme yeteneklerinden dolayı farklı konukçu türleri üzerinde kültüre alınabilirler. Bitkide hastalık yapan bir patojene karşı etkinlikleri belirlenirken de bitki köklerinin mikorizal fungus ile önceden kolonizasyonu önşarttır. Dolayısıyla, mikorizal fungusların kolayca kültüre alınabilmeleri ve tohum ekimi sırasında veya fide döneminde kolayca uygulanabilme olanağı nedeniyle alternatif mücadele yöntemleri içerisinde oldukça önemli bir konumdadır. Pratikte kullanılabilirliği açısından düşünüldüğünde, özellikle sera ve tarla koşullarında, bitkiler dikilmeden öncesinde yapılan uygulamalar, bitkinin daha iyi gelişmesine ve daha sonra karşılaşacağı herhangi bir enfeksiyona karşı koyma gücünü arttırmada yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla, entegre ve sürdürülebilir tarım kavramının yerleştiği günümüz tarımında, bu tip alternatif mücadele yöntemlerinin popüleritesi günden güne artmaktadır. Bu bağlamda, bugün ticari olarak preparatı hazırlanmış mikorizal fungus türleri bulunmaktadır. Bu ticari preparatlardan birisi Mycormax olup *Glomus intraradices* türünün sporları kil mineralleri üzerine sarılarak hazırlanmıştır. Özellikle çilekte yapılan çalışmalarda, bitki gelişimine olumlu etkiye

sahip olduğu ve *Rhizoctonia solani* ve *Phytophthora fragaria*'ya karşı etkin olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Anonymous, 2002).

Bitki patolojistleri tarafından biyoteknoloji yoluyla veya bitkilerde hastalıklara karşı dayanıklılığın teşvik edilmesi gibi farklı yaklaşımlar düşünülmüş ve uygulamaya konulmuştur. Bu yaklaşımlardan birisi de fitopatojenik mikroorganizmalar tarafından infeksiyonlara karşı bitkinin hızlı tepkisini arttırmada, spesifik olmayan dayanıklılık elisitörlerinin kullanılmasıdır. "Teşvik Edilmiş Sistemik Dayanıklılık" veya diğer adıyla "Sistemik Kazanılmış Dayanıklılık" fenomenin ortaya atılmasıyla birlikte geçmişten günümüze bu yaklaşımla ilgili olarak bir hayli yol katedilmiştir. Bir fenomen olarak sistemik kazanılmış dayanıklılık, lokal infeksiyonlar, mikrobiyal komponentler veya ürünlerle ya da bir grup inorganik veya organik bileşiklerle sistemik olarak hastalığa karşı bir dayanıklılık ve bunun sonucunda koruma sağlanmasıdır (Kuc, 1995; Kuc, 2000; Heil ve Bostock, 2002). Dayanıklılığın teşviki ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, bitkide abiyotik (UV, etilen, salisilik asit ve aminobutirik asitin izomerleri vb.) ve biyotik (patojen olmayan ırklar, hücre duvarı fragmentleri, canlılığını yitirmiş fungus sporlarının uygulanması vb.) teşvik ediciler kullanılmış ve kontrollü koşullarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Benhamou ve Theiault, 1992; Dempsey ve Klessig, 1995; Durner ve ark., 1997). Abiyotik teşvik ediciler içerisinde kullanılan kimyasallardan salisilik asit, aminobutirik asit izomerleri ve diğer kimyasallar uygulandığı zaman dolaylı olarak bitki içerisinde endogen olarak birikiminin sağlandığı salisilik asitin sistemik dayanıklılığın teşvik edilmesinde önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir (Palva ve ark., 1994; Zimmerli ve ark., 2001; Nakashita ve ark., 2002). Bu kimyasallar, saf formda veya karışık olarak dayanıklılığın teşvik edilmesi amacıyla laboratuvar ve sera koşullarında kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Teorik ve pratikte potansiyele sahip olduğu düşünülen bu uyarıcılarla ilgili yapılan yoğun çalışmalar, sentetik elisitörlerin geliştirilmesi ve pratikte arazi koşullarında kullanılabilir hale getirilmesiyle bu fenomeni günümüze taşımıştır (Lyon ve Newton, 1997). Sentetik elisitörlerle kontrol yöntemi, geçmişte her ne kadar bir fantezi gibi görünse de, günümüzde besin güvenliği ve sürdürülebilir hastalık kontrolünde yeni ve ilginç olanaklar sunmuştur. Elisitörlerle ürün koruma

sisteminde laboratuvar, kontrollü saksı ve sera koşullarında etki oldukça yüksektir. Arazi koşullarında ise çevresel interaksyonlar sistemin tam olarak oturmasında problemler yaratabilmektedir. Ancak, eğer sentetik dayanıklılık elisitörlerinin hastalık kontrolünde pratik bir metod olarak kullanılması düşünüüyorsa, beraberinde getirdiği bazı soruların giderilmesine yönelik çalışmalar, konu ile ilgili olarak daha ileri adım atmada şüphesiz faydalı olacaktır. Ancak şu ana kadar yapılan arazi çalışmalarında, hastalıklara karşı ümitvar sonuçlar elde edilmesinin yanı sıra, dayanıklılığı teşvik edici uygulamaların düşük maliyetli olması ve üründe herhangi bir kayıp meydana getirmemesi de bir avantaj gibi görülmektedir.

Ayrıca, patojen bitkiye ulaşmadan önce uygulandığında etkisi fungusit uygulamalarından daha yüksek ve enfeksiyona karşı da inhibe edici etki koruyucu etkiden daha fazladır (Siegrist ve ark., 1997; Kim ve ark., 2001; Ziadi ve ark., 2001). Teşvik edilmiş dayanıklılığın, herhangi bir hastalığa spesifik olmadan fungal, bakteriyel ve viral hastalıklara uygulanabilir olması ve kazanılan dayanıklılığın bitkide birçok mekanizmanın aktivasyonu sonucu olduğu için, stabil olma özelliği nedeniyle oldukça avantajlıdır. Ayrıca, sistemik fungusitlerde olduğu gibi patojenin dayanıklılık kazanması söz konusu değildir. Dayanıklılık bitkide mevcut mekanizmalardan kaynaklandığı için doğa ve insan sağlığı üzerine olumsuz bir etkisi yoktur. Kazanılan dayanıklılık sistemik olmasına rağmen dayanıklılık mekanizmasının aktivasyonu genellikle lokaldir ve dolayısıyla ihtiyaç duyulduğu yer ve zamanda oluşur.

Tüm bu bilgilerin ışığında, bu çalışmada, biber yetiştiriciliğinde önemli sorunlardan birisi olan *Phytophthora capsici* tarafından neden olunan kökboğazu yanıklığına karşı mikorizal funguslar ve kimyasal uyarıcı olarak, salisilik asit ve DL- β -amino-n-büirik asit'in kullanılma olanakları, laboratuvar, saksı, sera ve tarla denemeleriyle araştırılmıştır. Aynı zamanda, mikorizal funguslar ve kimyasal uyarıcıların dayanıklılık mekanizmasındaki rollerinde, biberde patojenlere karşı dayanıklılıkta önemli bir fitoaleksinin olan kapsidiol'un rolü araştırılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Vesiküler-Arbüsküler Mikorizal Funguslar İle İlgili Çalışmalar

Mikorizal funguslar bitki kökleriyle simbiyotik olarak yaşayan funguslar olup, ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık %95'i ile ortak bir yaşam içerisine girmektedir (Smith ve Read, 1997). Bunlar kök hastalıklarına neden olmayıp, aksine konukçu bitkilerine yararlıdırlar (Agrios, 1997). Mikorizal funguslar, bitki köklerinde kolonizasyonu ile kök sisteminin absorbe etme yüzeyini arttıırırlar. Özellikle başta fosfor olmak üzere makro ve mikro besin elementlerinin alımı artırılır ve köklerin canlılığı daha uzun tutularak bitki gelişimine katkıda bulunurlar (Marschner ve Dell, 1994; Ortaş, 2003). Ayrıca mikorizal fungusların özellikle *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium* ve *Verticillium* gibi cinslere ait toprak kökenli patojenlere karşı birtakım dayanıklılık mekanizmalarıyla koruma sağlamalarının da bitki patolojisi açısından özel bir yeri vardır (Azcon-Aguilar ve Barea, 1992). Bazı konukçu-patojen-VAM fungus kombinasyonlarında başarılı sonuçlar elde edilmesine karşın, bazı sistemlerde hastalık şiddetini artırıcı etkide olması veya doğrudan etkisi olmadığı da bildirilmektedir (Dehne, 1982). Dolayısıyla bugüne kadar çalışılan sistemlerdeki elde edilen sonuçlar arasında farklılık bulunduğundan, tüm bitki-patojen sistemlerinde “mikorizal fungusların hastalıklara karşı koruyucu etkisi vardır” şeklinde genelleme yapmak güçtür.

Mikorizal fungusların bitki gelişimine olan olumlu etkileri uzun yıllardan beri bilinmesine karşın, özellikle vesiküler-arbüsküler mikorizal fungusların (VAM) toprak kökenli hastalıklar üzerine etkileriyle ilgili çalışmalar oldukça yenidir ve ilk defa 1968'de Safir tarafından rapor edilmiştir. Bu araştırmacı, arbüsküler mikorizal fungusların soğanda *Pyrenochaeta terrestris*'in hastalık şiddetini azalttığını ortaya koymuştur (Schenck, 1987). Daha sonraki yıllarda, farklı bitki patojen sistemlerinde mikorizal fungusların etkinliği pekçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Zambolim ve Schenck, 1983; Caron ve ark., 1986; Tosi ve ark., 1988). Mikorizal fungusların hastalıklara karşı etkinliği ile ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda, etki daha çok simptomatolojik analizlerle belirlenmekteydi. Fakat son

yirmi yılda yapılan çalışmalar incelendiğinde, mikorizal fungusların bitki patojenlerine karşı etkinliğinin mikroskopik ve biyokimyasal yöntemler kullanılarak bitki hastalıklarına karşı dayanıklılık mekanizmalarıyla ilgili araştırmalar daha da yoğunlaşmış durumdadır. Türkiye’de mikorizal funguslarla ilgili çalışmalar oldukça yeni olup, mikorizal fungusların aktivitesi ve dağılımları (Gür, 1975; 1987; 1992), mikorizal fungusların bitki besleme ile ilişkileri (Ortaş ve ark., 1998), bitki gelişimine etkileri ve bazı bitki patojeni funguslarla ilişkisi incelenmiştir (Vakkasoğlu, 1995; Demir, 1998; Özgönen ve ark., 2001). Özellikle vesiküler-arbüsküler mikorizal funguslarla ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Yerfistığında önemli fungal patojen *Sclerotium rolfsii* tarafından neden olunan kök çürüklüğüne karşı *Glomus fasciculatum*’un etkinliği ve bitki gelişimine etkileri araştırılmıştır. Yapılan saksı çalışmalarında, köklerde mikorizal kolonizasyonun %91 oranında gerçekleştiği ve mikorizal fungusun, patojen tarafından üretilen sklerot sayısında ve kök infeksiyon oranında bir azalma sonuçladığı görülmüştür. Ayrıca hastalığa karşı dayanıklılıkta, köklerdeki mikorizal kolonizasyondan kaynaklanan fenol yapısındaki bileşiklerin miktarında artış ortaya çıkmıştır. Mikorizal kolonizasyonun olduğu bitkilerde, kök ve sürgün ağırlığı kontrole göre sırasıyla %30 ve %60 oranında artarken, sadece patojen inokulasyonu yapılanlara göre, sürgün ve kök kuru ağırlığındaki artış daha fazla olmuştur (Krishna ve Bagyaraj, 1983).

Liu (1995), vesiküler-arbüsküler mikorizal fungusların pamukta *Veticillium solgunluğuna* etkilerini araştırmıştır. Bunun için *Glomus mosseae*, *Glomus versiforme* ve *Sclerocystis sinuosa* mikorizal fungus türlerinin pamuk bitkisinin gelişimine etkileri ve hastalığa karşı dayanıklılıktaki rolü incelenmiştir. Söz konusu mikorizal fungusların önceden kolonizasyonu ile fide gelişimindeki farklılıklar daha erken dönemlerde ortaya çıkmış ve bitki boyu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, yaprak alanı ve çiçeklenme, kontrol ve *Veticillium* uygulamalarına göre önemli derecede farklı bulunmuştur. Özellikle, patojen ve *G. versiforme*’nin aynı zamanda uygulandığı pamuk bitkilerinde, bitki boyunun sadece *Veticillium* uygulaması yapılan bitkilere oranla %31 oranında arttığı ve diğer gelişme parametreleri ile ilgili sonuçların da buna paralel olduğu belirtilmiştir. Kök hücrelerinin mikorizal funguslar

ve *V. dahliae* tarafından infeksiyonu ile ilgili yapılan mikroskopik çalışmalarda, aynı anda inokulasyon yapıldıkları zamanda, birbirlerinin infeksiyon oranlarını karşılıklı azalttıkları ve her ikisi arasında yaşamsal rekabet ve antagonistik ilişkinin olduğu bulunmuştur. Ancak, uygun koşullarda mikorizal kolonizasyon gerçekleştiği zamanda hastalık yoğunluğunun azaltıldığı bildirilmiştir. Mikorizal kolonizasyonun olduğu bitkilerde *Verticillium* solgunluğunun şiddeti, kontrol bitkilere oranla daha düşük olmuştur. Test edilen mikorizal türler arasında, *G. versiforme*'nin hastalığa dayanıklılıkta daha etkili olduğu ve *V. dahliae* inokulasyonu yapılmış bitkilerde hastalık yoğunluğu %43.3 iken sözkonusu mikorizal fungus uygulanan bitkilerde bu oranın %16.7 olduğu belirlenmiştir.

Matsubara ve ark. (1995), *Glomus etunicatum* ve *Gigaspora margarita* mikorizal fungus türlerinin patlıcan bitkisinin gelişimine ve toprak kökenli fungal patojen *Verticillium dahliae* üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bitkiler, *G. etunicatum* ve *G. margarita* için sırasıyla 1000 ve 100 spor/g inokulum oranında inokulasyonu ve kolonizasyonundan 4 hafta sonra, 50-100propagul.g⁻¹ toprak oranında *V. dahliae* ile bulaşık tarlaya şaşırtılmıştır. Şaşırtmadan 8 hafta sonra yapılan değerlendirmelerde, *G. etunicatum* ve *G. margarita* uygulamalarında sırasıyla bitki boyunun %27.2 ve %24.7, yaprak sayısının %28.9 ve %22.6 ve gövde çapının %9.4 ve %11 oranlarında arttığı gözlenmiştir. Patlıcan bitki köklerinde mikorizal fungus kolonizasyonu uygulamadan 10 hafta sonra *G. etunicatum* ve *G. margarita* için sırasıyla %48 ve %40.2 oranında olmuştur. VAM fungus inokulasyonu ile *V. dahliae*'nin hastalık görünümü kontrole oranla azalmış veya geciktirilmiştir. Bitkilerin tarlaya dikilmesinden 10 hafta sonra, kontrol bitkilerde *Verticillium* infeksiyon oranı %100'e ulaşırken bu bitkilerin %70'ten fazlasında solgunluk görülmüştür. *G. etunicatum*, *G. margarita*'ya oranla hastalık şiddetini daha etkili bir şekilde azaltmış ve hastalık şiddeti bu uygulamalar için sırasıyla %30 ve %45 oranında olmuştur.

Dugassa ve ark. (1996), *Glomus intraradices*'in ketende bitki gelişimine ve fungal patojenler *Fusarium oxysporum* f.sp. *lini* ve *Oidium lini* üzerine etkilerini fizyolojik ve biyokimyasal yöntemlerle araştırmışlardır. *G. intraradices*, farklı keten çeşitlerinde, sürgün taze ağırlığını %4-8 arasında değişen oranlarda arttırmıştır.

Mikorizal funguslarla kolonize olmuş bitkiler, *F. oxysporum* f.sp *lini*'ye karşı dayanıklılığı arttırmıştır. Bu etkinin mikorizal fungusun yüksek kök kolonizasyonu, sürgünlerdeki gibberellin ve oksin gibi fitohormonların ve köklerdeki etilenin konsantrasyonunda artış ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Ancak, mikorizal fungus uygulamasında, *Fusarium solgunluğunun* infeksiyon oranında dayanıklıdan duyarlı çeşitlere doğru bir artış görülmüştür. Buna karşın mikorizal fungus uygulaması yapılan bitkiler, sürgünlerde hastalık meydana getiren *O. lini*'ye karşı oldukça duyarlı olmuştur. *O. lini*'ye karşı duyarlılığın, mikorizal fungusların bitkinin sürgün taze ağırlığını, karbondioksit asimilasyonu ve sürgün uçlarındaki sukroz içeriğini arttırmasıyla ilişkili olabileceği öne sürülmüştür.

Norman ve ark. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, çilekte kök patojeni *Phytophthora fragaria*'ya karşı mikorizal fungusların dayanıklılıktaki rolü araştırılmıştır. Elsanta, Cambridge Favourite ve Rhapsody çilek çeşitlerinin *Glomus fasciculatum* ve *G. etunicatum* mikorizal funguslarının inokulasyonu sonrasında, köklerde %55-70 oranında kolonize oldukları belirlenmiştir. Ayrıca mikorizal kolonizasyon sonrasında bitkilerin sürgün ve kök kuru ağırlıkları artmıştır. Bu artış sürgün ve kök ağırlığı için sırasıyla %300 ve %200 oranında olmuştur. Patojen inokulasyonları yapılan bitkilerdeki değerlendirmeler sonrasında, Cambridge Favourite ve Elsanta çeşitlerinde bu mikorizal fungusların kök nekrozlarını sırasıyla %60 ve %30 oranında azalttıkları belirlenmiştir.

Domateste toprak kökenli bir patojen *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* ile arbüsküler mikorizal fungus *Glomus mosseae*'nin interaksiyonu ile ilgili yapılan bir çalışmada, farklı iki fosfor düzeyinde (32 ve 96µM konsantrasyonlar) hastalık dinamiği incelenmiştir. *G. mosseae*'nin hastalık tarafından oluşturulan kök nekrozlarını önemli düzeyde azalttığı bildirilmiştir. Özellikle, yan köklerdeki nekrozları ve kök uçlarındaki nekrotik alanları kontrole kıyasla %63-89 oranında azaltmıştır (Trotta ve ark., 1996).

Bodker ve ark. (1998), arbüsküler mikorizal fungus *Glomus intraradices* ve inorganik fosfat uygulamalarının, bezelyede *Aphanomyces euteiches* tarafından neden olunan kök çürüklüğü üzerine etkilerini incelemiştir. *G. intraradices* bitkinin fosfor alımını ve bitki içerisindeki fosfor düzeyini attırmıştır. Mikorizal fungus-

fosfor düzeyi-kök ile epikotildeki hastalık şiddeti ve etmenin infekteli kök dokularındaki oospor sayısı arasında ilişki olduğu belirlenmiştir. Yüksek düzeyde fosfor uygulamasının hastalık şiddetini arttırdığı, bu etkinin aynı anda mikorizal fungus ve yüksek oranda fosfor uygulamasında da farklı olmadığı gözlenmiştir. Ancak epikotildeki enfeksiyonlarda fosfor düzeyinin bir etkisi olmamıştır. Köklerdeki patojen aktivitesinin ölçülmesi amacıyla, *A. euteiches*'e spesifik glukoz-6-fosfat-dehidrogenaz densitometri ve polyacrylamide jel elektroforez analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, yüksek düzeyde fosfor uygulanmış bitkiler hariç, enzim aktivitesinin hastalık şiddeti ve yoğunluğuyla arttığı ve mikorizal bitkilerin epikotilinde bitkilerin bu kısmı mikorizal olmamasına rağmen hastalık şiddetinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Dolayısıyla teşvik edilmiş sistemik bir faktörün mikorizal bitkilerde dayanıklılığın artmasından sorumlu olabileceğine dikkat çekilmiştir.

Demir (1998) tarafından, *Glomus intraradices*'in ayçiçeği, buğday, domates, kavun, patlıcan ve tütün olmak üzere altı farklı kültür bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı gibi morfolojik ve klorofil miktarı, yeşil aksamdaki şeker miktarı ve mikrobesein elementi içeriği gibi fizyolojik kriterler gözününe alınarak bitki gelişimine etkileri araştırılmıştır. Bunun yanında, *G. intraradices*'in patlıcan-*Verticillium dahliae* ile kavun-*Macrophomina phaseolina* patosistemlerinde hastalık üzerine etkileri incelenmiştir. En yüksek mikorizal fungus kolonizasyon oranı tütün (%63.5) ve patlıcanda (%51,2) belirlenmiştir. *G. intraradices*, patlıcan, kavun ve tütünde bitkilerinin gelişimini önemli düzeyde teşvik etmiştir. Özellikle, patlıcan ve kavunda boy ortalaması farkları kontrole oranla sırasıyla 22 ve 9.9cm olmuştur. *G. intraradices*, patlıcanda *V. dahliae* ve kavunda *M. phaseolina*'nın hastalık şiddetini sırasıyla %41 ve %58 oranında azaltmış ve patojenlerin inokulum oluşturma yeteneklerini sınırlandırmıştır.

Rabie (1998), *Rhizobium leguminosarum* ve mikorizal fungus *Glomus mosseae*'nin birlikte inokulasyonu ile baklada çukolata leke hastalığı etmeni *Botrytis fabae*'ya karşı dayanıklılıktaki rolleri ve bitki gelişimine etkilerini çalışmıştır. Yapılan saksı çalışmalarında, bakla tohumları *Rhizobium* ile inokule edilmiş ve daha sonra mikorizal fungus ile %70 kolonizasyonun sağlandığı taze soğan kökleri ekim

ile birlikte uygulanmıştır. *G. mosseae* ve *R. leguminosarum*'un tek veya birlikte uygulamaları, hastalık inokulasyonu yapılan ve yapılmayan koşullarda, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi teşvik edebilmiştir. En yüksek bitki boyu, ikili inokulasyon yapılan bitkilerde görülmüş ve bu değer kontrol bitkilere oranla %11 dolaylarında artmıştır. Bitkilerde maksimum taze ve kuru ağırlık değerleri, iki simbiyontun birlikte uygulandığı, hastalık inokulasyonu yapılan veya yapılmayan bitkilerden elde edilmiştir. Ancak sadece mikorizal fungus uygulanan bitkilerde, hastalık inokulasyonu yapılmayanlara göre daha yüksek sürgün kuru ağırlığına sahip olmuş ve kontrole oranla %45.1 oranında artmıştır. Bakla bitkilerinin büyüme oranı ve canlılığı, mikorizal kolonizasyona bağımlılık göstermiştir. Her iki simbiyontun uygulaması hastalık şiddetinde de azalmaya neden olmuştur. Sadece patojen uygulaması yapılan bitkilerde hastalık şiddeti %83 iken, *G. mosseae*, *R. leguminosarum* ve *G. mosseae*+*R. leguminosarum* uygulamalarında hastalık şiddeti sırasıyla %69.8, %32.3 ve %19.2 olarak bulunmuştur. Hastalığa dayanıklılığın mekanizmasının araştırılması amacıyla, uygulama yapılan bitkilerde toplam fenolik asitlerin ekstraksiyonu ve spektrofotometrik analizleri sonucunda, sadece patojen uygulanan bitkilerde toplam fenolik asit içeriği %6.9 olarak bulunurken, ikili simbiyont uygulaması ve aynı zamanda hastalık inokulasyonu yapılan bitkilerde bu oranın yüksek bir artışla %30.5'e ulaştığı bildirilmiştir.

Pozo ve ark. (1999), domateste, *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* mikorizal fungus türleri ve *Phthophthora parasitica* inokulasyonu sonucu köklerdeki β -1,3 glukanaz aktivitesi ve hastalık kontrolündeki rolünü araştırmışlardır. Her iki mikorizal fungusun test bitkisinde 4 haftalık kolonizasyon süresinden sonra, mikorizalı ve mikorizasız fidelere patojen inokule edilmiş ve β -1,3 glukanaz aktivitesinin belirlenmesi için polyacrylamide jel elektroforez analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, özellikle *G. mosseae* ile kolonize olmuş domates kökleri ekstraktlarında β -1,3 glukanazın iki asidik formu bulunduğu ancak *G. intraradices*'te böyle bir durum görülmediği belirlenmiştir. Ayrıca *G. mosseae* ve *P. parasitica*'nın birlikte yapıldığı uygulamalarda bu enzim aktivitesinin çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu uygulamada hastalık indeks değerinin kontrole göre

düşük olması, bu enzim aktivitesinin dayanıklılıkta rolü olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir.

Arbusküler mikorizal fungus *Glomus clarum*'un sera koşullarında *Rhizoctonia solani* tarafından neden olunan bezelye kök çürüklüğünün gelişimine etkisi araştırılmıştır. VAM fungus tarafından inokule edilen bitkilerde, patojen tarafından oluşturulan kök nekrozları ve sklerot sayısı önemli düzeyde azaltılmıştır. Ancak, patojen de mikorizal fungusun köklerdeki kolonizasyonunu düşük düzeyde azaltmıştır. Bezelye bitkilerinde, VAM fungus inokulasyonu ile fosfor ve diğer besin elementlerinin alımında bir artış sonucu, yaprak sayısı, sürgün uzunluğu, sürgün kuru ağırlığında kontrole oranla önemli düzeyde artış sağladığı bildirilmiştir (Abdel-Fattah ve Shabana, 2002).

Karagiannidis ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, domates ve patlıcan fidelerinde *Glomus mosseae*'nın kök kolonizasyonu, bitki gelişimi ve *Verticillium dahliae* tarafından neden olunan solgunluk hastalığına karşı etkinliği araştırılmıştır. *Glomus mosseae* tarafından kök kolonizasyonu patlıcanda domatese göre daha fazla olmuş ve bu oranlar sırasıyla %66 ve %49 olarak belirlenmiştir. Mikoriza uygulamaları, domates bitkisinin sürgün ve taze kuru ağırlığını ve ortalama bitki boyunu kontrolle kıyaslandığında sırasıyla %96, %114 ve %21 oranlarında arttırmıştır. Bu değerlerdeki artış, patlıcan bitkisi için sırasıyla %114, %104 ve %30 oranında olmuştur. Buna karşın, *Verticillium* infeksiyonu, domates ve patlıcan bitkilerinde sürgün taze ve kuru ağırlıkta ve bitki boyunda önemli düzeyde azalma sonuçlamıştır. Bunun yanısıra, mikorizal fungus özellikle fosfor ve azot olmak üzere diğer mikrobese elementlerinin alımını arttırmıştır. Domates ve patlıcanda, mikorizal fungusun yararlı etkilerinden dolayı *Verticillium* solgunluğunun bitkilerde hastalık oluşturmalarını azalttığı bildirilmiştir.

Bir tıbbi bitki olan Makandi (*Coleus forskohlii*)'de toprak kökenli patojen *Fusarium chlamydosporium* tarafından oluşturulan *Fusarium* solgunluğuna karşı *Glomus mosseae*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Trichoderma viride* biokontrol etmenlerinin etkinliği araştırılmıştır (Boby ve Bagyaraj, 2003). Tarla koşullarında yapılan denemelerde biyolojik kontrol etmenleri tek ya da kombinasyon halinde bitkilere uygulanmıştır. Tek ya da kombinasyon halinde yapılan tüm uygulamalar

kontrol bitkilere oranla bitki gelişiminde artışa neden olmuş; ancak, *T. viride*+ *G. mosseae* uygulaması bitkilerde maksimum gelişme ve daha iyi verim sonuçlamıştır. Ayrıca kök bünyesinde bulunan ve tıp alanında kullanılan bir alkaloid olan forskolin konsantrasyonunda da artış meydana gelmiştir. Bu uygulamada bitki boyu kontrole oranla %48.1 oranında artmış, ancak sadece *T. viride* veya sadece *G. mosseae* uygulamasında bu artış sırasıyla %33.7 ve %21 oranında olmuştur. Aynı zamanda *T. viride*+*G. mosseae* kombinasyonu bu hastalığın kontrolünde en iyi sonucu vermiştir. Patojen uygulamasında hastalık şiddeti %85.5 olarak bulunurken bu uygulamada %33.28 oranında olmuştur.

2.2.Dayanıklılığın Teşviki İle İlgili Çalışmalar

Agrios (1997)'a göre dayanıklılık, bitkiler de dahil olmak üzere pekçok organizmanın bir patojen veya diğer zarar verici faktörlerin etkisine bir derece veya tamamen karşı koyması veya bunun üstesinden gelebilmesidir. Doğada, bitkiler de yaşamlarını tehdit eden pekçok mikroorganizmanın saldırısıyla yüzyüze canlılıklarını sürdürürler. Aynı zamanda mikroorganizmalar, bitkileri besin kaynağı olarak kullanırken bazı savunma tepkilerinin de ortaya çıkmasına neden olurlar. Söz konusu savunma tepkileri içerisinde fiziksel ve biyokimyasal birtakım mekanizmalar rol oynamaktadır.

Bazı bitki-patojen interaksiyonlarında konukçu, patojenin gelişmesi ve çoğalması için uygun olmayabilir. Bunun yanı sıra, kütikula ve hücre duvarının kalın olması gibi faktörler nedeniyle patojen konukçuda çoğalamaz. Dolayısıyla uyumsuz bir interaksiyon söz konusu olduğundan veya patojenin bitkiyi tanınamasından kaynaklanan nedenlerden hastalık oluşumu meydana gelmez (Mansfield, 1990). Uyumlu bitki-patojen interaksiyonlarında ise patojen bitkiyi infekte ettiği zamanda, enfeksiyon sonrasında oluşturulan birtakım fiziksel engellerle bitki tarafından patojenin çoğalması engellenebilir. Bunlar penetrasyon noktasında oluşturulan mantar tabakası, iletim demetleri içerisinde oluşturulan tilloz veya patojen hifi çevresinde lignin birikimiyle gerçekleşen lignifikasyon şeklinde açıklanır (Isaac, 1992).

Bitkilerde fiziksel dayanıklılık mekanizmaları dışında biyokimyasal bir takım faktörler de dayanıklılıkta rol oynayabilir. Bitkilerde, önceden oluşan fenolik yapıda olan veya olmayan, patojen gelişmesini inhibe edici özellikte bileşikler bulunmaktadır. Bunun yanısıra yaralanmaya veya herhangi bir enfeksiyona maruz kalan bitkilerde, tepki sonucu fenolik yapıdaki biyokimyasal inhibitörler hızla sentezlenir ve bunlar bitki içerisinde fungal gelişmeyi inhibe edici yeterli konsantrasyonda bulunabilirler (Vidhyasekaran, 1992).

Dayanıklılığın bir çeşidi de konukçu bitki hücresinde gözlenen ve dayanıklılıkla ilişkili olan hipersensitif reaksiyonlardır. Bu, konukçu bitki tarafından enfeksiyonun tanınması sonucunda uyumsuz interaksiyonlarda oluşan konukçu hücrelerin hızla ölümüdür. Hipersensitif reaksiyonların konukçu dayanıklılığında önemli bir mekanizma olduğu bilinmektedir (Kombrinck ve Schmelzer, 2001).

Bitki savunmasında, diğer bir mekanizma da fitoaleksinin adı verilen düşük moleküler ağırlığa sahip olan antimikrobiyal bileşiklerin üretimidir. Çok sayıda bitki familyasına ait türlerin, kalitatif veya kantitatif yapıda fitoaleksinin üretme yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir. Bunlar bitkilerde fungus, bakteri ve nematodlara karşı büyümeyi ve gelişmeyi engelleyici veya inhibe edici etkiye sahiptirler (Croteau ve ark., 2000).

Bitki savunmasında oluşan diğer olaylardan birisi, patojenite ile ilgili proteinlerin (PR) birikimidir. PR proteinler patolojik veya benzeri durumlarda teşvik edilen bitki proteinleri olarak tanımlanırlar. PR proteinler en az dokuz bitki familyasında tanımlanmıştır. Bu familyalar içerisinde özellikle tütün ve domatestte bu proteinler çok iyi karakterize edilmişlerdir. PR proteinler 4 ayrı sınıfa ayrılmış olup bunlar Kitinaz (PR-3, -4, -8 ve -11), β -1,3-glukanaz (PR-2), proteinaz inhibitörleri (PR-6) ve peroksidaz (PR-9)'dır (Van Loon, 1997). Bunlar arasında en iyi tanımlanmış olanlar Kitinaz ve β -1,3-glukanaz olmakla beraber bu enzimlerin substratı olan kitin ve glukan, funguslarda hücre duvarının ana materyalini oluşturmaktadır (Ryan, 1987). PR proteinler, doğrudan patojenin hücre duvarını yıkarak veya dolaylı yolla patojen hücre duvarlarının yıkım ürünleri olan oligomerler diğer savunma mekanizmalarının aktivasyonu için sinyal görevi yaparak bitki savunmasında rol oynarlar (Mauch ve ark., 1988a).

Tüm bu mekanizmalar birlikte irdelendiği zamanda, hastalığa karşı dayanıklılığın bir bitkide teşvik edici bir etmenin aktivitesi sonucunda meydana gelen bir olay olduğu görülmektedir. O halde bitkilerde hastalığa karşı dayanıklılığın teşviki biyotik ve abiyotik teşvik edici etmenler tarafından aktive edilen konukçu bitkideki fiziksel ve kimyasal engeller olarak tanımlanabilir (Van Loon, 1997).

Dayanıklılığın teşviki, bitkide infeksiyon bölgesinde lokal olarak veya başlangıç infeksiyonunun bulunduğu yerden uzak bölgelerde sistemik olarak ortaya çıkabilir. 1901 yılında, Beauverie ve Ray adlı araştırmacılar, patojen infeksiyonlarına bağlı olarak daha sonraki patojen saldırılarına karşı teşvik edilebilir bir dayanıklılığın gelişebileceğini öne sürmüşlerdir. Daha sonra 1930'lu yıllarda, Carbon ve Arnaud, Chester ve Gaumann adlı araştırmacılar tarafından, bitkilerde potansiyel olarak patojenlere karşı lokal ve sistemik tepkilerin ortaya konulması ile ilgili bu hipotezi tanımlayıcı ilk çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda elde edilen sonuçlardan patojen ile infekteli yapraklardan sinyallerin üretilmesi ve bunun savunma reaksiyonlarının teşvik edileceği yerde veya bitkilerin diğer kısımlarına taşınarak dayanıklılığın teşvik edildiği ortaya konmuştur. Bu çalışmalardan sonra, patojen tarafından teşvik edilmiş dayanıklılığın farklı fenomenleri ortaya atılmıştır. Bunlardan birisi günümüzde teşvik edilmiş sistemik dayanıklılık veya benzer anlamda kullanılan sistemik kazanılmış dayanıklılıktır. Sistemik kazanılmış dayanıklılık, bitkilerde başlangıç infeksiyonundan sonra genel dayanıklılık durumunun kazanılma yeteneğidir ve geniş spektrumlu hastalık dayanıklılığıdır. Bu konu ile ilgili hazırlanmış olan derlemelerde, bitkilerde sistemik dayanıklılığın teşvikinin ilk kez 1961'de Ross tarafından gözlemlendiği ifade edilmektedir. Bu araştırmacı, tütün mozayik virüsü ile tütün bitkilerinin inokulasyonu ile alt yapraklarda nekrotik lezyonların gelişmesinden sonra bitkilerin üst yapraklarında dayanıklılığın teşvik edildiğini gözlemiştir (Conrath ve ark., 2001; Metreux ve ark., 2002). Daha sonraki yıllarda, biyotik ve abiyotik elisitörler kullanılarak, teşvik edilmiş dayanıklılıkla ilgili yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır.

Bitkilerde patojenlere karşı dayanıklılığın teşvikinde bakteri ve fungus hücre duvarı fragmentleri, ölü spor kültürü ve patojenik olmayan ırklar gibi biyotik; UV,

ağır metaller, herbisitler, etilen ve diğer kimyasallar gibi abiyotik elisitörler kullanılmaktadır (Dempsey ve Klessig, 1995; Yang ve ark., 1997).

Teşvik edilmiş dayanıklılığın abiyotik teşvik edicileri arasında en yoğun olarak çalışılanlar kimyasallardır. Bu kimyasallar arasında en önemlileri butirik asit izomerleri, salisilik asit, metil jasmonate ve sistemindir. Sistemik kazanılmış dayanıklılığın ortaya çıkmasında bitkideki savunma ağlarını aktive eden ve dayanıklılığın biyolojik aktivasyonunun tümünü ya da bir kısmını taklit eden birçok kimyasalın bu savunma noktalarında rol oynadığı görülmektedir (Dempsey ve Klessig, 1995).

Basit kimyasal yapılara sahip olan aminobutirik asit izomerleri, dayanıklılığı teşvik edici olarak önemlidir. DL-3-amino-n-butirik asit (BABA), DL-2-amino-n-butirik asit (AABA) ve 4-amino-n butirik asit (GABA) izomerleri arasında, özellikle BABA bitkilerde fungal patojenlere karşı dayanıklılığı teşvik etmede özel bir yere sahiptir (Jakab ve ark., 2001).

Butirik asit izomerlerinin dayanıklılığı teşvik edici özelliği ile ilgili yapılan çalışmalar uzun yıllar öncesine dayanır. Papavizas (1964), sera koşullarında bezelyede *Aphanomyces euteiches*'e karşı dayanıklılıkta ve patojene karşı bu bitkilerin korunmasında BABA'nın rolünü araştırmıştır. Serada testlenen 10 amino bileşik ve ilgili substantlardan, DL-β-amino butirik asit ve DL-metil-β-aspartik asit sera koşullarında bezelyede kök çürüklüğü şiddetini etkili bir şekilde azaltmıştır. Bu kimyasallar, patojenle inokulasyondan 3 gün önce toprağa sulama suyu şeklinde 100ppm konsantrasyonda uygulandığında en yüksek aktiviteyi göstermiştir. Bu iki kimyasalın patojen üzerine doğrudan aktivite göstermediği, fakat hastalık belirtilerinin ortaya çıkmasının engellendiği bildirilmiştir.

Janjun ve ark. (1996), pamuk bitkisinde *Verticillium solgunluğu* ve domates bitkisinde *Fusarium solgunluğuna* karşı 3-aminobutirik asit (3-ABA) ve metil jasmonat (MeJA)'ın etkinliğini test etmişlerdir. Yapılan saksı çalışmasında, her iki kimyasalın 50ml/saksı oranındaki konsantrasyonları uygulanmış ve 3 gün sonra patojen inokulasyonları yapılmıştır. Pamuk bitkisinde 1000µgml⁻¹ konsantrasyonda 3-ABA ve 50µgml⁻¹ MeJA'nın kök uygulaması ve domateste 3-ABA uygulaması *Verticillium dahliae*'nin meydana getirdiği solgunluk belirtilerini ve *Fusarium*

oxysporum f.sp *lycopersici*'nin neden olduğu iletim demetlerindeki renk değişimlerini azaltmıştır ve hastalık şiddetini azaltmada %90'ın üzerinde bir etki göstermişlerdir. Her iki bileşik in vitro'da sözkonusu patojenlerin miseliyal gelişimlerini inhibe etmemiştir, ancak bitkiye uygulandıklarında sistemik dayanıklılığı teşvik etmişlerdir.

Tosi ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, DL-β-amino-n-bütirik asit (BABA) uygulanan ayçiçeği bitkilerinde mildiyö etmeni *Plasmopara helianthi*'ye karşı bir koruma sağlandığı ortaya konulmuştur. İnokulasyondan 1 gün önce toprağa 150-200mg/kg toprak oranında BABA uygulandığında %80-83 oranda koruma sağlanırken, 300mg/kg toprak BABA uygulaması ise %90'dan daha yüksek bir oranda etki göstermiştir. Ancak bu konsantrasyonda fitotoksite gözlenmiştir. Bu bileşik inokulasyondan 1 gün sonra uygulandığında da koruyucu bir etki göstermiştir.

Tosi ve Zazzerini (2000) tarafından yapılan diğer bir çalışmada da ayçiçeği mildiyösü *Plasmopara helianthi*'ye karşı *Glomus mosseae* (GM), DL-β-amino-n-bütirik asit (BABA) ve acibenzolar-S-metil (ASM)'nin etkinliği değerlendirilmiştir. BABA ve ASM, mikorizal bitkilere 50 ve 100mgkg⁻¹ toprak konsantrasyonlarında patojen inokulasyonundan 1 ve 3 gün önce toprağa uygulanmış ve sonuçta %50-55 oranında bir korunma sağlanmıştır. Ancak patojen inokulasyonundan 1 gün önce BABA ve ASM'in sırasıyla 4000 ve 200µgml⁻¹ konsantrasyonların yapraklara püskürtme şeklinde uygulanması ayçiçeği mildiyösünün yaprak infeksiyonlarını %80 oranında engellemiştir.

Pajot ve ark. (2001), DL-β-amino bütirik asit (BABA)'in marulda mildiyö etmeni *Bremia lactucae*'ye karşı etkinliğini araştırmışlardır. 0-10mM konsantrasyonlarda BABA, patojen inokulasyonundan 1-3 gün sonra yapraklara püskürtülmüş ve 10mM BABA konsantrasyonu mildiyöye karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ederek tamamen bir koruma sağlamada yeterli olmuştur.

Graminea familyasına ait *Pennisetum glaucum*'da Oomycet fungus *Sclerospora graminicola*'nın neden olduğu mildiyöye karşı β-amino bütirik asit (BABA)'in tohum ve fide uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. BABA'in 6 saat süreyle 50mM konsantrasyonda tohum uygulaması olarak yapılması, maksimum fide canlılığı ve kontrole kıyasla %75 düzeyinde bir koruma sağlanmıştır. BABA uygulanan

tohumlardan meydana gelen bitkilerde dayanıklılığın teşvikinin süresi de belirlenmeye çalışılmıştır. Bitkilere ikinci inokulasyondan sonra, kontrol bitkilerde hastalık şiddeti %71-76 düzeyinde bulunurken, BABA uygulanmış bitkilerde hastalık şiddeti %10-12 dolaylarında olmuştur. Elde edilen sonuçlardan dayanıklılığın süreklilik gösterdiği bildirilmiştir (Shailasree ve ark., 2001).

Salisilik Asit birçok bitkide doğal olarak oluşan fenolik yapıda olan sekonder metabolitlerdendir (Raskin, 1992). Günümüzde bu tür fenolik bileşiklerin bitki büyümesini ve gelişimini teşvik etmede ve bitkilerin diğer organizmalarla interaksiyonunda önemli bir rol oynadıkları bilinmektedir. Bitkide salisilik asit biyokimyasal yolu, patojen saldırılarına karşı doğal biyolojik savunma tepkisi olan sistemik kazanılmış dayanıklılığı teşvik eder. Salisilik Asit bitki içerisinde şimik asit yolu ve β -oksidasyon yoluyla meydana gelen önemli bir endogen mesajdır ve patojene karşı koruyucu dayanıklılıkta rol oynayan önemli elementleri aktive eder. Bitkiye dışardan salisilik asit uygulaması da bitkilerdeki dayanıklılığı ve özellikle patojenite ile ilgili proteinleri ve bunun yanında fitoaleksinin adı verilen antimikrobiyal bileşiklerin üretimini teşvik eder. Salisilatların koruyucu fonksiyonlarının keşfi 1979'da tütün mozayik virüs hastalığına karşı tütünde uygulanmaları sonucunda, hipersensitif reaksiyonların gözlenmesiyle ortaya çıkmıştır (Malamy ve Klessig, 1992; Metreux, 2001).

Okey ve Sreenivasan (1996), kakaoda *Phytophthora palmivora*'ya karşı Salisilik Asit (SA) uygulamalarının sistemik dayanıklılıktaki rolünü araştırmışlardır. SA'nın 3 mM tohum, bitkiye püskürtme ve toprağa uygulanması, kakaoda sistemik dayanıklılığı teşvik etmiştir. Bu konsantrasyondaki uygulamalar yapraktaki lezyon oranını, yaprak uygulamasında %36.9, toprak uygulamasında %42.8 ve tohum uygulamasında %62.9 oranında azaltmıştır. Tohum uygulamalarının en etkili olduğu belirlenmiştir.

Manandhar ve ark. (1998), Salisilik Asit (SA)'ın sera ve tarla koşullarında *Pyricularia oryzae* tarafından neden olunan çeltikte yanıklığına karşı etkinliğini araştırmışlardır. SA, sera koşullarında, toprağa uygulandığı zamanda sistemik dayanıklılığı teşvik ederek hastalık şiddetini %47 oranında azaltmıştır. Aynı zamanda SA'nın yaprak püskürtmeleri de yanıklık hastalığına karşı benzer etkiyi

göstermiştir. Tarla koşullarında da bitkilere en az 2 yaprak uygulamasının hastalık şiddetini azaltmada etkili olduğu gözlenmiştir.

Tosi ve ark. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, ayçiçeği bitkilerine uygulanan Salisilik Asit (SA), DL- β -amino-n-butirik asit (BABA) ve benzothiadiazole (BTH) bitki aktivatörlerinin sistemik dayanıklılıktaki rolünü araştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, SA ve BTH yaprak uygulamalarından 1 ve 4 gün sonra, bu konukçu-patojen sisteminde 8 ayrı patojenite ile ilgili proteinleri (PR) teşvik ettiğini ortaya koymuşlardır. Bunlardan PR1 ve PR5 serolojik olarak bütün PR proteinleri ile ilişkili bulunmuştur. Ayrıca, BTH'ın toprağa sulama suyu şeklinde uygulaması da PR5 proteinin üretimini teşvik etmiştir.

Sistemik kazanılmış dayanıklılığın biyolojik aktivasyonunda iki kimyasal sınıfı önemli rol oynamaktadır. Bunlar 2,6-dichloroisonicotinic asit (INA) ve türevleri ile benzo-(1,2,3) thiadiazole (BTH) türevleridir. BTH grubu içerisinde benzo(1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl-ester yani Acibenzolar-S-Methyl (ASM) önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle ASM içerikli kimyasallardan ticari olarak da birkaç bitki aktivatörü bulunmaktadır ve salisilik asitin sentetik analogları olarak üretilmiştir (Novartis Crop Protection AG). Bunlardan özellikle BION, ACTIGARD 50WG ve BOOST ticari olarak kullanılan ve bitkilerde bakteriyel ve fungal hastalıklara karşı uygulanan önemli bitki aktivatörleridir. Bu bileşiklerin in vitro'da genel olarak patojenin gelişimi üzerinde herhangi bir etki göstermedikleri ancak bitkiye uygulandıklarında dayanıklılığı teşvik ettiği bildirilmiştir (Oostendorp ve ark., 2001). Bitki aktivatörü içeren bu ürünler, suda ıslanabilir granül (WG) olarak formüle edilmişlerdir. Bitki aktivatörleri, bitkilerde sistemik kazanılmış dayanıklılığı aktive eder. Yapılan çalışmalarda, bitki aktivatörlerinin salisilik asit ve fonksiyonel analoglarının bitki içerisinde sahip olduğu role benzer aktivite gösterdikleri ortaya konulmuştur.

Acibenzolar-S-metil (ASM)'in ayçiçeğinde mildiyö etmeni *Plasmopara helianthii*'ye karşı toprak ve yaprağa püskürtme şeklinde uygulamalarının bitkide dayanıklılığı teşvik ettiği bildirilmiştir (Tosi ve ark., 1999). Patojen inokulasyonundan 3 gün önce, 150 ve 200mg/kg toprak dozda toprağa uygulanan ASM, mildiyöye karşı %80-82 oranında koruma sağlamıştır. En yüksek

konsantrasyon olan 300mg/kg toprak uygulaması yaklaşık %90 oranında koruma sağlamış ancak bu dozda bitkilerde fitotoksite gözlenmiştir. Bu bileşik inokulasyondan bir gün önce veya sonra uygulandığında mildiyöye karşı %69 oranında korunma sağlanmıştır. Bu bileşiğin metalaxyl ile kombinasyonu düşük dozda tohumla uygulandığı zamanda da yüksek oranda bir korunma sağlamış, ancak sadece bitkilere metalaxyl uygulamasından farklı bulunmamıştır. ASM'in yaprak uygulamalarının da yaprak infeksiyonlarını %60 oranında engellediği bildirilmiştir.

Godard ve ark. (1999) tarafından da karnabaharda mildiyö etmeni *Peronospora parasitica*'ya karşı benzothiadiazole (BTH)'un dayanıklılıktaki rolü araştırılmıştır. BTH, 0.0015-0.25mg a.m/ml arasındaki konsantrasyonlarda fidelere püskürtülmüş ve uygulamalardan 4 gün sonra *P. parasitica*'nın dondurulmuş veya taze sporları ile inokulasyon yapılmıştır. İnokulasyondan 7 gün sonra yapılan değerlendirmelerde, BTH'ın dondurulmuş konidi inokulasyonu yapılan bitkilerde, 0.075 ve 0.25mg a.m/ml konsantrasyonları hastalığa karşı dayanıklılığı, sırasıyla %88 ve %87 oranında teşvik etmiştir.

Ishii ve ark. (1999) acibenzolar-S-methyl (ASM)'in bazı bitkilerde fungal hastalıklara karşı antifungal etkisini araştırmışlardır. Fungal etmenler hıyarda *Cladosporium cucumerinum*, *Colletotrichum lagenarium*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* ve *Corynespora cassiicola*; armutta *Venturia nashicola*, *Alternaria alternata* Japon armut patotipi ve *Gymnosporangium asiaticum*; bağda *Botrytis cinerea* ve kavunda *Didymella bryoniae* şeklinde belirlenmiştir. ASM, test edilen tüm fungal etmenlerinin vitro'da, miseliyal gelişmelerini veya konidial çimlenmesini inhibe etmemiştir. Sadece kavunda *D. bryoniae* izolatu bu bileşiğe duyarlılık göstermiştir. Saksı çalışmalarında, ASM, 100 µg.ml⁻¹ konsantrasyonda, hıyarda *C. lagenarium* ve *C. cucumerinum*; armutta *G. asiaticum*'u yeterli düzeyde (%75.9) kontrol edebilmiştir; ancak hıyarda *Fusarium solgunluğuna* karşı bir etkisi olmamıştır. Arazi koşullarında yapılan çalışmalarda da armutta *Gymnosporangium asiaticum* ve *Venturia nashicola*'ya karşı etkili olmuştur.

Acibenzolar-S-methyl (ASM)'in armutta ateş yanıklığı *Erwinia amylovora*'ya karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ettiği bildirilmiştir. ASM'nin, 100 ve 200mg/l a.m konsantrasyonlarda yapay inokulasyondan önce uygulanmasının Golden Delicious

fidanlarında koruma sağladığı belirlenmiştir. Serada bulunan fidanlarda ve bahçedeki ağaçlarda hastalığa karşı koruma düzeyi yaklaşık %69 ve %50 oranında bulunmuştur. Elma fidanlarındaki korumanın ise enzim aktiviteleriyle ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, peroksidaz ve β -1,3-glukanaz enzimlerinin aktivasyonu ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle β -1,3-glukanazın uygulama görmüş yapraklarda lokal olarak ve uygulama görmemiş üst yapraklarda sistemik olarak varlığı belirlenmiştir. Sonuçlar, armutta ateş yanıklığına karşı savunmayla ilgili bileşikleri artırarak sistemik dayanıklılığı teşvik ettiğini göstermiştir (Brisset ve ark., 2000).

Terry ve Joyce (2000), Acibenzolar'ın çilekte önemli hasat sonrası hastalıklardan birisi olan *Botrytis cinerea*'ya karşı etkisini depolama koşullarında araştırmışlardır. Bu kimyasal, aktif madde olarak çilek meyvelerine 0.25-2.0mg.l.⁻¹ konsantrasyonlarda uygulandığında, 5°C'de depolanan çilek meyvelerinde *B. cinerea*'nın gelişimini 2 gün geciktirdiğini saptamış ve bu iki gün gecikmenin de meyvenin depolama ömrünün %15-20 dolaylarında bir artış anlamına geldiğini bildirmişlerdir. Bu bulgu ile acibenzoların, ticari olarak hasat sonrasında hastalıklar için kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Matheron ve Porchas (2002), ASM'in biberde *Phytophthora capsici* tarafından neden olunan kök ve kökboğazı yanıklığına karşı kullanılan ve özellikle bazı izolatların dayanıklılık kazandığı belirlenmiş olan Mefenoxam adlı fungisite alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya koyan bir çalışma yapmışlardır. ASM'in 75µg/ml dozda 4 yaprak uygulamasından sonra, özellikle Bell Tower ve AZ-9 biber çeşitlerinde, kökboğazı yanıklığını önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. Bu iki biber çeşidinde kökboğazı yanıklığı, 4 uygulamadan sonra 1 ve 5. haftalarda sırasıyla %93.2, 97.2 ve %87.4, 92.4 oranlarında azalmıştır.

Biberde bakteriyel leke hastalığı etmeni *Xanthomonas compestris* pv. *vesicatoria*'ya karşı ASM uygulamalarının etkisi saksı ve tarla koşullarında denenmiştir (Buonaurio ve ark., 2002). Saksı çalışmalarında, ASM'nin 300µM konsantrasyonda uygulanması %80-93 oranında bir koruma sağlarken, biberde bu hastalığa karşı dayanıklılığı lokal ve sistemik olarak teşvik ettiği belirlenmiştir. Arazi

koşullarında ise, ASM+bakırhidroksit karışımının ($2.5+40\text{g hl}^{-1}$ a.m) 8-12 günde bir 6-7 kez püskürtülmesinin en yüksek etkiyle %67 oranında koruma sağlamıştır.

Suo ve Leung (2002), ASM'in $50\mu\text{M}$ konsantrasyonunun gülde kara leke hastalığı etmeni *Diplocarpon rosae*'ya karşı yüksek oranda bir koruma sağladığını ve polyacrylamide jel elektroforezi çalışmalarıyla bu dayanıklılığın bir dizi ekstrasellüler proteinlerin (PR-1, -2, -3 ve -5) teşviki ve birikimiyle ilgili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Smith-Becker ve ark. (2003) ASM'nin kavunda fungal patojen *Colletotrichum lagenarium* ve hıyar mozayik virüsüne karşı sistemik kazanılmış dayanıklılık yoluyla koruma sağladığını bildirmişlerdir. ASM, sera ve tarlada yetiştirilen fiderlerde, sistemik kazanılmış dayanıklılıkta marker protein olan kitinazın sistemik birikimini teşvik etmiştir. ASM'nin 50 veya $100\mu\text{g/ml}$ konsantrasyonları fungal patojene karşı tam bir koruma sağlamış ve sera koşullarında hıyar mozayik virüsünün yayılmasını etkili bir şekilde geciktirmiştir.

Fosfat, silikat ve okzalit gibi farklı tuzların lokal olarak bitkilere uygulanmasının bazı patojenlere karşı dayanıklılığı sistemik olarak teşvik ettiği rapor edilmiştir (Mucharromah ve Kuc, 1991; Sticher ve ark, 1997). Aktivasyon genellikle uygulama noktasında lezyon benzeri doku zararlanması olduğunda en yüksek olmuştur. Bu kimyasalların bitkide lokal lezyonları teşvik ederek biyolojik olarak sistemik kazanılmış dayanıklılığı taklit ettikleri ileri sürülmektedir (Oostendorp ve ark., 2001).

Gottstein ve Kuc (1989), bazı fosfat formlarının hıyarda *Colletotrichum lagenarium* tarafından neden olunan antraknoza karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ettiğini bildirmiştir. Hıyar bitkisinin bir ve ikinci gerçek yapraklarının alt kısmına püskürtülen K_3PO_4 , K_2HPO_4 , Na_3PO_4 ve Na_2HPO_4 solusyonlarının antraknoza karşı üç ve dördüncü yapraklarda sistemik dayanıklılığı teşvik ettiği görülmüştür. 100, 50, 10, 5 ve 1 mM konsantrasyonlarda K_3PO_4 solusyonundan 1-2ml 1. ve 2. yapraklara püskürtüldüğünde 3. ve 4. yapraklarda bu konsantrasyonlar için sırasıyla %99, %96, %78, %54 ve %15 oranında koruma sağlanmıştır. Sistemik dayanıklılığın 1. ve 2. yapraklar üzerinde bu tuzların oluşturduğu klorotik ve nekrotik lezyonların görülmesiyle ilgili olduğu öne sürülmüştür.

Yine hıyar bitkisinde, mikrobesein elementi solusyonunun yapraklara püskürtülmesiyle külleme etmeni *Sphaerotheca fuliginea*'ya karşı lokal ve sistemik bir korunma sağlanmıştır. 0.005M H_3BO_3 , 0.0025M $CuSO_4$ ve 0.0025M $MnCl_2$ 'nin ilk gerçek yapraklarının üst yüzeyine, patojen inokulasyonundan 2 saat önce püskürtüldüğünde, hıyar bitkisinin 2. ve 3. yapraklarında, teşvik edilmiş yaprağa herhangi bir zarar vermeksizin, küllemeye karşı sistemik dayanıklılığı teşvik etmiştir. Fosfat ve mikrobesein elementinin birlikte uygulandığı bitkilerde, peroksidaz aktivitesinin yüksek olmasına bağlı olarak, sırasıyla %95 ve %81-97 oranlarında koruma sağlanmıştır (Reuveni ve ark., 1997).

Becot ve ark. (2000), %58 potasyum fosfanat şeklinde formüle edilmiş Phytogard (K_2HPO_3)'ı farklı konsantrasyonlarda karnabahar bitkilerine uygulayarak mildiyö etmeni *Peronospora parasitica*'ya karşı dayanıklılığı teşvik edip etmediğini testlemişlerdir. Kimyasal, 7 günlük bitkilere 0-10ml/l ve 30 günlük bitkilere de 7, 10 ve 20ml/l konsantrasyonlarda püskürtülmüştür. Sonuçlar, Phytogard'ın inokulasyondan önce veya sonra uygulanmasının, 7ml/l konsantrasyon ve yukarısında, bitkilerde sporulasyonu inhibe ederek tamamen bir koruma sağladığını göstermiştir. In vitro testlerde, bu kimyasal aynı konsantrasyonda spor çimlenmesini de %53 oranında inhibe etmiştir.

Pajot ve ark. (2001)'nın yaptığı diğer bir çalışmada ise, Phytogard'ın 40.6ppm konsantrasyonda, uygulamadan 3 gün sonra patojen inokulasyonu yapıldığı zamanda, marulda mildiyö etmeni *Bremia lactucae*'ye karşı doğrudan ve dolaylı fungitoksik etki göstererek tamamen bir koruma sağladığı ortaya konmuştur. Koruma süresinin de 15 gün boyunca devam ettiği gözlenmiştir.

2.3.Bir Fitoaleksinin Olan Kapsidiol ile İlgili Çalışmalar

Fitoaleksinler, bitki içerisinde düşük moleküler ağırlığa sahip, antimikrobiyal özellikte olan sekonder metabolitlerdir (Mansfield, 1984). Bitkilerde fungal, bakteriyel ve viral infeksiyonlara karşı savunma tepkisi olarak sahip olduğu rol gözönüne alındığında en iyi ve en uzun süre çalışılan konulardan birisi olmuştur (Hammerschmidt, 1999).

Fitoaleksinin hipotezinin ilk kez 1940 yılında Müller ve Borger adlı araştırmacılar tarafından öne sürüldüğü bildirilmiştir. Hoxtermann (1991), tarafından hazırlanan bir derlemede, bu araştırmacıların fitoaleksinslerle ilgili olarak ortaya koyduğu ve daha sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmaların gelişmesine ve ilerlemesine ışık tutmuş olan bulgularıyla ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu araştırmacılar tarafından yapılmış olan çalışmada, *Phytophthora infestans*'ın uyumsuz bir ırkı ile patates yumru dokularının enfeksiyonunun, daha sonra *P. infestans*'ın uyumlu bir ırkı veya yumru enfeksiyonuna neden olan *Fusarium* türü ile inokule edildiğinde, dokuları dayanıklı kıldığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmadan sonra patates yumru dokularında, uyumsuz bir ırkla inokulasyona tepki olarak bazı substantlar üretildiği ve daha sonraki patojen enfeksiyonu ve gelişiminin inhibe edildiği; aynı zamanda diğer patojenler tarafından da daha sonraki enfeksiyonlara karşı dokuların korunduğu ortaya konulmuştur. Yaklaşık onbeş yıl sonra, aynı araştırmacılar tarafından, patojenle infekteli fasulye dokularında bazı fungistatik maddelerin üretildiği belirlenmiştir.

1960'lı yıllarda ise, *Pisum sativum* (bezelye)'da bir fitoaleksinin olan Pisatin ile ilgili olarak ilk çalışma yapılmıştır. Fitoaleksinin hipotezinin öne sürüldüğü 1940'lardan bu yana bu bileşiklerin savunmadaki rolleri pekçok deneysel yöntemlerle ortaya konulmuştur. Bitkilerde patojen gelişimiyle ilgili olarak fitoaleksinslerin üretilmesi, enfeksiyon bölgesinde fitoaleksinin miktarı çalışılan konular arasındadır. Ayrıca bitkilere abiyotik uyarıcılar uygulandığında bitkilerde fitoaleksinin miktarının artmasıyla ilgili olarak da çalışmalar yapılmıştır (Ebel, 1986; Hammerschmidt, 1999).

Fitoaleksinsler kimyasal yapıları itibarıyla çok çeşitlidir ve bitki içerisinde birkaç primer biyokimyasal yolla sentezlenirler. Örneğin kapsidiol gibi sesquiterpene grubu fitoaleksinsler, aceate-mevalonate biyokimyasal yoluyla bitkide üretilirler (Hammerschmidt, 1999). Farklı kimyasal yapılara sahip birçok farklı fitoaleksinin çoğu zamanda bitki familyalarına spesifik olmak üzere, özellikle Leguminosae, Solanaceae, Orchidaceae ve Gramineae gibi farklı bitki familyalarında sentezlendikleri ve bu bileşiklerin izole edilebildiği bildirilmiştir (Isaac, 1992). Bu bağlamda, kapsidiolun Solanaceae familyasına dahil olan biberde (Ward, 1972; Watson ve ark, 1983) ve ayrıca tütünde (Chappell ve ark, 1997), bitki patojen

infeksiyonuna maruz kaldığında veya abiyotik uyarıcılarla teşvik edildiğinde sentezlendiği görülmektedir. Fitoaleksin, kapsidiol ile ilgili çalışmalar biberde *Phytophthora capsici* üzerine yoğunlaşmıştır. Kapsidiol ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Üstün ve Ercoşkun (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, patojen *Phytophthora capsici*'ye farklı duyarlılık gösteren üç biber genotipinde meyvelerine farklı abiyotik (0.1M CuSO₄ ve 0.1M AgNO₃) ve biyotik (patojen *Phytophthora capsici*, patojen olmayan *Monilia fructigena* ve zayıf patojen *Alternaria alternata*) ile inokule edilen biber meyvelerinde ikinci, üçüncü ve dördüncü günlerde değişen kapsidiol miktarları Gaz-Likit Kromatografi analizleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak her üç genotipin meyvelerinde, kontrollerine oranla daha fazla kapsidiol miktarı tesbit edilmiştir. 0.1M CuSO₄ uyarıcısında en fazla kapsidiol, dayanıklı PM702 (CM334) çeşidinde bulunurken, 0.1M AgNO₃ uyarıcısında, dayanıklı PM217 ve PM702'de, duyarlı İnce Sivri35'e göre daha fazla kapsidiol olduğu bulunmuştur. Her üç biber genotipinde patojen olmayan ve zayıf patojen fungus inokule edilen meyvelerde daha fazla kapsidiol meydana geldiği bildirilmiştir. Patojen fungusun etkisi her üç genotipte de farklı olmuş ve duyarlı çeşitte kontrolünden daha az kapsidiol miktarı belirlenmiştir.

Üstün (1995), duyarlı ve dayanıklı biber çeşitlerinde, farklı abiyotik (0.1M CuSO₄ ve 0.1M AgNO₃) ve biyotik (*Phytophthora capsici*, *Monilia fructigena* ve *Alternaria alternata*) uyarıcılar ile inokule edilen biber bitkilerinin yapraklarında, ikinci, üçüncü ve dördüncü günde değişen kapsidiol miktarlarını belirlemeye çalışmıştır. 0.1M CuSO₄ uygulanan duyarlı IS-35 çeşidinde dördüncü günde yapraklarda 134.73µg/g taze ağırlık ile en yüksek kapsidiol oranı bulunurken, 0.1M AgNO₃ uygulanan bitkilerde, duyarlı IS-35 ve dayanıklı PM217 biber çeşitlerinde dördüncü günde sırasıyla 97.90 ve 75.13µg/g taze ağırlık miktarda kapsidiol üretilmiştir. Patojen *P. capsici* uygulanan her üç çeşitte de farklı dayanıklılık görülürken, dayanıklı hat PM702'de 109.26µg/g taze ağırlık miktarıyla en yüksek kapsidiol oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

Üstün ve ark. (1996), çeşitli biyotik uyarıcıların (*Phytophthora capsici*, *Monilia fructigena*, *Alternaria alternata*, *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, *B. sphaericus*

ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) inokule edilen olgun biber meyvelerinde kapsidiol birikimine etkisini araştırmışlardır. Fungus ve bakteri inokulasyonları sırasıyla 10^5 spor/ml ve 10^7 hücre/ml konsantrasyonlarda biber meyvelerinin içerisine injekte edilerek yapılmış ve 1-5 gün arasında meyve dokularında ve difuzatlarda değişen kapsidiol miktarları Gaz-Likit Kromatografi analizleri ile belirlenmiştir. En yüksek kapsidiol miktarının *A. alternata* ile uygulanmış biber meyve dokularında ve difuzatlarda olduğu saptanmıştır. En yüksek kapsidiol miktarları meyvelerde 5. günün sonunda, kontrol ve *A. alternata* uygulamasında sırasıyla 10.43 ve 210.22µg/g kuru ağırlık iken; difuzatlarda 4. günün sonunda sırasıyla 38.89 ve 943.58µg/ml olarak belirlenmiştir. Biberde patojen olmayan sözkonusu bakteriler fungus türlerine göre daha az kapsidiol birikimine neden olmuşlardır. Ancak *P. s. pv. tomato* ile inokule edilen meyvelerde ve toplanan difuzatlardaki kapsidiol artışının diğer bakteri uygulamalarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Egea ve ark. (1996b), kapsidiolun biberde *Phytophthora capsici*'ye karşı dayanıklılıktaki rolünü araştırmışlardır. *P. capsici*'ye farklı duyarlılık derecesine sahip üç biber çeşidinde yapılan gövde inokulasyonları sonucunda, hipersensitif reaksiyonlar gözlenmiş ve dayanıklı Smith-5 çeşidinde ise fungal gelişimin inhibe edilerek bir dayanıklılığın ortaya çıktığı görülmüştür. Oluşan nekrotik alanlarda, kapsidiolun gaz koromatografi analizleri sonucunda, dayanıklı çeşitte inkübasyondan 6 gün sonra $1204\mu\text{gml}^{-1}$ miktardaki kapsidiol oranının, fungusun bitkideki gelişimini engellediği bildirilmiştir. Yapılan in vitro testlerde, kapsidiolun 3.75mM konsantrasyonda fungistatik; 5mM konsantrasyonda ise fungitoksik özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. En dayanıklı biber çeşidi Smith-5'in gövdesindeki kapsidiol birikiminin, bu çeşidin *P. capsici*'ye karşı dayanıklılık geliştirmesinde önemli rol oynadığını göstermiştir.

Garcia-Perez ve ark. (1998), *Phytophthora capsici*'ye karşı farklı duyarlılık derecesine sahip üç farklı biber çeşidinin hücre süspansiyon kültüründen elde edilen kalluslarda, fungusun liyofilize miselyumu veya kültür filtratı uygulamalarına tepki olarak kapsidiol miktarını saptamaya çalışmışlardır. Dayanıklı olan Smith-5 biber çeşidinde, duyarlı olan Americano ve Yolo Wonder çeşitlerine göre bu uyarıcılara

karşı daha hızlı ve yoğun bir tepki gösterdikleri belirlenmiştir. Bu durum özellikle kalluslara, fungusun kültür filtratı uygulandığı zamanda daha belirgin hale gelmiştir. En yüksek kapsidiol birikim oranı, miselyumla uyarılmış hücrelerde uygulamadan 18 saat sonra (yaklaşık 450µg/g taze ağırlık) ve kültür filtratı ile uygulama yapılmış hücrelerde ise 12 saat sonra (yaklaşık 500µg/g taze ağırlık) meydana gelmiştir. Fungal gelişmenin inhibe edilmesi dayanıklı çeşitte 300µg/g taze ağırlık kapsidiol oranında gerçekleşmiştir.

Ahmed ve ark. (2000), tarafından yapılan bir çalışmada, biber tohum ve köklerinde *Trichoderma harzianum* uygulamasının *Phytophthora capsici* üzerine ve inokulasyon sonrasında üçüncü, altıncı ve dokuzuncu günde bitkilerdeki kapsidiol birikimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan uygulamalarda, genel olarak kapsidiol miktarı altıncı günde, üçüncü güne oranla daha fazla olmuş ve dokuzuncu günde azalmaya başlamıştır. Tüm uygulamalarda kontrole oranla daha fazla kapsidiol miktarı belirlenmiştir. Ancak sadece patojen uygulanan bitkilerde kapsidiol oranı dokuzuncu günde de artmaya devam etmiştir. İnokulasyondan altı gün sonra yapılan kapsidiol analizlerinde kontrol bitkilerde kapsidiol oranı 19.9µg/g taze ağırlık olarak bulunurken, sadece *P. capsici* uygulamalarında ve sadece *T. harzianum* uygulamalarında sırasıyla 32.68 ve 63µg/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir. Ancak her iki mikroorganizmanın birlikte inokule edildiği bitkilerde bu oranın 7 kat daha fazla (241.97µg/g taze ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *T. harzianum* uygulamalarında, *P. capsici*'nin bitkilerin gövdesinde meydana getirdiği lezyon gelişiminin geciktirilmesindeki esas faktörün kapsidiol miktarındaki artış olduğu bildirilmiştir.

3.MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1.Bitki Materyali

Saksı, sera ve tarla denemelerinde, yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan Çarliston Bağcı (Çağdaş Tohumculuk) biber çeşidi kullanılmıştır.

3.1.2.*Phytophthora capsici* İzolatları

Çalışmaların tüm aşamalarında Kahramanmaraş'ta biber yetiştiriciliği yapılan tarlalardan alınan, hastalıklı bitki örneklerinden izole edilmiş *Phytophthora capsici*'nin 5 farklı izolatu kullanılmıştır.

3.1.3.Mikorizal Fungus Türleri

Çalışmalarda, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü'nden temin edilmiş ve inokulum üretimi mısır bitkisinde yapılmış *Glomus mosseae* (Nicol.&Gerd.)Gerdemann&Trappe, *Glomus etunicatum* Becker&Gerdemann, *Glomus fasciculatus* (Thaxter) Gerd.&Trappe ve *Gigaspora margarita* Becker&Hall mikorizal fungus türleri kullanılmıştır.

3.1.4.Dayanıklılığı Teşvik Edici Kimyasallar

Biberde *Phytophthora capsici*'ye karşı dayanıklılığı teşvik etmek amacı ile Salisilik Asit (SA) (Sigma, S-0875) ve DL-β-amino-n-butirik asit (BABA) (Sigma, A-2004) kullanılmıştır.

3.2.Metod

3.2.1.Hastalıklı Bitki Örneklerinden *Phytophthora capsici*'nin İzolasyonu

Kahramanmaraş ilinin yoğun olarak biber yetiştiriciliği yapılan bölgelerinde, hastalıkla bulaşık tarlalardan, hastalık belirtisi gösteren bitki örnekleri alınmış ve çalışmaların ana materyalini oluşturan *Phytophthora capsici* laboratuvarında normal mikolojik yöntemlere göre izole edilmiştir. Hastalık yoğunluğunun yüksek olduğu Maraşaltı Ovası, Şerefli Köyü'nden iki ayrı tarladan Narlıova'dan iki ayrı tarladan ve Pazarcık ilçesinden bir tarladan olmak üzere toplam beş farklı tarladan hastalık belirtisi gösteren biber bitkileri alınmıştır.

Hastalıklı bitki örneklerinden ayrı ayrı hastalıklı ve sağlıklı doku bir arada olacak şekilde bitki parçaları alınmış, %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde yüzeysel sterilizasyonu yapıldıktan sonra 2 kez steril distile suda yıkanmış ve steril kurutma kağıtlarına aktarılmıştır. İzolasyonlarda *P. capsici* için spesifik ortam olan Mısırunu agar (Mitchell ve Kanwischer, 1992) ve Patates Dekstrozu Agar (PDA) kullanılmıştır (Ek 1). Ortamlar otoklavda 121°C ve 1atm basınçta steril edilip 50°C'ye soğutulduktan sonra gerekli antibiyotikler ilave edilerek petri kaplarına dökülmüştür. Bitki parçaları bu ortamlar üzerinde kültüre alınmış ve petriler 25°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun dördüncü gününde, gelişen koloniler mikroskopta incelenerek sayılmıştır. İzolasyon sonrasında bitkilerden fungusların izole edilme oranları hesaplanmıştır. Gelişen kolonilerden saflaştırmalar yapılmış ve her bir tarladan alınan örnekten izole edilen *P. capsici*, farklı izolat olarak isimlendirilmiştir. İzolatlar, çalışmaların daha sonraki aşamalarında kullanılmak üzere cam deney tüpleri içerisinde PDA ortamı üzerinde kültüre alınmış ve 4°C'de saklanmıştır.

3.2.2.Patojenite Testleri

3.2.2.1.Kahramanmaraş Yerli Çeşit Kullanarak *Phytophthora capsici* İzolatlarının Patojenitelerinin Belirlenmesi

İzolasyonlar sonucunda elde edilen her bir izolatın Kahramanmaraş Yerli Çeşit'te patojenitesinin ve patojenitesi en yüksek izolatın belirlenmesi amacıyla saksı çalışmaları yürütülmüştür. Patojenite testlerinde, *P. capsici*'nin zoospor süspansiyonu hazırlanmış ve bitkilerin kök ve kökboğazı civarına uygulanmıştır.

Kahramanmaraş Yerli Çeşit tohumları beyaz plastik küvete (30x40cm) ekilmiş ve 25°C sıcaklıkta 12 saat aydınlık 12 saat karanlık koşullarda bir iklim odasına yerleştirilmiştir. Fideler, 3-4 yapraklı dönemde iken 15cm çaplı saksılara şaşırtılmıştır. Fideler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde *P. capsici* ile inokule edilmişlerdir. Toprağa doğrudan spor süspansiyonu uygulamasında her bir izolat ve patojen uygulanmamış kontrol için 10'ar bitki kullanılmıştır.

İnokulasyon için, *P. capsici* izolatları, PDA ortamında, 25°C'de 7 gün süreyle geliştirilmiş ve sporulasyonu teşvik etmek amacıyla 25°C'de floresan ışık altında 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra kültürler steril distile su ilave edilerek 4°C'de 40dk. ve oda sıcaklığında 30 dk. bekletilerek sporangiumlardan zoospor çıkışı teşvik edilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996). Petrilerde gelişen kolonilerin yüzeyi bir spatül yardımıyla kazınmış ve elde edilen spor süspansiyonu 2 katlı tülbentten geçirilerek inokulum yoğunluğu bir haemocytometer yardımı ile 2×10^6 zoospor/ml'ye ayarlanmıştır. Spor süspansiyonu, 7-8 yapraklı biber fidelerinin kök ve kökboğazı civarındaki toprağa 20ml olacak şekilde uygulanmıştır. İnokulasyondan 1 hafta sonra değerlendirme yapılmıştır.

P. capsici için simptomatolojik değerlendirme yapılırken aşağıdaki 0-5 skalası (Sunwoo ve ark., 1996) kullanılmıştır;

0:Gözle görülür hastalık simptomsu yok

1:Yapraklar hafifçe solmuş ve gövde üzerinde kahverengimsi lezyonların başlangıcı

2:Bitkinin %30-50'si hasta

3:Bitkinin %50-70'i hasta

4:Bitkinin %70-90'ı hasta

5:Ölü bitki

Elde edilen skala değerleri üzerinden Tawsend-Heuberger formülü kullanılarak hastalık şiddeti (%) hesaplanmıştır Bitkide hastalık oluşturan ve patojenitesi en yüksek olan izolat çalışmaların diğer aşamalarında kullanılmıştır.

3.2.2.2.Biber Çeşitlerinin *Phytophthora capsici*'ye Duyarlılığının Belirlenmesi

P. capsici'nin mevcut olan izolatlarından Kahramanmaraş Yerli Çeşit'te patojenitesi en yüksek olarak belirlenmiş izolatına karşı bazı biber çeşitlerinin duyarlılık testleri yürütülmüştür. Bunun için Kahramanmaraş Yerli Çeşit, Biber Acı Sivri (256), Demre Sivrisi, Kandil Dolma, Charleston Bağcı ve 11.B.14. Dolma Biber çeşitleri kullanılmıştır. Söz konusu biber çeşitlerine ait tohumlar, beyaz plastik küvetlere (30x40cm) ekilmiş ve 25°C sıcaklıkta 12 saat aydınlık 12 saat karanlık koşulları içeren bitki yetiştirme odasında çimlendirilmiş ve 3-4 yapraklı dönemdeki fideler 15cm çaplı saksılara şaşırtılmıştır. Her bir çeşit için 10'ar saksı kullanılmıştır. 7-8 yapraklı dönemdeki bitkilere *P. capsici* inokulasyonu, 2×10^6 zoospor/ml konsantrasyondaki süspansiyondan her saksıya 20ml olacak şekilde yapılmıştır. Bu bitkilerde hastalık değerlendirmesi 0-5 skalası kullanılarak yapılmıştır (Sunwoo ve ark., 1996). Elde edilen skala değerleri üzerinden hastalık şiddeti (%) hesaplanmıştır.

3.2.3.Laboratuvar Çalışmaları

3.2.3.1.SA ve BABA'in in vitro'da *Phytophthora capsici* Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

3.2.3.1.(1).Miseliyal Gelişme Üzerine Etkileri

SA ve BABA'in steril destile suda stok çözeltileri ve tüplerde 10ml PDA besi ortamı hazırlanmıştır. Ortamlar 121°C, 1 atm basınçta 20dk otoklavda steril edilmiştir. Ortamlar, bir su banyosu içerisinde 50°C'ye soğutulduktan sonra, SA için 0-350ppm konsantrasyonlarda (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350ppm) SA'in stok solusyonundan; BABA için 0-1000 ppm konsantrasyonlarda (0, 10, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000ppm) BABA'in stok solusyonundan ortamlara ilave edilmiştir. Kontrol olarak kullanılan petrilere SA ve BABA ilavesi yapılmamıştır. Bu konsantrasyonlar sağlandıktan sonra ortamlar petrilere dökülmüştür. PDA'da geliştirilmiş 1 haftalık *P. capsici* kültürlerinden 6mm çapında diskler alınarak değişik konsantrasyonlarda SA ve BABA içeren ve içermeyen petrilere inokule edilmiş ve petrilere 25°C'de inkübe edilmiştir.

Deneme her petri 1 tekerrür olacak şekilde 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. İnkübasyon süresince, 5 güne kadar günlük olarak *P. capsici*'nin koloni çapları ölçülmüştür. Ayrıca, miseliyal koloni çapları üzerinden regresyon analizi yapılmış, SA'in *P. capsici*'yi katı ortamda engellediği ED₅₀ değeri hesaplanmıştır.

3.2.3.1.(2).Misel Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri

SA ve BABA'in steril distile suda stok çözeltisi hazırlanmıştır. PD (Patates Dektroz) sıvı ortamı 250ml'lik erlenler içerisinde 100ml olacak şekilde hazırlanmış ve 121°C, 1 atm basınçta 20dk otoklavda steril edilmiştir. Ortamlar soğutulduktan sonra 0-250ppm (0, 50, 100, 150, 175, 200, 250ppm) konsantrasyonlarda SA stok solusyonundan ve 0-1000ppm (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900,

1000ppm) konsantrasyonlarda BABA stok solusyonundan ortamlara ilave edilmiştir. Erlenlere, 1 hafta süreyle PDA ortamında geliştirilmiş *P. capsici* kültüründen 6mm çapında, her erlene 1 adet disk olacak şekilde inokule edilmiş, daha sonra erlenler 25°C karanlıkta bir çalkalayıcı üzerinde 120 rpm'de 2 hafta süreyle inkübe edilmiştir. Deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. İki haftalık inkübasyon süresinden sonra ortamlar Buhner hunisi yardımıyla Whatman No.1 filtre kağıdından süzölmüştür. Değerlendirme yapmak üzere, misel yağ ağırlıkları ve 75°C'de etüvde 1 gün kurutularak misel kuru ağırlığı tartılmıştır. Elde edilen verilere varyans analizi yapılarak LSD çoklu karşılaştırma testleri ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur.

3.2.4.Saksı, Sera ve Tarla Denemeleri İçin Yapılan Ön Hazırlıklar

3.2.4.1.Mikorizal Fungus İnokulumunun Üretilmesi

Saksı, sera ve tarla denemelerinde kullanılmak üzere *Glomus mosseae* (GM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatum* (GF) ve *Gigaspora margarita* (GiM)'nin inokulum üretimi yapılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak, metil bromit ile fumige edilmiş 3:2:1 oranında toprak:kum:pomza taşı karışımı kullanılmıştır (Ortaş, 1998). İnokulum üretimi, 20kg'lık teneke kutularda yapılmış ve üretim bitkisi olarak da mısır kullanılmıştır. Önceden inokulasyon prensibine dayanarak (Schenck,1987), dört mikorizal fungus türünün toprak+kök+misel+spor'larından oluşan inokulumu ayrı ayrı sandviç tekniğine göre tohum ekilmeden 2-3cm derinliğe bırakılmış ve daha sonra mısır tohumları ekilmiştir (Menge ve Timmer, 1982). Yaklaşık 1.5-2 aylık üretim süresi boyunca bitkiler saf su ile sulanmıştır. Üretim dönemi sonunda bitkiler bir süre yeşil kısımları ile bekletilmiş ve daha sonra kökboğazı kısmından kesilerek köklerdeki mikorizal kolonizasyonun varlığı belirlendikten sonra, kökler ve yetiştirme ortamı karıştırılmış kullanılıncaya kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.4.2.Mikorizal Fungus Türlerinin İnokulumundaki Spor Yoğunluklarının Belirlenmesi

Üretimi yapılan inokulumdaki mikorizal spor yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla ıslak eleme yöntemi kullanılmıştır (Gerdeman ve Nicholson, 1963). GM, GE, GF ve GiM inokulumundan 10g toprak tartılarak ayrı ayrı beher glass içerisine konmuş ve üzerine 100ml saf su ilave edilmiştir. Karışım yarım saat süreyle bir magnetik karıştırıcı yardımıyla çalkalanmıştır. Toprak süspansiyonu, sırasıyla 750, 250, 100 ve 53µm'lik elek setinden süzölmüştür. Böylece toprak içerisindeki kaba materyallerin geçmesi engellenmiştir. En alt kısımdaki elek üzerinde tutulan sporlar bir pipet yardımıyla 100ml'lik santrüfuj tüplerine aktarılmış ve 2000devir/dk'da birkaç dakika santrüfuj edilmiştir. Tüpün üzerindeki supernat uzaklaştırıldıktan sonra %50'lik sukroz çözeltisi ile yeniden santrüfuj edilmiş ve supernat 53µm'lik elekten geçirilerek yıkanmıştır. Daha sonra bir petri kutusuna aktarılan sporlar stereoskopik mikroskopta (60X) sayılmış ve 10g topraktaki spor yoğunlukları her bir tür için kaydedilmiştir.

3.2.4.3.Biber Fidelerinin Yetiştirilmesi

Saksı, sera ve tarla denemelerinde kullanılmak üzere biber fidelerinin üretimi beyaz plastik küvetlerde (30x40cm) yapılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprak ve torf karışımı (1:1), 121°C, 1atm basınçta otoklavda 2 kez 1'er saat süreyle steril edilmiştir. Mikorizal funguslara yönelik yapılan çalışmalarda, GM, GE, GF ve GiM'nin inokulumu kullanılarak fide üretimi yapılmıştır. Bunun için, tohum ekiminin yapıldığı zamanda, yaklaşık 6kg hacimde toprak alabilen küvetlerin en alt kısmına yaklaşık 2kg toprak konulmuş ve üzerine her bir mikoriza türünün toprak+kök+spor+misel'den oluşan inokulumundan 2-3cm kalınlığında olacak şekilde yayılmıştır (Menge ve Timmer, 1982). Kullanılan inokulum miktarları, GM için 188spor/10g oranda 2.1kg, GE için 268spor/10g toprak oranda 1.3kg, GF için 229spor/10g toprak oranda 1.7kg ve GiM için 235spor/10g toprak oranda 1.6kg olarak belirlenmiştir. Üzerine ince bir tabaka torf konmuş ve tohum ekim çukurları

açılarak her küvete ortalama 100 tohum olacak şekilde ekim yapılmıştır. Tohumların üzeri ince bir tabaka torf ile kapatılmıştır. Ayrıca mikorizal fungus uygulaması yapılmaksızın aynı ölçüdeki küvetlere benzer şekilde tohumlar ekilmiştir. Küvetler kontrollü 12 saat aydınlık 12 saat karanlık koşulların olduğu 25°C koşullardaki klima odasına yerleştirilmiştir. Fidelerin yetiştirildiği süre boyunca, çalışmalarda kullanılacağı 3-4 yapraklı döneme kadar saf su ile sulama yapılmıştır.

Biber fidelerinin üretimi, saksı, sera ve tarla denemelerinin devam ettiği süre içerisinde rutin bir şekilde yapılmıştır.

3.2.5.Saksı Denemeleri

3.2.5.1.Mikorizal Fungusların Biber Bitkilerinde Kök Kolonizasyon Oranlarının Belirlenmesi

GM, GE, GF ve GiM mikorizal fungus türlerinin biber bitkilerinin köklerindeki kolonizasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Mikorizal funguslarla önceden inokule edilerek yetiştirilen fideler 3-4 yapraklı dönemde 15cm çaplı saksılara şaşırtılmıştır. Fideler saksılara aktarılırken dikim çukuruna 10g topraktaki spor miktarları gözönüne alınarak GM için 50g, GE için 35g, GF için 45g ve GiM için 40g mikorizal inokulum uygulaması yapılmıştır. Her bir mikorizal fungus türü için 5 bitki kullanılmıştır. Yaklaşık 4 hafta sonra biber bitkilerindeki kök kolonizasyon oranı belirlenmiştir.

Bitkiler hasat edilmiş ve daha sonra kökler önce bol çeşme suyuyla yıkanmıştır. Yıkanan bitki köklerinin yüzeyindeki fazla su kurutma kağıdı ile alınmıştır.

Kök temizleme ve boyama işlemi Koske ve Gemma (1989)'ya göre yapılmıştır. Kökteki mikoriza enfeksiyonlarını belirlemek amacıyla mikoriza uygulaması yapılmış her bitkinin ince köklerinden 40mg tartılmıştır. Bitki kökleri bir petri kutusuna alınarak 1cm uzunluğunda kesilmiştir. Boyama yapılacak kökler boyama tüpü içerisine yerleştirilmiş ve kökleri kapatacak şekilde %10'luk KOH ilave edilmiştir. Köklerin yumuşamasını sağlamak amacıyla yapılan bu işlemde KOH'li bitki kökleri 65°C'lik etüvde 1 saat bekletilmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra

tüplerdeki KOH boşaltılarak tüpler içerisindeki kökler saf sudan geçirilmiş ve süzölmüştür. Aynı tüplere yeteri miktarda 2N HCl ilave edilmiş, bir bagetle karıştırılarak köklerin homojenize olması sağlanmıştır. Yine 10dk veya daha fazla kökler temiz oluncaya kadar aynı sıcaklıktaki etüvde bekletilmiştir. HCl, ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra tüplerin üzerine yine yeterli miktarda %0.1'lik Trypan Blue eklenmiş, baget ile karıştırılarak homojenize olması sağlanmış ve 65°C'lik etüvde 10-15dk bekletilmiştir. En son aşamada, tüplerdeki Trypan blue dökülerek laktik asit ilave edilmiş ve yine 65°C'lik etüvde 10-15 dakika bekletilmiştir. Etüvden çıkan örnekler gridline intersection metoduna göre (Giovannetti ve Mosse, 1980) 9cm çaplı 1cm²'lik bölümlere işaretlenmiş petri kaplarına boşaltılarak kök sayısı ve infeksiyonlu kökler tayin edilmiştir.

% infeksiyon tayin edilirken aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\% \text{ infeksiyon} = \text{Mikoriza ile infekteli kök sayısı} \times 100 / \text{Toplam kök sayısı}$$

Kolonizasyon oranı belirlenmiş kök örneklerinden yoğun kolonizasyonun olduğu kısımlardan alınarak lam üzerine yerleştirilmiş ve her bir tür için ayrı ayrı preparat hazırlanmıştır. Kök örnekleri, mikorizal kolonizasyon, vesikül, arbüskül oluşumu yönünden Faz-Kontrast Işık Mikroskopunda 10X, 40X ve immerisyon yağı kullanılarak 100X'da incelenmiş ve bu yapılar mikroskoba monte edilmiş fotoğraf makinesi yardımıyla görüntülenmiştir.

Mikorizal fungus kolonizasyonunun iyi düzeyde olduğu kök kısımlarından alınarak Scanning Elektron Mikroskop (SEM)'da incelenmiştir. Bunun için, stub adı verilen çift taraflı karbon etiketler üzerine 5mm uzunlukta kök parçaları yerleştirilmiştir. Karbon etiketler üzerindeki bitki parçaları Polaron SC 7620 Sputter Cotter'de 75sn süreyle Altın ve Palladium ile kaplanmıştır. Stub'lar Jeol JSM-5500 LV Scanning Elektron Mikroskop'ta yüksek vakumda incelenmiş ve bitki kökleri üzerindeki mikorizal fungus kolonizasyonu 10KW'da görüntülenmiştir.

3.2.5.2.SA ve BABA'in Toprak Uygulamalarının Mikorizal Fungus Kolonizasyonuna Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'nın *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatum* ve *Gigaspora margarita* mikorizal fungus türlerinin köklerdeki kolonizasyon oranlarına etkilerinin belirlenmesi amacıyla her iki kimyasalın 25, 50 ve 100mg/kg toprak olmak üzere 3 konsantrasyonu denenmiştir. Mikorizal fungus inokulasyonları yapılarak yetiştirilmiş, 3-4 yapraklı dönemdeki fideler 15cm çaplı steril toprak içeren saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma yapılırken dikim çukurlarına Bölüm 3.2.5.1'de belirtilen miktarlarda mikorizal inokulum uygulaması yapılmıştır (Menge ve Timmer, 1982). Deneme Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı'ndaki cam sera içerisinde yürütülmüştür.

Dikimden 2 hafta sonra bitkilere SA ve BABA solusyonu uygulanmıştır. Bunun için SA ve BABA'nın steril distile suda 25, 50 ve 100mg konsantrasyonlarda stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan stok solusyonlardan, herbir konsantrasyon için 3'er bitkinin kökboğazı civarına 50'er ml uygulanmıştır. Hiçbir kimyasal uygulama yapılmamış mikorizalı fideler ise pozitif kontrol olarak yer almıştır. Uygulamadan 2 hafta sonra kök kolonizasyon oranları değerlendirilmiştir. Kök temizleme ve boyama işlemleri (Koske ve Gemma, 1989) yapılmış ve köklerdeki kolonizasyon oranları gridline intersection metoduna göre değerlendirilmiştir (Giovannetti ve Mosse, 1980).

3.2.5.3.Mikorizal Fungusların Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkisinin belirlenmesi amacıyla, bitki boyu, kök uzunluğu, yeşil aksam, kök yaş ve kuru ağırlıkları gibi bitki gelişimde önemli olan parametreler incelenmiştir.

Denemede kullanılan toprak, 121°C'de 1atm basınçta 1 saat süreyle otoklav edilmiştir. 2-3 yapraklı dönemdeki mikorizalı ve mikorizasız biber fideleri 15x25cm ölçülerde siyah torbalara şaşırtılmıştır. Mikozaal fungus uygulamaları yapılmış

fidelerin dikimi sırasında dikim çukuruna Bölüm 3.2.5.1’de belirtilen miktarlarda mikorizal fungus inokulumu verilmiştir. Çalışmada *Glomus mosseae* (GM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatum* (GF), *Gigaspora margarita* (GiM) ve Kontrol (K) uygulamaları yer almıştır. Deneme 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı’ndaki cam sera içerisinde yürütülmüştür.

Bitki boyları, 2 aylık deneme süresince, haftada bir ölçülerek kaydedilmiştir. Bitki sürgün ve kök yaş ağırlıkları ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla, bitkiler hasat edilmiş ve her bitkinin sürgün ve kök kısmı kesilerek birbirinden ayrılmıştır. Bitkilerin kök kısımları önce bol çeşme suyu ve sonra saf suyla yıkanmıştır. Yıkanan kökler kurutma kağıdı üzerinde bir süre bekletilmiştir. Her bir uygulamaya ait bitkilerin sürgün ve köklerinin yaş ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir. Yaş ağırlıkları alınan bitkilerin sürgün ve kökleri 70°C’de 2 gün süreyle kurutulmuş ve tartılarak sürgün ve kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi yapılmış ve LSD çoklu karşılaştırma testi ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur.

3.2.5.4.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*’nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Glomus mosseae, *G. etunicatum*, *G. fasciculatum* ve *Gigaspora margarita*’nın *P. capsici*’nin hastalık oluşturması üzerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Mikorizal fungus türlerinin inokulasyonu yapılarak üretilmiş 3-4 yapraklı biber fideleri ve mikorizasız fideler, otoklavda steril edilmiş toprak içeren 15x25cm ölçülerde siyah torbalara dikilmiştir. Mikorizalı fideler torbalara aktarılırken dikim çukuruna Bölüm 3.2.5.1’de belirtilen miktarlarda mikorizal fungus inokulumu uygulanmıştır (Menge ve Timmer,1982).

Deneme 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı’ndaki cam sera içerisinde yürütülmüştür.

Yaklaşık 1 ay sonra bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde patojen inokulasyonu yapılmıştır. Petride geliştirilmiş 1 haftalık *P. capsici* kültüründen zoospor süspansiyonu hazırlanmış (Sunwoo ve ark., 1996) ve her bitkinin kök boğazı civarına 2×10^6 zoospor/ml konsantrasyonda spor süspansiyonundan 10ml uygulanmıştır. İnokulasyondan 1 hafta sonra belirtiler 0-5 skalasına göre değerlendirilmiş (Sunwoo ve ark., 1996) ve *P. capsici*'nin biber bitkilerinin gövdesi üzerinde meydana getirmiş oldukları lezyon uzunlukları bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Elde edilen skala değerleri üzerinden indeks değerleri hesaplanarak varyans analizi yapılmış ve LSD(0.05) çoklu karşılaştırma testi ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur.

3.2.5.5.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in *P. capsici* üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan saksı çalışmasında, her iki kimyasalın üç ayrı konsantrasyonda toprak ve yaprak uygulamalarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. 3-4 yapraklı dönemdeki biber fideleri 15cm çaplı saksılara dikilmiştir. Bitkiler, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık ve 25°C koşullardaki klima odasına yerleştirilmiştir. Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde SA ve BABA uygulamaları yapılmıştır.

SA'in ve BABA'in toprak uygulamaları için 25, 50 ve 100mg/kg toprak konsantrasyonlarda, yaprak uygulamaları için SA'in 500, 1000 ve 1500ppm ve BABA'in 1000, 2000 ve 3000ppm konsantrasyonlarda stok solüsyonları hazırlanmıştır. SA ve BABA'nın toprak uygulaması patojen inokulasyonundan önce bir kere kök bölgesi civarına, yaprak uygulamaları ise söz konusu konsantrasyonlarda 3 gün ara ile 2 kez yapılmıştır.

Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde SA ve BABA'nın toprak ve yaprak uygulamaları yapılmıştır. Uygulamadan 3 gün sonra her iki kimyasalın yaprak uygulamaları tekrarlanmıştır. Toprak uygulaması söz konusu konsantrasyonlarda hazırlanan stok solüsyondan her bitkinin kökboğazı civarına 50ml olacak şekilde

uygulanmıştır. Yaprak uygulamalarında ise stok solüsyonlar bir el pülverizatörü aracılığıyla bitkinin üst aksamına püskürtülerek yapılmıştır.

İkinci yaprak uygulamalarından 3 gün sonra *P. capsici* inokulasyonu yapılmıştır. Petride geliştirilmiş 1 haftalık *P. capsici* kültürlerinden hazırlanan spor süspansiyonundan (Sunwoo ve ark., 1996) 2×10^6 zoospor/ml konsantrasyonda her bitkinin kökboğazı civarına 10ml verilmiştir. İnokulasyondan 1 hafta sonra simptom değerlendirmesi 0-5 skalasına göre yapılmıştır (Sunwoo ve ark., 1996). Bitkilerde *P. capsici*'nin meydana getirmiş oldukları lezyon uzunlukları bir cetvel ile ölçülmüştür. Elde edilen skala değerleri üzerinden indeks değerleri hesaplanarak varyans analizi yapılmış ve uygulamaların birbirinden farklılıkları LSD çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

3.2.6.Sera Denemeleri

3.2.6.1.Mikorizal Fungusların Biber Verimine Etkisinin Belirlenmesi

Mikorizal fungusların Çarliston Bağcı biber çeşidinde verim üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Deneme, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Araştırma ve Uygulama Alanında sera koşullarında 250m^2 'lik bir alanda kurulmuştur. Deneme alanında toprak hazırlıkları yapılmış ve fidelerin dikileceği parseller hazırlanmıştır. Fide dikiminden 2 hafta önce toprağa 30kg/da oranında Triple Super Fosfat uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar, *Glomus mosseae* (GM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatus* (GF), *Gigaspora margarita* (GiM) ve Kontrol (K) olarak belirlenmiştir. Hazırlanan parsellere sıra üzeri 40cm ve sıra arası 50cm olacak şekilde dikim çukurları açılmış ve mikorizalı fidelerin dikileceği parsellerdeki dikim çukurlarına mikorizal fungus inokulumundan Bölüm 3.2.5.1'de belirtilen miktarlarda inokulum verilmiştir (Menge ve Timmer, 1982). Daha sonra 2-3 yapraklı dönemdeki biber fideleri seraya dikilmiştir. Deneme alanında sulama, damlama sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her parselde 70 bitki olacak şekilde dikim yapılmıştır.

Fidelerin dikiminden 3 hafta sonra damlama sulama sisteminden 10kg/da üre verilmiştir.

Bitkiler hasat dönemine geldikleri zamanda, 10 hafta süreyle, her hafta hasat olgunluğundaki meyveler hasat edilmiş ve her parselden hasat edilen meyveler ayrı ayrı tartılarak sonuçlar kaydedilmiş ve değerlendirilmiştir.

3.2.6.2.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mikorizal fungusların sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, deneme verim denemesinin kurulduğu serada bir sonraki yıl gerçekleştirilmiştir.

Her uygulama için 1m²'lik küçük parseller hazırlanmıştır. Hazırlanan parsellere her parsel içerisine 20 bitki dikilecek şekilde dikim çukurları açılmış ve dikim çukurlarına mikorizal fungus inokulumundan Bölüm 3.2.5.1'de belirtilen miktarlarda inokulum verilmiştir (Menge ve Timmer, 1982). Fideler 3-4 yapraklı dönemde iken parsellere dikilmiştir.

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme süresinde sulama ve yabancı ot kontrolü gibi kültürel pratikler yapılmıştır.

Uygulamalar *Glomus mosseae*+*P. capsici* (GM+Pc), *G. etunicatum*+*P. capsici* (GE+Pc), *G. fasciculatum*+*P. capsici* (GF+Pc), *Gigaspora margarita*+*P. capsici* (GiM+Pc), *P. capsici* (Pc) olarak belirlenmiştir.

Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde, patojen inokulasyonu yapılmıştır. Bunun için 1 haftalık *P. capsici* kültüründen her parsele 2 petri içeriği olacak şekilde spor süspansiyonu hazırlanmıştır. İnokulasyon yapılacağı zamanda parseller iyice sulanmış ve spor süspansiyonundan her parsele 1 litre spor süspansiyonu homojen bir şekilde yayılmış ve tekrar sulama yapılmıştır. İnokulasyondan 2 hafta sonra her parseldeki bitkiler tek tek 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996).

3.2.6.3.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in toprak ve yaprak uygulamalarının sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri, mikorizal funguslarda olduğu gibi, yine aynı cam serada yürütülmüştür.

Deneme alanında her uygulama için 1m²'lik küçük parseller hazırlanmış, hazırlanan parsellere her parsel içerisine 20 bitki dikilecek şekilde dikim çukurları açılmış ve 3-4 yapraklı dönemdeki biber fidelerinin dikimi yapılmıştır.

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme süresinde sulama ve yabancı ot kontrolü gibi kültürel pratikler yapılmıştır.

Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde SA ve BABA uygulamaları yapılmıştır. SA ve BABA'in toprak uygulaması için her iki kimyasalın 1g/m², yaprak uygulamaları için 250 ve 500ppm konsantrasyonlarda stok solüsyonları hazırlanmıştır. Toprak uygulamaları patojen inokulasyonundan önce 1 kez her bitkinin kökboğazı civarına 100'er ml olacak şekilde yapılmıştır. Yaprak uygulamaları ise patojen inokulasyonundan önce 3 gün arayla 2 kez ve patojen inokulasyonundan 3 gün sonra 1 kez olmak üzere toplam 3 kez bitkilere bir el pülvezitarötü ile püskürtme şeklinde uygulanmıştır.

Patojen inokulasyonu için, 1 haftalık *P. capsici* kültüründen her parselde 2 petri içeriği olacak şekilde spor süspansiyonu hazırlanmıştır. İnokulasyon yapılacağı zamanda parseller iyice sulanmış ve spor süspansiyonundan her parselde 1 litre spor süspansiyonu homojen bir şekilde yayılmış ve tekrar sulama yapılmıştır. İnokulasyondan 2 hafta sonra her parseldeki bitkiler tek tek 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996).

3.2.7.Tarla Denemeleri

3.2.7.1.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Mikorizal fungusların arazi koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

Denemenin kurulması için toprak hazırlıkları yapılmış ve deneme alanında her uygulama için 2m²'lik küçük parseller hazırlanmıştır. Parseller arasında 70cm emniyet şeridi olarak bırakılmıştır. Deneme, Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Hazırlanan parsellere her parsel içerisine 20 bitki dikilecek şekilde dikim çukurları açılmış ve dikim çukurlarına mikorizal fungus inokulumundan Bölüm 3.2.5.1'de belirtilen miktarlarda inokulum verilmiştir (Menge ve Timmer, 1982). Daha sonra, 3-4 yapraklı dönemdeki biber fidelerinin dikimi yapılmıştır. Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde patojen inokulasyonu yapılmıştır.

Uygulamalar *Glomus mosseae*+*P. capsici* (GM+Pc), *G. etunicatum*+*P. capsici* (GE+Pc), *G. fasciculatum*+ *P. capsici* (GF+Pc), *Gigaspora margarita*+*P. capsici* (GiM+Pc), *P. capsici* (Pc) şeklinde belirlenmiştir.

Patojen inokulasyonu için, 1 haftalık *P. capsici* kültüründen her parsele 2 petri içeriği olacak şekilde spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyondan her bitkinin kökboğazı civarına 100ml uygulanmıştır. İnokulasyondan sonra parseller iyice sulanmış ve değerlendirmeye kadar sulamalar periyodik olarak yapılmıştır. İnokulasyondan 3 hafta sonra her parseldeki bitkiler tek tek 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996).

3.2.7.2.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in toprak ve yaprak uygulamalarının etkisini incelemek üzere, 2m² olarak hazırlanan parsellere her parsel içerisine 20 bitki dikilecek şekilde dikim çukurları açılmış ve fide dikimi yapılmıştır.

SA ve BABA uygulamaları bitkiler 7-8 yapraklı dönemde iken yapılmıştır. SA ve BABA'in toprak uygulamaları için 1g/m^2 , SA'in yaprak uygulamaları için 500 ve 1000ppm konsantrasyonlar; BABA'in yaprak uygulamaları için 1000 ve 2000ppm konsantrasyonlar belirlenmiştir.

SA ve BABA'in toprak uygulaması için her iki kimyasalın 1g/m^2 oranında stok solusyonları hazırlanmıştır. Yine her iki kimyasalın yaprak uygulamaları için yukarıda belirtilen konsantrasyonlarda stok solüsyonları hazırlanmıştır. Toprak uygulamaları, patojen inokulasyonundan önce 1 kez her bitkinin kökboğazı civarına 100'er ml olacak şekilde yapılmıştır. Yaprak uygulamaları ise patojen inokulasyonundan önce 3 gün arayla 2 kez ve patojen inokulasyonundan 3 gün sonra 1 kez olmak üzere toplam 3 kez bitkilere bir el pülverizatörü ile püskürtme şeklinde uygulanmıştır.

Patojen inokulasyonu için, 1 haftalık *P. capsici* kültüründen her parsele 2 petri içeriği olacak şekilde spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyondan her bitkinin kökboğazı civarına 100ml uygulanmıştır. İnokulasyondan sonra parseller iyice sulanmış ve değerlendirmeye kadar sulamalar periyodik olarak yapılmıştır. İnokulasyondan 3 hafta sonra her parseldeki bitkiler tek tek 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996).

3.2.8.Kapsidiol Analizleri

3.2.8.1.Kapsidiol Standardının Elde Edilmesi

3.2.8.1.(1).Meyvelere Elisitör Uygulanması ve Meyve Dokusu Ekstraksiyonu

Kapsidiol standardı, Üstün ve Ercoşkun (1994), Üstün ve ark. (1996)'na göre yapılmıştır. Kapsidiol standardını elde etmek üzere yapılan ekstraksiyon işlemleri için piyasadan temin edilen iri ve sağlam 70 adet dolmalık biber kullanılmıştır. Biber meyveleri %0.75'lik sodyum hipokorit çözeltisinde 5 dakika süreyle yıkandıktan sonra distile su ile durulanmış, ardından 5 dakika süreyle %70'lik etil alkol içerisinde

yüzeysel sterilizasyona tabi tutulmuştur. Yeniden steril saf su ile yıkanan biber meyvelerinde kapsidiol oluşumunun uyarılması için 0.1M Bakır sülfat eriyiği (CuSO_4) (Merck 2787) kullanılmıştır. Uyarıcı çözelti her meyvenin kavitesine hipodermik şırınga ile meyvenin büyüklüğüne bağlı olarak 30-40ml enjekte edilmiştir. İçleri CuSO_4 ile doldurulan biber meyveleri, en altında iki sıra steril saf su ile ıslatılmış kurutma kağıdı bulunan plastik bir küvet içine yerleştirilmiş, küvetin en üst kısmına siyah bir plastik torba geçirilerek sıkıca kapatılmıştır. İnoküle edilen meyveler $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 5 gün süreyle inkübe edilmiştir.

Beş günlük inkübasyon süresi sonunda meyve dokusu ekstraksiyon işlemleri yapılmıştır. Bunun için, tepeleri kesilen meyvelerin içindeki bakır sülfat eriyiği boşaltılmış ve tohumları ayrılmıştır. Meyveler etil alkol (g taze ağırlık/10 ml, %50 etil alkol) ile blendırda parçalanmıştır. Ekstrakt, 24 saat süreyle $+4^\circ\text{C}$ 'de bekletildikten sonra Buhner hunisi yardımıyla süzülmüştür. Ekstrakt, 40°C 'de 70dv/dk'ya ayarlı döner buharlaştırıcıda düşük basınç altında 1/3'ü kalana kadar buharlaştırılmıştır. Etanollü kalıntıya su ve eter (etanol:su:eter, 3:2:5 v/v) ilave edilerek bir saat boyunca fazların ayrılması için bekletilmiştir. Eter ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$, Merck 926) fazı ayrıldıktan sonra, iki kez aynı hacimde eter katılarak işlem tekrarlanmış, toplanan eter fazları aynı şartlarda buharlaştırılmıştır. Buharlaştırma işleminin kuruluğa kadar devam etmemesine dikkat edilmiştir. Şurup kıvamındaki ekstrakt, kolon kromatografisinde kullanılmıştır.

3.2.8.1.(2).Bakır Sülfat Eriyiği Ekstraksiyonu

Meyvelerin içerisinden boşaltılan bakır sülfat eriyiği bir erlen mayer içerisine konmuş, daha sonra bir ayırma hunisi yardımıyla 4 kez 300ml Kloroform (Merck 2445) ile ekstrakte edilmiştir. Kloroform fazlarının ayrılması için bir süre bekledikten sonra toplanan kloroform fazları 40°C 'de 70dv/dk'ya ayarlı döner buharlaştırıcıda düşük basınç altında buharlaştırılmıştır. Buharlaştırma işleminin kuruluğa kadar varmamasına dikkat edilmiştir. Elde edilen ekstrakt ince tabaka kromatografisinde kullanılmıştır (Egea ve ark., 1996a).

3.2.8.1.(3).Kolon Kromatografisi

Kolon kromatografisi için, 3x90cm boyutlarında cam kolon, dolgu maddesi olarak Aluminyum oksit (Al_2O_3 , Merck1097), kloroform (CHCl_3 , Merck 2445), kromatografik saflıkta Metanol (CH_3OH , Merck 6007) kullanılmıştır. Cam kolonun içine yaklaşık 350g Al_2O_3 doldurulmuş, üst kısmın yüzeyinin bozulmaması için 1-2 cm kalınlığında otoklavda steril edilmiş temiz ince kum yerleştirilmiştir. Kloroformla doldurulan kolondan kloroform kumla dolgu maddesi arasında kalacak şekilde akıtılarak boşaltıldıktan sonra elde edilen şurup kıvamındaki ekstrakt homojen bir şekilde ince kumun yüzeyine yayılmıştır. Kolon akış hızı 5 ml/dk olacak şekilde ayarlanmış ve fraksiyonlar, kolondan kloroform geçirilerek 100'er ml'lik kısımlar halinde toplanmıştır. İlk bir litre kloroform geçtikten sonra kloroform:methanol çözeltisi (98:2 v/v) kolondan geçirilmeye devam edilmiş, 100'er ml'lik fraksiyonların ayrı ayrı toplanmasına devam edilmiştir. Toplanan her bir fraksiyon döner buharlaştırıcıda kuruluğa varmadan ayrı ayrı buharlaştırılmıştır (Üstün ve ark., 1996).

3.2.8.1.(4).İnce Tabaka Kromatografisi

Meyve dokusu ekstraksiyonu ile elde edilmiş ekstraktın kolon kromatografi ile maddelere ayırma işlemi gerçekleştirildikten sonra döner ayarlı buharlaştırıcıda kuruluğa varmadan buharlaştırılan fraksiyonların, ince tabaka yöntemi ile kapsidiol içerip içermediği belirlenmiştir. Elde edilen fraksiyonlar, ince tabaka plakalarına (Silica gel 60, Merck 5554) 2 µl'lik hacimlerde uygulanmıştır. Etil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$, Merck 6007) çözgen buharı ile doyurulmuş tankta 60dk bekletilen plakalara daha sonra renklendirici olarak 3g vanilin ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$, Merck 18718)+100ml metanol+0.5ml H_2SO_4 karışımı püskürtülmüştür. Plakalar 110 °C'ye ayarlı etüvde 5 dk. bekletildikten sonra turkuvaz mavisi rengindeki kapsidiol noktaları belirlenmiştir. Kapsidiol olduğu belirlenen fraksiyonlar daha sonra birleştirilerek çalışmanın daha sonraki aşamalarında standart olarak kullanılmıştır (Egea ve ark., 1996a).

Bakır sülfat eriyiğinden ekstraksiyon sonrasında elde edilen 1ml hacimdeki ekstrakt, ince tabaka plakasına çizgi şeklinde uygulanmıştır. Kapsidiol'un bulunduğu bandı belirlemek amacıyla çizgi şeklinde çekilen ekstraktın hizasına ekstraktan 2 µl hacimde alınmış ve nokta şeklinde uygulanmıştır. İnce tabaka kromatografi işlemi yukarıdaki belirtildiği gibi yapılmış, kapsidiol bandının bulunduğu kısmın belirlenmesi amacıyla nokta şeklinde uygulanan bölüme renk maddesi püskürtülmüştür. Kapsidiol bandının bulunduğu bölge dikkatli bir şekilde kazınarak kloroformda çözündürülmüştür. Elde edilen kapsidiol çalışmanın diğer aşamalarında standart olarak kullanılmıştır (Egea ve ark., 1996a).

3.2.8.2.Uygulamaladaki Kapsidiol Miktarının Gaz Kromatografi ile Belirlenmesi

Mikorizal fungus inokulasyonları yapılmış ve yapılmamış 2-3 yapraklı dönemdeki biber fideleri 15cm çaplı saksılara dikilmiştir. Bitkiler, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık ve 25°C koşullardaki klima odasına yerleştirilmiştir. Çalışmada her uygulama için 3 bitki kullanılmıştır.

Uygulamalar *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus*, *Gigaspora margarita*; SA ve BABA'in 50mg/kg toprak konsantrasyonda toprak uygulamaları; SA'in 1000ppm ve BABA'in 2000ppm yaprak uygulamaları; *P.capsici* ve Kontrol olarak belirlenmiştir.

Bitkiler 7-8 yapraklı döneme geldiklerinde SA ve BABA'nın toprak ve yaprak uygulamaları yapılmıştır. Toprak uygulamaları 1 kez yaprak uygulamaları ise 3'er gün ara ile 2 kez bir el pülverizatörü yardımıyla bitkilere püskürtme şeklinde uygulanmıştır. *P. capsici*, her bitkiye, 2×10^6 zoospor/ml konsantrasyonda 10ml miktarda uygulanmıştır. Uygulamalardan 6 gün sonra bitki örnekleri Gaz Kromatografi analizleri yapılmak üzere hazırlanmıştır.

Bitki ekstraksiyonları Üstün (1995)'e göre yapılmıştır. Ekstraksiyon için her bitkinin gövde kısmından 1g tartılmıştır. Bu parçalar soğuk etanolde (%40) ekstrakte edilmiş ve 4°C'de 1 gece bekletilmiştir. Her uygulamadan elde edilen ekstrakt eter ile ekstrakte edildikten sonra alınan eter fazları her örnek için ayrı ayrı 40°C'de

70dv/dk'ya ayarlı döner buharlaştırıcıda düşük basınç altında buharlaştırılmıştır. Kalıntı ufak örnek şişelerine alınmış, azot gazı altında kurutulmuştur. Karşılaştırma için sağlıklı dokulara da benzer işlemler uygulanmıştır. Örnekler analiz yapılana kadar derin dondurucuda saklanmıştır.

Örneklerin Gaz Kromatografi cihazında okutulacağı zamanda Kapsidiol standartının değişik derişimleri hazırlanarak cihaza enjekte edildikten sonra daha önceden ekstrakte edilmiş örneklerin analizi yapılmıştır (Üstün ve ark., 1996).

Analizler, ATI UNICAM 610 Series Gaz Kromatografi cihazında, Schimadzu CPBS-S25-050 30m kapilar kolon ve alev iyonlaştırıcı dedektör kullanılarak yapılmıştır. Kolon, injektör ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla 150, 240 ve 300°C'ye ayarlanmıştır. Kapsidiol miktarı kromatografi cihazına monte edilen ATI UNICAM Integrator sistemiyle belirlenmiştir.

İzolasyonlar sonucunda her iki ortamda da genellikle *Phytophthora capsici*, *Fusarium* türleri ve *Rhizoctonia solani* izole edilmiştir. *P. capsici*, kendisine spesifik ortam olan CMA'da PDA ya göre daha fazla oranda izole edilebilmiş ve CMA ortamında izole edilme oranı %40-73.3 arasında değişmiştir. *P. capsici* Maraşaltı Ovası 1. tarladan ve Pazarcık ilçesinden alınan bitki örneklerinden sırasıyla %73.3 ve %70 oranında izole edilmiştir. *Fusarium* türleri ise PDA ortamında daha yüksek oranda izole edilebilmiş ve bu oran %43.3-70 arasında değişmiştir. *Rhizoctonia solani* ise her iki ortamda da düşük oranda izole edilebilmiştir.

P. capsici olduğu belirlenen kolonilerden saflaştırmalar yapılmış ve her lokasyondan izole edilen *P. capsici* izolatları isimlendirilmiştir. Buna göre, Maraşaltı Ovası Şerefli Köyünden 1. ve 2. tarladan alınmış bitkilerden izole edilmiş olan izolatlar sırasıyla Pc1 ve Pc2; Narlıova 1. ve 2. tarladan alınan bitkilerden elde edilen izolatlar Pc3 ve Pc4 ve Pazarcık'tan ilçesinden alınmış olan bitki örneklerinden elde edilmiş olan izolat Pc5 olarak isimlendirilmiştir. İzolatlar, çalışmaların daha sonraki aşamalarında kullanılmak üzere eğik agarda kültüre alınmış ve 4°C'de saklanmıştır.

4.2.Patojenite Testleri

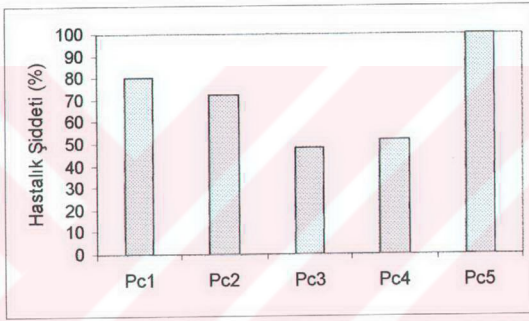
4.2.1.Kahramanmaraş Yerli Çeşit Kullanarak *Phytophthora capsici* İzolatlarının Patojenitelerinin Belirlenmesi

Phytophthora capsici (Pc) izolatlarının Kahramanmaraş Yerli çeşitte patojenite testleri yürütülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Phytophthora capsici* (Pc) izolatlarının Kahramanmaraş Yerli çeşitte oluşturdukları hastalık şiddeti (%).

<i>Phytophthora capsici</i> İzolatları	Hastalık Şiddeti (%)
Pc1	80
Pc2	72
Pc3	48
Pc4	52
Pc5	100

Pc izolatları %48-100 arasında değişen oranlarda hastalık şiddeti meydana getirmiştir. Pc5 izolatu, %100 oranla bitkilerde en yüksek hastalık şiddeti değeri göstermiştir. Bunu, Pc1 ve Pc2 izolatları %80 ve %72 hastalık şiddeti değerleriyle izlemişlerdir. Pc3 ve Pc4 izolatları kök ve kökboğazında tipik kahverengi lezyon belirtilerini göstermekle birlikte daha düşük hastalık şiddeti (%48 ve 52) değerlerine sahip olmuştur. (Şekil 4.1 ve 4.2).



Şekil 4.1.Pc izolatlarının Kahramanmaraş yerli çeşitte hastalık şiddeti (%)



Şekil 4.2. Pc5 izolatının Kahramanmaraş Yerli çeşitte meydana getirdiği hastalık belirtileri (solda *P. capsici*, sağda kontrol bitkiler).

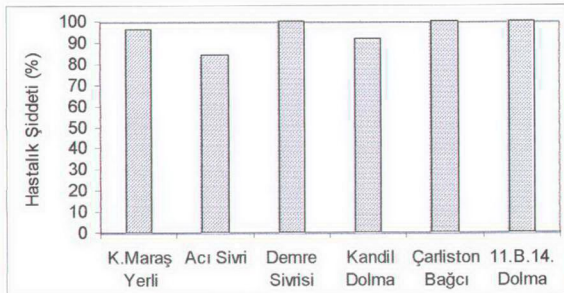
4.2.2 Biber Çeşitlerinin *Phytophthora capsici*'ye Duyarlılığının Belirlenmesi

Kahramanmaraş Yerli, Acı Sivri, Demre Sivrisi, Kandil Dolma, Çarliston Bağcı ve 11.B.14 Dolma biber çeşitlerinin *P. capsici*'nin Pc5 izolatına karşı duyarlılıkları test edilmiştir. Test edilen tüm biber çeşitleri Pc5 izolatına karşı duyarlı bulunmuştur (Çizelge 4.3; Şekil 4.3).

Çizelge 4.3. Pc5 izolatının bazı biber çeşitlerinde hastalık şiddeti (%).

Biber Çeşidi	Hastalık Şiddeti (%)
Kahramanmaraş Yerli	96
Acı Sivri	84
Demre Sivrisi	100
Kandil Dolma	92
Çarliston Bağcı	100
11.B.14. Dolma	100

Demre Sivrisi, Çarliston Bağcı ve 11.B.14 Dolma biber çeşitlerinde hastalık şiddeti %100 olmuştur. Acı Sivri, Kandil Dolma ve K.Maraş Yerli çeşidinde bu değerler sırasıyla %82, %92 ve %96 oranında bulunmuştur. Pc5 izolatı, inokulasyon yapıldıktan 5 gün sonra sözkonusu biber çeşitlerinde solgunluk (Şekil 4.4) ve kökboğazı kısımlarında tipik kahverengi lezyon (Şekil 4.5) belirtilerini göstermiştir.



Şekil 4.3. *P. capsici*'nin bazı biber çeşitlerinde göstermiş oldukları hastalık şiddeti (%) değerleri.



şekil 4.4. *P. capsici*'nin çarliston Bağcı biber çeşidinde solgunluk belirtileri.



şekil 4.5. Gövde üzerindeki kahverengi yanıklık belirtileri.

4.3.Laboratuvar Çalışmaları

4.3.1.SA ve BABA'in in vitro'da *Phytophthora capsici* Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

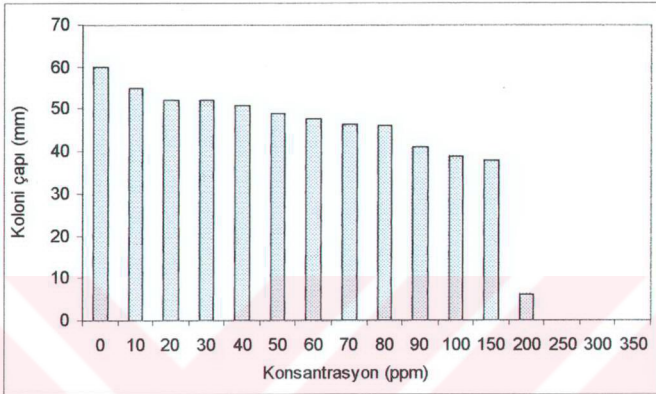
4.3.1.1.Miseliyal Gelişme Üzerine Etkileri

Patojen infeksiyonlarına karşı dayanıklılığı teşvik edici olarak kullanılan SA, *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini, konsantrasyon artışına bağlı olarak azaltmıştır. Kontrol petrilere beşinci gün sonunda koloni çapı 60mm olurken 200ppm konsantrasyonda koloni çapı 6mm'ye azalmıştır. SA'ın 250ppm konsantrasyonu *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini %100 oranında engellemiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.6 ve 4.7).

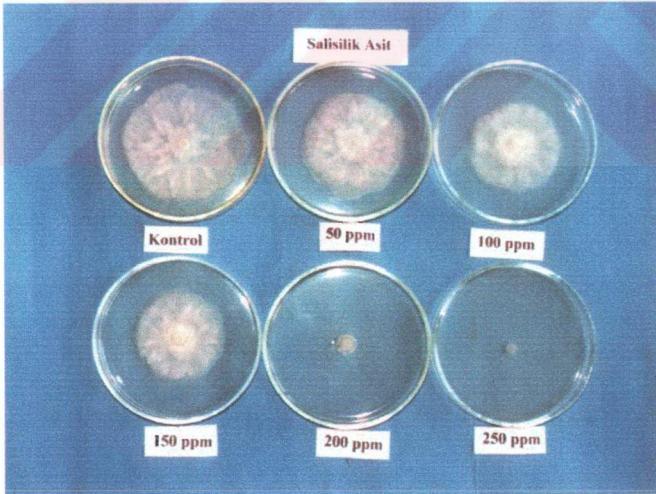
Çizelge 4.4. SA'ın PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi

Konsantrasyon (ppm)	Koloni çapı (mm)	Engelleme Oranı (%)
0	60,0 ı*	
10	55,0 g	8,3
20	52,0 f	13,3
30	52,0 f	13,3
40	50,7 f	15,5
50	49,0 f	18,3
60	47,7 e	20,5
70	46,3 e	22,8
80	46,0 e	23,3
90	41,0 d	31,7
100	38,7 c	35,5
150	37,7 c	37,2
200	6,0 b	90
250	0,0 a	100
300	0,0 a	100
350	0,0 a	100

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

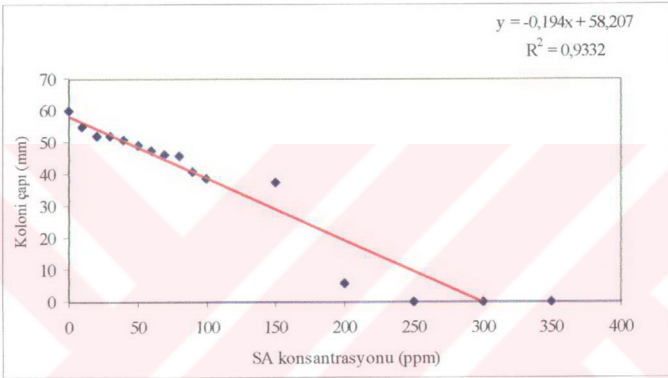


Şekil 4.6. SA'ın PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi



Şekil 4.7. SA'ın PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi

SA konsantrasyonlarına bağlı olarak *P. capsici*'nin koloni gelişmesi ile ilgili verilere linear regresyon analizi uygulanmış ve r^2 değeri 0.93 gibi yüksek bir düzeyde bulunmuştur (Şekil 4.8). Elde edilen regresyon denklemi üzerinden, SA'nin *P. capsici*'ye karşı ED₅₀ değeri 145.4ppm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. SA'nin farklı konsantrasyonlarda *P. capsici*'nin koloni gelişmesi ile ilgili regresyon eğrisi ve denklemi.

SA'nin bazı patojenlerin yapay ortamda miseliyal gelişmesi üzerine inhibe edici etkiye bulunduğu diğer çalışmalarda da belirtilmiştir. Bayraktar ve Dolar (2002) tarafından, *Ascocyta rabiei*'nin katı ortamda 0-15mM arasındaki konsantrasyonlarda, konsantrasyon artışıyla birlikte miseliyal gelişmesinin azaldığı ve 7.5mM konsantrasyonda miseliyal gelişmenin inhibe edildiği ortaya konulmuştur. SA'nin in vitro'da bazı patojenler üzerine etkisi olmadığı yönünde bulgular da mevcuttur. Nitekim, Çökmüş ve Sayar (1991), katı ortamda 0.36 ve 7.24mM konsantrasyonlar arasında domatestte bakteriyel leke etmeni *Pseudomonas syringae* pv.tomato'nun gelişimine bir etkisi olmadığını bildirmiştir.

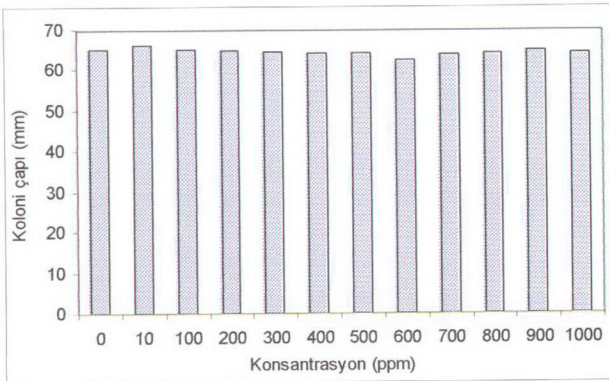
Diğer bir dayanıklılık teşvik edici olarak denemeye alınan BABA'nin, 0-1000ppm arasındaki konsantrasyonları patojenin miseliyal gelişmesi üzerine hiçbir inhibe edici etki göstermemiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.9 ve 4.10).

Kontrol petrielerde, beşinci gün sonunda koloni çapı 65.2mm olarak bulunurken en yüksek konsantrasyon olan 1000ppm'de koloni çapı 64.2mm olarak belirlenmiştir.

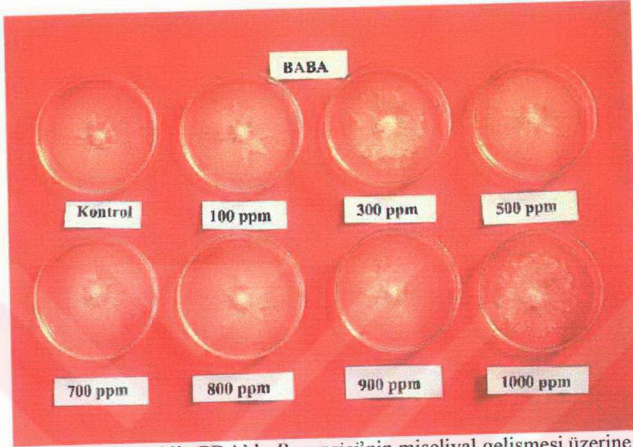
Çizelge 4.5.BABA'in PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi

Konsantrasyon (ppm)	Koloni çapı (mm)	Engelleme Oranı (%)
0	65,2 a*	
10	66,0 a	-1,2
100	65,1 a	0,2
200	64,9 a	0,5
300	64,3 a	1,4
400	64,1 a	1,7
500	64,2 a	1,5
600	62,3 a	4,4
700	63,6 a	2,5
800	64,2 a	1,5
900	64,6 a	0,9
1000	64,2 a	1,5

*Sütun içerisinde aynı harf içeren ortalamalar LSD (0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.9. BABA'in PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.



Şekil 4.10. BABA'nın PDA'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkisi.

Bitkilerde dayanıklılığı teşvik edici bir kimyasal olan BABA'nın in vitro testlerde patojenler üzerine etkisi olmadığı, ancak bitkiye uygulandığı zamanda sistemik dayanıklılığı teşvik ederek patojenlere karşı bir koruma sağladığı bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Nitekim, aminobutirik asit izomerlerinin 1000ppm konsantrasyonlara kadar in vitro'da *P. capsici*'nin zoospor çimlenmesini ve miseliyal gelişimini inhibe etmediği bildirilmiştir (Sunwoo ve ark., 1996).

Janjun ve ark. (1996) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, 3-aminobutirikasit (3-ABA)'nin V8 agar ortamında 50 ve 100ppm konsantrasyonlarda *Verticillium dahliae*'nin miseliyal gelişimine inhibe edici etkisi olmadığını bildirilmiştir. Aynı zamanda Malt agar ortamında 3-ABA'nın 1000ppm konsantrasyonun bile *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercii*'nin miseliyal gelişimine etkisi olmadığı ortaya konulmuştur.

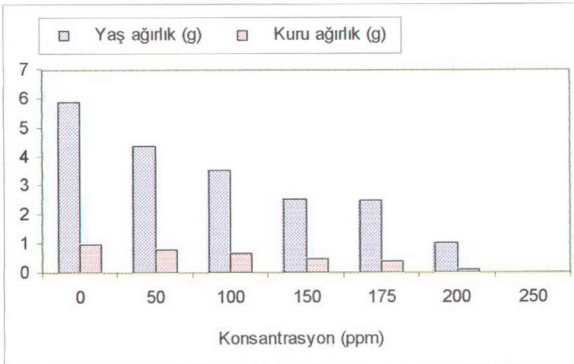
4.3.1.2.Misel Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri

PDA ortamında patojenin koloni gelişmesine etkisinde olduğu gibi SA, artan konsantrasyonlarda *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığında azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.6, Şekil 4.11). İki haftalık inkübasyon süresi sonunda, kontrolde misel yaş ve kuru ağırlığı sırasıyla 5.853g ve 0.943g iken, 200ppm konsantrasyonda bu değerler sırasıyla 1.001g ve 0.110g olarak belirlenmiştir. SA'nin 250ppm konsantrasyonu *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini tamamen inhibe etmiştir.

Çizelge 4.6. SA'nin *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

Konsantrasyon (ppm)	Yaş Ağırlık (g)	Engelleme Oranı (%)	Kuru Ağırlık (g)	Engelleme Oranı (%)
0	5,853 f*		0,943 f	
50	4,340 e	25,8	0,758 e	19,6
100	3,539 d	39,5	0,641 d	32,0
150	2,512 c	57,1	0,456 c	51,6
175	2,450 c	58,1	0,380 c	59,7
200	1,001 b	82,9	0,110 b	88,3
250	0,000 a	100	0,000 a	100

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.11. SA'nin *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

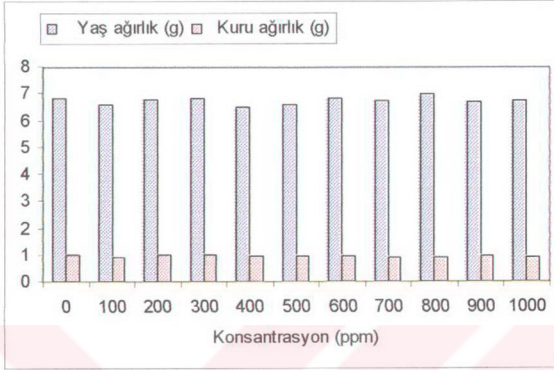
Bayraktar ve Dolar (2002), 0-15mM konsantrasyonda SA bulunan sulu süspansiyonda *Ascochyta rabiei*'nin spor çimlenme oranına etkisini testlemişlerdir. SA'in 7.5mM konsantrasyonu spor çimlenme oranını %97.8 oranında azaltmış, ancak 7.5mM'dan daha yüksek konsantrasyonlarda spor çimlenmesi tamamen inhibe edilmiştir. SA'in sıvı ortamda bazı patojenlerin misel yaş ve kuru ağırlığında azalma sonuçlamasının yanısıra, misel kuru ağırlığını artırıcı etkisi olduğu bildirilmiştir (Küçükkömürcü ve ark., 2002). Söz konusu çalışmada, *Fusarium oxysporum* f.sp *melongena*'nın, sıvı ortamda misel kuru ağırlığı 0,108g iken, SA, 0.5 ve 1.0mM konsantrasyonlarda misel kuru ağırlığında artış sonuçlamış ve sırasıyla 0.186 ve 0.415g olarak belirlenmiştir. Ancak, kontrole göre SA uygulamalarında miseliyal kitlenin çok sıkı gelişen bir kitle oluşturduğu vurgulanmıştır.

BABA, katı ortamda *P. capsici*'nin koloni gelişmesine etkisizliğinde olduğu gibi, sıvı kültürde de *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine herhangi bir etkide bulunmamıştır (Çizelge 4.7). İki haftalık inkübasyon süresi sonunda kontrolde, *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlıkları sırasıyla 6.806g ve 0.975g bulunurken, en yüksek konsantrasyon olan 1000ppm'de bu değerler sırasıyla 6.726g ve 0.872g olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12).

Çizelge 4.7. BABA'in *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

Konsantrasyon (ppm)	Yaş Ağırlık (g)	Engelleme Oranı (%)	Kuru Ağırlık (g)	Engelleme Oranı (%)
0	6,806 a*		0,975 a	
100	6,566 a	3,5	0,906 a	7,1
200	6,767 a	0,6	0,998 a	-2,4
300	6,800 a	0,1	0,972 a	0,3
400	6,476 a	4,8	0,931 a	4,5
500	6,567 a	3,5	0,915 a	6,2
600	6,800 a	0,1	0,951 a	2,5
700	6,692 a	1,7	0,906 a	7,1
800	6,948 a	-2,1	0,890 a	8,7
900	6,681 a	1,8	0,921 a	5,5
1000	6,726 a	1,2	0,872 a	10,6

*Sütun içerisinde aynı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.12. BABA'nın *P. capsici*'nin misel yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

Tosi ve ark. (1998), in vitro'da, 100, 200 ve 300µg/ml konsantrasyonlarda BABA içeren sulu süspansiyonun ayçiçeği mildiyösü *Plasmopara helianthi*'nin zoosporangium çimlenmesini inhibe etmediğini bildirmiştir. Bu konsantrasyonlarda, çimlenen zoosporangium sayıları da kontrol ile benzer olmuştur. Benzer şekilde, Cohen (1994a), DL-3-amino-n-butanoik asit'in 0-1000ppm konsantrasyonlarda *Phytophthora infestans*'in spor çimlenmesi ve miseliyal büyümesi üzerine hiçbir etkisi olmadığını bildirmiştir.

4.4.Saksı, Sera ve Tarla Denemeleri İçin Yapılan Ön Hazırlıklar

4.4.1.Mikorizal Fungus Türlerinin İnokulumundaki Spor Yoğunluklarının Belirlenmesi

Mikorizal funguslara yönelik yapılan saksı, sera ve tarla denemelerinde kullanılmış olan *Glomus mosseae* (GM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatum* (GF) ve *Gigaspora margarita* (GiM) türlerinin üretimi yapılan inokulumlarındaki spor yoğunlukları (10g toprak) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. VAM fungusların inokulum ortamındaki spor yoğunlukları (10g toprak).

Mikorizal Fungus	Spor Sayısı (10g toprak)
<i>Glomus mosseae</i>	188
<i>Glomus etunicatum</i>	268
<i>Glomus fasciculatum</i>	229
<i>Gigaspora margarita</i>	235

Yapılan sayımlar sonucunda, GM, GE, GF ve GiM türlerinin spor sayıları sırasıyla 188, 268, 229 ve 235spor/10g toprak olarak belirlenmiştir.

Spor sayımından sonra mikorizal sporların genel olarak mikroskopik incelemeleri yapılmış ve mikroskoba monte edilmiş bir fotoğraf makinesi yardımıyla görüntülenmiştir. Sporlar portakal renginden kahverengine değişen renklerde, küresel ve oval yapıdadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. *Glomus mosseae*'nin inokulum ortamından izole edilmiş sporu.

4.5.Saksı Denemeleri

4.5.1.Mikorizal Fungusların Biber Bitkilerinde Kök Kolonizasyon Oranlarının Belirlenmesi

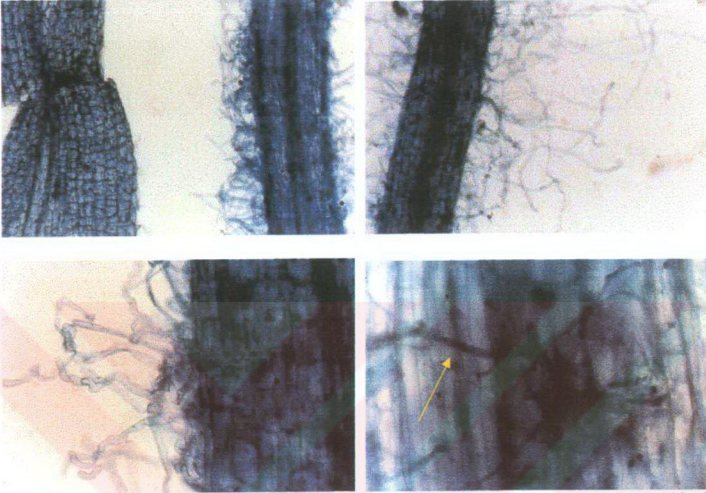
GM, GE, GF ve GiM'in biber bitkilerinin köklerindeki kolonize olma yetenekleri değerlendirilmiştir. Mikorizal funguslar, tohum ekimiyle birlikte mikorizal inokulum uygulaması yapılmış olan biber bitkilerinin şaşırtılmasından 4 hafta sonra, köklerde %61.3-68.1 arasında değişen oranlarda kolonize oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Mikorizal fungusların biber bitkisinin köklerinde kolonizasyon oranları (%).

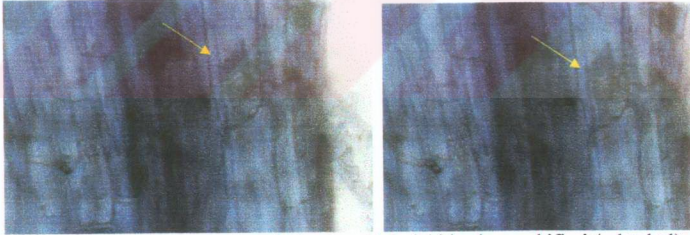
Mikorizal Fungus	Kolonizasyon oranı (%)
<i>Glomus mosseae</i>	65,7
<i>Glomus etunicatum</i>	63,0
<i>Glomus fasciculatum</i>	68,1
<i>Gigaspora margarita</i>	61,3

GF ve GM inokulasyonu yapılan bitkilerde kolonizasyon oranları sırasıyla %68.1 ve %65.7 ile diğer iki türden biraz daha yüksek bir kolonizasyon göstermişlerdir. Bunu takiben, GE ve GiM türlerinin biber bitkilerindeki kolonizasyon oranları sırasıyla %63.0 ve %61.3 oranında olmuştur.

Kök temizleme ve boyama işlemleri yapılmış biber bitkisi köklerinden preparat hazırlanmış ve kök yüzeyi ve içindeki hif, vesikül ve arbüskül oluşumu yönünden inceleme yapılmıştır (Şekil 4.14-4.17). Endomikorizalar içerisinde önemli bir grup olan VAM Funguslar, kökün korteks bölgesinde hem hücrelerarası boşluklarda hem de hücre içi boşluklarda gelişebilmektedir. VAM funguslar, kökün dış yüzeyinde gevşek miseliyal büyüme gösterirler. Aynı zamanda kök hücreleri içerisinde “arbüskül”adı verilen özelleşmiş beslenme hifleri ve “vesikül” adı verilen oval lipitçe zengin besin depo eden yapılar oluşturmaktadır (Brown ve King, 1982).



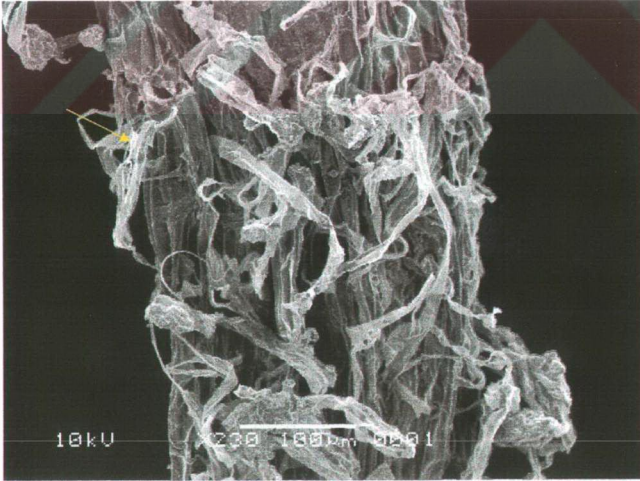
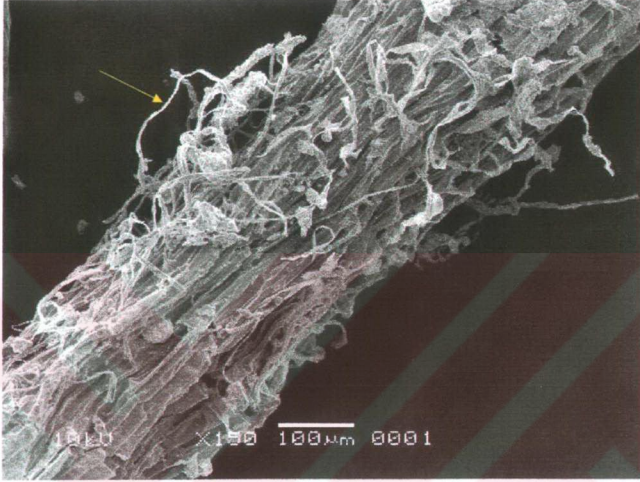
Şekil 4.14. *Glomus mosseae*'nın biber bitkilerinin kök yüzeyi ve içindeki hifsel gelişmesi



Şekil 4.15. *Glomus mosseae*'nın kök yüzeyi içindeki beslenme hifleri (arbüskül)



Şekil 4.16. *Glomus mosseae*'nın kök hücresi içindeki vesikül yapıları



şekil 4.17. *Glomus mosseae*'nın kök kolonizasyonu
(Scanning Elektron Mikroskop)

Endomikorizal funguslar özellikle Solanaceae familyasına ait bitkilerin köklerinde iyi kolonize olabilmekle özellikleriyle bilinmektedir. Bu bağlamda, bitkilerin iyi bir gelişme gösterebilmesi için mikorizal funguslara bağımlılıkları sözkonusudur (Ortaş, 1998). Aguilera-Gomez ve ark. (1999), *Glomus intraradices*'i biber fidelerinin dikimi ile birlikte uygulamışlar ve 52 günlük deneme süresinden sonra köklerde %98 oranında kolonize olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kök hücreleri içerisinde mikorizal fungusun vesikül ve arbüskül oluşturmaya yönünden mikroskobik inceleme yapmışlardır. *G. intraradices*'in kök hücreleri içerisinde vesikül ve arbüskül oluşturma oranları sırasıyla %65 ve %96 olmuştur. Matsubara ve ark. (1995), *Glomus etunicatum*'un inokulasyondan 10 hafta sonra ve *Gigaspora margarita*'nın inokulasyondan 8 hafta sonra patlıcan bitkisinin köklerinde sırasıyla %40.8 ve %40.2 oranında kolonize olduğunu bildirmiştir. Pozo ve ark. (1998), *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices*'in domates bitkilerinin köklerinde inokulasyondan sonra 4 hafta içerisinde simbiyosisin iyi düzeyde kurulabildiğini ve bu mikorizal türlerin bu dönemde yapılan incelemelerde, kök sisteminin sırasıyla %40 ve %45'ine kolonize olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kolonizasyonun zamanla arttığını ve 8 hafta sonra kolonizasyon oranının %65'e ulaştığını rapor etmişlerdir. Afek ve ark. (1991), *Glomus intraradices*'in bitkilere uygulanmasından 5 hafta sonra köklerdeki kolonizasyon oranının pamukta %65, soğanda %59 ve biberde %63 oranında olduğunu bildirmiştir.

4.5.2.SA ve BABA'in Toprak Uygulamalarının Mikorizal Fungus Kolonizasyonuna Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in 25, 50 ve 100mg konsantrasyonlardaki toprak uygulamalarının mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna etkileri belirlenmiştir.

SA, konsantrasyon artışına bağlı olarak, mikorizal fungusların kolonizasyon oranlarını daha fazla engellemiştir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, SA'in 25 ve 50mg konsantrasyonları mikorizal fungusların kolonizasyonu benzer oranlarda azaltırken 100mg'da % engelleme oranı en fazla olmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. SA'ın mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna etkisi

VAM Fungus	SA 25mg	SA 50mg	SA 100mg	Kontrol
<i>Glomus mosseae</i>	41,2 b*	38,6 b	30,9 c	82,4 a
% Engelleme	50,0	53,1	62,5	
<i>Glomus etunicatum</i>	37,9 b	34,0 b	25,5 c	74,6 a
% Engelleme	49,2	54,4	65,9	
<i>Glomus fasciculatum</i>	36,5 b	34,7 b	31,5 c	74,6 a
% Engelleme	51,1	53,6	57,8	
<i>Gigaspora margarita</i>	41,0 b	39,6 b	31,0 c	71,4 a
% Engelleme	42,6	44,6	56,6	

*Satır içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

GM'nın SA uygulaması yapılmayan bitkilerde kolonizasyon oranı %82.4 olarak bulunurken, 25 ve 50mg konsantrasyonlarda sırasıyla %41.2 ve %38.6'ya azalmıştır. 100mg konsantrasyonu mikorizanın kolonizasyonunu %62.5 oranında engellemiş ve kolonizasyon oranı %30.9 olmuştur. GE'un kontrol bitkilerde kolonizasyon oranı %76.4 iken 25 ve 50mg SA konsantrasyonları uygulanan bitkilerde bu oran %37.9 ve %34.0 olarak belirlenmiş ve 100mg konsantrasyonda, kolonizasyonda %65.9 engelleme oranı ile %25.5'e azalmıştır. GF'un sadece inokulum uygulanan bitki köklerindeki kolonizasyon oranı %74.6 olarak belirlenmiştir. Artan konsantrasyonlarda bu türün kolonizasyonu sırasıyla %51.1, %53.6 ve %57.8 oranında engellenmiştir. GiM'nın kontrol bitkilerdeki kolonizasyon oranı %71.4 olmuş, yine benzer şekilde artan konsantrasyonlarda kolonizasyon oranında bir azalma gözlenmiş ve kolonizasyonda sırasıyla %42.6, %44.6 ve %56.6 oranında azalma kaydedilmiştir.

BABA, VAM fungusların kolonizasyon oranlarını SA ile kıyaslandığında daha düşük oranlarda etkilemiştir. BABA'nın artan konsantrasyonlarının kolonizasyon oranlarını etkilemesi açısından istatistiksel olarak farklılık görülse de % engelleme oranları değerlendirildiğinde kolonizasyon oranındaki azalmanın düşük oranlarda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. BABA'in mikorizal fungusların kök kolonizasyonuna etkisi.

VAM Fungus	BABA 25mg	BABA 50mg	BABA 100mg	Kontrol
<i>Glomus mosseae</i>	65,3 b*	62,5 b	60,1 b	83,1 a
% Engelleme	21,4	24,7	27,6	
<i>Glomus etunicatum</i>	64,2 bc	64,6 c	71,8 b	73,4 a
% Engelleme	12,5	12,0	2,2	
<i>Glomus fasciculatum</i>	57,1 b	50,9 b	50,9 b	73,4 a
% Engelleme	22,3	30,7	30,6	
<i>Gigaspora margarita</i>	63,3 b	60,9 c	65,0 bc	69,1 a
% Engelleme	8,5	11,9	6,0	

*Satır içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

GM, BABA uygulaması yapılmayan bitkilerde %83.1 oranında kolonize olmuştur. BABA'nın bitkilere artan konsantrasyonlarda uygulanması sonucunda, bu türün kolonizasyon oranları sırasıyla %65.3, %62.5 ve %60.1 oranlarında olmuştur. GE'un kontrol bitkilerde kolonizasyon oranı %73.4 olarak bulunmuş, BABA'in artan konsantrasyonlar uygulanan bitkilerde, sırasıyla %12.5, %12.0 ve %2.2 oranında azalma ile kolonizasyon oranları %64.2, %64.6 ve %71.8 olarak belirlenmiştir. GF'un kontrol bitkilerdeki kolonizasyon oranı %73.4 iken BABA'in artan konsantrasyonlarda mikorizal fungusun kolonizasyon oranları %57.1, %50.9 ve %50.9 olmuştur. Benzer şekilde, sadece GiM ile inokule edilen bitkilerde kolonizasyon oranı %69.1 olarak bulunmuştur. BABA'nın artan konsantrasyonlarda uygulaması, kolonizasyonda sırasıyla %8.5, %11.9 ve %6.0 gibi düşük bir oranda azalma meydana getirmiştir. BABA uygulamalarının, mikorizal fungusların kolonizasyonunu önemli bir düzeyde engellemediği ve mikorizal fungusların, kimyasalın sözkonusu konsantrasyonlarının kolonize olma özelliğinin devamında herhangi bir etkisi olmayacağı ve mikorizal funguslar tarafından tolere edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Bitki patojen funguslarla mücadelede kullanılan pestisitlerin doğal olarak toprakta bulunan mikorizal fungusların spor yoğunluklarını azalttığı veya gelişimini tamamen inhibe ettiği bilinmektedir (Jalali ve Domsch, 1975). Bunun yanı sıra diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda toprak fumigasyonunun ve diğer pestisit uygulamalarının mikorizal fungusları olumsuz yönde etkilediği de rapor edilmiştir

(Menge 1982; Bendavid-Val ve ark., 1997; Özgönen ve Erkilic, 2000). Pestisitlerin yanısıra, dayanıklılığı teşvik edici bazı kimyasalların mikorizal fungusların kolonizasyonunu olumsuz yönde etkilediği veya hiçbir etkisinin olmadığı daha önceki çalışmalarda bildirilmektedir. Buna ek olarak, Tosi ve Zazzerini (2000), yaptıkları bir çalışma kapsamında, acibenzolar-S-methyl (ASM) ve DL-β-amino-n-butirik asit (BABA) gibi iki bitki aktivatörünün toprak uygulamalarının ayçiçeğinde *Glomus mosseae*'nin kök kolonizasyonuna etkisini ve in vitro'da spor çimlenmesi ve hifsel gelişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda, BABA'nın mikorizal fungusun kök kolonizasyonuna olumsuz bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Ayrıca, kontrol bitkilerde kolonizasyon oranı %37 iken 50 ve 100mg konsantrasyonlardaki toprak uygulamalarında kolonizasyon oranları sırasıyla %30 ve %29 oranında olmuştur. Buna karşın ASM kolonizasyon oranında bir azalma sonuçlamıştır. Kontrol bitkilerde kolonizasyon oranı %34 düzeyinde iken 50 ve 100mg konsantrasyonlarda ASM uygulanan bitkilerde bu oranlar sırasıyla %24 ve %14'e azalmıştır. In vitro çalışmalarda 0.45µm çaplı porlara sahip iki Milipor membran arasına *G. mosseae*'nin 10 adet sporokarpı yerleştirilmiş ve her iki kimyasalın 0, 50, 100 ve 200µg/ml⁻¹ konsantrasyonları uygulanmıştır. ASM uygulamalarında konsantrasyon artışı ile birlikte sporokarp çimlenme oranında azalma olmuş ve 200ppm konsantrasyonda sporokarp çimlenmesini yüksek düzeyde inhibe ettiği gözlenmiştir. Buna karşın BABA artan konsantrasyonlarda sporokarp çimlenmesini teşvik etmiş ve çimlenmiş sporokarp sayısında artış sonuçlamıştır. BABA'nın benzer şekilde çimlenmiş sporokarptaki hif uzunluğu üzerine olumsuz bir etkisi olmamıştır.

4.5.3.Mikorizal Fungusların Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

GM, GE, GF ve GiM'nın biber bitkilerinde, bitki boyu, kök uzunluğu, yeşil aksam, kök yaş ve kuru ağırlıkları gibi bitki gelişimde önemli olan parametrelere etkisi belirlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkileri ile ilgili deneme.

Mikorizal funguslar, bitki boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığının artmasında olumlu etkiye sahip olmuştur (Çizelge 4.12).

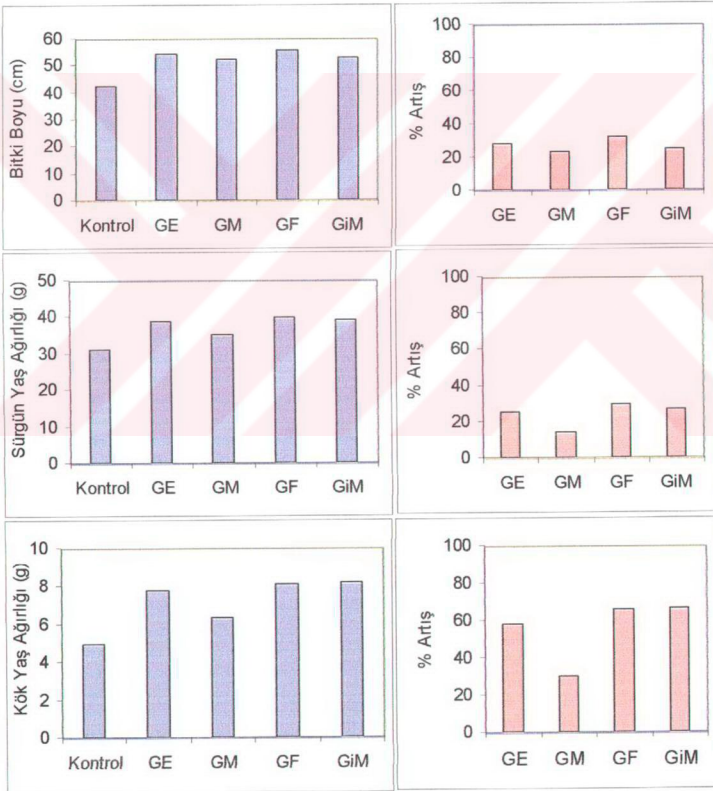
Çizelge 4.12. Mikorizal fungusların bitki boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığına etkileri.

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	% Artış	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)	% Artış	Kök Yaş Ağırlığı (g)	% Artış
Kontrol	42,1 b*		30,9 c		4,9 c	
<i>G. etunicatum</i>	54,0 a	28,3	38,6 a	24,8	7,7 a	58,0
<i>G. mosseae</i>	51,9 a	23,4	35,2 b	13,9	6,4 b	30,1
<i>G. fasciculatum</i>	55,4 a	31,7	39,9 a	29,0	8,1 a	65,8
<i>Gi. margarita</i>	52,7 a	25,1	39,1 a	26,6	8,1 a	66,3

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Bitki boyu değerlendirildiğinde, test edilen tüm mikorizal türler, kontrole kıyasla istatistiksel açıdan önemli bulunmuş fakat benzer etkiye sahip olmuşlardır. Kontrol bitkilerde bitki boyu 42.1cm iken GF uygulamasında %31.7 oranında artışla 55.4cm olmuştur. Bunu takiben GE, GiM ve GM bitki boyunu sırasıyla %28.3, %25.1 ve %23.4 oranında arttırmıştır (Şekil 4.19 ve 4.20). Sürgün yaş ağırlığı, %13.9-29.0 arasında değişen oranlarda artmıştır. Sürgün yaş ağırlığı, kontrol bitkilerde 30.9g iken en yüksek etkiye sahip GF, GiM ve GE'de sırasıyla 39.9, 39.1

ve 38.6g olmuştur. GM uygulamasında ise sürgün yaş ağırlığı %13.9 oranında artmıştır. Kök yaş ağırlığı, sürgün ile ilgili olarak elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir. Kontrol bitkilerde kök yaş ağırlığı 4.9g olarak bulunurken GiM, GF ve GE türleri sırasıyla 8.1, 8.1 ve 7.7g değerleriyle benzer etki göstermiş ve %58.0-66.3 oranlarında ağırlık artışı sonuçlamıştır. GM uygulamasında kök yaş ağırlığı 6.4g olarak belirlenmiştir (şekil 4.19 ve 4.21).



şekil 4.19. Mikorizal fungusların bitki boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığı üzerine etkileri.



Şekil 4.20. Mikorizal fungusların bitki boyuna etkileri (soldan sağa *Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora margarita* ve Kontrol)



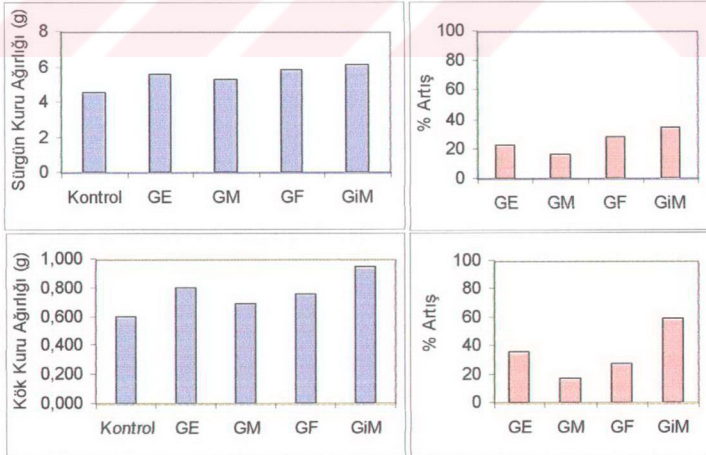
Şekil 4.21. Mikorizal fungusların kök gelişimine etkileri (soldan sağa, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae* ve Kontrol)

Bekleneceği şekilde, sürgün ve kök kuru ağırlıkları da kontrol bitkilerden önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 4.13, Şekil 4.22). Kontrol bitkilerde sürgün kuru ağırlığı 4.6g olarak bulunurken GiM uygulamasında %34.1 oranında artışla 6.1g olarak belirlenmiştir. GF, GE ve GM sürgün kuru ağırlığını sırasıyla %28.0, %22.6 ve %16.1 oranında arttırmıştır. GiM'nin kök kuru ağırlığı üzerine kontrol ve diğer mikorizal fungus türlerine oranla %58.6 oranında artışla en yüksek etkiyi (0.941g) gösterdiği görülmektedir. GE, GF ve GM uygulamalarında kök kuru ağırlığı sırasıyla %35.3, %27.4 ve %16.4 oranında artmıştır.

Çizelge 4.13. Mikorizal fungusların sürgün ve kök kuru ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Sürgün Kuru Ağırlığı (g)	% Artış	Kök Kuru Ağırlığı (g)	% Artış
Kontrol	4,6 d*		0,593 d	
<i>G. etunicatum</i>	5,6 bc	22,6	0,802 b	35,3
<i>G. mosseae</i>	5,3 c	16,1	0,691 c	16,4
<i>G. fasciculatum</i>	5,8 ab	28,0	0,756 bc	27,4
<i>Gi. margarita</i>	6,1 a	34,1	0,941 a	58,6

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.22. Mikorizal fungusların sürgün ve kök kuru ağırlığına etkileri.

Mikorizal fungusların bitki büyüme ve gelişmesini arttırıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Bu yararlı etkinin mikorizal fungusların kök ile ortak bir yaşam içerisine girdikten sonra bağlı bulunduğu bitkinin kök yüzey alanını arttırması, hifleri aracılığıyla topraktaki suyu ve alınması güç olan fosfor gibi besin elementlerinin alımını arttırmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Marschner ve Dell, 1994). Yapılan bir çalışmada, pek çok bitki türünde iyi bir kolonizer olan *Glomus intraradices*'in biber bitkisinin gelişimine olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Aguilera-Gomez ve ark., 1999). *G. intraradices*, biber bitkisinin yaprak sayısı (%146) ve yaprak alanında artış sağlamıştır. Bunun yanında sürgün ve kök kuru ağırlığı mikoriza uygulaması yapılmamış bitkilere oranla artmıştır. Kontrol bitkilerde sürgün ve kuru ağırlıkları sırasıyla 0.9 ve 0.7g olarak belirlenirken mikoriza uygulaması yapılmış bitkilerde sırasıyla 5.3 ve 1.7g olarak belirlenmiştir. Liu ve ark. (2000), mısır ve pamuk bitkilerinde mikorizal fungus kolonizasyonu sonrasında, zeatin, indol asetik asit ve gibberellin gibi endogen hormonların miktarında artış ve absisik asit miktarında azalma sonuçladığını ve mikorizal kolonizasyon sonucu bu hormonların dengesindeki değişimlerin bitki gelişme ve büyümesinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkileriyle ilgili olarak tarla koşullarında da çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar, mikorizal fungusların pratikte performansının belirlenmesi açısından önemli olmuştur. Al-Raddad (1987), tarla koşullarında *Glomus mosseae*'nin domates, patlıcan ve biber bitkisinin gelişimini arttırıcı önemli bir etkiye sahip olduğunu; fakat *Glomus fasciculatum*'un özellikle patlıcan ve biber bitkilerinin köklerine kolonize olmadıkça çok etkili olduğunu bildirmişlerdir. *G. mosseae*, *G. monosporum* ve *G. fasciculatum* sürgün taze ağırlığını patlıcanda sırasıyla %47, %28 ve %29 oranında arttırırken, domateste artış oranlarının sırasıyla %59, %48 ve %9 olduğu bildirilmiştir. Simbiyont uygulamalarının özellikle toprak ve bitki için yararlı bir uygulama olan solarizasyonla birlikte kombine edilmesinin etkiyi daha da arttırdığı bildirilmiştir. Nitekim, solarizasyonla birlikte VAM fungus *Glomus intraradices*, sürgün taze ağırlığını pamukta %81, soğanda %57, biberde %84; kök uzunluğunu pamukta %57, soğanda %31 ve biberde %91 oranında artmıştır (Afek ve ark., 1991).

4.5.4.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

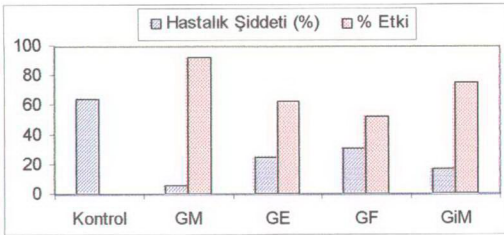
GM, GE, GF ve GiM'nin *P. capsici* hastalık oluşturması ve gövdedeki lezyon uzunluklarına etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Mikorizal fungusların saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri

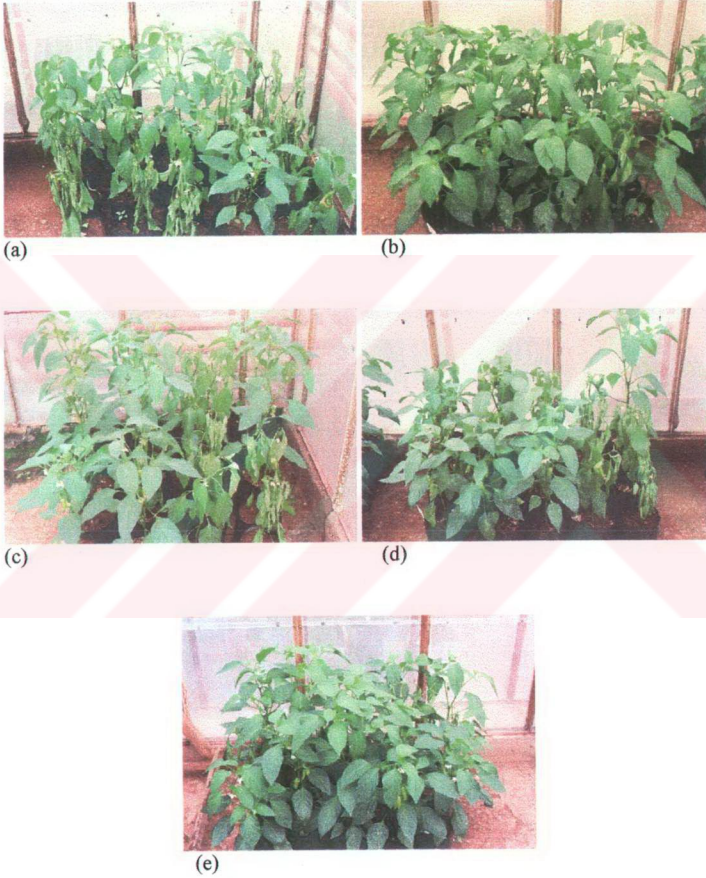
Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki	Lezyon Uzunluğu (cm)
Kontrol	3,10	64,0 d*		5,3 d
<i>Glomus mosseae</i>	0,25	5,3 a	91,7	0,6 a
<i>Glomus etunicatum</i>	1,15	24,0 b	62,5	2,0 bc
<i>Glomus fasciculatum</i>	1,65	30,7 c	52,1	2,5 c
<i>Gigaspora margarita</i>	0,85	16,0 b	75,0	1,2 ab

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Mikorizal funguslar, *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine %52.1-91.7 arasında değişen oranlarda etki göstermişlerdir. Kontrol bitkilerde hastalık şiddeti değeri %64.0 iken, GM uygulamasında, %5.3'e azalmış ve %91.7 ile en yüksek etki değerine sahip olmuştur. Bunun ardından, GiM ve GE sırasıyla hastalık şiddetini %75.0 ve %62.5 oranında engellemiştir. GF ise %52.1 oranında etkili olmuştur (Şekil 4.23 ve 4.24).

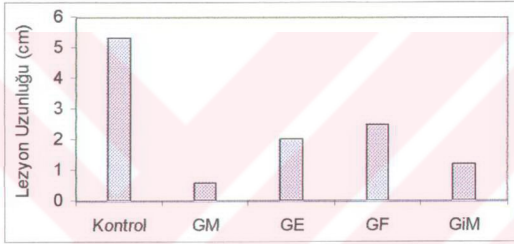


Şekil 4.23.Mikorizal fungusların saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.



şekil 4.24. Mikorizal fungusların *P. capsici*'nin biber bitkilerinde hastalık oluşturması üzerine etkileri (a)Kontrol, (b)*Glomus mosseae* (c)*Glomus etunicatum* (d)*Glomus fasciculatum* (e)*Gigaspora margarita*

Mikorizal funguslar, *P. capsici*'nin meydana getirmiş olduğu gövdedeki lezyonlarda azalma veya gecikme sonuçlamıştır. Kontrol bitkilerde ortalama lezyon uzunluğu 5.3cm iken GM uygulamasında lezyon uzunluğu 0.6cm'ye azalmıştır ve patojene karşı dayanıklılık sağlamada en yüksek etkiyi göstermiştir. GiM ve GE uygulamalarında bitkilerdeki lezyon uzunlukları sırasıyla 1.2cm ve 2.0cm'ye azaldığı belirlenmiştir. GF uygulanan bitkilerde ise ortalama lezyon uzunluğu 2.5cm olarak bulunmuştur (Şekil 4.25).



Şekil 4.25.Mikorizal fungusların *P. capsici*'nin gövdede lezyon oluşturmaları üzerine etkileri.

Son yıllarda, farklı bitki-patojen sistemlerinde mikorizal fungusların özellikle toprak kökenli bitki patojen funguslarla interaksiyonları ile ilgili pekçok çalışma yapılmıştır. Al-Momany ve Al-Raddad (1988), *Glomus mosseae* ve *Glomus fasciculatum*'un domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercisi* ve biberde *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* tarafından neden olunan *Fusarium* solgunluklarını sırasıyla %65 ve %96 oranında azalttıklarını rapor etmiştir. Tosi ve ark. (1988), *Glomus microcarpum*'un tütünde kök patojeni *Thielaviopsis basicola*'nın toprakta klamidospore oluşumunu inhibe ederek hastalığa karşı bir koruma sağladığını bildirmiştir. Jajali ve ark. (1990) tarafından, *Glomus mosseae*'nin fasulyede kök çürüklüğü etmeni *Macrophomina phaseolina*'nın bitkideki hastalık şiddeti oranını %77.9'dan %13.3 azalttığı ortaya konulmuştur. Dar ve ark. (1997), yine *Glomus mosseae*'nin fasulyede *Fusarium solani*'nin bitkideki hastalık görünümlerini bitki gelişiminin teşvik edilmesi ve köklerdeki bazı enzimlerin artışına bağlı olarak, %77.6 oranında azalttığını bildirmiştir.

Saksı çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, mikorizal fungusların *P. capsici* üzerine etkisi, kısmen iyi kolonize olabilme özellikleri ile ilgili olabilir; fakat bunun ötesinde hastalığa karşı, bitki içerisinde biyokimyasal mekanizmalarla sistemik olarak bir korumanın gerçekleştiği düşünülmektedir. Mikorizal funguslar ve bitki patojenleriyle interaksyonda özellikle başarılı sonuçlar elde edilmiş çalışmalarda, farklı dayanıklılık mekanizmalarının aktivasyonu sonucu hastalığın baskı altına alınabildiği veya engellendiği rapor edilmiştir. Tosi ve ark. (1993), *Plasmopara helianthi*'ye duyarlı ve dayanıklı ayçiçeği bitkilerinde *Glomus mosseae* ile önceden inokulasyon yoluyla mildiyönün kök ve sistemik infeksiyonlarının oranında azalma sonuçlandığını ve azalmanın iyi gelişen mikorizal kök kolonizasyonu sonucunda gerçekleştiğini bildirmiştir. VAM funguslar ve fungal kök patojenleri arasında interaksyonla ilgili diğer çalışmalarda, patojen ve hastalık gelişimi üzerine VAM fungusların etkisinin özellikle fosfor alımının artmasıyla ilgili olabileceği bildirilmiştir. Nitekim, konukçu bitkideki fosfor alımının mikorizal fungus tarafından artırılmasının kısmen veya tamamen hastalıkta artış (Davis ve ark., 1979) veya azalmadan (Graham ve Menge, 1982; Zambolim ve Schenck, 1983; Kaye ve ark., 1984) sorumlu olabileceği ya da hiç etkisinin olmadığı (Baath ve Hayman, 1983; Caron ve ark., 1986) belirtilmektedir. Bir diğer mekanizmanın da fasulyede *Fusarium solani* ve *Glomus macrocarpum* örneğinde olduğu gibi besin ve yer için rekabet olduğu bildirilmiştir (Muchovej ve ark., 1991). Bunun yanı sıra, bitki köklerinde mikorizal funguslar tarafından kolonizasyon sonucu köklerde spesifik aminoasitlerin miktarındaki artış patojenin inhibe edilmesinde etkili olabilir. *Glomus monosporum* ile kolonize olmuş tütün köklerinde spesifik aminoasit olan arginin miktarındaki artış, *Thielaviopsis basicola*'nın gelişimini inhibe etmiştir (Giovannetti ve ark., 1991). Mikorizal funguslardan *Glomus* cinsine ait türlerin bitki köklerine kolonize olduktan sonra bitkilerde özellikle patojenite ile ilgili proteinlerden (PR) asidik ve bazik karakterli kitinaz ve gluknazın ve fenolik bileşiklerin sentezinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. PR proteinler ve fenolik bileşiklerin sentezindeki artış, patojenlere karşı dayanıklılıkta önemli biyokimyasal mekanizmalardan bazılarıdır (Dumas-Gaudot ve ark., 2000).

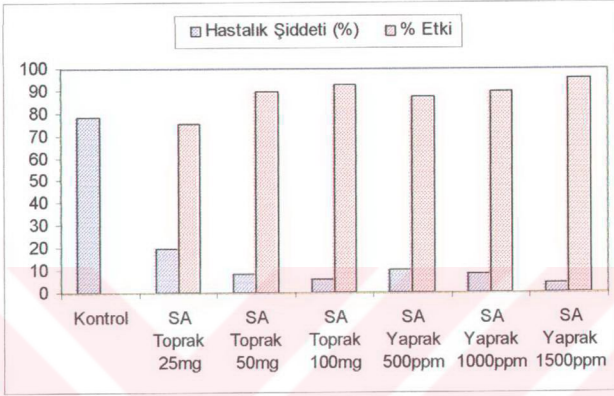
4.5.5.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in üç farklı konsantrasyonda toprak ve yaprak uygulamalarının *P. capsici* üzerine etkileri belirlenmiştir. SA'in artan konsantrasyonlarda toprak ve yaprak uygulamaları, *P. capsici*'ye karşı daha fazla etkili olmuştur (Çizelge 4.15). En yüksek etki, SA'in 50 ve 100mg toprak uygulamaları ile 1000 ve 1500ppm yaprak uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrol bitkilerdeki hastalık şiddeti %78.0 olarak belirlenirken SA'in 50 ve 100mg toprak uygulamalarında hastalık şiddeti sırasıyla %8.3 ve %6.1 oranında olmuştur. Dolayısıyla bu konsantrasyonlarda hastalığa karşı %89.3 ve 92.2 oranında bir etki sözkonusu olmuştur. SA'in 1000 ve 1500ppm yaprak uygulamalarında ise sırasıyla %89.3 ve %95 düzeyinde bir etki görülmüştür. En düşük konsantrasyonlar olan 25mg toprak uygulaması ile 500ppm yaprak uygulamaları sırasıyla %75.1 ve %87.2 oranında etkili olmuştur (Şekil 4.26 ve 4.28). SA'in toprak ve yaprak uygulamaları *P. capsici*'nin gövdede lezyon oluşumunu azaltmada etkili olmuştur. Kontrol bitkilerde lezyon uzunluğu 7.8cm iken en yüksek etki oranlarına sahip 100mg toprak ve 1500ppm yaprak uygulamalarında 0.2cm'ye azalmıştır. Diğer konsantrasyonların uygulandığı bitkilerde lezyon uzunlukları kontrol bitkilere oranla önemli düzeyde azalmış ve bu değerler 0.3-1.3cm arasında değişmiştir (Şekil 4.27).

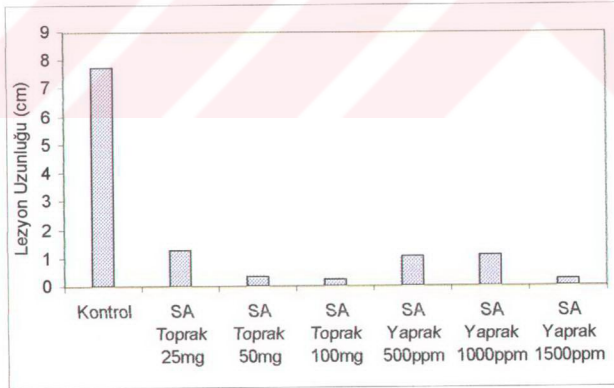
Çizelge 4.15.SA'in saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkisi.

Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki	Lezyon Uzunluğu (cm)
Kontrol	3,90	78,0 c*		7,8 c
SA-Toprak 25mg	0,97	19,4 b	75,1	1,3 b
SA-Toprak 50mg	0,42	8,3 a	89,3	0,3 ab
SA-Toprak 100mg	0,31	6,1 a	92,2	0,2 a
SA-Yaprak 500ppm	0,50	10,0 ab	87,2	1,1 ab
SA-Yaprak 1000ppm	0,42	8,3 a	89,3	1,1 ab
SA-Yaprak 1500ppm	0,19	3,9 a	95,0	0,2 a

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.26. SA'in saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkisi.



Şekil 4.27. SA'in *P. capsici*'nin gövdede lezyon oluşturmaya üzerine etkisi



şekil 4.28. SA'in toprak uygulamaları (üŖte, sırasıyla Kontrol, 25, 50 ve 100mg konsantrasyonlar) ve yaprak uygulamaları (altta, sırasıyla Kontrol, 500, 1000 ve 1500ppm konsantrasyonlar).

SA, 1000 ve 1500ppm yaprak uygulamalarında biber bitkisinin yapraklarında fitotoksite meydana getirmiştir (Şekil 4.29). Ancak bu durum bitkinin gelişimine herhangi bir olumsuz etki göstermemiştir.



Şekil 4.29.SA'in 1500ppm yaprak uygulamasındaki fitotoksik etkisi.

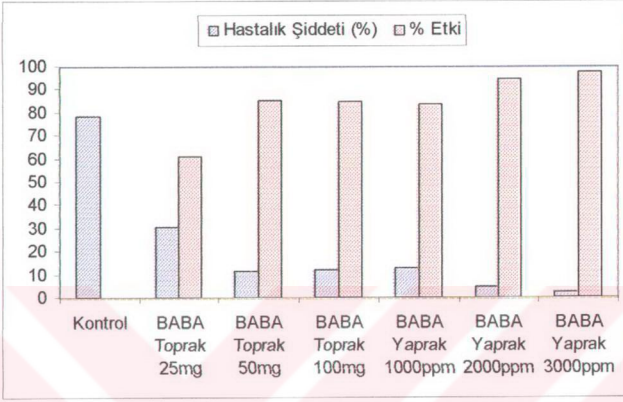
SA'in bitki bünyesinde sentezlenen bir hormon olarak doğrudan ve dolaylı yolla hastalığa karşı dayanıklılıkta önemli bir rolü olmasının yanısıra, bitkiye sentetik SA uygulamalarının da patojenlere karşı fungistatik veya fungitoksik özellikte olduğu bilinmektedir (Raskin, 1992; Delaney ve ark., 1994). Mills ve Wood (1984), hıyar bitkilerinin kotiledon yapraklarına SA (%0.02) enjeksiyonu ile *Colletotrichum lagenarium*'un gelişiminin inhibe edildiğini bildirmiştir. Bayraktar ve Dolar (2002), nohutta *Ascochyta rabiei* tarafından neden olunan antraknoza karşı SA'in etkinliğini araştırdıkları bir çalışmada, tohumla 1mM SA uygulamasının en etkin olduğunu ve hastalığı %23 oranında engellediğini bildirmiştir. Bitkinin toprak üstü aksamına SA uygulamasında ise inokulasyondan önce bitkilere bir kez SA uygulamasının 0.8mM konsantrasyonda hastalığı %48.15 oranında engellediğini rapor etmişlerdir. SA'in fungal hastalıklara karşı etkinliğinin yanısıra bakteriyel hastalıklara karşı da bitkilere uygulandığında inhibe edici etkisinin olduğu bildirilmektedir. Nitekim Çökmüş ve Sayar (1991), 3.62mM SA'in toprağa veya yaprağa püskürtme şeklinde uygulamasının domatesta *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya karşı %71.7-81.0 oranında etkili olduğunu bildirmiştir.

BABA'in *P. capsici* üzerine etkileri de SA'inkine benzer olmuştur. toprak ve yaprak uygulamaları *P. capsici*'nin hastalık oluşumu üzerine %60.8-97.2 arasında değişen oranlarda etkili olmuştur (Çizelge 4.16). BABA'in 25mg toprak uygulaması dışında diğer uygulamaların etkisi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Kontrol bitkilerde hastalık şiddeti %78.0 iken, 50 ve 100mg konsantrasyonlarda BABA uygulamalarında, sırasıyla %11.7 ve %12.2 hastalık şiddeti oluşturmuştur. BABA'in yaprak uygulamalarında, konsantrasyon artışı ile birlikte etki oranlarında orantılı bir şekilde artış ortaya çıkmıştır. BABA'in yaprak uygulamalarında, *P. capsici*'nin hastalık şiddeti benzer etki göstermiş ve hepsi kontrolden önemli derecede farklı bulunmuştur. BABA yaprak uygulamalarında 1000-3000ppm konsantrasyonda hastalık şiddeti %12.8-2.2 arasında değişirken, etki oranları %83.6-97.2 olarak bulunmuştur (Şekil 4.30 ve 4.32). BABA'in *P. capsici* tarafından meydana getirilen gövdedeki lezyonların azaltılmasında da önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kontrol bitkilerdeki lezyon uzunluğu 7.8cm iken BABA'in 2000 ve 3000ppm yaprak uygulaması yapılan bitkilerde lezyon uzunluğunun, sırasıyla 0.9 ve 0.3cm'ye kadar azaldığı belirlenmiştir. Diğer uygulamalarda ise ortalama lezyon uzunlukları 1.0-2.7cm arasında değişmiştir (Şekil 4.31).

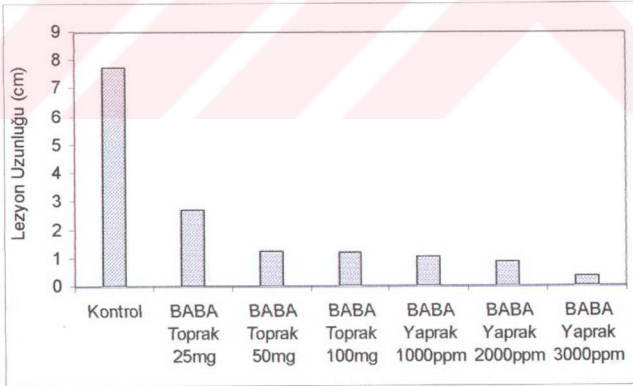
Çizelge 4.16. BABA'in saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkisi.

Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki	Lezyon Uzunluğu (cm)
Kontrol	3,90	78,0 c*		7,8 c
BABA-Toprak 25mg	1,53	30,6 b	60,8	2,7 b
BABA-Toprak 50mg	0,58	11,7 a	85,0	1,2 ab
BABA-Toprak 100mg	0,61	12,2 a	84,3	1,2 ab
BABA-Yaprak 1000ppm	0,64	12,8 a	83,6	1,0 ab
BABA-Yaprak 2000ppm	0,22	4,4 a	94,3	0,9 a
BABA-Yaprak 3000ppm	0,11	2,2 a	97,2	0,3 a

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.30. BABA'in saksı koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkisi.



Şekil 4.31. BABA'in *P. capsici*'nin gövdede lezyon oluşturmaya üzerine etkisi.



şekil 4.32. BABA'in toprak uygulamaları (üşte, sırasıyla Kontrol, 25,50 ve 100mg konsantrasyonlar) ve yaprak uygulamaları (altta, sırasıyla Kontrol, 1000, 2000 ve 3000ppm konsantrasyonlar).

BABA'in yaprak uygulamalarının hastalığa karşı yüksek bir düzeyde koruma sağlaması, bitki bünyesine alındıktan sonra bitki içerisinde sistemik olarak yayılarak etkili olduğunun bir göstergesidir. Nitekim, Cohen ve Gisi (1994), domates bitkisinde farklı uygulama yöntemleri kullanarak BABA'nın bitki bünyesinde taşınıp taşınmadığını, eğer taşıyorsa taşınma şeklini ve *Phytophthora infestans*'a karşı bitkide dayanıklılığı teşvik edip etmediğini araştırmışlardır. BABA'nın yapraklara püskürtüldüğünde, yapraklara penetre olarak bitki içerisinde akropetal bir şekilde taşındığını ve en genç yapraklarda lokalize olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, bu kimyasal toprağa sulama suyu şeklinde verildiğinde kökler tarafından alınabildiği ve domates bitkilerinin yapraklarına taşındığı görülmüştür. Bu taşınma şekillerine bağlı olarak da bitkide *P. infestans*'a karşı dayanıklılık teşvik edilerek hastalığa karşı bir korunma sağlanmıştır.

BABA, bitkilerde hastalığa neden olan virüs, bakteri, Oomycetes sınıfı ve diğer pekçok fungus türü ve nematodlara karşı geniş spektrumlu bir aktiviteye sahiptir. Yapılan pekçok çalışmada görüldüğü gibi bu aktivite, dayanıklılığı teşvik edici olarak BABA'nın nosyonunu desteklemektedir (Jakab ve ark., 2001). Hwang ve ark. (1997), BABA'in biberde ilk gerçek yaprakların çıktığı dönemde $1000\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ oranında bitkiye püskürtme şeklinde uygulanmasını takiben, *P. capsici* inokulasyonundan sonra hastalık gelişimini incelemişlerdir. BABA uygulamasının *P. capsici*'ye karşı kontrole kıyasla %75 düzeyinde bir koruma sağladığını ve simptom gelişimini azaltmada etkili olduğunu bildirmişlerdir.

BABA, 2000 ve 3000ppm konsantrasyonlarda yapraklara püskürtüldüğünde yapraklar üzerinde çok küçük nekrotik lezyon benzeri fitotoksite meydana getirmiş; ancak bu tepkilerin bitkinin normal gelişiminde bir etkisi olmamıştır. Nitekim, Cohen (1994b), butirik asit izomerlerinden, BABA (β -aminobutirik asit) ve AABA (α -aminobutirik asit)'in, bütün bitkilerinin yapraklarına püskürtme şeklinde uygulandığında, her iki kimyasalın $100\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ konsantrasyonda fitotoksik olduğunu gözlemiştir. Fitotoksite uygulamadan 2 gün sonra başlayarak uygulanan yapraklar üzerinde oluşan küçük nekrotik lezyonlar şeklinde olmuştur.

4.6.Sera Denemeleri

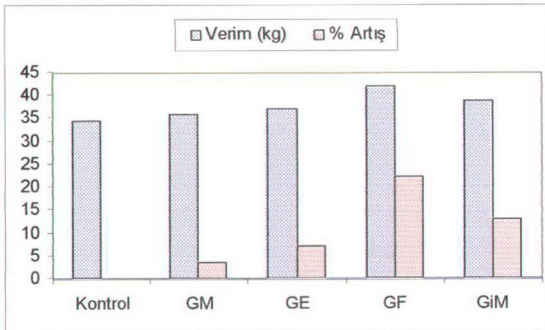
4.6.1.Mikorizal Fungusların Biber Verimine Etkisinin Belirlenmesi

Mikorizal fungusların, sera koşullarında biber bitkilerinin verimi üzerine etkilerinin araştırıldığı bu bölümde, GF, kontrole kıyasla verimi en fazla artıran tür olarak belirlenmiştir. Kontrol parsellerde ortalama verim 34.4kg olarak bulunurken GF uygulamasında %22 oranında bir artışla verim 41.9kg'a ulaşmıştır. Bunu takiben GiM %12.7 artışla 38.8kg ortalama verim değerine sahip olmuştur. GM ve GE türleri ise verimde sırasıyla %7.0 ve %3.5 oranında artış sağlamıştır (Çizelge 4.17, Şekil 4.33 ve 4.34).

Çizelge 4.17. Mikorizal fungusların biber verimine etkisi.

Uygulamalar	Verim (kg)	% Artış
Kontrol	34,4 c*	
<i>Glomus mosseae</i>	35,6 bc	3,5
<i>Glomus etunicatum</i>	36,8 bc	7,0
<i>Glomus fasciculatum</i>	41,9 a	22,0
<i>Gigaspora margarita</i>	38,8 ab	12,7

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.33. Mikorizal fungusların biber verimine etkisi



Şekil 4.34. Mikorizal fungusların biber verimine etkisiyle ilgili kurulan sera denemesi.

Al-Raddad (1987), *Glomus mosseae*, *Glomus monosporum* ve *Glomus fasciculatum*'un tarla koşullarında domates, patlıcan ve biberde verimi arttırdığını ortaya koymuştur. Sözkonusu mikorizal funguslar patlıcanda verimi sırasıyla %60, %43 ve %7, domateste % 47, %23 ve %9, biberde ise %22, %21 ve %7 oranında arttırmıştır. Khadge ve ark. (1988), *Glomus mosseae* inokulasyonu ile verimin mısırdan %12-28 ve fasulye'de %20 oranında arttığını bildirmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, patlıcanda *Glomus etunicatum* ve *Gigaspora margarita* inokulasyonu sonrası tarlada verimin sırasıyla %48.2 ve %66 oranında arttığı bildirilmiştir. Ayrıca patlıcan meyvelerinin iriliği nedeniyle, ağırlığında da sözkonusu mikorizal funguslar için sırasıyla %53.7 ve %70.7 oranında artış kaydedilmiştir (Matsubara ve ark., 1995).

4.6.2.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

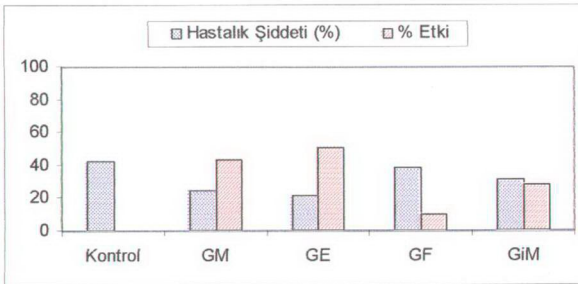
Mikorizal funguslar, *P. capsici*'nin biber bitkilerinde hastalık oluşumu üzerine %9.9 ile %50.1 arasında değişen oranlarda etki göstermişlerdir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Mikorizal fungusların sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.

Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
Kontrol	2,02	42,6 b*	
<i>Glomus mosseae</i>	1,35	24,3 a	43,0
<i>Glomus etunicatum</i>	1,15	21,3 a	50,1
<i>Glomus fasciculatum</i>	1,66	38,4 ab	9,9
<i>Gigaspora margarita</i>	1,51	30,8 ab	27,6

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

GE ve GM, *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine istatistiksel olarak benzer etki göstermiştir. GE ve GM, hastalık oluşumunu sırasıyla %50.1 ve %43.0 oranında engellemiştir. Bunun ardından GiM hastalık oluşumuna %27.6 oranında etkili olmuştur. Etkisi diğer türlere göre daha düşük olan GF hastalık oluşumu üzerine %9.9 oranında etkili olmuştur (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Mikorizal fungusların sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri

Pascua ve Milagrosa (1989), sera koşullarında *Glomus etunicatum*, *G. macrocarpon* ve *Gigaspora margarita*'nın patatestede *Pseudomonas solanacearum* tarafından meydana getirilen bakteriyel solgunluk ve *Fusarium solani* tarafından oluşturulan *Fusarium solgunluğu*nun enfeksiyonlarını azaltarak hastalık oluşumunu azalttığını rapor etmiştir. Yücel ve ark. (2001) tarafından sera koşullarında *Glomus mosseae* (yapay kültür) ve *Glomus intraradices* (ticari preparat)'in solarizasyon sonrası dikim çukuruna uygulandığı zamanda, hiyarda kök çürüklükleri etmenleri olan *Fusarium solani* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı etki düzeyleri, sırasıyla %65.3 ve %67.3 oranında olmuştur. Bu etkinin ise dolaylı olarak mikorizal fungusların bitki gelişimine olumlu etkilerinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

4.6.3.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

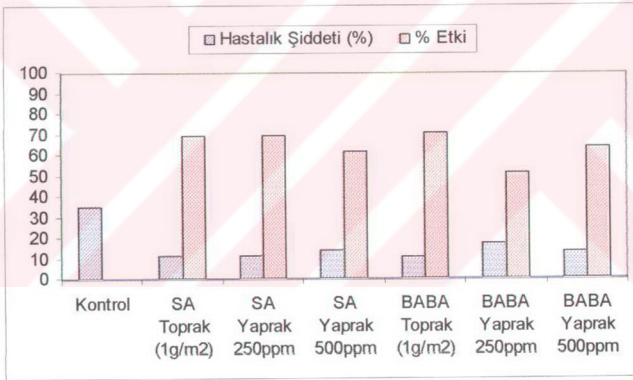
SA ve BABA'in 1g/m² toprak ve 250 ile 500ppm konsantrasyonlardaki yaprak uygulamalarının *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. SA ve BABA'in sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.

Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
Kontrol	1,74	34,8 b*	
SA-Toprak (1g/m2)	0,54	10,8 a	68,9
SA-Yaprak 250ppm	0,54	10,8 a	69,0
SA-Yaprak 500ppm	0,67	13,4 a	61,6
BABA-Toprak (1g/m2)	0,51	10,3 a	70,5
BABA-Yaprak 250ppm	0,85	16,9 a	51,3
BABA-Yaprak 500ppm	0,64	12,8 a	63,4

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Uygulama yapılan tüm konsantrasyonlar kontrole oranla önemli düzeyde farklı bulunmuş ve benzer etki göstermişlerdir. Her iki kimyasalın toprak ve yaprak uygulamaları, *P. capsici* üzerine %51.3 ile 70.5 arasında değişen oranlarda bir etkiye sahip olmuşlardır. SA ve BABA'nın 1g/l konsantrasyondaki toprak uygulamaları *P. capsici* üzerine sırasıyla %68.9 ve %70.5 oranında etki göstermişlerdir. SA'nın 250 ve 500ppm yaprak konsantrasyonlarının hastalığı engelleme oranı birbirine yakın olmakla birlikte bu etki sırasıyla %69.0 ve %61.6 düzeyinde gerçekleşmiştir. BABA'nın 250 ve 500ppm yaprak konsantrasyonları ise etki oranı yüksek konsantrasyonda daha fazla olmuş ve bu oranlar sırasıyla %51.3 ve %63.4 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. SA ve BABA'nın sera koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkileri

Aly ve ark. (1998), Asetilsalisilik asit (ASA) ve Salisilik Asit (SA)'in hıyarda *Pseudoperonospora cubensis*'e karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Saksı koşullarında, ASA ve SA'nın 5mM konsantrasyonu fidelere püskürtme şeklinde uygulandığında en etkili olduğu ortaya konulmuştur. Sera koşullarında ise ASA ve SA'nın 5mM konsantrasyonunun hastalık şiddetini sırasıyla %77 ve %68 oranında azalttığını ve uygulamaların etkisinin tohum ekiminden 70 gün sonrasına kadar devam ettiği bildirilmiştir. Dann ve ark. (1998), sera ve tarla

koşullarında 2,6-dichloroisonicotinic asit (INA) ve benzothiadiazole (BTH)'un soya fasulyesinde *Sclerotium rolfsii* tarafından neden olunan beyaz çürüklük hastalığına karşı etkinliklerini araştırmıştır. INA ve BTH'ın farklı konsantrasyonlarda (35, 45 ve 65mg a.m l⁻¹) hazırlanan solusyonları bitkiye püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Arazi koşullarında, INA'nın 3-4 kez uygulanmasının hastalığa oldukça duyarlı olarak bilinen Elgin 87 ve Williams 82 çeşitlerinde, doğal enfeksiyonu %20-70 oranında azalttığı ortaya konulmuştur. BTH'nın 2-4 kez uygulanması ise duyarlı çeşitlerde beyaz çürüklüğün hastalık şiddetini %20-60 oranında azaltmıştır.

4.7.Tarla Denemeleri

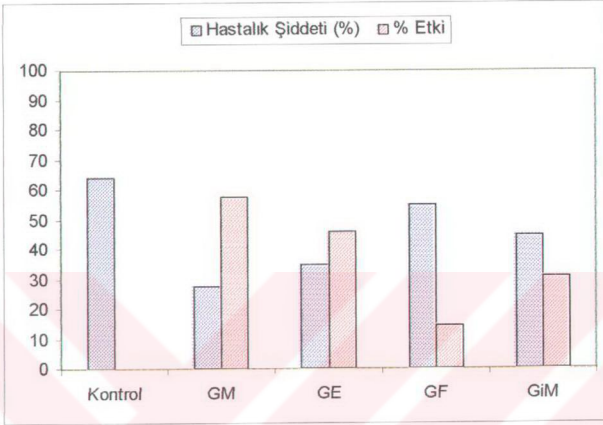
4.7.1.Mikorizal Fungusların *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Tarla denemesinde, mikorizal funguslar *P. capsici* üzerine %14.4 ile %57.2 arasında değişen oranlarda bir etki göstermişlerdir (Çizelge 4.20). Tarla koşullarında mikorizal funguslar arasında en etkili bulunan türler GM ve GE olmuştur. Kontrolde hastalık şiddeti %64 olurken, GM ve GE bu koşullarda hastalık oluşumunu sırasıyla %45.7 ve %57.2 oranında engellemiştir. GiM ve GF ise diğer türlere göre hastalığa karşı daha düşük etki göstermişlerdir. GiM ve GF hastalık oluşumu üzerine %30.7 ve %14.4 oranında etkili olmuştur (Şekil 4.37 ve 4.38).

Çizelge 4.20. Mikorizal fungusların tarla koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.

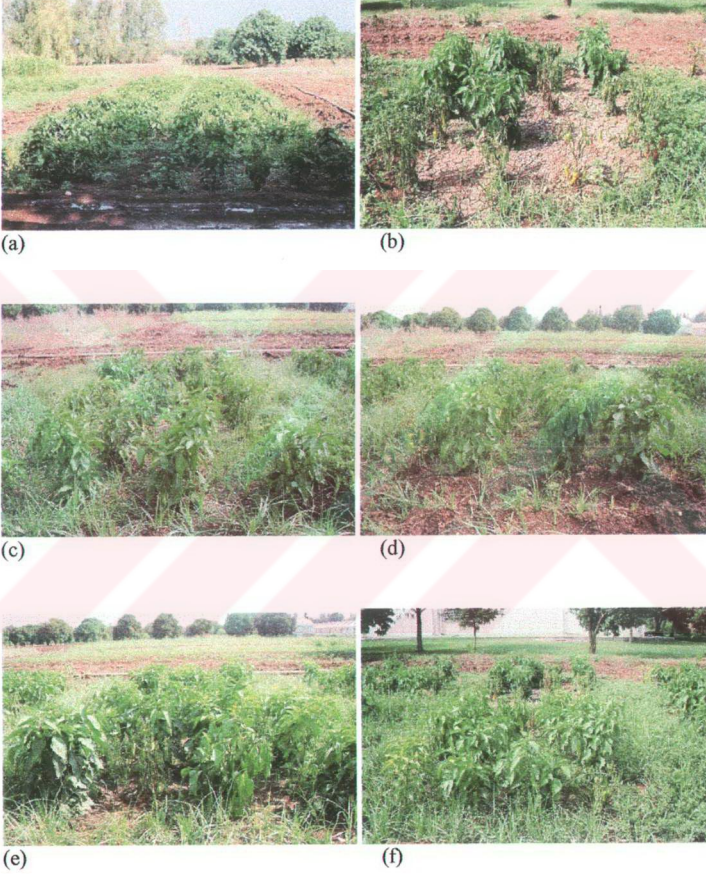
Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
Kontrol	3,31	64,0 b*	
<i>Glomus mosseae</i>	1,53	27,4 a	57,2
<i>Glomus etunicatum</i>	1,93	34,7 a	45,7
<i>Glomus fasciculatum</i>	2,48	54,8 ab	14,4
<i>Gigaspora margarita</i>	2,54	44,3 ab	30,7

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.37. Mikorizal fungusların tarla koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaları üzerine etkileri

Wacker ve ark. (1990), tarla koşullarında, *Glomus fasciculatum*'un kuşkonmaz bitkilerinde *Fusarium oxysporum* f.sp *asparagi*'nin hastalık oluşumunu azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir. Matsubara ve ark. (1995), VAM fungus inokulasyonu ile *Verticillium dahliae*'nin hastalık görünümünün kontrole oranla azaldığını veya geciktirilebildiğini bildirmiştir. Bitkilerin tarlaya dikilmesinden 10 hafta sonra, kontrol bitkilerde *Verticillium* enfeksiyon oranı %100'e ulaşırken bu bitkilerin %70'ten fazlasında solgunluk görülmüştür. *Glomus etunicatum*, *Glomus margarita*'ya oranla hastalık şiddetini daha etkili bir şekilde azaltmış ve hastalık şiddeti bu uygulamalar için sırasıyla %30 ve %45 oranında olmuştur.



Şekil 4.38. Tarla denemesinde mikorizal fungusların *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri (a)Tarla denemesinden genel görünüm (b)Kontrol parsel (c)*Glomus mosseae* (d)*Glomus etunicatum* (e)*Glomus fasciculatum* (f)*Gigaspora margarita*

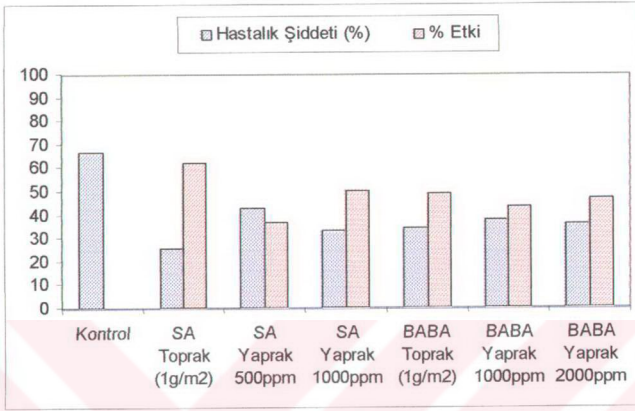
4.7.2.SA ve BABA'in *Phytophthora capsici*'nin Hastalık Oluşturması Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

SA ve BABA'in toprak ve yaprak uygulamalarının tarla koşullarında *P. capsici* üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada, uygulamalar %36.1 ile %62.0 arasında değişen oranlarda etki göstermiştir (Çizelge 4.21). Kontrol parselde %66.7 oranında hastalık şiddeti görülürken *P. capsici* üzerine en yüksek etkiye sahip olan SA'in 1g/m² toprak uygulaması hastalık şiddetini %25.3'e azaltmış ve böylece %62.0 oranında bir etkinliğe sahip olmuştur. BABA'in toprak uygulaması ve her iki kimyasalın yaprak uygulamalarının etkisi benzer olmuştur. BABA'in toprak uygulamasında bitkilerde hastalık oluşumu %49.0 oranında engellenmiştir. BABA'in 1000 ve 2000ppm konsantrasyondaki yaprak uygulamaları sırasıyla %43.5 ve 46.2 oranında etkili bulunmuştur. Ancak, SA'in artan konsantrasyonlardaki yaprak uygulamalarında etki düzeyleri de buna paralel olarak artmıştır. SA'in 500 ve 1000ppm konsantrasyonlarda yaprak uygulamaları hastalık oluşumunu sırasıyla %36.1 ve %50.2 oranında engellemişlerdir (Şekil 4.39 ve 4.40).

Çizelge 4.21. SA ve BABA'in tarla koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturması üzerine etkileri.

Uygulamalar	Hastalık İndeks Değeri	Hastalık Şiddeti (%)	% Etki
Kontrol	3,33	66,7 c*	
SA-Toprak (1g/m2)	1,27	25,3 a	62,0
SA-Yaprak 500ppm	2,13	42,6 b	36,1
SA-Yaprak 1000ppm	1,66	33,2 ab	50,2
BABA-Toprak (1g/m2)	1,70	34,0 ab	49,0
BABA-Yaprak 1000ppm	1,88	37,7 ab	43,5
BABA-Yaprak 2000ppm	1,79	35,8 ab	46,4

*Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD(0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 4.39. SA ve BABA'nın tarla koşullarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkileri.

Manandhar ve ark. (1998), Salisilik Asit (SA)'in sera koşullarında, 1mM konsantrasyonda toprağa uygulandığı zamanda *Pyricularia oryzae* tarafından neden olunan çeltik yanıklığına karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ederek farklı çeltik çeşitlerinde hastalık şiddetini %47-66 arasında değişen oranlarda azalttığını bildirmişlerdir. SA'in 10mM yaprak uygulamalarının da yanıklık hastalığına karşı benzer etkiyi gösterdiği ortaya konulmuştur. Tarla koşullarında da SA'in 10mM konsantrasyonda 2 kez yaprak uygulamasının hastalık şiddetini azaltmada %38 oranında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Sistemik dayanıklılığın teşvik edilmesinde önemli role sahip SA'in, sentetik analogları olarak önemli kimyasal sınıf içerisinde yer alan Acibenzolar-S-methyl (ASM) uygulamalarının pekçok fungal, bakteriyel ve viral hastalıklara karşı kullanılmasıyla başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Cole (1999), ASM'nin 2-3 kez bitkiye uygulanmasının tütünde *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *Thanatophorus cucumeris* ve *Cercospora nicotianae*'nin hastalık oluşumu azaltmada başarıyla kullanılabileceğini rapor etmiştir. Perez ve ark. (2003), ASM'in 25 ve 37.5g a.m/ha konsantrasyonda 10 gün ara ile bitkiye uygulanmasının *Peronospora hyoscyami* f.sp. *tabacina*'nın gelişimini engellediğini bildirmiştir.



Şekil 4.40. Tarla denemesi (a)Deneme alanı (b)Kontrol parsel, (c)*P. capsici* ile infekteli bitki (d)Sağlıklı ve infekteli bitki (e)SA toprak uygulaması (f)BABA toprak uygulaması, (g)SA yaprak uygulaması (1000ppm), (h)BABA yaprak uygulaması (2000ppm).

4.8.Kapsidiol Analizleri

4.8.1.Kapsidiol Standardının Elde Edilmesi

Meyve dokusundan elde edilen ekstraktın eter ile ekstraksiyonu sonrası hazırlanmış olan kolonla madde ayrımı işleminde, 100'er ml'lik toplam 35 fraksiyon toplanmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Kolon kromatografisi

Her bir fraksiyonun evaporasyon işlemlerinden sonra, elde mevcut olan miktar içerisinden sadece 2 µl'lik hacimlerde ince tabaka plakalarına uygulanmıştır. İnce tabaka plakalarında fraksiyonlardaki madde ayrımı yapıldıktan sonra bu plakalara renk maddesi püskürtülmüş ve turkuaz mavisi renginde olan kapsidiol noktalarının olduğu fraksiyonlar belirlenmiştir. Kapsidiol'un bulunduğu turkuaz mavisi renginde reaksiyon veren noktaların Rf değeri 0.2 olarak hesaplanmıştır. İnce tabaka kromatografisi işlemleri sonucunda mevcut fraksiyonlardan 30-35 nolu fraksiyonların kapsidiol içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.42). Bu fraksiyonlardaki kapsidiol, çözen uzaklaştırıldığında parlak beyaz renkte, iğne şeklinde kristallenmiştir.

Bakır sülfat eriyiğinin kloroformla ekstraksiyonu sonucunda bant şeklinde ince tabaka plakalarına direk uygulama yapılmış ve Rf değeri 0.2 olarak hesaplanmış olan kapsidiolun bulunduğu bant, ince tabakadan bir spatül yardımıyla kazanarak

kloroform içerisinde çözdürülmüş ve daha sonra çözgen uzaklaştırılmıştır. Elde edilmiş olan iğne şeklinde kristallenmiş olan kapsidiol meyve dokusundan elde edilmiş olan kapsidiolle birleştirilerek (3.2mg) standart olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.42. İnce tabaka kromatografisi ve ince tabaka plakasındaki turkuvaz mavisi renkli kapsidiol noktaları.

4.8.2.Uygulamalardaki Kapsidiol Miktarının Gaz Kromatografi ile Belirlenmesi

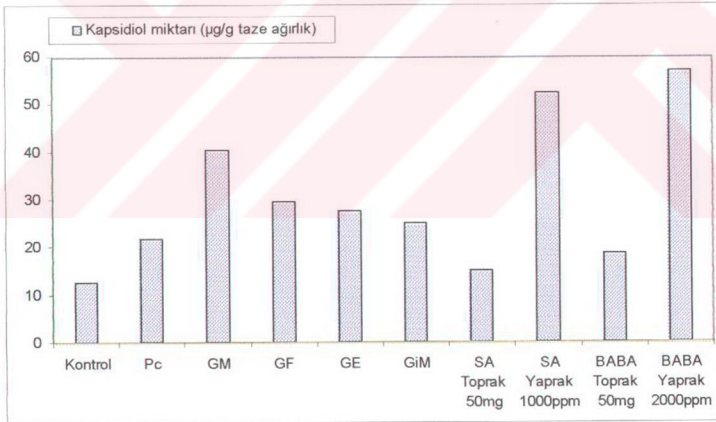
Mikorizal funguslar, SA ve BABA'in biber bitkilerinde *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıktaki rollerinin bir fitoaleksin olan kapsidiol ile ilişkisi araştırılmıştır. Uygulamalarda kapsidiol birikimi kontrole kıyasla artmıştır (Çizelge 4.22).

Kontrolde kapsidiol miktarı 12.5µg/g taze ağırlık oranında iken en yüksek kapsidiol birikiminin teşvik edildiği BABA ve SA yaprak uygulamalarında bu miktarlar sırasıyla 56.8 ve 52.3µg/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir. Mikorizal funguslar arasında GM 40.3µg/g taze ağırlık ile bunu takip etmiştir. GF, GE ve GiM uygulamalarında kapsidiol miktarı daha düşük olmakla birlikte sırasıyla 29.4, 27.6 ve 24.9µg/g taze ağırlık oranında olduğu belirlenmiştir. Sadece *P. capsici* inokulasyonu yapılan bitkilerde gövde nekrozunun bulunduğu kısımlarda patojen infeksiyonuna tepki olarak kapsidiol birikiminin teşvik edildiği (21.8µg/g taze ağırlık) görülmüştür. SA ve BABA'in toprak uygulamaları sırasıyla 15.0 ve 18.7µg/g taze ağırlık ile

kapsidiol bikimini, diğer uygulamalara oranla daha düşük düzeyde teşvik etmiştir (Şekil 4.43).

Cizelge 4.22. Uygulamalardaki kapsidiol miktarı

Uygulamalar	Kapsidiol miktarı µg/g taze ağırlık	Standart Sapma	% Standart Sapma
Kontrol	12,5	1,4	10,8
<i>P. capsici</i>	21,8	0,6	2,7
GM	40,3	3,4	8,5
GF	29,4	2,0	6,7
GE	27,6	0,7	2,5
GiM	24,9	1,8	7,1
SA Toprak	15,0	1,6	11,0
SA Yaprak	52,3	0,2	0,5
BABA Toprak	18,7	2,4	12,6
BABA Yaprak	56,8	4,5	7,9



Şekil 4.43. Uygulamalardaki kapsidiol miktarı.

Sonuçlar, kapsidiolün *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıkta önemli bir faktör olabileceğini göstermektedir. Şüphesiz bitkilerde patojenlere karşı dayanıklılıkta fiziksel ve biyokimyasal pekçok faktörün birlikte rol oynadığı bir gerçektir. Birtakım stres faktörlerine bağlı olarak bitkilerde fitoaleksinlerin oranında artış olduğu bilinmektedir. Nitekim, biyotik ve abiyotik uyarıcılar ile biberde kapsidiol

birikiminin teşvik edildiği bazı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Üstün ve Ercoşkun, 1994; Garcia-Perez ve ark., 1998). Bu çalışmada, kapsidiol miktarının özellikle bazı uygulamalarda (GM, SA ve BABA yaprak uygulamaları) kontrole kıyasla oldukça fazla olması, biberde *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıkta kapsidiolün biyokimyasal dayanıklılığın bir parçası olabileceğinin göstergesidir. Bunun yanında, saksı çalışmaları ile ilgili sonuçlar gözönüne alındığında SA ve BABA toprak uygulamalarında da etki düzeyinin yüksek olması, kapsidiolün dışında başka biyokimyasal faktörlerin etkisi olabileceğini de yansıtmaktadır.

Fitoaleksinlerin birikimi, patojen infeksiyonunu takiben bitkide dayanıklılığın ortaya çıkmasına yolaçabilir. Daha önceki çalışmalarda, yaşa bağımlı dayanıklılık gösteren veya metalaxyl uygulanmış biber bitkilerinde dayanıklılık mekanizması olarak kapsidiolün üretiminin *Phytophthora* yanıklılığının kontrolünde önemli bir rolü olduğu ortaya konulmuştur (Hwang ve Sung, 1989; Hwang ve Kim, 1990). Lotan ve Fluhr (1990), DL-alfa-n-amino-bütirik asit uygulamasının tütün yapraklarında kapsidiol üretimini teşvik ettiğini rapor etmişlerdir. Hwang ve ark. (1997), BABA'in $1000\mu\text{g/ml}^{-1}$ konsantrasyonda bitkilere püskürtme şeklinde uygulanmasının gövdede kapsidiol'un yanı sıra, β -1,3-glukanaz ve kitinaz gibi patojenite ile ilgili proteinlerin ve SA'in sentezini ve birikimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Bu enzimlerin birikimi özellikle BABA uygulamasını takiben *P. capsici* inokulasyonundan sonra daha belirgin olmuştur. Sonuçta, BABA uygulamasıyla endogen olarak artan SA'in bir sinyal görevi görerek bitki içinde özellikle patojenite ile ilgili proteinlerin teşvik edilmesinde ve *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıkta önemli bir faktör olabileceği ortaya konulmuştur.

GM'nin gerek saksı gerekse sera ve tarla koşullarında yapılan denemelerde, *P. capsici*'nin hastalık oluşumuna yüksek etki göstermesi özellikle kapsidiol miktarını arttırması ile sonuçları desteklemesi bakımından önemli bulunmuştur. Bazı biyokontrol etmenlerinin bitkilerde fitoaleksin sentezini teşvik ettiği rapor edilmiştir. Ahmed ve ark. (2000), tarafından yapılan bir çalışmada, biber tohum ve köklerinde *Trichoderma harzianum* uygulamasının, bitkideki kapsidiol miktarında artış sonuçladığını bildirmişlerdir. *T. harzianum* ve *P. capsici*'nin birlikte uygulanmasının da bu oranı 7 kat daha fazla arttırdığını ortaya koymuşlardır. *T. harzianum*

uygulamalarında, *P. capsici*'nin bitkilerin gövdesinde meydana getirdiği lezyon gelişiminin geciktirilmesindeki esas faktörün kapsidiol miktarındaki artış olduğu bildirilmiştir. Biyokontrol etmenlerinin, fitoaleksinlerin yanısıra bitkilerde dayanıklılık mekanizması ile ilgili olarak patojenite ile ilgili proteinlerde (PR proteinler) artış sonuçladığı da rapor edilmiştir. Dassi ve ark. (1998), *Glomus mosseae* ile kolonize olmuş domates köklerinde *Phytophthora parasitica* inokulasyonu sonrasında PR proteinlerin miktarında artış sonuçlandığını bildirmiştir. Simbiyotik mikroorganizmaların, PR proteinlerden özellikle kitinaz ve β -1,3-glukanaz enzimlerinin sentezini teşvik ettiklerini de bildirilmiştir (Dumas-Gaudot ve ark, 1996; Pozo ve ark., 1999). Devi ve Reddy (2002), *Glomus mosseae* ve *Rhizobium* ile inokule edilmiş yerfıstığı bitkilerinin kök ve üst aksamında *trans-p*-coumaric asit, *trans*-ferulic asit ve vanillic asit gibi dayanıklılıkta önemli faktör olarak bilinen fenolik asitlerin miktarında artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda, *P. capsici* inokulasyonu sonrasında nekrotik alanlarda kapsidiolün bir düzeyde arttığı belirlenmiştir. Nitekim, nekroz oluşturan patojenlerin de bitkinin bir tepkisi olarak fitoaleksinlerin, çözülebilir fenolik asitlerin ve patojenite ile ilgili proteinlerin miktarında artış sağladığı diğer araştırmacılar tarafından da desteklenmektedir (Mauch ve ark., 1988b; Kim ve Hwang, 1994; Candela ve ark, 1995). Ahmed ve ark. (2000) tarafından, *P. capsici* inokulasyonundan altı gün sonra kontrol bitkilerde kapsidiol miktarının gram taze ağırlıkta 19.9 μ g ve sadece *P. capsici* inokulasyonu yapılan bitkilerde 32.68 μ g olduğunu bildirmişlerdir. Yine Egea ve ark. (1996b), dayanıklı Smith-5 biber çeşidinde, *P. capsici*'nin gövde inokulasyonları sonucunda oluşan nekrotik alanlarda, inokulasyondan 6 gün sonra kapsidiol miktarının oldukça yüksek olduğunu ve patojen gelişiminin inhibe edildiği bildirilmiştir. In vitro testlerde, kapsidiolün 3.75mM konsantrasyonda fungistatik, 5mM konsantrasyonda ise fungitoksik özelliğe sahip olduğunun belirlenmesiyle, kapsidiol'ün *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıkta önemli bir faktör olduğu ortaya konulmuştur.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Biberde kökboğazı yanıklığına neden olan *P. capsici*'ye karşı mikorizal funguslar, Salisilik Asit (SA) ve DL- β -Amino-n-Butirik Asit (BABA)'ın etkinliği saksı, sera ve tarla denemeleriyle ortaya koyulmuştur. Bunun yanında, mikorizal funguslar ve kimyasal uyarıcıların, *P. capsici*'ye karşı dayanıklılık sağlamasında, bir fitoaleksinin olan kapsidiolun rolü araştırılmıştır.

Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkilerini belirlemek amacıyla *Glomus mosseae* (GM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatum* (GF) ve *Gigaspora margarita* (GiM) türleri kullanılmıştır. Saksı koşullarında test edilen tüm mikorizal türler bitki boyunu %23.4-31.7 oranında arttırmıştır. Sürgün, kök taze ve kuru ağırlığının artmasında, GE, GF ve GiM türleri etkili olmuştur. Özellikle GF, sera koşullarında biber veriminde %22 oranında bir artış sağlamasıyla diğer türlere göre önemli olmuştur. Mikorizal fungusların bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesiyle ilgili olarak, özellikle sera veya tarla koşullarında, farklı uygulama şekilleri ve inokulum miktarları ile yapılacak detaylı çalışmalarla pratiğe yönelik sonuçların elde edilmesinde faydalı olacaktır. Aynı şekilde, mikorizal fungusların verime etkisi ile ilgili olarak yapılabilecek çalışmaların daha geniş alanlarda yürütülmesinde yarar vardır.

Mikorizal fungusların *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkileri ile ilgili olarak, test edilen mikorizal türler içerisinde özellikle GM, saksı sera ve tarla denemelerinde en etkin tür olarak karşımıza çıkmıştır. GM, *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine saksı koşullarında %91.7, sera koşullarında %43.0 ve tarla koşullarında %57.2 oranında etkili olmuştur. *P. capsici* ve GM interaksiyonunun, mikorizal fungusun farklı inokulum oranlarında ve farklı toprak yapılarında değerlendirilmesi daha sonraki planlanacak çalışmalar içerisinde önemli olacaktır. Bunun yanı sıra, diğer mikorizal türler ile benzeri çalışmaların daha geniş alanlarda yürütülmesinde yarar vardır.

SA ve BABA ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda da *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaya üzerine etkisiyle ilgili ümitvar sonuçlar elde edilmiştir. SA, in vitro'da 250 ppm konsantrasyonda *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini tamamen inhibe

etmiştir. SA, in vitro'da miseliyal gelişimi inhibe etmesine ilave olarak, saksı sera ve tarla denemelerinde *P. capsici*'ye karşı dayanıklılığı teşvik etmede başarılı olmuştur. SA'in 500ppm konsantrasyondaki yaprak uygulaması, saksı çalışmalarında *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaları üzerine %87.2 oranında etkili olurken, sera ve tarla çalışmalarında etki oranı sırasıyla %61.6 ve %36.1 olmuştur. Benzer şekilde SA'in saksı toprağına 25-100mg oranında uygulanmasında hastalık oluşumu üzerine etki %75.1-92.2 arasında değişmektedir. Sera ve tarla çalışmalarında ise, m²'ye 1g oranında uygulanan SA, hastalık oluşumunu sırasıyla %68.9 ve 62.0 arasında engellemiştir. Görüldüğü gibi, SA'in hem yaprak hem de toprak uygulamaları, *P. capsici*'nin hastalık oluşturmaları üzerine küçümsenmeyecek düzeyde etkili olmuştur.

BABA ise 1000ppm'e kadar olan konsantrasyonda bile *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesine hiçbir etkisi olmamıştır. Ancak, saksı çalışmalarında, 1000ppm konsantrasyondaki yaprak uygulaması hastalık oluşumunu %83.6 oranında engellemiştir. Sera koşullarında ise BABA'in 500ppm yaprak uygulaması, %63.4, tarla çalışmalarında 1000ppm yaprak uygulaması hastalık üzerine %43.5 oranında etkili olmuştur. Benzer şekilde, BABA'in saksı toprağına uygulanan 25-100mg konsantrasyonları *P. capsici*'nin hastalık şiddetini %60.8-84.3 oranında engellemiştir. Sera ve tarla çalışmalarında ise 1g/m² oranında toprağına uygulanması sırasıyla hastalık şiddetini %70.5 ve 49 oranında engellemiştir. Görüleceği gibi BABA in vitro'da *P. capsici*'nin miseliyal gelişmesini herhangi bir şekilde engellememesine karşın, saksı, sera ve tarla koşullarında hastalık oluşumunu SA'ya benzer şekilde engellemiştir.

Her iki kimyasalın da daha farklı konsantrasyonlarının farklı uygulama zamanları ve farklı uygulama sayılarıyla yinelenmesi, hastalığı karşı dayanıklılığın teşvik edilmesinde en düşük konsantrasyonu, en uygun uygulama zamanını ve en uygun uygulama sayısını bulmada yararlı olacaktır.

Mikorizal funguslardan GM, kimyasal uyarıcılardan SA ve BABA'in yaprak uygulamaları kapsidiol miktarını kontrole göre önemli düzeyde arttırmış ve kapsidiolün, *P. capsici*'ye karşı dayanıklılıkta önemli bir faktör olabileceği ortaya koyulmuştur. Ancak, patojenlere karşı pekçok dayanıklılık faktörünün birlikte işgörmesi dolayısıyla kapsidiol dışındaki diğer fenolik bileşiklerin düzeyinin ne

olduğunun belirlenmesinde de yarar vardır. Nitekim, saksı çalışmalarıyla ilgili sonuçlar değerlendirildiğinde, SA ve BABA'in toprak uygulamaları her ne kadar kapsidiol miktarında artışa neden olmamışsa da etki düzeyinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bu durum kapsidiol dışındaki diğer fenolik bileşiklerden kaynaklanabilir. Özellikle, SA ve BABA'in toprağa uygulanması sonucu kökler tarafından alınmasıyla fiziksel olarak kök hücrelerinde bir dayanıklılık sağlamış olması veya benzer şekilde köklerde veya bitki içerisinde patojenin girişini engelleyecek veya girdikten sonra inhibisyonuna neden olacak bazı fenolik bileşiklerin artışına neden olmuş olabilir. Bu yüzden dayanıklılık mekanizmasıyla ilgili daha detaylı yapılacak çalışmalara gereksinim vardır. Yapılacak uygulamalar sonucu bitkide meydana gelen hücresel değişikliklerin ultrastrüktürel olarak incelenmesi, dayanıklılığın mekanizmasının açığa çıkarılmasında yararlı sonuçlar doğurabilecektir.

KAYNAKLAR

- ABDEL-FATTAH, G.M. and SHABANA, Y.M., 2002. Efficacy of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* in protection of cowpea plants against root rot pathogen *Rhizoctonia solani*. Zeitschrift fur Pflanzen Krankheiten und Pflanzenschutz. 109(2):207-215.
- AFEK, U., MENGE, J.A. and JOHNSON, E.L.V., 1991. Interaction among mycorrhizae, soil solarization, metelaxyl and plants in the field. Plant Dis. 75:665-671.
- AGRIOS, N.G., 1997. Mycorrhizae. Plant Pathology. Fourth ed., pp 404-406.
- AGUILERA-GOMEZ, L., DAVIES, Jr, F.T., OLALDE-PORTUGAL, V., DURAY, S.A. and PHAVAPHUTANON, L., 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhizae (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis). Photosynthetica. 36(3):441-449.
- AHMED, A.S., SANCHEZ, C.P. and CANDELA, M.E., 2000. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. European Journal of Plant Pathology. 106:817-824.
- Al-MOMANY, A. and Al-RADDAD, A.M, 1988. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on Fusarium wilt of tomato and pepper. Alexandria Journal of Agricultural Research. 33(1):249-261.
- Al-RADDAD, A.M, 1987. Effect of three vesicular-arbuscular mycorrhizal isolates on growth of tomato, eggplant and pepper in thi field soil. Dirasat. 14(11):161-168.
- ALY, M.M., ASHOUR, W.E., ABD EL-KAREEM, F. and DIAB, M.M., 1998. Systemic acquired resistance in greenhouse cucumber for controlling downy mildew using salicyclic acid and acetylsalicyclic acid. 7th International Congress of Plant Pathology. 16th August 1998, Edinburg. Paper Number:1.4.30 (<http://www.bspp.org.uk/icpp98/1.4/30.html>).

- ANONYMOUS, 2001. Tarımsal Yapı ve Üretim. Başbakanlık D.İ.E. Yayınları.
- ANONYMOUS, 2002. The Newsletter of California Certified Organic Farmers. Vol.XIX(3). 40p (http://www.ccof.org/magazine/archives/nl_fall02.pdf).
- AZCON-AGUILAR, C. and BAREA, M., 1992. Interaction between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. In: "Mycorrhizal Functioning An Integrated Plant-Fungal Process. (163-198). Ed. M.J. ALLEN. Chapman&Hall, 534pp.
- BAATH, E. and HAYMAN, D.S., 1983. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizae. XIV-Interactions with Verticillium wilt on tomato plants. New Phytol. 95:419-426.
- BAYRAKTAR, H. and DOLAR, F.S., 2002. Induction of resistance in chickpea to Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.) by salicyclic acid. The Journal of Turkish Phytopathology. 31(1): 49-61.
- BECOT, S., PAJOT, E., Le CORRE, D., MONOT, C. and SILUE, D., 2000. Phytogard® (K₂HPO₃) induces localized resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. Crop Protection. 19:417-425.
- BENDAVID-VAL, R., RABINOWITCH, H.D., KATAN, J. and KAPULNIK, Y., 1997. Viability of VA-mycorrhizal fungi following soil solarization and fumigation. Plant and Soil. 195:185-193.
- BENHAMOU, N. and THEIAULT, G., 1992. Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root rot pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Physiological and Molecular Plant Pathology. 41:33-52.
- BLACK, L.L., GREEN, S.K., HARTMAN, G.L. and POULOS, J.M., 1991. Phytophthora Blight. Pepper Disease: A Field Guide. 45p.
- BOBY, V.U. and BAGYARAJ, D.J., 2003. Biological control of root-rot of *Coleus forskohlii* Briq. using microbial inoculants. World Journal of Microbiology& Biotechnology. 19:175-180.

- BODKER, L., KJOLLER, R. and RASMUS, S., 1998. Effect of phosphate and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on disease severity of root rot of peas (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. Mycorrhizae. 8:169-174.
- BRISSET, M.N., CESBRON, S., THOMSON, S.V. and PAULIN, J.P., 2000. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defence related enzymes in apple and protects from fire blight. European Journal of Plant Pathology. 106:529-536.
- BROWN, M.F. and KING, E.J., 1982. Morphology and Histology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. a. Anatomy and Histology. (15-21). In: "Methods and Principles of Mycorrhizal Research" Ed. N.C. SCHENCK. American Phytopathological Society. 244p.
- BUONAURIO, R., SCARPONI, L., FERRARA, M., SIDOTI, P. and BERTONA, A., 2002. Induction of systemic acquired resistance in pepper plants by acibenzolar-S-methyl against bacterial spot disease. European Journal of Plant Pathology. 108:41-49.
- CANDELA, M.E., ALCAZAR, M.D., ESPIN, A., EGEA, C. and ALMELA, L., 1995. Soluble phenolic acids in *Capsicum annuum* stems infected with *Phytophthora capsici*. Plant Pathology. 44:116-123.
- CARON, M., FORTIN, J.A. and RICHARD, J., 1986. Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* tomatoes over a 12-week period. Can. J. Bot. 64:552-556.
- CARON, M., FORTIN, J.A. and RICHARD, J., 1986. Effect of phosphorus concentration and *Glomus intraradices* on Fusarium crown and root rot of tomatoes. Phytopathology. 76:942-946.
- CHAPPELL, J., LEVINE, A., TENHAKEN, R. and LUSSO, M., 1997. Diffusible Signal(s) Involved in Cell-to-cell Communication and Localized Defence Responses in Tobacco. Plant Physiology. 113:621-629.
- COHEN, Y. and GISI, U., 1994. Systemic translocation of ¹⁴C-DL-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 45:441-446.

- COHEN, Y., 1994(a). 3-Amino butyric acid induces systemic resistance against *Peronospora tabacina*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 44:273-288.
- COHEN, Y., 1994(b). Local and systemic control of *Phytophthora infestans* in tomato plants by DL-3-amino-n-butanoic acids. *Phytopathology*. 84:55-59.
- COLE, D.L., 1999. The efficacy of acibenzolar-S-methyl, an inducer of systemic acquired resistance, against bacterial and fungal diseases of tobacco. *Crop Protection*. 18:267-273.
- CONRATH, U., THULKE, O., KATZ, V., SCHWINDLING, S. and KOHLER, A., 2001. Priming as a mechanism in induced systemic resistance of plants. *European Journal of Plant Pathology*. 107:113-119.
- CROTEAU, R., KUTCHAN, T.M. and LEWIS, N.G., 2000. Natural Products (Secondary Metabolites). In: "Biochemistry & Molecular Biology of Plants". (1250-1318). Eds. B.BUCHANAN, W. GRUISSEM, R. JONES. American Society of Plant Pathologist. 1408pp.
- ÇÖKMÜŞ, C. and SAYAR, A.H., 1991. Effect of Salicylic Acid on the Control of Bacterial Speck of Tomato Caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. *J. Turk. Phytopath.* 20(1):27-32.
- DANN, E., DIERS, B., BYRUM, J. and HAMMERSCHIMDT, R., 1998. Effect of treating soybean with 2,6-dichloroisonicotinic acid (INA) and benzothiadiazole (BTH) on seed yields and the level of disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in field and greenhouse studies. *European Journal of Plant Pathology*. 104:271-278.
- DAR, G.H., ZARGAR, M.Y. and 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.
- DASSI, B., DUMAS-GAUDOT, E. and GIANINAZZI, S., 1998. Do pathogenesis-related (PR) proteins play a role in bioprotection of mycorrhizal tomato roots towards *Phytophthora parasitica*? *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 52:167-183.

- DAVIS, R.M., MENGE, J.A. and ERWIN, D.C., 1979. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on Verticillium wilt of cotton. *Phytopathology*. 69:453-456.
- DEHNE, H.W., 1982. Interaction Between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Pathogens. *Phytopathology*. 72(8):1115-1119.
- DELANEY, T.P., UKNES, S., VERNOOJI, B., FRIEDRICH, H., WEYMAN, K., NEGROTTA, D., GAFFNEY, T., GUT-RELLA, M., KESSMAN, H., WARD, E. and RYALS, J., 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science*. 266:1247-1250.
- DEMİR, S., 1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler Arbüsküler Mikorhiza Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı Doktora Tezi. 114s.
- DEMPSEY, D.A. and KLESSIG, D.F., 1995. Signals in plant disease resistance. *Bull. Inst. Pasteur*. 93:167-186.
- DEVI, M.C. and REDDY, M.N., 2002. Phenolic acid metabolism of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) plants inoculated with VAM fungus and Rhizobium. *Plant Growth Regulation*. 37:151-156.
- DUGASSA, G.D., Von ALTEN, H. and SCHONBECK, F., 1996. Effects of arbuscular mycorrhiza (AM) on health of *Linum usitatissimum* L. infected by fungal pathogens. *Plant and Soil*. 185:173-182.
- DUMAS-GAUDOT, E., GOLLOTTE, A., CORDIER, C., GIANINAZZI, S. and GIANINAZZI-PEARSON, 2000. Modulation of Host Defence Systems (173-200). In: "Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Eds: Y. KAPULNIK, D.D. DAUDS. Kluwer Academic Publishers. 384pp.
- DUMAS-GAUDOT, E., SLEZACK, B., DASSI, B., POZO, M.J., GIANINAZZI-PEARSON, V. and GIANINAZZI, S., 1996. Plant hydrolitic enzymes (chitinases and β -1,3-glucanases) in root reactions to pathogenic and symbiotic microorganisms. *Plant and Soil*. 185:211-221.
- DURNER, J., SHAH, J. and KLESSIG, D.F., 1997. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Trends in Plant Science*. 2(7):266-274.

- EBEL, J., 1986. Phytoalexin Synthesis: The Biochemical Analysis of The Induction Process. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:235-264.
- EGEA, C., GARCIA-PEREZ, M.D. and CANDELA, M.E., 1996(a). Capsidiol accumulation in *Capsicum annuum* stems during the hypersensitive reaction to *Phytophthora capsici*. *J. Plant Physiol.* 149:762-764.
- EGEA, C., ALCAZAR, M.D. and CANDELA, M.E., 1996(b). Capsidiol: Its role in the resistance of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*. *Physiologia Plantarum.* 98:737-742.
- GARCIA-PEREZ, M.D., EGEA, C. and CANDELA, M.E., 1998. Defence response of pepper (*Capsicum annuum*) suspension cells to *Phytophthora capsici*. *Physiologia Plantarum.* 103:527-533.
- GERDEMANN, J.W. and NICHOLSON, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal Endogene extracted from soil by wetsieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- GIOVANNETTI, M. and MOSSE, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- GIOVANNETTI, M., TOSI, L., DELLA TORE, G. and ZAZZERINI, A., 1991. Histological, Physiological and Biochemical Interactions between Vesicular-Arbuscular-Mycorrhizae and *Thielaviopsis basicola* in Tobacco Plants. *J. Phytopathology.* 131:265-274.
- GODARD, J.F., ZIADI, S., MONOT, C., Le CORRE, D. and SILUE, D., 1999. Benzothiadiazole (BTH) induces resistance in cauliflower (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) to downy mildew of crucifers caused by *Peronospora parasitica*. *Crop Protection.* 18:397-405.
- GOTTSTEIN, H.D. and KUC, J., 1989. Induction of systemic resistance to anthracnose in cucumber plants by phosphates. *Phytopathology.* 79:176-179.
- GRAHAM, J.H. and MENGE, J.A., 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil phosphorus on take-all disease of wheat. *Phytopathology.* 72:95-98.

- GÜR, K., 1975. Vesiküler-Arbasküler (VA) Mycorrhiza'nın Aktivite ve Dağılışı Üzerine Çalışmalar. TETAK yayın No. 361, TOAG Seri No: 68 TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, İzmir.
- GÜR, K., 1987. Vesiküler-Arbasküler (VA) Mikorizanın Erzurum Yöresi Topraklarındaki Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu. 5. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 18-21 Ekim 1988, Antalya.
- GÜR, K., 1992. Vesiküler-Arbasküler (VA) Mikorizanın Erzurum Yöresi Topraklarındaki Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 3(2):127-142.
- HAMMERSCHMIDT, R., 1999. Phytoalexins:What Have We Learned After 60 Years? Annu. Rev. Phytopathol. 37:285-306.
- HEIL, M. and BOSTOCK, R.M., 2002. Induced Systemic Resistance (ISR) Against Pathogens in the Context of Induced Plant Defences. Annuals of Botany. 89:503-512.
- HOXTERMANN, E., 1991. Karl Otto Müller (1897-1978) und die Entdeckungsgeschichte der Phytoalexine. J. Phytopathol. 132:161-167.
- HWAHG, B.K. and SUNG, N.K., 1989. Effect of metalaxyl on capsidiol production in stems of pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. Plant Disease. 73:748-751.
- HWANG, B.K. and KIM, Y.J., 1990. Capsidiol production in pepper plants associated with age-related resistance to *Phytophthora capsici*. Korean Journal of Plant Pathology. 6:193-200.
- HWANG, B.K., SUNWOO, J.Y., KIM, Y.J. and KIM, B.S., 1997. Accumulation of β -1,3-glucanase and chitinase isoforms, and salicylic acid in the DL- β -amino-n-butyric acid-induced resistance response of pepper stems to *Phytophthora capsici*. Physiological and Molecular Plant Pathology. 51:305-322.
- ISAAC, S., 1992. Fungal Plant Confrontation. In:"Fungal-Plant Interaction". (147-207). Chapman and Hall. 418pp.

- ISHII, H., TOMITA, Y., HORIO, T., NARUSAKA, Y., NAKAZAWA, Y., NISHIMURA, K. and IWAMOTO, S., 1999. Induced resistance of acibenzolar-S-methyl (CGA 245704) to cucumber and Japanese pear disease. *European Journal of Plant Pathology*. 105:77-85.
- JAKAB, G., COTTIER, V., TOQUIN, V., RIGOLI, G., ZIMMERLI, L., METRAUX, J.P. and MAUCH-MANI, B., 2001. β -Aminobutyric acid-induced resistance in plants. *European Journal of Plant Pathology*. 107:29-37.
- JALALI, B.L. and DOMSCH, K.H., 1975. Effect of systemic fungitoxics on the development of endotrophic mycorrhizae. (619-626). In: "Endomycorrhizas". Ed: F.E. SANDERS, B. MOSSE, P.B. TINKER. Academic Press. 626p.
- JALALI, B.L., CHABRA, M.L. and SINGH, R.P., 1990. Interaction between vesicular arbuscular mycorrhizal endophyte and *Macrophomina phaseolina* in mung bean. *Ind. Phytopath.* 43:527-530.
- JANJUN, L., ZINGEN-SELL, I. and BUCHENAUER, H., 1996. Induction of resistance of cotton plants to *Verticillium* wilt and of tomato plants to *Fusarium* wilt by 3-aminobutyric acid and methyl jasmonate. *Journal of Plant Disease and Protection*. 103(3): 288-299.
- KARAGIANNIDIS, N., BLETSOS, F. and STAVROPOULOS, N., 2002. Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhizae (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia Horticulturae*. 94:145-156.
- KAYE, J.W., PFLEGER, F.L. and STEWARD, E.L., 1984. Interaction of *Glomus fasciculatum* and *Pythium ultimum* on greenhouse-grown poinsettia. *Can. J. Bot.* 62:1575-1579.
- KHADGE, B.R., ILAG, L.L. and MET, T.W., 1988. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza fungal inoculation on corn and mungbean. *Philippine Phytopathology*. 24(1-2):5-8.
- KIM, Y.J. and HWANG, B.K., 1994. Differential accumulation of β -1,3-glucanase and chitinase isoforms in pepper stems infected by compatible and incompatible isolates of *Phytophthora capsici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 45:195-209.

- KIM, Y.C., BLEE, K.A., ROBINS, J. and ANDERSON, A.J., 2001. Oxycom™ under field and laboratory conditions increases resistance responses in plants. *European Journal of Plant Pathology*. 107:129-136.
- KOMBRINK, E. and SCHMELZER, E., 2001. The hypersensitive response and its role in local and systemic disease resistance. *European Journal of Plant Pathology*. 107:69-78.
- KOSKE, R.E. and GEMMA, J.N., 1989. A modified procedure for staining root to detect VAM. *Mycological Research*. 92:486-505.
- KRISHNA, K.R. and BAGYARAJ, D.J., 1983. Interaction between *Glomus fasciculatum* and *Sclerotium rolfii* in peanut. *Can. J. Bot.* 61:2349-2351.
- KUC, J., 1995. Systemic induced resistance. *Asp. Appl. Biol.* 42:235-242.
- KUC, J., 2000. Development and future direction of induced resistance in plants. *Crop Protection*. 19:859-861.
- KÜÇÜKKÖMÜRÇÜ, D., ERKILIÇ, A. ve CANIHOŞ, Y., 2002. Patlıcanda *Fusarium* Solgunluğuna Karşı Salisilik asit, Trifluralin ve Ölü *Fusarium* Spor Süspansiyonu ile Dayanıklılığın Teşviki. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*. 17(1):91-98.
- LIU, R.J., 1995. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on *Verticillium* wilt of cotton. *Mycorrhizae*. 5:293-297.
- LIU, R.J., LI, M., MENG, X.X, LIU, X. and LI, X.L., 2000. Effects of AM Fungi on Endogenous Hormones in Corn and Cotton Plants. *Mycosystema*. 19(1):91-96.
- LOTAN, T. and FLUHR, R., 1990. Xylanase, a novel elicitor of pathogenesis-related proteins in tobacco, uses a nonethylene pathway of induction. *Plant Physiology*. 93:811-817.
- LYON, G.D. and NEWTON, A.C., 1997. Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies? *Plant Pathology*. 46:636-641.
- MALAMY, J. and KLESSIG, D.F., 1992. Salicylic acid and plant disease resistance. *The Plant Journal*. 2(5):643-654.

- MANANDHAR, H.K., LYNGS-JORGENSEN, H.J., MATHUR, S.B. and SMEDEGAARD-PETERSEN, V., 1998. Resistance to rice blast induced by ferric chloride, di-potassium hydrogen phosphate and salicyclic acid. *Crop Protection*. 17(4):323-329.
- MANSFIELD, J., 1990. Recognition and response in plant-fungus interactions. *NATO ASI Series*. 41:31-52.
- MANSFIELD, J.W., 1984. Antimicrobial Compounds. In: "Biochemical Plant Pathology. Ed. J.A. Callow. (237-265). John Wiley and Sons. 484pp.
- MARSCHNER, H. and DELL, B., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal simbiosis. In: "Management Mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry. (89-102). Eds. A.D. ROBSON, L.K. ABBOTT, N. MALAJCZUK. Kluwer Academic Publisher. 238pp.
- MATHERON, M.E. and PORCHAS, M., 2002. Suppression of Phytophthora Root and Crown Rot on Pepper Plants Treated with Acibenzolar-S-Methyl. *Plant Disease*. 86:292-297.
- MATSUBARA, Y., TAMURA, H. and HARADA, T., 1995. Growth Enhancement and Verticillium Wilt Control by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus Inoculation in Eggplant. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 64(3):555-561.
- MAUCH, F., HADWIGER, L.A. and BOLLER, T., 1988(a). Antifungal hydrolases in pea tissues. I. Purification and characterization of two chitinases and two β -1,3-glucanases differentially regulated during development and response to fungal infection. *Plant Physiology*. 87:325-333.
- MAUCH, F., MAUCH-MANI, B. and BOLLER, T., 1988(b). Antifungal hydrolases in pea tissue: II. Induction of fungal growth by combination of chitinase and β -1,3-glucanase. *Plant Physiology*. 88:936-942.
- MENGE, J.A. and TIMMER, L.W., 1982. Procedure for Inoculation of Plants with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae in Laboratory, Greenhouse and Field. In: "Methods and Principles of Mycorrhizal Research" ed. N.C. SCHENCK, 244pp.
- MENGE, J.A., 1982. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. *Phytopathology*. 72(8):1125-1132.

- METRAUX, J.P., 2001. Systemic Acquired Resistance and Salicylic Acid: Current State of Knowledge. *European Journal of Plant Pathology*. 107:13-18.
- METRAUX, J.P., NAWRATH, C. and GENOUD, T., 2002. Systemic acquired resistance. *Euphytica*. 124:237-243.
- MILLS, P.R. and WOOD, W.K.S., 1984. The effect of polyacrylic acid, acetylsalicylic acid and salicylic acid on resistance of cucumber to *Coletotrichum lagenarium*. *Phytopath. Z.* 111:209-216.
- MITCHELL, D.J., and KANWISCHER, M.E., 1992. *Phytophthora*. (31-38) In: "Methods For Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi. Ed. L.L. SINGLETON, J.D. MIHAIL, C.M. RUSH. American Phytopathological Society. 265pp.
- MUCHARROMAH, E. and KUC, 1991. Oxalate and phosphates induce systemic resistance against disease caused by fungi, bacteria and viruses in cucumber. *Crop Protection*. 10:265-270.
- MUCHOVEJ, J.J., MUCHOVEJ, R.M.C. and GONCALVES, E.J., 1991. Effect of kind and method of fungicidal treatment of bean seed on infections by the VA-mycorrhizal fungus *Glomus macrocarpum* and by the pathogenic fungus *Fusarium solani*. II. Temporal-spatial relationships. *Plant and soil*. 132:47-51.
- NAKASHITA, H., YOSHIOKA, K., YASUDA, M., NITTA, T., ARAIS, Y., YOSHIDA, S. and YAMAGUCHI, I., 2002. Probenazole induces systemic acquired resistance in tobacco through salicylic acid accumulation. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 61:197-203.
- NORMAN, J.R., ATKINSON, D. and HOOKER, J.E., 1996. Arbuscular mycorrhizal fungal-induced alteration to root architecture in strawberry and induced resistance to root pathogen *Phytophthora fragariae*. *Plant and soil*. 185:191-198.
- OKEY, E.N. and SREENIVASAN, T.N., 1996. Salicylic acid: A factor in systemic resistance of cacao to *Phytophthora palmivora*. *Brighton Crop Protection Conference-Pest&Disease*. 955-960.
- OOSTENDORP, M., KUNZ, W., DIETRICH, B. and STAUB, T., 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. *European Journal of Plant Pathology*. 107:19-28.

- ORTAŞ, İ., 1998. Toprak ve Bitkide Mikoriza. Workshop. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. 20-22 Mayıs, Adana. 61s.
- ORTAŞ, İ., 2003. Effect of Selected Mycorrhizal Inoculation on Phosphorus Sustainability in Sterile and Non-sterile Soils in the Harran Plain in South Anatolia. J. Plant Nutrition. 26:1-17.
- ORTAŞ, İ., GÖK, M., ÇAKMAK, İ., İBRİKÇİ, H. GÜR, K., TORUN, B., ONAÇ, I., ERGÜN, B. and COŞKAN, A., 1998. Effects of VA-Mycorrhizae Inoculation and Phosphorus Application on Maize Growth and Mycorrhizal Infection of Maize. M. Şefik Yeşilsoy Int. Symposium On Arid Region Soil. (229-233). 21-24 September Menemen/İzmir.
- ÖZGÖNEN, H. and ERKİLİÇ, A., 2000. Growth Enhancement of Some Plants and Effects of Some Fungicides on Mycorrhizal Colonisation. Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate, IOBC Wprs Bulletin, 23(1): 275-280.
- ÖZGÖNEN, H., BİÇİCİ, M. and ERKİLİÇ, A., 2001. The Effect of Salicylic Acid and Endomycorrhizal Fungus *Glomus etunicatum* on Plant Development of Tomatoes and Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercisi*. Turk. J. Agric For. 25:25-29.
- PAJOT, E., Le CORRE, D. and SILUE, D., 2001. Phytogard® and DL-β-aminobutyric acid (BABA) induce resistance to downy mildew (*Bremia lactucae*) in lettuce (*Lactuca sativa* L.). European Journal of Plant Pathology. 107:861-869.
- PALVA, T.K., HURTIG, M., SAINDRANAN, P. and PALVA, E.T., 1994. Salicylic acid induced resistance to *Erwinia caratovora* subsp. *caratovora* in tobacco. Molecular Plant-Microbe Interaction. 7:356-363.
- PAPAVIZAS, G.C., 1964. Greenhouse control of *Aphanomyces* root rot of peas with aminobutyric acid and methyl aspartic acid. Plant Dis Rep. 48:537-541.
- PASCUA, C.M. and MILAGROSA, S.P., 1989. Mycorrhiza as biological control agent of some root pathogens of white potato. Philippine Journal of Crop Science. V.14 (suppl. No:1). p.55.

- PEREZ, L., RODRIGUEZ, M.E., RODRIGUEZ, F. and ROSON, C., 2003. Efficacy of acibenzolar-S-methyl, an inducer of systemic resistance against tobacco blue mould caused by *Peronospora hyoscyami* f.sp. *tabacina*. Crop Protection. 22:405-413.
- POZO, M.J., AZCON-AGUILAR, C., DUMAS-GAUDOT, E. and BAREA, J.M., 1998. Chitosanase and chitinase activities in tomato roots during interactions with arbuscular mycorrhizal fungi or *Phytophthora parasitica*. Journal of Experimental Botany. 49(327):1729-1739.
- POZO, M.J., AZCON-AGUILAR, C., DUMAS-GAUDOT, E. and BAREA, J.M., 1999. β -1,3-Glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. Plant Science. 141:149-157.
- RABIE, G.H., 1998. Induction of fungal disease resistance in *Vicia faba* by dual inoculation with *Rhizobium leguminosarum* and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Mycopathologia. 141:159-166.
- RASKIN, I., 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:439-463.
- REUVENI, M., AGAPOV, V. and REUVENI, R., 1997. A foliar spray of micronutrient solutions induces local and systemic protection against powdery mildew (*Sphaerotecha fuliginea*) in cucumber plants. European Journal of Plant Pathology. 103:581-588.
- RYAN, C.A., 1987. Oligosaccharide signalling in plants. Ann. Rev. Cell Biol. 3:295-317.
- SCHENK, N.C., 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and the Control of Fungal Root Disease (179-191). In: "Innovative Approches to Plant Disease Control". ed. I. CHET. John Wiley and Sons, New York, 372pp.
- SHAILASREE, S., SAROSH, B.R., VASANTHI, N.S. and SHETTY, H.S., 2001. Seed treatment with β -aminobutyric acid protects *Pennisetum glaucum* sistemically from *Sclerospora graminicola*. Pest Manag. Sci. 57:721-728.

- SIEGRIST, J., GLENEWINKEL, D., KOLLE, C. and SCHMIDTKE, M., 1997. Chemically induced resistance in green bean against bacterial and fungal pathogens. *Journal of Plant Disease and Protection*. 104:599-610.
- SMITH, S. and READ, D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press, London. Pp. 605.
- SMITH-BECKER, J., KEEN, N.T. and BECKER, J.O., 2003. Acibenzolar-S-methyl induces resistance to *Coletotrichum lagenarium* and cucumber mosaic virus in cantaloupe. *Crop Protection*. 22:769-774.
- STICHER, L., MAUCH-MANI, B. and METREUX, J.P., 1997. Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology*. 35:235-270.
- SUNWOO, J.Y., LEE, Y.K. and HWANG, B.K. 1996. Induced resistance against *Phytophthora capsici* in pepper plants in response to DL- β -amino-n-butyric acid. *European Journal of Plant Pathology*. 102:663-670.
- SUO, Y. and LEUNG, D.W.M., 2002. BTH-induced accumulation of extracellular proteins and blackspot disease in rose. *Biologia Plantarum*. 45(2):273-279.
- TERRY, L.A. and JOYCE, D.C., 2000. Suppression of gray mould on strawberry fruit with the chemical plant activator acibenzolar. *Pest Management Science*. 56:989-992.
- TOSI, L. and ZAZZERINI, A., 2000. Interactions between *Plasmopara helianthi*, *Glomus mosseae* and two plant activators in sunflower plants. *European Journal of Plant Pathology*. 106:735-744.
- TOSI, L., GIOVANNETTI, M., ZAZZERINI, A. and DELLA TORE, G., 1988. Influence of mycorrhizal tobacco roots, incorporated into the soil, on the *Thielaviopsis basicola*. *J. Phytopathology*. 122:186-189.
- TOSI, L., GIOVANNETTI, M., ZAZZERINI, A. and SBRANA, C., 1993. Interactions between *Plasmopara helianthi* and arbuscular mycorrhizal fungi in sunflower seedlings susceptible and resistant to downy mildew. *Phytopath. Medit.* 32:106-114.
- TOSI, L., LUIGETTI, R. and ZAZZERINI, A., 1998. Induced resistance against *Plasmopara helianthi* in sunflower plants by DL- β -amino-n-butyric acid. *J. Phytopathology*. 146:295-299.

- TOSI, L., LUIGETTI, R. and ZAZZERINI, A., 2000. Biosintezi di proteine PR in girasole (*Helianthus annuus* L.) trattato con alcuni induttori e inoculato con *Plasmopara helianthi* Novot. ATTI Giornate Fitopatologiche. 2:283-290.
- TOSI, L., LUIGETTI, R. and ZAZZERINI, A., 1999. Benzothiadiazole Induces Resistance to *Plasmopara helianthi* in Sunflower Plants. J. Phytopathology. 147:365-370.
- TROTTA, A., VARESE, G.C., GNAVI, E., FUSCONI, A., SAMPO, S. and BERTA, G., 1996. Interactions between the soilborne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. Plant and Soil. 185:199-209.
- ÜSTÜN, A.S. ve ERCOŞKUN, A.T., 1994. Bazı Uyarıcıların, Kökboğazı Yanıklığına (*Phytophthora capsici* Leon.) Duyarlılığı Farklı Biberlerin (*Capsicum annuum* L.) Meyvelerinde Kapsidiol Miktarına Etkisi. Tr. J. of Biology. 18:173-188.
- ÜSTÜN, A.S., 1995. Effects of the Some Elicitors on the Capsidiol Amount in the Leaves of Peppers (*Capsicum annuum* L.) Having Different Sensitivities to Root Rot (*Phytophthora capsici* Leon.). J. Turk. Phytopath. 24(3):101-114.
- ÜSTÜN, A.S., ÇÖKMÜŞ, C. ve SAÇILIK, S.C., 1996. Bazı Biyotik Uyarıcılar ile İnokule Edilen Biber (*Capsicum annuum* L.) Meyvelerinde Kapsidiol Birikimi. Tr. J. of Agriculture and Forestry. 20:431-438.
- VAKKASOĞLU, F., 1995. Orkidelerde Mikorizal Fungusların Orkide Tohumlarının Çimlenmesi ve Büyümeleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana. 50s.
- Van LOON, L.C., 1997. Induced resistance in plants and role of pathogenesis related proteins. European Journal of Plant Pathology. 103:753-765.
- VIDHYASEKARAN, P., 1992. Fungal Pathogenesis in Plants and Crops: Molecular Biology and Host Defense Mechanisms. Marcel Dekker Inc. 552pp.
- WACKER, T.L., SAFIR, G.R. and STEPHENS, C.T., 1990. Effect of *Glomus fasciculatum* on the growth of asparagus and Fusarium root rot. Journal of American Society for Horticultural Science. 115(4):48-50.

- WARD, E.W.B., 1972. Capsidiol Production in Pepper leaves in Incompatible Interaction with Fungi. *Phytopathology*. 66:175-176.
- WATSON, D.G., BAKER, F.C. and BROOKS, C.J.W., 1983. Sesquiterpenoid stress metabolites of *Capsicum*. *Bio. Society Trans.* 11:589-590.
- YANG, Y., SHAH, J. and KLESSIG, D.F., 1997. Signal perception and transduction in plant defense responses. *Genes and Development*. 11:1621-1639.
- YÜCEL, S., ELEKÇİOĞLU, H., ÖZGÖNEN, H., TOKTAY, H. ve ORTAŞ, İ., 2001. Seralarda fungal kök hastalıklarına ve kök-ur nematodlarına karşı solarizasyon ve mikorizal fungus kombinasyonlarının etkilerinin araştırılması. Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi (421-431). 3-8 Eylül, Tekirdağ.
- ZAMBOLIM, L. and SCHENCK, N.C., 1983. Reduction of the effects of pathogenic fungi root-infecting fungi on soybean by the mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. *Phytopathology*. 73:1402-1405.
- ZIADI, S., BARBEDETTE, S., GODARD, J.F., MONOT, C., Le CORRE, D. and SILUE, D., 2001. Production of pathogenesis-related proteins in the cauliflower (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*)-downy mildew (*Peronospora parasitica*) pathosystem treated with acibenzolar-S-methyl. *Plant Pathology*. 50:579-586.
- ZIMMERLI, L., METRAUX, J.P. and MAUCH-MANI, B., 2001. Beta-aminobutyric acid-induced protection of *Arabidopsis* against the necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. *Plant Physiology*. 126:517-523.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Adana'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1994 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nden mezun oldum. Daha sonra, 1998 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda "Domateste *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*'nin Neden Olduğu Fusarium Solgunluğuna Karşı Salisilik Asidin ve Endomikorizal Fungus *Glomus etunicatus*'un Kullanılması" isimli Yüksek Lisans tezimi tamamladım. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Doktora öğrenimime başladım. 1998 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevliliği sınavını kazandım ve 04.05.1998 tarihinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladım. 12.11.1998 tarihinde, Doktora Öğrenimi tamamlamak üzere Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandım.

Çalışma konularım arasında, mikorizal funguslar, bitki fungal hastalıkları ve fungal hastalıklara karşı dayanıklılığın teşviki yer almaktadır. Çalışma konularımla ilgili olarak, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü tarafından düzenlenmiş olan, 20-22 Mayıs tarihindeki "Mikoriza" ve 7-9 2001 tarihindeki "Managing Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Improving Soil Quality and Plant Health in Agriculture" isimli workshop'lara katıldım. 9-21 Haziran 2001 tarihleri arasında Suriye Halep Üniversitesi ve ICARDA işbirliği ile organize edilmiş olan bilimsel ve teknik gezi amaçlı yaz kursuna katıldım.

Halen Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'da Araştırma Görevlisi olarak görevime ve Doktora Öğrenimime devam etmekteyim.

EKLER

EK 1.

Mısır Unu Agar (Mitchell ve Kanwischer, 1992).

Bacto Difco Agar 17 g

veya

Mısır Unu 10g

Agar..... 15g

Distile su..... 1L

Ortamlar, otoklavda 121C, 1 atm basınçta 15dk. steril edilir. 50C'ye soğutulduktan sonra gerekli antibiyotikler eklenir.

Antibiyotikler:

Pimaricin 10 mg/l

Vancomycin..... 200 mg/l

PCNB 100 mg/l

Hymexazole..... 50 mg/l