

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

**ENDOFİT BAKTERİLER ve ARBUSKÜLER MİKORİZAL FUNGUSUN
BİBERDE BAKTERİYEL LEKE HASTALIĞI VE BAZI BİTKİ GELİŞİM
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kamuran ÇAKAR
DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ

VAN-2020

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

**ENDOFİT BAKTERİLER ve ARBUSKÜLER MİKORİZAL FUNGUSUN
BİBERDE BAKTERİYEL LEKE HASTALIĞI VE BAZI BİTKİ GELİŞİM
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kamuran ÇAKAR

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2019-8421 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ danışmanlığında, Kamuran ÇAKAR tarafından sunulan "**Endofit Bakteriler ve Arbusküler Mikorizal Fungusun Biberde Bakteriyel Leke Hastalığı ve Bazı Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi**" adlı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince **10.01/2020** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mesude Fiğen DÖNMEZ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Emre DİMİREK DURAK

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **24.01.2020** tarih ve **2020/6-I** sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kamuran ÇAKAR

ÖZET

ENDOFİT BAKTERİLER ve ARBUSKÜLER MİKORİZAL FUNGUSUN BİBERDE BAKTERİYEL LEKE HASTALIĞI VE BAZI BİTKİ GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

ÇAKAR Kamuran
Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ
Ocak 2020, 62 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) *Glomus mosseae* ve iki rizobakterinin (*Pseudomonas fluorescens* WCS365 ve *Pseudomonas sp.* V31Y4) tek ve ikili uygulamalarının bitki büyüme parametreleri, klorofil, fosfor içeriği ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı (*Xanthomonas euvesicatoria-Xe*) üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Biber cv. Demre tohumları, iklim odasında AMF inokule edilmiş steril torf yetiştirme ortamına ekilmiştir. Rizobakteriler, biber fidelerine içirme yöntemi ile iki farklı dönemde uygulanmıştır. Patojen yapraklara püskürtülerek inokule edilmiştir. Hastalığın şiddeti çalışma sonunda 1-6 skalası yardımıyla değerlendirilmiştir. Biyolojik savaş elemanlarının hem tek hem de çift olarak uygulanmalarının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. AMF ile yapılan uygulamanın kök yaş ağırlığını arttırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, AMF ve WCS365'in tek ve birlikte uygulamalarının P içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Tüm biyolojik savaş elemanları klorofil içeriğini kontrol gruplarına göre attırmıştır. AMF'nin kök kolonizasyonu patojen kombinasyonları ile azalmıştır, buna karşılık WCS365 uygulaması mikorizal kolonizasyonu arttırmıştır. Bakteri uygulamaları, hastalık şiddetini baskılamada AMF uygulamasından daha başarılı olmuş, fakat en başarılı sonuç AMF+WCS365+Xe'in üçlü uygulama grubundan elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biber, Mikoriza, PGPR, *Xanthomonas euvesicatoria*.

ABSTRACT

EFFECT OF ENDOPHYTIC BACTERIA AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON BACTERIAL SPOT DISEASE OF PEPPER AND SOME PLANT GROWTH PARAMETERS

ÇAKAR Kamuran

MSc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ

January 2020, 62 pages

The aim of this study was to investigate the effects of the single and dual inoculations of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) *Glomus mosseae* and two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* WCS365 and *Pseudomonas sp.* V31Y4) on the growth parameters, chlorophyll, phosphorus content, and the bacterial leaf spot disease (*Xanthomonas euvesicatoria-Xe*) of The seeds of pepper cv. “Demre” was sowed in sterile peat growing medium amended with AMF in the climate chamber. Rhizobacteria were applied to pepper seedlings in two different periods by drenching method. The pathogen inoculated on the leaves by spraying. 1-6 scales measured disease severity at the end of the study. The pepper. It has been observed that both single and double applications of biological control elements affect plant growth positively. The treatment with AMF was also found to have higher root fresh weight. However, it was found that single and dual applications of AMF and WCS365 increased P content compared to control plants. The chlorophyll content was higher than controls groups in pepper plants in all application of biological control elements. Root colonization of the AMF isolate decreased in combinations with the pathogen but increased in inoculation with WCS365. Single bacteria applications were more effective than AMF application in suppressing the disease severity; also AMF+WCS365+Xe triple combination was found to be more successful efficacy than all application groups.

Key words: Pepper, Mycorrhizal, PGPR, *Xanthomonas euvesicatoria*.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ'ye teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamın çeşitli aşamalarında yardımcı olan Yasin BABİER'e, Öğr. Gör. Selma KIPÇAK'a ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan aileme ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

2020

Kamuran ÇAKAR



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Bitkisel materyal ve bitki yetiştirme ortamı.....	21
3.1.2. Patojen, AMF ve endofit bakteri izolatları	21
3.1.3. Kullanılan besiyerleri.....	22
3.1.4. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvarlar ve iklim odası	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. <i>In vivo</i> çalışmalar	23
3.2.2. <i>In vitro</i> çalışmalar	24
3.2.3. AMF ve EB'lerin birlikte kullanımı	25
3.2.4. Çalışmaya ait değerlendirmeler	26
4. BULGULAR.....	33
4.1. Biber Bitkilerinde <i>Xanthomonas euvesicatoria</i> 'nın Meydana Getirdiği Hastalık Belirtileri	33
4.2. EB'ler, AMF ve <i>Xe</i> 'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Hastalık Şiddeti ve Yaprak Sayısına Etkileri	34
4.3. EB'ler, AMF ve <i>Xe</i> 'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Bitki Morfolojik Parametrelerine Etkileri	36
4.4. EB'ler, AMF ve <i>Xe</i> 'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Toplam Klorofil Yoğunluğu ve Yeşil Aksam P İçeriğine Etkileri	39
4.5. AMF <i>G.mosseae</i> 'nin Kolonizasyonu.....	40

	Sayfa
4.6. EB'lerin <i>In Vitro</i> 'da <i>Xe</i> Patojenine Karşı Antagonistik Özelliklerinin Belirlenmesi	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	43
KAYNAKLAR.....	53
ÖZ GEÇMİŞ.....	63



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Hoagland besin solüsyonunun içeriği	21
Çizelge 3.2. King-B besi yerinin bileşenleri ve miktarları	22
Çizelge 3.3. %15 gliserol katkılı Nutrient Broth besiyerinin bileşenleri ve miktarları ..	22
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan uygulama grupları.....	26
Çizelge 4.1. Uygulamaların <i>Xe</i> 'nin hastalık şiddeti, yüzde etkisi, toplam yaprak sayısı ve dökülen yaprak sayısına ait değerler	35
Çizelge 4.2. Uygulamaların yeşil aksam, kök aksam yaş ve kuru ağırlığı ile bitki boyuna etkisi	38
Çizelge 4.3. Uygulamaların klorofil yoğunluğu ve yeşil aksam P içeriğine olan etkileri.....	40
Çizelge 4.4. <i>Glomus mosseae</i> 'nin uygulamalara göre kök kolonizasyonu (%)'leri.....	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. EB uygulaması, A. hazırlanan EB süspansiyonları, B. EB'lerin bitkilere uygulanması.	23
Şekil 3.2. <i>Xe</i> süspansiyonunun biber fidelerine uygulanması.	24
Şekil 3.3. <i>In vitro</i> çalışmalarda EB'lerin <i>Xe</i> 'ye karşı antagonistik etkilerinin hesaplanması için hazırlanan petri iç düzeneği.	25
Şekil 3.4. <i>In vivo</i> çalışmalar, A. uygulama gruplarına göre biber fideleri, B. polietilen örtü ile yüksek nispi nem oluşturma işlemi.	26
Şekil 3.5. Kılcal köklerin petriye tesadüfi dağıtılması ve mikroskop altında incelenerek AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi.	28
Şekil 3.6. Fosfor analizi işlemleri. A. ön yakma işlemi, B. kül fırınında yakma işlemi, C. hot-pylet ısıtma işlemi, D. balon jojelerde süzme işlemi.	30
Şekil 4.1. Biber yaprağında bakteriyel leke simptomları, A. alt epidermisindeki lezyonlar, B. üst epidermisindeki lezyonlar.	33
Şekil 4.2. Yapraklardaki lekeler ve yaprak kıvrılması.	33
Şekil 4.3. Biber fidelerinde yoğun yaprak dökümü, yaprak ölümü ve gövde de hastalık belirtisi.	34
Şekil 4.4. Hastalık şiddeti için kullanılan 1-6 skalasını temsil eden yaprakların görünümü.	36
Şekil 4.5. EB ve AMF muamele edilmiş bitkilerin kontrol grubuna göre boy uzunlukları.	39
Şekil 4.6. AMF kök kolonizasyonunun ışık mikroskobu altında incelenmesi.	41
Şekil 4.7. <i>In vitro</i> çalışmalarında EB'lerin <i>Xe</i> 'ye karşı oluşturdukları zonlar.	42



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

%	Yüzde
°C	Santigrad derece
ml	Mililitre
g	Gram
dk	Dakika
nm	Nanometre
cfu	Colony forming unit
µl	Mikrolitre
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
ppm	Milyonda bir
N	Normalite
mm	Milimetre
P	Fosfor

Kısaltmalar

Açıklama

PGPR	Bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri
ACC	1-aminosiklopropan-1-karboksilat
EB	Endofit bakteri
AMF	Arbusküler mikorizal fungus
<i>Xe</i>	<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>
NK	Negatif kontrol
PK	Pozitif kontrol



1. GİRİŞ

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, sadece doğaya uygun tarım faaliyetlerinin uygulanması ile mümkün olabilir. Dünya üzerindeki insan nüfusunun sürekli artmasına paralel, tarımsal ürünlerin dünya ekonomisindeki pazarının giderek artması ve daha fazla ürün elde edilmesi amacıyla çevreye olan duyarlılık göz ardı edilmektedir. Yoğun kimyasal gübre, pestisit kullanımı, uygulanan kimyasalların tür ve uygulama zamanlarının farklılık göstermesi ve bu alandaki bilgi yetersizliği sebebiyle insan sağlığının yansira diğer canlılar ve çevre bu durumdan olumsuz etkilenebilmektedir (Sönmez ve ark., 2008).

Tarımsal üretimde kalite ve verimi artırmak için kullanılan kimyasal pestisitler ve kimyasal gübrelerin uzun sürede oluşturabileceği zararların farkına varan araştırmacılar bu kimyasalların yerini alabilecek alternatif çözüm arayışları içerisine girmişlerdir. Bu nedenle "Organik Tarım", "Entegre Mücadele", "İyi Tarım Uygulamaları" gibi alanlarda kimyasal girdiyi en aza indirmek amacıyla oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır (İmriz ve ark., 2014).

Bitkisel üretimi etkileyen en önemli faktörlerin başında şüphesiz patojen, zararlı ve yabancı otlar olarak bilinen zararlı organizmalar gelmektedir. Türkiye’de üretimi yapılan kültür bitkilerinde günümüz itibariyle ekonomik zarara sebep olan 589 zararlı organizmanın olduğu, bu hastalık ve zararlılardan dolayı bitkisel üretimde ortalama % 30-35, salgın durumunda ise % 100’e varan ekonomik zararın ortaya çıkabildiği bildirilmiştir (Anonim, 2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizin 2018 yılı sebze üretimi yaklaşık 8.206.680 dekar alanda 30 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemiz bu üretim ile dünya sıralamasında 4. sırada yer almakta ve küresel yaş sebze üretiminden yaklaşık % 2.6 oranında pay almaktadır. Biber ise yaş sebze üretiminde önemli bir kültür bitkisi olarak öne çıkmaktadır. Öyleki ülkemiz dünya biber üretiminde Çin’den sonra ikinci sırada yer almaktadır (Hekimoğlu ve Altındağ, 2019).

Solanaceae familyasının bir üyesi olan biber, ılıman, tropik ve sıcak iklimlerde yetiştirilen çok yıllık, subtropik iklimlerde ise tek yıllık bir bitkidir. Biber, ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada da yaygın ve çok fazla tüketilen bir sebze türüdür. En çok

tüketimi yapılan tür ise *Capsicum annuum* L.'dur (Özalp, 2010). TÜİK 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de salçalık biber 1.128.060 ton, dolmalık biber 397.175 ton, sivri biber 930.349 ton, çarliston biber 99.390 ton üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2019).

Ülkemiz açısından önemli bir gelir kaynağı olan biberin fitopatolojik açıdan en önemli problemlerinden birisi, *Xanthomonas euvesicatoria*"nın sebep olduğu bakteriyel leke hastalığıdır. *X. euvesicatoria*"nın biberlerde patojen olduğu ilk kez 1921 yılında Güney Afrika'da tespit edilmiştir (Gardner ve Kendrick, 1923). Domates ve biber üretiminde *Xanthomonas* türlerinin sebep olduğu bakteriyel leke hastalığı önemli ürün ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Jones ve ark. (2004) domates ve biberde patojen olan farklı fenotipik özelliklere sahip 4 farklı *Xanthomonas* grubunu tanımlamışlardır. Bakteriyel leke hastalığına neden olan patojenleri; *X. euvesicatoria*, *X. perforans*, *X. vesicatoria* ve *X. gardneri* olarak adlandırmışlardır.

Ülkemizde bakteriyel leke hastalığının varlığı domates bitkisinde Çanakkale ilinde Karaca ve Saygılı (1982) tarafından, biberde ise Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Aysan ve Çınar (2001) tarafından bildirilmiştir. Ülkemizde domates ve biberde bakteriyel lekeye sebep olan *Xanthomonas* türlerinden sadece eski sınıflandırmaya göre; *X. axanopodis* pv. *vesicatoria* olarak adlandırılan etmenin varlığı tespit edilmiştir (Mirik, 2005). Türkiye'de yapılan son araştırmalar ile *X. euvesicatoria*'nın sıklıkla karşılaşılan bir tür olduğu belirlenmiştir (Eryiğit, 2016).

Rüzgâr, su sıçraması veya başka yollar ile bitki yüzeyinde biriken *Xanthomonas* hücrelerinin yüksek popülasyonlar oluşturması ve hastalıklara neden olabilmesi için bitki dokusunu istila etmeleri gerekmektedir (Rudolph, 1993). *Xanthomonas euvesicatoria* öncelikle, konukçu yaprağı yüzeyindeki stoma ve epidermal hücreler etrafındaki çöküntülerden penetrasyon yapmakta, daha sonra substomatal hava boşluğunu, yaprak apoplastını ve yaprağı stomalar yolu ile istila etmektedir (Zhang ve ark., 2009).

Genel olarak hastalık; yaprak, gövde ve meyvede lekelerinin yanı sıra gövdelerde çatlamalara ve yaprak dökümüne neden olabilir. Biber bitkisinin yapraklarındaki lezyonlar, bazı durumlarda klorotik bir hale ile çevrili düzensiz ve nekrotiktir. Enfeksiyon şiddetli olduğunda yaprak yanıklığı oluşabilir ve yapraklar

dökülebilir. Meyvelerde, kabuk gibi kabarık, beyazımsı lezyonlar ortaya çıkar (EPPO, 2013).

Bitki hastalıkları ile mücadelede kültürel önlemlerin her zaman istenilen sonucu vermemesi, kimyasal mücadelede ise kullanılan pestisitlerin çevreye verdiği zararlar farklı mücadele yöntemlerinin araştırılmasına neden olmuştur. Bu çerçevede biyolojik savaş, bitki hastalıkları ile mücadelede iyi bir seçenek olarak düşünülmektedir (Akköprü, 2012).

Biyolojik mücadele, hastalıklı bitkileri korumak için hastalık baskılayıcı mikroorganizmalardan yararlanmayı içerir. Biyolojik savaş elemanları ile yapılan hastalık baskılanması; patojen, bitki, biyokontrol elemanı, bitki çevresinde ve üzerindeki mikrobiyal topluluk ve fiziksel çevre arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkmaktadır. Bitki patojenlerinin biyokontrolü için dünya da 80'den fazla bio-preparat ticari olarak pazarlanmaktadır (Paulitz ve Belanger, 2001).

Biyolojik mücadelede son yıllarda, çoğunlukla bitkilerin yetiştirilme ortamlarında bulunan ve bitkiler ile etkileşim içerisine giren, bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) önem kazanmaktadır (Bashan ve Holguin, 1997). PGPR'ler ile yapılan ilk çalışmalarda her ne kadar bitki gelişimini arttırmak amaçlansa da daha sonra yapılan araştırmalar bu bakterilerin bitkisel üretimde biyolojik savaş elemanı olarak da kullanılabileceğini göstermiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde bir bakteri türünün PGPR'lere ait özelliklerden birçoğuna sahip olabileceği görülmüştür. Bu sonuç PGPR'lerin biyolojik gübre olarak kullanılabilir olmalarının yanı sıra biyolojik savaş elemanı olabilme özelliğini taşıyabileceğini göstermektedir (İmriz ve ark., 2014).

Bitki gelişimini teşvik edici özelliğe sahip bu bakteriler (PGPR) toprağa ve bitki rizosferine özgüdür ve bitki patojenlerinin biyolojik kontrolünde önemli bir rol oynar. Tohumun çimlenmesi, bitkinin toprak suyundan daha iyi faydalanması, bitki kök sisteminin gelişiminin artmasını sağlayabilir (Sıddıqui, 2006). PGPR'ler bitki gelişimine dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki farklı şekilde katkıda bulunabilir. Bitki gelişiminin PGPR ile doğrudan teşviki, bitkiye bakteri tarafından sentezlenmiş bileşiklerin, örneğin fitohormonların sağlanması veya bazı besinlerin çevreden alınımının kolaylaştırılması ile mümkündür. PGPR'lerin bitki gelişimine dolaylı olarak katkısı ise bir veya daha fazla fitopatojenik organizmanın zararlı etkilerini azalttığı veya

önlediği zaman gerçekleşir. Bunu antagonistik maddeler üreterek veya patojenlere karşı uyarılmış direnç ile gerçekleştirebilir. Herhangi bir PGPR straini bu mekanizmalardan birini veya daha fazlasını kullanarak bitkinin büyümesini ve gelişimini etkileyebilir (Beneduzi ve ark., 2012).

Günümüzde birçok dünya ülkesinde PGPR'lerin bitkilerde verim artırıcı etkisi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu alışmalar in'de 1979 yılında başlamış ve 1985 yılında da daha geniş alanlarda tarla uygulamalarına başlanmıştır (Altın ve Bora, 2005). Daha yeni çalışmalarda ise, PGPR grubu içerisinde yer alan ve bitkilerin işel dokularını kolonize eden bakterilerin de bitki sağlığını ve bitki gelişimini arttırabileceği görülmektedir (Tjamos ve ark., 2004). Bu çerçeve de PGPR'ler ve bu bakteri gurubu içerisinde yer alan, son yıllarda gittikçe önem kazanan endofit bakteriler biyolojik savaş açısından önemli bir potansiyele sahiptirler (Rosenblueth ve ark., 2006; Hardoim ve ark., 2008).

Endofit bakteriler yüzey dezenfeksiyonu yapılmış bitki dokularından veya bitkilerin i kısımlarından izole edilebilen, ayrıca konukçuya zarar vermemek suretiyle yaşamının en azından bir bölümünü bitki bünyesinde geçiren bakteriler olarak tanımlanırlar (Sülü ve ark., 2016). Endofit bakteriler, fitopatojen bakterilerinkine benzer bir ekolojik nişi kolonize eder ve bu da onları uygun bir biyolojik savaş elemanı kılar (Berg ve ark., 2005). Dünyada bulunan yaklaşık 300.000 bitki türünün bir veya daha fazla endofit mikroorganizmaya ev sahipliği yaptığı düşünölmektedir (Ryan ve ark., 2008).

Endofit bakteriler, bitki sağlığına ve verimliliğine önemli katkılar sunabilirler. Bu mikroorganizmaların metabolik aktivitesi, PO_4^{3-} ve Fe^{3+} gibi besinlerin mobil hale gelmelerini sağlayabilir, aksi takdirde immobil olan bu besinler bitkiler tarafından kullanılamayabilir. Endofitler, özellikle kitinaz, proteaz ve siderofor üretme kabiliyetlerinden dolayı, fitopatojenlere karşı antagonistik etkilere sahiptirler (Pinski ve ark., 2019). EB'ler etilen üretiminin öncüsü olan 1-aminosiklopropan-1-carboxylate (ACC)'yi hidrolize eden ACC-deaminaz enzimini üretebilirler. ACC'yi parçalayan bu bakteriler açığa çıkan α -ketobütrat ve amonyağı nitrojen kaynağı olarak kullanabilirler (Sun ve ark., 2009). Böylece çevresel stres koşullarının olumsuz etkisini ACC-deaminaz'ın aktivitesi ile hafifletebilirler (Pinski ve ark., 2019).

Endofitik bakteriler, PGPR'ların bir alt sınıfı olarak kabul edilir. Bunlar aslında bitki konakçıları istila etme yeteneğini kazanmış, uzmanlaşmış zararsız bakterilerdir. EB'lerin rizosfer kolonizasyonuna benzer bir dizi olayla bitki iç kısmını kolonize ettiği gözlenmiştir. Genellikle bitkileri kök bölgesinden kolonize edebilse de, gövde, yaprak, çiçek ve kotiledonlar da dahil olmak üzere bitkilerin doğal açıklıklarını da kullanabilirler (Afzal ve ark., 2019). Bununla birlikte epifit PGPR'ler ile karşılaştırıldığında endofitik bakterilerin ek bir avantajı vardır. Bitki dokularında yaşamak, endofit bakterilerin bitki konukçusu ile yakın temas halinde olmasını sağlar (Compant ve ark., 2010). İçsel bitki dokuları EB'ler için korunaklı bir ortam yaratır ve EB'ler tıpkı patojenler gibi aynı dokularda kolayca kolonize olabilir. Böylece olası bütün biyolojik savaş mekanizmalarını kullanabilme avantajını sağlar. Son yıllarda, bitki patojeni bakteri ve fungusları engellemek üzere bu EB'lerin kullanımı sentetik pestisitlere karşı daha sürdürülebilir bir alternatif olarak görülmektedir (Özaktan ve ark., 2015).

Endofitik bakterilerin izolasyonu ve tanımlanma yöntemleri, tarım tekniklerinin geliştirilmesi için çok önemlidir. Endofit mikroorganizmalar kirletici molekülleri biyolojik olarak parçalama kabiliyetine sahiptir. Bu nedenle bakterilerin incelenmesi ve seçilmesi, onları pestisitler tarafından bozulan ortamların biyolojik olarak iyileştirilmesi için umut verici araçlar haline getirmektedir (Santos ve ark., 2018).

Endofit bakterilerin yanı sıra biyolojik savaş elemanları arasında yer alan Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) hem bitki gelişimi hem de bitki sağlığı açısından rizosferin en etkili komponentleri arasında yer almaktadır.

Yaklaşık yüz yıl önce yapılan çalışmalarda bitki köklerinde yoğun olarak bulunan fakat bitkide herhangi bir hastalık oluşturmeyen funguslar tespit edilmiş ve bitki kökleri ile bu funguslar arasında kurulan ilişkiye mikoriza adı verilmiştir. Mikorizal funguslar içerisinde en büyük gurubu arbusküler mikorizal funguslar (AMF) oluşturur. Bu simbiyotik ilişkinin varlığı bitkilere nematodlara ve toprak kaynaklı fungal patojenlere karşı savaşmada önemli bir avantaj sağlamaktadır (Yıldız, 2009). Doğadaki en yaygın simbiyotik ilişki özelliğine sahip mikroorganizmalardan biri olan Arbusküler Mikorizal Funguslar hemen hemen her yerde bulunurlar. Yapılan araştırmalar sonucunda bitki türlerinin % 80'i, familya düzeyinde ise % 92'sinin mikorizal bir fungus ile simbiyotik etkileşim içerisinde olduğunu göstermiştir (Smith ve

Read, 2008). Bu simbiyotik ilişkide bitki fungustan su ve besin maddeleri alırken, fungus bitkiden fotosentetik ürünler temin eder. Bu funguslar bitki koruma, bitkilerin büyümesi, toprak yapısı ve kalitesini iyileştirmede önemli etkinliklere sahiptirler (Biçici, 2011).

Rizosferin iki önemli mikroorganizması olan AMF ve PGPR bitki büyümesini teşvik etmekte önemli rol almaktadırlar. Bu mikroorganizmalar arasındaki etkileşimleri kullanmak, düzenlemek ve bitki büyümesini teşvik etme ve koruma için aralarındaki etkileşimi daha fazla araştırmak oldukça önemlidir. Birçok araştırma bu iki mikroorganizma arasında bir etkileşimin olduğunu göstermektedir. AMF, PGPR'leri aktarabilir veya kökler boyunca ilerlemesinde bir ortam olarak hareket edebilir. PGPR, AMF enfeksiyonu için birçok yararlı koşul oluşturabilir. Her iki mikroorganizma bitki gelişimi ve biyolojik mücadelede sahip oldukları teşvik edici rolleriyle dolaylı olarak birbirlerinin kolonizasyonunu ve enfeksiyon kabiliyetini arttırabilir (Long ve ark., 2000).

Bu tez çalışmasında kullanılan biyolojik savaş elemanlarının, günümüzde ticari preparatları kullanılmasına rağmen her iki mikroorganizmanın kendi aralarındaki etkileşimleri henüz yeterince bilinmemektedir. Biyolojik savaş elemanlarının etkileşimi ile ortaya çıkacak olumlu sonuçlar bitki hastalıkları ile mücadelede kimyasal girdiyi azaltabilir. Ayrıca gelecekte yürütülecek olan yeni ve daha etkili biyolojik savaş stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu çerçevede tez çalışmasının amacı; ülkemiz ve dünyada ticari önemi yüksek biber bitkisine Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) ve bazı Endofit Bakterilerin (EB) tekli ve ikili inokulasyonlarının biberde bakteriyel leke hastalığına (*Xanthomonas euvesicatoria*) ve buna bağlı olarak biber bitkisindeki bazı morfolojik gelişim parametrelerine, klorofil miktarına ve bitki fosfor içeriğine olan etkilerinin araştırılmasıdır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Biberde bakteriyel leke hastalığı ilk olarak Doidge tarafından 1921 yılında Güney Afrika'da tespit edilmiş ve *Bacterium vesicatorium* olarak adlandırılmıştır. İlk keşfinden sonra Sutic tarafından 1957 yılında domateste bakteriyel lekeye neden olan bir etmen tanımlanmış ve *Pseudomonas gardneri* olarak adlandırılmıştır. 1978 yılında Dye tarafından *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* olarak isimlendirilmiştir (Jones ve ark., 2000). Etmen 1990'lı yıllara kadar birkaç kez yeniden sınıflandırılmış ve bakteriyel leke hastalığının tek etmeni olduğu düşünülmüştür. Ancak Jones ve ark. (2004) tarafından domates, biber ve her iki kültür bitkisinde bakteriyel leke hastalığına sebep olan 4 farklı *Xanthomonas* türü bulunmuş ve bunlar *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans* ve *X. gardneri* olarak isimlendirilmiştir.

Xanthomonas spp. çubuk şeklinde, gram negatif, 0.6x1.0-1.5 µm büyüklüğünde, sarı renkli, tek kamçıya sahip ve King B besi yerinde floresan pigment oluşturmayan bir bakteridir. Glikoz içerikli ortamlarda xanthan isimli ekstraselüler polisakkarit üretir. Nitrat redüksiyonu negatif, oksidaz negatif ve katalaz pozitif reaksiyonuna sahiptir. Jelatini hidrolize eder ve 4-37 °C'de gelişir, optimum gelişme sıcaklığı 25-30 °C'dir (Schaad ve ark., 2001).

Bu patojenler domates ve biberin önemli bakteriyel etmenleri olarak kabul edilir. Hastalık etmeninin konukçuları arasında biber (*Capsicum* spp.) ve domates (*Lycopersicon esculentum*) gibi kültür bitkileri ile birlikte *Solanaceae* familyasından *Nicotiana rustica*, *Physalis minima*, *Solanum nigrum*, *S. dulcamara*, *S. rostratum*, *S. tuberosum*, *S. melongene*, *Solanum* spp., *Hyoscyamus niger*, *H. aureum*, *Lycium chinense*, *L. halimifolium* ve *Datura* spp, *Nicotiana rustica* ve *Ohysalis* spp. gibi yabancı otlarında bulunduğu bilinmektedir (Lelliott ve Stead, 1987; Şahin, 1997). Bu dört *Xanthomonas* türünden; *Xanthomonas vesicatoria* ve *X. euvesicatoria* hem domates hem de biberde patojen iken *X. gardneri* asıl konukçusu domates olup ikinci derecede biber bitkisinde de patojendir. *X. perforans*'ın ise yalnızca domates patojeni olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2014). Ancak son zamanlarda, *X. perforans* biber bitkisinden de izole edilmiştir (Potnis ve ark., 2015). Spesifik türlerin yanı sıra, konukçu-patojen

kombinasyonu patojenin virülensliği için önemlidir. Örneğin *X. euvesicatoria*'nın biber de domatesten daha agresif olduğu bildirilmiştir (Ignjatov ve ark., 2010).

Dört türün tamamı için, bulaşık tohumlar ve bitkiler birincil inokulum kaynaklarıdır. Bunun yanı sıra bitki kalıntıları da inokulum kaynağı olabilir (Jones ve ark., 1986b). Konukçularına stoma, hidatod, lentisel gibi doğal açıklıklardan penetrasyon yapabilirler (Alippi, 1992). Bulaşık bitkilerdeki belirtiler meyve, yaprak ve gövde gibi bitkinin bütün aksamalarında görülebilir. Biber de yapraklarda bulunan bakteriyel lekeler başlangıçta suda ıslanmış ve düzensizdir, daha sonra nekroza dönüşmektedir. Genellikle nekrotik lekelerin etrafı klorotik bir hale ile çevrilidir. Enfeksiyon şiddetli olduğunda yaprak dökülmeleri meydana gelebilir. Meyvelerde lezyonlar kabuk şeklinde kabarır ve hızla nekrotikleşir (Anonim, 2014).

Kyeon ve ark. (2016) tarafından Kore'nin tüm eyaletlerini kapsayan 42 farklı bölgeden toplanan örneklerden izole edilen toplam 72 izolat hem biber hem de domates bitkilerinde patojenite açısından test edilmiş, uygulamadan yaklaşık 5-10 gün sonra, yaprakların alt epidermisinde ıslak noktalar görülmeye başlanmıştır. Dairesel koyu kahverengi ve siyah lekelerin ortaya çıkmasından sonra bazı lekelerin etrafının sarı hale ile çevrildiği gözlemlenmiştir. İzolatlar sadece biber bitkisinden izole edilmesine rağmen bütün izolatların hem biber hem de domateste patojenik olduğu ve biberde bakteriyel leke hastalığının sadece *X.euvesicatoria*'dan kaynaklandığı bildirmiştir.

Bulaşık ürünlerdeki bakteriyel leke etmenine karşı etkili bir yöntem ve kimyasal madde mevcut değildir (Anonim, 2014). Mirik (2005) tarafından patojen izolatlarının bakır sülfat ve streptomisine karşı dayanıklılık düzeylerinin araştırıldığı çalışmada kullanılan izolatların tamamının bakır sülfatın 100 ppm dozuna, % 7'sinin de 100 ppm streptomisine dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Bulaşık alanlarda bakırlı preparatların kimyasal mücadelede fayda sağlamayacağı, hastalık ile mücadelede kültürel önlemlerin yanı sıra biyolojik mücadele stratejilerinden faydalanılması gerektiği bildirilmiştir.

Biyolojik mücadele kapsamında; endofit bakterilerin bitkilerle olan yakın ilişkileri, bitki koruma ve biyolojik mücadelede potansiyel uygulamalar için eşsiz bir fırsat sunmaktadır (Melnick ve ark., 2008). Bazı endofitler bitki büyümesini teşvik edebilir ve/veya konukçularını fitopatojenlere karşı koruyabilir (Malfanova ve ark., 2013). Endofit bakterilerin *Xe* baskısı altındaki domates ve biber bitkilerinde yeşil

aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıklarını % 28 ile % 128 oranından arttırdığı bildirilmiştir (Akköprü ve ark., 2018).

Sturz ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada patates yumrularından izole edilen endofit bakterilerin % 21'inin bitki gelişimini desteklediği, sürgün yaş ağırlığında % 66, kök yaş ağırlığında % 55, sürgün uzunluğunda % 63 oranında artış meydana getirdiği kaydedilmiştir.

Kokalis–Burrelle ve ark. (2002) *Bacillus subtilis*'in biberde kontrole kıyasla kök yaş ve kuru ağırlığı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı ve gövde çapında artış meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Sera koşulları altında çilek fidelerine uygulanan 20 endofit bakteri izolatatının kök sayısı, kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığı ile yaprak sayısı, yaprak sapı uzunluğu ve sürgün kuru ağırlığında artış meydana getirdiği saptanmıştır (Dias ve ark., 2009).

Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada *Nicotiana glauca*'dan izole edilen endofit bakterilerin kontrole oranla bitki boyunda % 23-29, yeşil aksam yaş ağırlığında % 29-58, kök uzunluğunda % 25.2-35 oranında artış meydana getirdiği belirtilmiştir (Abdallah ve ark., 2016). Nohut bitkisinin gelişim parametreleri için uygulanan on ayrı endofit izolattan yalnızca dört tanesi kök kuru ağırlığını % 5, % 38, % 41 ve % 46, sürgün kuru ağırlığını % 5, % 24, % 43 ve % 45 oranında arttırmış, diğer izolatların bitki büyümesi üzerinden önemli bir etki göstermediği bildirilmiştir (Egamberdieva ve ark., 2017).

Kore' de yapılan bir çalışmada sağlıklı biber bitkilerinden izole edilen 23 endofit bakteri izolatu içerisinde seçilen PS4 ve PS27 endofit bakterilerinin biberde büyümeyi arttırarak kök yaş ağırlıklarında sırasıyla % 73.9 ve % 41.5 oranında artış meydana getirdiği tespit edilmiştir (Kang ve ark., 2007). Domates tohumları ile birlikte uygulanan endofit bakterilerin % 61'nin kontrol gurubuna kıyasla bitki biyomasını arttırdığı bulunmuş, yeşil aksam yaş ağırlığında % 65 ve yeşil aksam kuru ağırlığında % 50 oranında bir artış meydana getirdiği bildirilmiştir (Xia ve ark., 2019).

EB'ler önceden seçilmiş faydalı mikroorganizmalar olarak belirlenebilir ve bazı biyolojik kontrol ajanlarının aksine hastalık ile mücadelede, epifit bakterilere kıyasla daha başarılıdır (Sturz ve Nowak, 2000). Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakteriler *Xanthomonas spp.* cinsine ait farklı türler için potansiyel biyolojik savaş

elemanı olarak uygulanabilir. Birkaç izolatın birleşimi *Xanthomonas spp.* ile mücadele de çok etkili ve güvenilir bir alternatif olmuştur (Marin ve ark., 2019).

Akköprü ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada 4 endofit bakterinin *Xanthomonas euvesicatoria* hastalığına karşı etkileri araştırılmış ve kullanılan bakterilerin hiçbirinin *in vitro* da patojene karşı etkinlik göstermediği *in vivo* da ise *Ochrobactrum sp.* CB36/1 izolatının domates bitkisinde hastalık şiddetini % 37 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Biber üretim alanlarından izolasyonu yapılan bakteri izolatları arasından seçilen 3 bitki büyümesini düzenleyici rizobakter izolatı ve kombinasyonlarının *Xanthomonas axonopodis pv. vesicatoria* hastalığına karşı etkilerinin araştırıldığı çalışmada, rizobakter ile muamele yapılan bitkilerde hastalık şiddetinde % 65 oranında azalma, bitkiye ait bazı morfolojik parametrelerden; gövde çapı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök, uzunluğu, kök kuru ağırlığı, bitki boyu, meyve boyu, meyve sayısı ve verimde artış kaydedilmiştir (Mirik, 2005).

Fakhraei (2015) tarafından hıyarda *Fusarium oxysporum f. sp. cucumerium* solgunluk etmenini engellemek için yapılan çalışmada, 24 EB izolatı denenmiş, EB'lerin % 25'inin *in vivo* koşullar altında hastalık gelişimini % 32-62 oranında engellediği bulunmuştur. Bitki büyümesini teşvik edici özellikleri bakımından en iyi etkiyi gösteren iki EB'nin (83 (*Pantoea agglomerans*) ve 99 (*Bacillus thuringiensis*)) uygulandığı bitkilerde hastalık şiddetinin pozitif kontrole oranla sırasıyla % 52 ve % 49 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Hindistan'da yapılan bir çalışmada patlıcan, salatalık ve yer fıstığından izole edilen endofit bakterilerin *Ralstonia solanacearum* hastalığına karşı *in vitro* ortamda antagonistik etkileri test edilmiş, endofit bakterilerin hastalık etrafında oluşturdukları zon bölgesi yarı çap olarak 1.5 ile 10.0 mm arasında ölçülmüştür. *In vivo* çalışmalarında *Pseudomonas spp.* (EB9, EB67), *Enterobacter spp.* (EB44, EB89) ve *Bacillus spp.* (EC4, EC13) izolatları hastalık şiddeti oranını % 70' ten fazla azaltırken, seçilen tüm izolatlar hastalık şiddetini % 50'den fazla azaltmış ve fidelerin büyümelerini arttırmıştır (Ramesh ve ark., 2009).

Xanthomonas campestris pv. campestris' e karşı antagonistik etkiye sahip yedi *Bacillus* izolat ile yapılan *in vivo* çalışmalarında bitki dokularını kolonize etme kabiliyeti bakımında en iyi sonuçlar *Bacillus pumilus* BF3 izolatında görülmüştür.

Ayrıca çalışmada kullanılan üç farklı *Bacillus* türünün, lahanaya tohumlarının çimlenmesini artırdığı, hastalık oranını azalttığı bildirilmiştir. *In vitro* çalışmalarında ise aynı bakteri türlerinin patojenin gelişimini engellenmesi üzerine herhangi bir etkisi saptanmamıştır. Kolonizasyon yeteneğinin izolatların antagonistik aktivitesiyle değil tür ile ilgili olduğu bulunmuş ve endofitik yetenekleri ile antagonistik potansiyelleri arasında ilişki bulunamamıştır (Wulff ve ark., 2002).

Domates ve biberde bakteriyel leke (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) etmeni ile biyolojik mücadelede kullanılan biyolojik savaş elemanlarının tamamı *in vitro* çalışmalarında patojene karşı etki göstermezken sera koşullarında hastalık şiddetinde önemli ölçüde düşüş meydana getirmiştir (Kotan, 1998). Chandrasekaran ve Chun (2016) tarafından yapılan bir başka çalışmada; domates tohumları 10^8 cfu/ml yoğunluğundaki bakteri süspansiyonu (*Bacillus subtilis* CBR05) ile tohum ekiminden önce ve bitkiler dört haftalık olduktan sonra, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* etmeni ile birlikte iki defa uygulanmıştır. *Bacillus subtilis* CBR05 ile muamele edilen bitkilerde patojen uygulamasından 72 saat sonra bitki savunma enzimlerinin (β -1,3-glukanaz (GLU; % 43.5) ve fenilalanin amonyum-liyas (PAL; % 93.9)) aktivitelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Savunma ile ilişkili enzimlerin ve bunların ilgili gen ekspresyonlarının *Bacillus subtilis* ile muamele edilen bitkilerde artan aktivitesinden dolayı, hastalık şiddeti önemli ölçüde (~% 55) azaltmıştır.

Brezilya’ da yapılan bir çalışmada Jasmonik asit (JA) ve üç antagonistik bakterinin (*Streptomyces setonii* (UFV618), *Bacillus cereus* (UFV592) ve *Serratia marcescens* (UFV252)) domates bakteriyel leke (*Xanthomonas gardneri*) etmenine karşı potansiyelleri araştırılmış, UFV592, UFV618 ve JA uygulanan bitkilerde hastalık şiddetinin sırasıyla % 29.44, % 59.26 ve % 61.33 oranında azaldığı ortaya konmuştur. Aynı çalışmada uygulama grupları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, UFV592, UFV618 ve JA uygulanan bitkilerde bitki savunma enzimlerinin peroksidaz (POX), polifenoloksidaz (PPO), β -1,3-glukanaz (GLU), kitinaz (CHI) ve (PAL) aktivitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ferraz ve ark., 2015).

Sırbistan’daki en önemli biber hastalıklarından biri olarak kabul edilen *Xanthomonas euvesicatoria* (Sević ve ark., 2014) ile mücadelede bazı bakırlı bileşikler (bakır hidroksit, bakır oksiklorür, bakır hidroksit + mancozeb, bakır oksiklorür + mancozeb), antibiyotikler (streptomisin sülfat ve kasugamisin), bitki aktivatörü

(asibenzolar-S-metil), bakteriyofaj (KΦ1), antagonistik bakteri *Bacillus subtilis* izolatları (QST713 VE AAac) ve bir ticari mikrobiyal gübre, etkinlik açısından test edilmiştir. El ile pülverize edilen 10^8 cfu/ml yoğunluğundaki patojene karşı mikrobiyal gübre dışındaki tüm uygulamaların bakteriyel leke simptomlarını önemli ölçüde azalttığı, istatistiksel olarak bakırlı bileşikler, antibiyotikler ve antagonistik bakteri izolatu QSR713 arasında önemli bir fark bulunamadığı, hastalık şiddetini engellemede etkili uygulamanın acibenzolar-S-methyl (% 93-97) olduğu bildirilmiştir.

Sardunya (*Pelargonium peltatum* ve *Pelargonium hortorum*) bitkilerinde hastalık oluşturan *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii* adlı bakteri ile biyolojik mücadele kapsamında en yüksek fosfor çözme yeteneğine sahip beş farklı PGPR izolatu kullanılarak yapılan çalışmada iki PGPR izolatu tarafından yaprak enfeksiyonu % 88-100 oranında engellenirken, bir PGPR izolatının gövde enfeksiyonunu % 63 oranında engellediği rapor edilmiştir (Ünlü ve Aysan, 2011).

Fosfor azottan sonra bitkiler için ikinci en önemli besin elementidir. Toprakta mineral tuzlar veya organik bileşikler halinde bulunur. Toprakta yeterli miktarda bulunmasına rağmen çok azı bitkiler tarafından alınabilir formdadır (Miller ve ark., 2010). Çeşitli raporlar, farklı bakteri türlerinin, özellikle de rizosfer kolonize edici bakterilerin organik fosfatları serbest bırakma veya Ca_3PO_4 , Ca_2PO_4 , $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ ve kaya fosfatı gibi çözünmeyen inorganik fosfat bileşiklerini çözme kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. Bu bakteriler, bitkiye çözülmüş fosfor sağlarken, karşılığında bakteri gelişimi için zorunlu olan başlıca kök kaynaklı karbon bileşiklerini kazanır (Khan ve ark., 2010). Endofit bakterilerin uygulandığı, alınabilir formda olmayan fosfat içeren ortamda yetiştirilen *Pisum sativum* L. bitkilerinin morfolojik parametrelerinde artış kaydedildiği ve endofit izolatlarının çoğunun glukonik asit (GA) (14-169mM) ürettiği ve orta-yüksek seviyede fosfat çözme kapasitesine (~400-1300mg/L) sahip oldukları tespit edilmiştir (Oteino ve ark., 2015).

Kara biber bitkisinden izole edilen dört endofit bakteri ile yapılan çalışmada bakterilerin azot miktarını % 5-15, fosfor miktarını % 100-150 oranında yükselterek toprak verimliliğini arttırdığı ve yaprak besin içeriğinde (% 5-7 N, % 30-60 P, % 70-90 Zn) artış meydana getirerek, biber bitkisinde kontrol gurubuna oranla yaklaşık % 100'lük bir büyüme meydana getirdiği bildirilmiştir (Nguyen ve ark., 2019).

Linu ve ark. (2019) tarafında yapılan çalışmada biber bitkisinden izole edilen fosfat çözücü iki bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) izolatının; bitki büyümesi, fosfataz ve dehidrojenaz aktivitesi, bitki besin alımı ve verim parametreleri üzerinde belirgin bir etki gösterdiği bildirilmiştir. Kaya fosfatı bulunan gruplarda endofit bakteri izolatlarının toprak fosfor içeriği ve bitki fosfor içeriğinde artış meydana getirdiği kaydedilmiştir.

Bitkiler ve endofit bakteriler arasındaki fizyolojik etkileşimler hakkında çok az şey bilinmektedir. Bitki, bakterilerin gelişimi için karbon bileşiklerini sağlarken endofitler de bitki gelişimi ve korumasında etkili olabilirler. Bu birlikteliğin önemine rağmen endofit bakteriler ile ilgili birçok soru hala cevapsızdır. Örneğin: endofit bakterilerin konukçu bitkinin fotosentetik metabolizması üzerine etkilerinin olup olmadığı gibi (Shi ve ark., 2010). Kuraklık ve tuz stresi de dahil olmak üzere pek çok çevresel stres, elektron taşıma sistemini aktive ederek oksijeni aktif hale getirir (Chandra ve ark., 1998). Oksidatif moleküller kloroplastta hasara neden olur ve klorofilin tahribi, lipid peroksidasyonu ve protein kaybı dâhil birçok zarar verici etkiye neden olabilir (Zhang ve Kirkham, 1994).

Catharanthus roseus bitkisinde dört PGPR (*Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Bacillus megaterium*) izolatının çimlenme, büyüme ve besin içeriğine etkisi incelemiştir. Kök bölgesine yapılan uygulama ile PGPR izolatları çimlenme oranını, canlılık indeksini ve klorofil içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır. Benzer şekilde *Solanum nigrum* bitkisinde test edilen PGPR bakterilerinin bitki boyu, klorofil ve protein içeriğini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir (Megala ve Paranthaman, 2017). Kuraklık stresi altındaki *Helianthus tuberosus* L. bitkisine uygulan *Bacillus* 4.43 izolatının yaprak alanını ve klorofil seviyesini yükselterek fotosentezi attırdığı belirlenmiştir (Namwongsa ve ark., 2019). Başka bir çalışmada ise kuraklık stresinin membran stabilitesini, klorofil, azot içeriği ve bağıl nem içeriğini önemli ölçüde azalttığı ve bitkide prolin miktarında artış meydana getirdiği belirlenmiştir. PGPR uygulamaları ile bitki membran stabilitesinin arttığı, dokularda prolin birikiminin azaldığı, azot içeriğini arttığı ve en yüksek klorofil değerlerinin ölçüldüğü kaydedilmiştir (Abbasi ve ark., 2013).

Bitki hastalıkları ile mücadelede kimyasal pestisitlere karşı biyolojik mücadelenin gelişimi çevre dostu bir alternatif olarak kabul edilir. Daha çok tarımsal ve orman ürünlerinin kök sistemleri ile simbiyotik birliktelik oluşturan mikorizal funguslar

potansiyel biyolojik savaş ajanı olarak önerilmektedir (Pozo ve ark., 2002). Alternatif bir mücadele yöntemi olarak biyolojik mücadelenin gün geçtikçe yaygınlaşması mikorizal uygulamaların önemini arttırmaktadır. Bu sebeple son yıllarda biyolojik mücadelede kullanılmak üzere mikorizal funguslardan hazırlanmış birçok doğal biyopestisit piyasaya sunulmuştur (Biçici, 2011). AMF'ler özellikle besin eksikliği bulunan asitli topraklarda kimyasal gübre ve diğer tarım girdilerinin yerine geçerek bitki büyümesini ve verimi arttırabilir. Bu funguslar bitki fotosentetik ürünleri karşılığında patojenlere karşı koruma ve besin sağlayan doğal biyogübredir (Berruti ve ark., 2016; Wang ve ark., 2017).

Bitki ile simbiyotik bir ilişki kuran AMF'ler bitki kök morfolojisinde önemli bir değişiklik meydana getirmez. Fakat konukçu bitki dokularında büyümeyi düzenleyiciler, fosfotetik ürünler ve topraktan mineral alımında artışa neden olarak kök hücrelerinde biyokimyasal değişimlere neden olur. Bunlarla birlikte besin ve yer için rekabet etmesi gibi olaylardan bir veya birkaçının değişmesi sonucunda bitki sağlığında artışa, bitki hastalıkları ve stres koşullarına karşı bitki direncinin artmasına sebep olur (Linderman, 1996; Yıldız, 2009). AMF toplam fosfor alımının artmasında ve bazı durumlarda P kullanım verimliliğinde önemli rol oynayabilir (Koide ve ark., 2000). Fosfor alımı genellikle mikorizal birlikteliğin varlığı şeklinde değerlendirilse de, AMF'nin diğer besin maddelerinin alımında önemli olabileceği açıkça görülmüştür. Mikorizal birliktelikten çinko (Zn) alımının en çok arttığı bildirilirken, bakır (Cu), demir (Fe), azot (N), potasyum (K), kalsiyum (Ca), ve magnezyum (Mg) alımının da arttığı bildirilmiştir (Smith ve Read, 1997; Clark ve Zeto, 2000). AMF ve fosfat çözen fungus (*Aspergillus tubingensis*)'un *Dendrocalamus strictus* bitkisinin gelişimi, besin maddeleri ve metal alımları üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, bu fungusların birlikte uygulanması ile sürgün dokularındaki P (% 150), K (% 67), Ca (% 106) ve Mg (% 180) oranlarının arttığı belirlenmiştir. Al ve Fe varlığının önemli ölçüde azaldığı, bitki büyümesinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir (Babu ve Reddy, 2011).

Demir (2005) tarafından AMF'nin (*Glomus intraradices*) biber bitkisinin bazı fizyolojik büyüme parametrelerine etkisini araştırılmıştır. Mikorizalı biber bitkilerinin sürgün ve yapraklarındaki tüm parametreler (fosfor, kuru madde içeriği), klorofil konsantrasyonu (klorofil a, klorofil b, klorofil a+b), bazı indirgeyici şeker miktarları

(früktoz, glikoz, beta glikoz), sukroz ve toplam seker miktarının kontrol gurubuna göre % 12-47 oranında arttığı bulunmuştur.

İki farklı arbusküler mikorizal fungus (*Glomus intraradices* (Gi) ve *Gigaspora margarita* (Gm)) uygulanan sekiz farklı biber genotipi normal fide yetiştirme koşulları altında ve iklim odası deneyleri ile fide özellikleri, AMF kolonizasyon ve mikorizal bağımlılık açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda biber genotipleri arasında kök veya sürgün P içeriği açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Büyüme ortamındaki yeterli P seviyeleri nedeniyle AMF, kontrol grupları ile karşılaştırıldığında P içeriğinde anlamlı bir artışa neden olmamıştır. Genel olarak AMF uygulanan gruplar uygulama yapılmayan bitkilere kıyasla daha fazla sürgün ve kök kuru ağırlığına ulaşmışlardır. AMF'ler ile uygulamada beş çeşit pozitif, üçü çeşit ise olumsuz sonuç vermiştir. Biber genotiplerine mikorizal bağımlılıkları, mikorizal yanıt ve AMF kolonizasyon seviye veya yoğunluğu arasında net bir kolerayson olmadan % 64.29 ile % 82.5 arasında değişmiştir (Şensoy ve ark., 2007).

Oladele (2015) tarafından farklı düzeylerdeki AMF (*Glomus mossae*) uygulamalarının Kakao (F3 amazon çeşidi) bitkisindeki etkileri incelenmiştir. 50 g ve 100 g olarak uygulanan AMF'lerin bitki uzunluğunu (34.24 ve 37.83 cm), yaprak sayısını (11.70 ve 12.67 adet), gövde çapını (0.67ve 0.75 mm), yaprak alanını (51.38 ve 59.45 cm²), sürgün yaş ağırlığını (7.42 ve 9.98 g), kök yaş ağırlığını (1.17 ve 1.21 g), sürgün kuru ağırlığını (3.17 ve 3.88 g), kök kuru ağırlığını (1.17 ve 1.21 g) ve yaş kök/sürgün oranını (0.87 ve 0.69) arttırdığı gözlenmiştir. En yüksek AMF kolonizasyonunun % 81.4 ile 50g olarak yapılan uygulamada kaydedildiği bildirilmiştir.

Yapılan birçok araştırmada AMF'lerin bitki savunmasını arttırdığı bu nedenle patojen ve zararlıların etkilerini azaltarak hastalık şiddetini de düşürdüğü tespit edilmiştir (Ortaş ve ark., 2000). *Glomus mosseae*, kekik ve nane yağlarının *in vitro* ve sera koşulları altında *Ralstonia solanacearum*'un neden olduğu domates bakteriyel solgunluk hastalığının kontrol edilmesindeki etkinliği Abo-Elyousr ve ark. (2014) tarafından araştırılmıştır. İki ayrı büyüme mevsimindeki çalışmalarda *G. mosseae* uygulamalarının hastalık şiddetini azaltmada en düşük yüzdeye sahip olduğu, ancak yüksek verim artışı meydana getirdiği bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada ise *Glomus intraradices* (*Rhizophagus irregularis*)'in bakteriyel solgunluğu belirgin bir şekilde ertelediği, hastalık şiddetini azalttığı gözlenmiş ve bu etkinin ise bitkide savunma

mekanizmalarını aktive ederek sağlanmış olabileceği bildirilmiştir (Chave ve ark., 2017).

Üç farklı AMF, *Glomus mosseae*, *G. intraradices* ve *Gigaspore margaritha* 'nın dört farklı biber çeşidinde *Phytophthora capsici* L. etmeninin sebep olduğu kök boğazı çürüklüğü hastalığı ve bazı bitki gelişim parametrelerine hümik asit ile kombinasyonlarının etkisi Aslanpay (2011) tarafından incelenmiştir. AMF türlerinin biber çeşitlerindeki kolonizasyon oranları % 3.05-% 38.66, mikorizal bağımlılık oranları % 2.52-% 20.64 arasında olmuştur. İkili uygulamalarının bitki gelişim parametrelerini arttırdığı, özellikle AMF uygulamalarının besin elementi alımını arttırdığı, bunun yanı sıra AMF ve hümik asitin tekli ve ikili uygulamalarının hastalığı baskıladığı ve bu oranın % 37.6-% 55.6 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Saldajeno ve Hyakumachi (2011) tarafından yapılan çalışmada AMF (*Glomus mosseae*) ve bitki gelişimini arttırıcı fungus *Fusarium equiset*'in iki ayrı izolatinin birlikte uygulanması ile *G.mosseae*'nin kök kolonizasyonunun önemli ölçüde azaldığı, ancak böyle bir antagonistik etkinin rizosfer toprağında gözlenmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte antraknoza (*Colletotrichum orbiculare*) karşı ikili uygulamaların tekli uygulamalardan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Tekli uygulamalarda *F.equiset* izolatlarının çökerten (*Rhizoctonia solani* AG-4) hastalığının gelişimini engellediği, *G.mosseae*'nin engelleyemediği, ikili uygulamaların tekli uygulamalara oranla hastalık gelişimini engellemede daha başarılı olduğu bildirilmiştir.

Arbusküler mikoriza ile ortak yaşam içinde bulunan bitkilerin, toprak kaynaklı hastalıklara karşı olumlu etkileri olmasının yanı sıra yeşil aksamda görülen obligat ve fakültatif patojenlere karşı bitkiyi daha duyarlı hale getirdikleri de belirtilmektedir (Dehne, 1982; Yıldız, 2009).

Mikorizal birlikteliğe sahip bitkide besin maddesi alınımının artması, bitkinin daha iyi beslenmesi, gelişiminin artması ile fizyolojik uyarımlarının artmasının bitki yeşil aksamlarındaki hastalık şiddetinde artış meydana getirdiği, fakat tek sebebin bu olmadığı bildirilmektedir. Bunun yanı sıra "Bitki için iyi olan, obligat patojen içinde iyidir" kuralından yola çıkarak, besin bakımında fakir olan topraklarda, AMF'lerin besin alınımını arttırması hastalık şiddetinde artışa sebep olabilmektedir. Ayrıca AMF bulunan bitki hücrelerinde metabolik aktivitenin yüksek olması virüs partiküllerinin çoğalmasını teşvik ettiği belirtilmiştir. Virüs yoğunluğu ve enfeksiyonunda meydana

gelen artış bitkiye artan miktarda fosfor verilmesiyle kolerasyon halindedir. Virüslerin yapı taşı olan nükleik asitler ve enerjice zengin bileşikler için fosfor elementinin rolü dikkate alınarak uyarılmış protein sentezinin buna yardım ettiği belirtilmektedir. Nükleik asit ve protein sentezinde meydana gelen artış ile virüslerin çoğalıp bütün bitkide yayılmasına katkıda bulunabileceği ifade edilmektedir (Davis ve ark., 1979; Dehne, 1982; Linderman, 1996).

Mikorizalı (*Glomus intraradices*) tütün bitkilerinde tütün mozaik virüsü ve *Botrytis cinerea* enfeksiyonunun arttığı bildirilmiştir. Buna mikorizalı bitkilerdeki sitokininin veya başka bir bitki büyüme düzenleyicisinin konsantrasyonunda meydana gelen değişikliğin sebep olduğu belirtilmiştir (Shaul ve ark., 1999).

Coşkun ve ark. (2015) tarafından bazı kabak çeşitlerinde AMF uygulamasının kabak sarı mozaik virüsü (*Zucchini yellow mosaic potyvirus-ZYMV*)'ne etkileri araştırılmış, AMF uygulamalarının bitki gelişimini arttırdığı ortaya konmuştur. ZYMV ve AMF uygulamalarının klorofil içeriğini azalttığı ve mikorizal bitkilerin fosfor içeriğinin, mikorizal olmayan bitkilerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ZYMV ve AMF uygulamasının hastalık şiddetini mikorizal olmayan bitkilere oranla arttırdığı, virüs konsantrasyonunu ise düşürdüğü bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada ise AMF uygulaması ve Patates Y virüsü varlığında patateslerde vejetatif gelişmenin azaldığı, viral aktivitenin önemli ölçüde artarak hastalık belirtilerinde artış meydana geldiği ifade edilmiştir (Sipahioğlu ve ark., 2009).

Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) ve endofit bakteriler rizosferde simbiyotik ilişki kurma özelliğine sahip en önemli mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. Bu iki mikroorganizmanın birbirleri ile olan etkileşimleri, bitki hastalıklarına karşı biyolojik mücadeledeki rolleri ve bitki gelişimi üzerine olan etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Akköprü ve ark. (2005) tarafından on üç farklı nonpatojenik *Fluoresant Pseudomonas* (FP) izolatu ile Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) *Glomus intraradices*'in domates bitkisinin bazı morfolojik parametreleri (bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık) ve *Fusarium solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc) Syd. Et Hans.) (FOL) karşı etkileri araştırılmıştır. AMF uygulamasının hastalığı % 48 oranında engellediği, FP+FOL % 12-68, FP+FOL+AMF uygulamalarının ise hastalık

şiddetinde % 48-92 oranında bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Hastalığı baskılama bakımından en etkili sonuçlar ise bazı FP izolatlarının uygulamalarından elde edilmiştir. Morfolojik parametreler bakımından en yüksek değerler üçlü inokulasyonlarda (FP+FOL+AMF) tespit edilmiştir. AMF'nin kolonizasyon oranlarının da uygulamalara göre farklılık gösterdiği bu farklılığın % 13-68 oranında değiştiği belirlenmiştir.

Gaeumannomyces graminis ile enfekte olan buğdayın büyüme, verim, kalite ve hastalık direncine *Pseudomonas fluorescens* ve arbusküler mikorizanın (*Glomus mossea*) etkisi araştırılmıştır. *G. mosseae* veya *P. fluorescens* RA56 izolatu ile muamele edilen bitkilerde hastalık oranı, bulaştırma yapılmayan diğer bitkilere oranla daha düşük bulunmuştur. *P. florescens* izolatu RA56 ve AMF'nin birlikte uygulanmasının, 4 haftada patojen etkisini azaltmada en başarılı uygulama olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, AMF ile yapılan ön muamelenin, sürgün kuru ağırlığında ve *G. graminis* ile enfekte olmuş buğdayda tohum veriminde artışa neden olduğu bulunmuştur. Mikoriza kolonizasyonu açısından en iyi sonuçlar,% 10 mikoriza inokulumuyla kaydedilmiştir (Behn, 2008).

Glomus mosseae, *Glomus fasciculatum* ve kök bakterisi *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* izolatlarının bireysel ve kombine uygulamalarının kök çürüklüğü etmenine (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) karşı etkileri araştırılmıştır. Üçlü uygulamalarda kök bakterisi ile oluşan nodül sayısının, *S.sclerotiorum*+AMF uygulamasında ise AMF kolonizasyonunun kontrol gurubuna oranla önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Hastalık şiddetini engellemede tekli uygulamaların ikili (*S.sclerotiorum*+AMF) uygulamalara oranla daha başarılı olduğu ve hastalık şiddetini % 10.3-24.1 oranında azalttığı bildirilmiştir. Biyolojik savaş elemanı uygulanan gruplarda N ve P oranının daha yüksek çıktığı, patojen uygulaması yapılan gruplarda ise morfolojik parametrelerin azaldığı tespit edilmiştir (Aysan, 2008).

Domates bitkisinde *Alternaria solani*'ye karşı *Glomus mosseae*, *Bacillus velezensis* ve *Trichoderma viride* biyolojik savaş elemanlarının tekli, ikili ve üçlü kombinasyonları araştırılmıştır. Genel olarak her üç kombinasyonun bitki gelişimini arttırdığı, toplam klorofil miktarını değiştirmediği ve hastalık şiddetini baskıladığı tespit edilmiştir. Antioksidan aktivitesinin *Glomus mosseae* ile yapılan uygulamada diğer uygulama gruplarına oranla önemli ölçüde arttığı, tüm antagonistik uygulamalarının tekli uygulamalarında ise toplam fenolik madde miktarının arttığı belirtilmiştir. Toplam

fosfor miktarının *Alternaria solani* ve *Glomus mosseae*'nin yer aldığı tüm kombinasyonlarda arttığı, AMF kolonizasyonu bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak bir farkın bulunmadığı ifade edilmiştir (Boyno, 2019).

Tahmatsidou ve ark. (2006) *Verticillium dahliae*'nin çilek bitkisinde sebep olduğu solgunluk hastalığına karşı *Glomus spp.* ve *Bacillus spp.* içeren ticari preparatların tekli ve ikili uygulamalarının etkisini araştırmışlardır. Genel olarak uygulama yapılan gruplarda kontrole oranla meyve verimi, bitki ağırlığı ve kök yaş ağırlığı bakımından bir fark bulunamamıştır. Hastalık şiddetini baskılamada *Glomus spp.* ve *Bacillus spp.* uygulamalarının önemli bir fark neden olmadığı ancak tekli uygulamalara oranla daha düşük etki gösterdiği belirtilmiştir.

Fasulyede kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani*) hastalığına karşı AMF+*Pseudomonas fluorescens* uygulamasının verimin yanı sıra hastalığı kontrol etmede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Singh, 2011). Laboratuvar, saksı ve tarla koşullarında *Glomus fasciculatum* (AMF) ve *Pseudomonas fluorescens*'in (FP) yalnız ve kombine şekilde çeltikte sorun olan *Rhizoctonia solani*'ye karşı etkinliğinin yanı sıra bazı morfolojik parametrelerine etkileri araştırılmıştır. *In vitro* çalışmalarında etkili olan *Pseudomonas fluorescens* izolatları seçilerek saksı denemelerinde uygulanmıştır. Bu denemelerde hastalık şiddeti ve bitki gelişim parametreleri bakımında etkili bulunan bir *Pseudomonas fluorescens* izolatı *G. fasciculatum* ile birlikte tarla denemelerinde kullanılmış ve iki farklı dozda NPK besin uygulaması yapılmıştır. Morfolojik parametreler bakımından AMF ve FP kombinasyonlarının daha etkili olduğu ve hastalık şiddetini engellediği, NPK dozu azaldıkça AMF ve FP kombinasyonlarının hastalık şiddetini engellemede daha etkili olduğu belirtilmiştir (Sulochana ve ark., 2003).

Glomus fasciculatum, *Pseudomonas fluorescens* ve *Trichoderma harzianum*'un tekli ve kombine uygulamalarının çay fidelerindeki kök hastalığına (*Ustilina zonata*) ve bitki gelişimine olan etkileri araştırılmıştır. Uygulama yapılan bütün kombinasyonlarda hastalık oluşumu ve ölüm oranı azalmasına rağmen en fazla azalış üç biyolojik savaş elemanının birlikte uygulandığı grupta sağlanmıştır. Bunun yanı sıra (sürgün, kök kuru ağırlıkları ve uzunlukları) gibi bitki gelişim parametreleri, nitrojen ve fosfor içerikleri, mikorizal kök kolonizasyonu ve topraktaki spor yoğunluğu bakımında en etkili sonuçlar *G. fasciculatum*, *P. fluorescens* ve *T. harzianum*'un birlikte olduğu uygulama gruplarında elde edilmiştir (Hazarika ve Phookan, 2003).



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal ve bitki yetiştirme ortamı

Bu çalışmada test bitkisi olarak biber (*Capsicum annum* cv. Demre) kullanılmıştır. Biber tohumları % 0.2'lik sodyum hipoklorit ile dezenfekte edildikten sonra torf doldurulmuş 250 ml'lik plastik bardaklara ekilmiştir. İklim odası 14 saat aydınlık ($25\pm 2^\circ\text{C}$), 10 saat karanlık ($15\pm 2^\circ\text{C}$) ve yaklaşık % 50 nispi nem şartlarında gelişmeye bırakılmıştır. Çalışma süresince bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla düzenli olarak Hoagland besin solüsyonu verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Hoagland besin solüsyonunun içeriği (Hoagland ve Arnon, 1950)

A besin solüsyonu (%)*		B besin solüsyonu (%)*	
Toplam Azot (N)	10.3	Toplam Azot (N)	2.1
Amonyum (NH_4)	1.6	Nitrat (NO_3)	2.1
Nitrat (NO_3)	8.7	Potasyum Oksit (K_2O)	11.6
Potasyum Oksit (K_2O)	7.5	Fosfor Pentaoksit (P_2O_5)	6.4
Kalsiyum (Ca)	8.6	Magnezyum (Mg)	1.6
Demir DTPA (Fe)	0.3	Mangan (Mn)	0.1
		Çinko (Zn)	0.01
		Bor (B)	0.03
		Bakır (Cu)	0.003
		Molibden (Mo)	0.004

*:1 litre suya 2 ml A ve 2 ml B besin solüsyonu kullanılmıştır.

3.1.2. Patojen, AMF ve endofit bakteri izolatları

Patojen olarak Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bakterioloji laboratuvarı stoklarında bulunan ve virülensliği önceden belirlenmiş olan *Xanthomonas*

euvesicatoria 190 (*Xe*) izolatu kullanılmıştır. AMF olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Mikoloji laboratuvarı stoklarında bulunan *Glomus mosseae* kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan bakteri izolatlarından biri; Van Gölü havzasında izolasyonu yapılan ve *in vitro* çalışmalar ile Indol-3-asetik asit (IAA), ACC-deaminaz ve siderofor aktivitesi tespit edilmiş olan *Pseudomonas spp.* V31Y4 izolatıdır (Babier, 2019). Diğeri ise kolonizasyon ve rekabet özelliğinin yanı sıra domates ve birçok bitkide uyarılmış dayanıklılığın tetiklediğii tespit edilmiş olan biyokontrol ajanı (Bolwerk ve ark., 2003; Kamilova ve ark., 2005) *Pseudomonas fluorescens* WCS365 izolatıdır ve Kazan State Agriculture University, Rusya'dan Dr. Shamil Validov'dan temin edilmiştir.

3.1.3. Kullanılan besiyerleri

Çalışmada kullanılan patojen *Xe* ve bakteriyel biyokontrol ajanlarının çoğaltılması ve *in vitro* etkinlik testleri için King's B besiyeri (KB) kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Ayrıca izolatların stok olarak uzun süreli saklanması için ise % 15 gliserol katkılı Nutrient Broth (NB) ortamı kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.2. King-B besi yerinin bileşenleri ve miktarları

Besi yeri	Kimyasallar	Miktar (1000 ml)
King's B (King ve ark., 1954)	Pepton	20 g
	Gliserol	10 ml
	K ₂ HPO ₄	1.5 g
	MgSO ₄ .7H ₂ O	1.5 g
	Agar	16 g
121°C 20 dk otoklavlandı		

Çizelge 3.3. % 15 gliserol katkılı Nutrient Broth besiyerinin bileşenleri ve miktarları

Besi yeri	Kimyasallar	Miktar (1000 ml)
Nutrient Broth (NB) (Lelliot ve Stead, 1987)	Nutrient Broth	8 g
	Gliserol	20 ml
121°C 20 dk otoklavlandı		

3.1.4. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvarlar ve iklim odası

Çalışmalar *in vitro* ve *in vivo* ortamlarda gerçekleştirilmiştir. *In vivo* çalışmalar Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji iklim odalarında, laboratuvar çalışmaları ise Bitki Koruma Bölümü Mikoloji ve Bakteriyoloji laboratuvarları ile Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür.

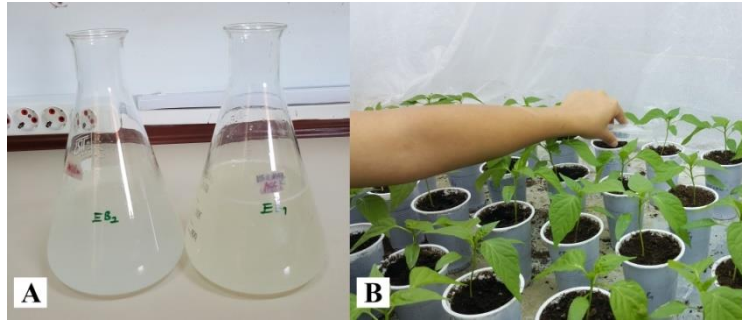
3.2. Yöntem

3.2.1. *In vivo* çalışmalar

3.2.1.1. Endofit bakteri inokulumunun hazırlanması ve uygulanması

Belirli karakterleri ve etkinlikleri önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan bölüm 3.1.2’de yer alan bakteriyel biyolojik savaş elemanlarının KB besi yerinde 24 saatlik kültürleri hazırlanmıştır. Bakteri kültürleri üzerine bir miktar steril saf su eklenerek, steril bir baget yardımıyla bakteri kolonileri KB besi yerinde toplanarak, bir beher içerisine alınmıştır. Elde edilen bu bakteriyel süspansiyon spektrofotometrede 10^9 hücre/ml (600 nm dalga boyunda 0,1 O.D) yoğunluğuna ayarlanmıştır. Hazırlanan bu EB süspansiyonlarından 15 ml alınarak bitki kök bölgesine içirme yolu ile biber fidelerine uygulanmıştır. EB izolatları biber fidelerine toplamda iki defa uygulanmıştır (Şekil 3.1);

- i. İlk gerçek yapraklar oluşmaya başladığında
- ii. Beşinci gerçek yapraklar oluşmaya başladığında



Şekil 3.1. EB uygulaması, A. hazırlanan EB süspansiyonları, B. EB’lerin bitkilere uygulanması.

3.2.1.2. Patojen inokulumunun hazırlanması ve bulaştırılması

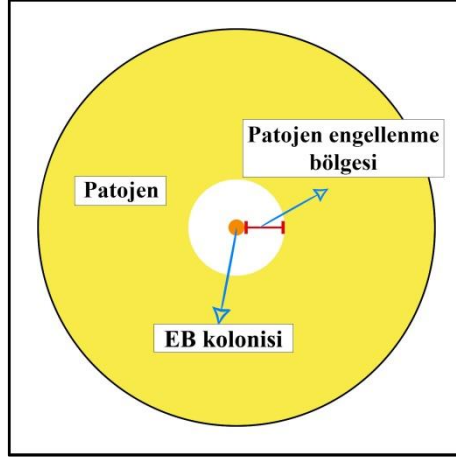
Bölüm 3.2.1.1’de belirtildiği şekilde ikinci EB uygulamasında 3 gün sonra spektrofotometrede 10^7 cfu/ml yoğunluğunda *Xe*’nin 48 saatlik kültüründen hazırlanan süspansiyon el pülverizatörü yardımıyla bitkilere uygulanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. *Xe* süspansiyonunun biber fidelerine uygulanması.

3.2.2. *In vitro* çalışmalar

Çalışmanın bu aşamasında belirli karakterleri ve etkinlikleri önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan V31Y4 izolatı ile WCS365 izolatının *in vitro* çalışmalarda *Xe*’ye karşı antagonistik etkileri test edilmiştir. *In vitro* çalışmalarda bölüm 3.2.1.2’de hazırlanışı belirtilen *Xe* süspansiyondan 100 µl alınarak KB (Çizelge 3.3) besi yerinin yüzeyine yayılmıştır. Besi yerinin yüzeyi kuruduktan sonra EB izolatlarının 24 saatlik kültürlerinden iğne uçlu öze yardımıyla bir miktar alınarak besi yeri yüzeyinde dört noktaya ekilmiştir. Dört tekerrürlü olarak yapılan çalışmanın sonuçları; 24 saat sonra EB kolonileri etrafında *Xe*’nin gelişimini engelleme zonunun ölçülmesiyle belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *In vitro* çalışmalarda EB'lerin *Xe*'ye karşı antagonistik etkilerinin hesaplanması için hazırlanan petri iç düzeneği.

3.2.3. AMF ve EB'lerin birlikte kullanımı

Çalışmanın bu aşamasında EB izolatları (V31Y4 ve WCS365) AMF (*G. mosseae*) ile kombine edilerek *Xe*'ye karşı etkinlikleri belirlenmiştir. AMF bölüm 3.1.1'de belirtilen bitki yetiştirme ortamının tohum yatağına uygulanmıştır. Yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmış olan biber tohumları 2,5-3 cm kalınlığında bir katman oluşturacak şekilde 75spor/10gr yoğunluğuna sahip AMF inokulumu bulunan plastik bardaklardaki tohum yataklarına konularak yüzeyleri kaplanmıştır. Kontrol grubu için tohumlar sadece yüzey dezenfeksiyonları yapıldıktan sonra plastik bardaklara ekilmiştir. Tohumların üzeri yaklaşık 1.5 cm'lik torf ile kaplanıp ilk sulamaları yapılarak 8 hafta boyunca iklim odasında gelişmeye bırakılmıştır. Bitkilerin ihtiyacına göre düzenli olarak sulanmıştır. Bitkilere yetiştirme periyodu boyunca ilk iki hafta 15 ml sonraki haftalar 20 ml olacak şekilde içirme yöntemiyle toplam 5 defa besin solüsyonu verilmiştir (Çizelge 3.1).

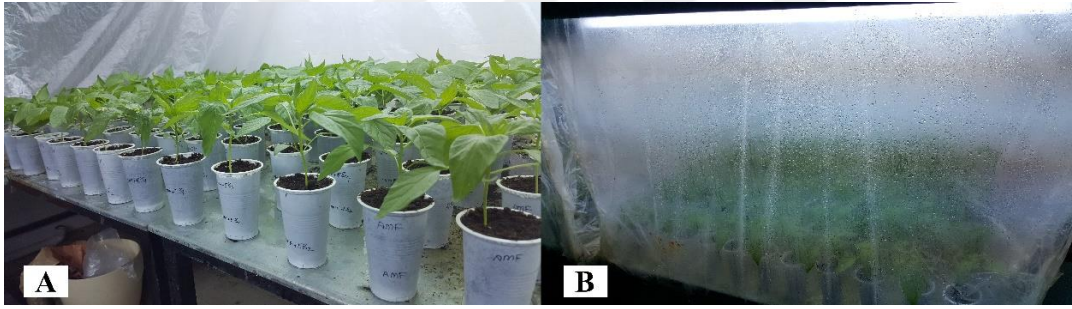
En son EB uygulamasından 3 gün sonra bölüm 3.2.1.2'de belirtildiği şekilde hazırlanan patojen süspansiyonu el pülverizatörü yardımıyla bitkilere uygulanmıştır (Şekil 3.2). Patojen uygulamasından hemen sonra yüksek nispi nem oluşturmak amacıyla fidelerin bulunduğu kabinlerin etrafı polietilen bir örtü ile kaplanmış ve fideler 48 saat boyunca bu kabinlerde tutulmuştur (Şekil 3.4). İlk 24 saat aydınlıkta kapatılmıştır.

Deneme süresince yapılabilecek herhangi bir hatadan dolayı fidelerin ölüm riskine karşı, her plastik bardağa üçer tane biber tohumu ekilmiş, daha sonra fideler seyreltilerek plastik bardaklarda birer tane fide bırakılmıştır (Şekil 3.4). Tesadüf parselleri deneme desenine göre 12 farklı uygulama grubu ve her uygulama grubu ise 12 tekrardan oluşmuştur (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan uygulama grupları

NK	<i>G. mosseae</i> +V31Y4	<i>G. mosseae</i> +V31Y4+Xe
PK* (Xe)	<i>G. mosseae</i> +WCS365	<i>G. mosseae</i> +WCS365+Xe
<i>G. mosseae</i>	<i>G. mosseae</i> +Xe	
V31Y4	V31Y4+Xe	
WCS365	WCS365+Xe	

*: PK: Pozitif kontrol, yalnızca Xe uygulaması NK: Negatif kontrol, hiçbir uygulama yapılmamış grup



Şekil 3.4. *In vivo* çalışmalar, A. uygulama gruplarına göre biber fideleri, B. polietilen örtü ile yüksek nispi nem oluşturma işlemi.

3.2.4. Çalışmaya ait değerlendirmeler

3.2.4.1. Hastalık şiddetinin belirlenmesi

Patojen uygulamasından 21 gün sonra deneme sonlandırılmıştır. Çalışma sonunda Xe'nin hastalık şiddetini baskılama düzeyi aşağıda belirtilen 1-6 skalası (Abbasi ve ark., 2002) kullanılarak değerlendirilmiştir.

- 1: Hastalık belirtisi yok
- 2: Birkaç nekrotik leke veya yaprağın < % 10 hastalık belirtisi
- 3: Birleşmiş lekeler ve yaygın leke veya yaprağın % 10-25'inde hastalık belirtisi
- 4: Yaprığın % 26-50'sinde hastalık belirtisi
- 5: Yaprığın % 51-75'inde hastalık belirtisi

6: Yaprığın % 76'dan fazlası hastalık belirtisi veya dökülmüş veya ölü yaprak

Elde edilen skala değerleri aşağıda verilen Townsend ve Heuberger (1943) formülü (3.1) yardımıyla yüzde hastalık şiddeti (%) ve formül (3.2) ile uygulamaların yüzde etkisi tespit edilmiştir.

$$\text{Hastalık Şiddeti (\%)} = \frac{\sum(\text{Skala değeri} \times \text{Skala değerindeki yaprak sayısı})}{\text{Toplam yaprak sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Yüzde Etki} = \frac{\text{Kontroldeki değer} - \text{Uygulamadaki değer}}{\text{Kontroldeki değer}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.4.2. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi

Fiksasyon

Biber bitkilerinin toprak üstü kısımları kesilerek kök ve kök boğazı kısmının yavaşça ve dikkatli bir şekilde topraktan ayrılması sağlanmıştır. Topraktan ayrılan kökler musluk suyu altında iyice yıkanarak köklere yapışan toprak parçacıkları temizlenmiştir. Köklerden daha sonra 1-0.5 g'lık parçalar alınarak AFA Fiksasyon sıvısına (90 ml % 70'lik Alkol, 5 ml Formaldehit ve 5 ml Asetik asit) konmuş ve kökler boyama işlemine kadar bu sıvı içinde muhafaza edilmiştir (Phillips ve Hayman, 1970).

Boyama

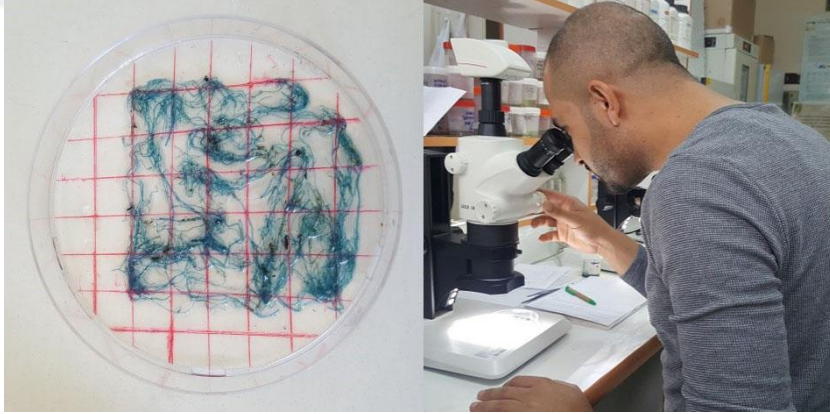
AFA sıvısı içinde muhafaza edilen kökler, mikorizal fungusun varlığını ve kolonizasyon yüzdesini saptamak amacıyla boyama işlemine tabii tutulmuştur. Boyama işleminde ilk olarak kökler % 10'luk KOH'da yarım gün, sonrasında % 10'luk HCl'de yarım saat bekletilmiştir. Her bir işlem arasında kökler saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra laktik asit ve saf sudan 40'ar ml, gliserinden 80 ml eklenip üzerine % 0.05'lik Laktofenol mavisi katılarak hazırlanan boya çözeltisi (Phillips ve Hayman 1970) eklenerek 2 saat bekletilmiş ve ardından 50 °C'lik sıcak su içinde 5 dakika kadar ısıtılmıştır. Bu işlemlerden sonra boya çözeltisi süzölmüş ve sonrasında laktik asit

eklenmiştir. Yaklaşık 1 saat sonra kökler AMF kolonizasyonunu saptamak amacıyla hazır hale gelmiştir.

3.2.4.3. AMF'un kolonizasyon yüzdesinin hesaplanması

Boyalı köklerdeki AMF kolonizasyonunun %'sini saptamak üzere Grid-Line Intersect Metodu kullanılmıştır (Giovanetti ve Mosseae, 1980). Boyanmış olan kılcal kökler 1 -1.5 cm uzunluğunda kesilmiş, bu köklerden yaklaşık 0.5 gr'lık örnek alınarak 1cm² lik karelere bölünmüş plastik bir petri kabında homojen olarak dağıtılmıştır. Bölünmüş bu kareler arası gridleri dik bir şekilde kesen kök segmentlerinde eğer AMF propagül'ü (hif, vesikel, klamidospore) varsa 1/1 (kök/spor), yoksa 1/0 şeklinde sayım yapılarak, toplam kök sayısı ve AMF ile kolonize olmuş kök sayısı bulunmuştur. AMF kolonizasyon yüzdesi ise (3.3.)'te belirtilen formül ile yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ AMF Kolonizasyonu} = \frac{\text{AMF ile kolonize olmuş kök sayısı}}{\text{Toplam kök sayısı}} \times 100 \quad (3.3)$$



Şekil 3.5. Kılcal köklerin petriye tesadüfi dağıtılması ve mikroskop altında incelenerek AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi.

3.2.4.4. Bitkinin morfolojik parametrelerinin saptanması

Bitki boy ölçümü (cm) ve yaprak sayısının belirlenmesi (adet/fide)

Hastalık şiddetinin tespitinden sonra biber bitkilerinin boyları ölçüldü. Bunun için bitkiler kök boğazının toprakla kesiştiği yerden, bitkinin büyüme noktasına kadar olan kısmı dikkate alınarak bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

Biber fidelerinin hasadı sırasında yaprak sayıları sayılarak tespit edilmiştir.

Kök ve yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığının belirlenmesi (gr/bitki)

Biber bitkilerinin kök ve yeşil aksam ağırlıkları ayrı ayrı tartılmıştır. Boy ölçümleri alınan bitkiler, toprak yüzeyinden kesilerek yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra kökler sökülerek temizlenmiş ve kök yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Yaş ağırlıkları tespit edilen bitki kök ve yeşil aksam örnekleri alüminyum folyo kaplara konularak 70 °C'de 48 saat süresince etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Kacar, 1984).

3.2.4.5. Toplam klorofil ölçümü

Xe, AMF, EB ile kontrol koşullarında yetiştirilen biber fidelerinin üst kısımlarındaki son boğumdan önceki iki yaprağında toplam klorofil miktarını belirlemek amacıyla Minolta marka SPAD metre cihazı ile okumalar yapılmış her iki okumanın ortalaması alınarak klorofil miktarları belirlenmiştir.

3.2.4.6. Yeşil aksam fosfor analizi

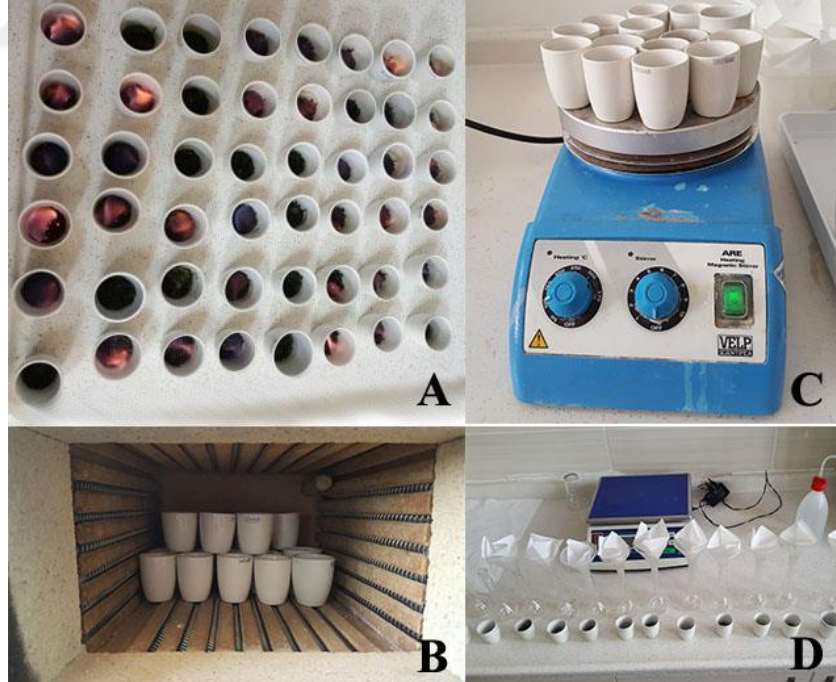
Bitkilerin yeşil aksam kuru ağırlıkları tartıldıktan sonra her bir bitkiden rastgele birer parça alınarak paçal edilmiştir. Böylece her bir uygulamadan toplam 4 tekrerrül olacak şekilde 48 numune oluşturulmuştur.

Kuru olan yeşil aksamlar öğütüldükten sonra örneklerden fosfor analizi için 0.5 g tartılarak krozelere konulmuştur. Örneklerin bulunduğu krozelere 1ml etil alkol

eklenerek ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemden sonra krozeler yaklaşık 6-9 saat süreyle 500 °C’de kül fırınında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra kül halindeki örnekler 3 N HCl’den 4 ml eklenmiştir. Daha sonra krozeler hot pleyt (80-90 °C) üzerine bırakılıp yaklaşık 15-20 dk kadar bekletilmiştir. Buradan alınan örnekler balon jöjelere süzülüp saf su ile 50 ml olacak şekilde tamamlanarak ekstrakt kaplarına aktarılmıştır.

Fosfor okuma işleminde, örneklerden 1’er ml cam tüplere alınmış ve üzerine 4 ml saf su dispenser yardımıyla aktarılmıştır. Bu işlemlerden sonra yine bu tüplerin üzerine 1 ml barton çözeltisi eklenip, tekrardan 4 ml saf su koyarak 10 ml’ye tamamlanmıştır. Yaklaşık 15 dakika bekleterek sarı renk oluşumu gözlemlenmiştir. Ardından hazırlanan bu preparatlar spektrofotometre yardımı ile 430 nm dalga boyunda ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler (3.4)’te belirtilen formül yardımıyla ppm’e dönüştürülmüştür (Kacar, 1984).

$$P(\text{ppm}) = \text{Okuma değeri} \times \sum \text{Standart fosfor} \times \frac{\text{Son hacim}}{\text{Örnek miktarı}} \times \text{Seyreltme faktörü} \quad (3.4)$$



Şekil 3.6. Fosfor analizi işlemleri. A. ön yakma işlemi, B. kül fırınında yakma işlemi, C. hot-pylet ısıtma işlemi, D. balon jöjelerde süzme işlemi.

3.2.4.7. İstatistiksel analiz

Çalışma sonunda elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılarak DUNCAN çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SAS, 1998).

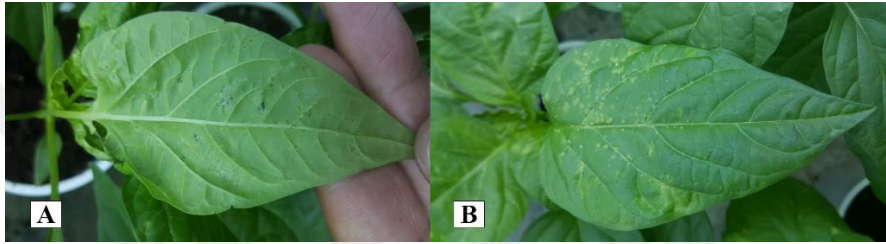




4. BULGULAR

4.1. Biber Bitkilerinde *Xanthomonas euvesicatoria*'nın Meydana Getirdiği Hastalık Belirtileri

Xe inokulasyonunun ardından yaklaşık 5 gün sonra yapılan gözlemlerde yaprakların alt epidermisinde suda ıslanmış saydam düzensiz noktalar, üst epidermisinde düzensiz klorotik noktalar şeklinde simptomlar gözlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Biber yaprağında bakteriyel leke simptomları, A. alt epidermisindeki lekeler, B. üst epidermisindeki lekeler.

Gelişme geriliği gösteren bitkilerde bir süre sonra yaprak yüzeylerinde şekilsiz sarı lekeler gözlenmiş ve kısa bir süre sonra buralarda nekrotik bölgeler oluşmuştur. Bitkini üst aksamlarında yer alan genç yapraklarında kıvrılma meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yapraklardaki lekeler ve yaprak kıvrılması.

Bu belirtilerin artmasıyla birlikte bitki alt yapraklarından başlayarak yukarıya doğru yoğun bir yaprak dökülmesi görülmüştür. Patojen uygulamasından yaklaşık 10 gün sonra ilk yaprak dökülmesi görülmüş, bu günden sonra yaprak dökülme oranı yoğun bir

şekilde artmıştır. Bazı bitkilerin gövde kısımlarında bakteriyel leke belirtileri gözlemlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Biber fidelerinde yoğun yaprak dökümü, yaprak ölümü ve gövdede hastalık belirtisi.

4.2. EB'ler, AMF ve *Xe*'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Hastalık Şiddeti ve Yaprak Sayısına Etkileri

Biyolojik savaş elemanları, AMF ve EB izolatlarının tekli, ikili ve üçlü uygulamalarının hastalık şiddeti, yüzde etkisi, toplam yaprak sayısı (dökülen yaprak sayısı dâhil) ve dökülen yaprak sayısının NK ve PK kontrollerine göre aldığı değerler Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere, patojen izolatu inokulasyondan sonra dökülen yaprak sayıları bakımında uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($P>0.05$), hastalık şiddeti ve toplam yaprak sayıları bakımından ise uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Hastalık şiddetine bakıldığında tüm muamelelerde hastalık şiddetinin PK kontrol grubuna göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. En yüksek hastalık şiddeti % 74.69 ile yalnızca *Xe*'nin uygulandığı PK kontrol grubunda ölçülmüştür. V31Y4 ve WCS365 bakterilerinin yer aldığı ikili uygulamalar hastalık şiddetini kontrol grubuna göre sırasıyla % 9.66 ve % 10.2 oranında azaltmış uygulamalar arasındaki fark kontrole (PK) göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). AMF'nin yer aldığı *Xe*+*G. mosseae* ikili inokulasyonunun % 71.72'lik düzeyinde hastalık oluşumuna neden olarak

en başarısız uygulama grubu olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1). En düşük hastalık şiddeti ise % 63.43 oranı ile *G. mosseae*+WCS365+Xe'nin birlikte uygulandığı üçlü inokulasyonda ölçülmüştür. Bu uygulamam grubunun hastalık baskılma etkisi % 15.04 olarak belirlenmiştir. Fakat *G. mosseae*+V31Y4+Xe üçlü uygulaması kontrole (PK) göre hastalık şiddetini azaltmada başarısız olmuştur (Çizelge 4.1).

AMF ve EB kombinasyonlarının kontrole (PK) göre hastalık şiddetini belirli oranlarda düşürmelerine karşın dökülen yaprak sayısı bakımından tüm muamelelerde ortalama dökülen yaprak sayısının aynı olduğu ve uygulama grupları arasında istatistiki olarak bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Toplam yaprak sayısına (dökülen yapraklar dahil) bakıldığında patojen izolatının yer almadığı tüm tekli ve ikili muamele gruplarının NK kontrol grubuna göre yaprak sayısını arttırdığı tespit edilmiş ancak uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Patojen izolatının yer aldığı muamele gruplarında ise toplam yaprak sayısının genel olarak düştüğü tespit edilmiştir. Ancak en düşük toplam yaprak sayısı AMF'nin yer aldığı (13 adet) *G. mosseae*+Xe ikili inokulasyonunda ölçülmüştür ve bu etki istatistiki olarakta önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). *G. mosseae* ve bakteriyel biyolojik savaş ajanları ve Xe'nin üçlü uygulamasında da yaprak sayısında azalma görülmüş, fakat bu etki PK'ya göre önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Uygulamaların Xe'nin hastalık şiddeti, yüzde etkisi, toplam yaprak sayısı ve dökülen yaprak sayısına ait değerler

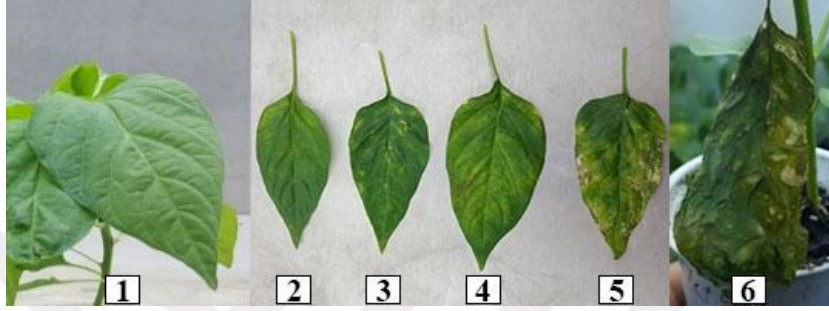
Uygulamalar	Hastalık şiddeti (%)	Yüzde etki (%)	Dökülen yaprak sayısı (adet)	Toplam yaprak sayısı (adet)
	$\bar{x} \pm S.S. **$	-	$\bar{x} \pm S.S.$	$\bar{x} \pm S.S.$
NK	-	-	-	13.92 \pm 1.62 ^{bc}
V31Y4	-	-	-	15.83 \pm 2.82 ^a
WCS365	-	-	-	16 \pm 1.53 ^a
<i>G. mosseae</i>	-	-	-	15.42 \pm 0.79 ^a
<i>G. mosseae</i> + V31Y4	-	-	-	15.67 \pm 1.49 ^a
<i>G. mosseae</i> +WCS365	-	-	-	15.67 \pm 1.07 ^a
PK	74.69 \pm 7.24 ^{c*}	-	6.58 \pm 1.08 ^a	14.58 \pm 1.62 ^{ab}
V31Y4+Xe	67.47 \pm 8.02 ^{ab}	9.66	6.67 \pm 1.55 ^a	15 \pm 1.20 ^{ab}
WCS365+Xe	67.07 \pm 6.82 ^{ab}	10.2	6.67 \pm 0.98 ^a	14.83 \pm 1.19 ^{ab}
<i>G. mosseae</i> +Xe	71.72 \pm 8.86 ^{bc}	3.97	5.92 \pm 1.62 ^a	13 \pm 1.27 ^c

Çizelge 4.1. Uygulamaların *Xe*'nin hastalık şiddeti, yüzde etkisi, toplam yaprak sayısı ve dökülen yaprak sayısına ait değerler (devam)

Uygulamalar	Hastalık şiddeti (%)	Yüzde etki (%)	Dökülen yaprak sayısı (adet)	Toplam yaprak sayısı (adet)
	$\bar{x} \pm S.S. **$	-	$\bar{x} \pm S.S.$	$\bar{x} \pm S.S.$
<i>G. mosseae</i> + V31Y4+ <i>Xe</i>	70.69±9.40 ^{bc}	5.35	6.08±0.90 ^a	13.67±1.37 ^{bc}
<i>G. mosseae</i> +WCS365+ <i>Xe</i>	63.45±7.67 ^a	15.04	5.83±1.40 ^a	14±1.53 ^{bc}

*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$)

** : SPSS istatistik verileri (\bar{x} : Aritmetik ortalama, S.S: Standart sapma).



Şekil 4.4. Hastalık şiddeti için kullanılan 1-6 skalasını temsil eden yaprakların görünümü.

4.3. EB'ler, AMF ve *Xe*'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Bitki Morfolojik Parametrelerine Etkileri

Biyolojik savaş elemanları bakteriler, AMF (*G.mosseae*) ile patojen izolatu *Xe*'nin tekli, ikili ve üçlü uygulamalarının biber bitkisinin morfolojik parametrelerine etkileri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Patojen uygulaması yapılmayan muamele grupları içerisinde NK kontrol grubu tüm morfolojik gelişim parametrelerinde en düşük değerleri sergilerken, patojen uygulaması yapılan muamele grupları içerisinde ise PK kontrol grubu kök kuru ağırlık ve bitki boyu dışındaki diğer parametrelerde daha düşük düzeyde kalmıştır. Tüm morfolojik gelişim parametrelerinde uygulama grupları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Biber bitkilerinin yeşil aksam yaş ağırlıkları karşılaştırıldığında (Çizelge 4.2), en yüksek değerler tekli EB inokulasyonu yapılan WCS365 (10.56 g) ve V31Y4 (10.51 g) muamele gruplarında ölçülmüş ve kontrole (NK) göre fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşılık bakteri ve AMF'nin birlikte kullanıldığı uygulamalarda önemli bir artış gözlenmemiştir. Patojen izolatının yer aldığı muamele gruplarında ise

yeşil aksam yaş ağırlık değerlerinin genel olarak düştüğü tespit edilmiştir. Biyolojik savaş elemanlarının patojen baskısı altında önemli bir etkisi belirlenmemiştir.

Yeşil aksam kuru ağırlıkları bakımından en yüksek değer % 28.9'luk artış ile ikili inokulasyon yapılan *G. mosseae*+V31Y4 (1.07 g) muamele grubunda ölçülmüştür. Bu muamele grubunu *G. mosseae*+WCS365, *G. mosseae*, WCS365 ve V31Y4 ikili ve tekli muamele grupları izlemiş, bu gruplar arasındaki fark kontrole göre (NK) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Patojen izolatının yer aldığı muamele gruplarında ise yeşil aksam yaş ağırlığında olduğu gibi yeşil aksam kuru ağırlık değerlerinin genel olarak düştüğü tespit edilmiştir. Biyolojik savaş elemanlarının patojen baskısı altında önemli bir etkisi belirlenmemiştir (Çizelge 4.2).

Kök aksam yaş ağırlığı bakımından en yüksek değer 2.44 g ile *G. mosseae*+WCS365 ikili inokulasyonda ölçülmüş ve kök aksam yaş ağırlığını kendi kontrol grubuna (NK) göre % 80.7 oranında arttırmıştır. Tüm tekli ve ikili uygulamalar; *G. mosseae*+V₃₁Y₄, *G. mosseae*, WCS365 ve V31Y4 kontrollerine göre kök aksam yaş ağırlıklarında sırasıyla % 75.1, % 73.1, % 65.4 ve % 55.2 oranında artış meydana getirmişlerdir. Benzer şekilde patojen baskısı altında biyolojik savaş elemanlarının kendi kontrollerine (PK) göre kök aksam yaş ağırlıklarına olumlu etki yaptıkları gözlenmiştir. En yüksek değer 1.69 g ile *G. mosseae*+WCS365+Xe üçlü inokulasyonunda ölçülmüş ve kontrolüne göre % 71.5'lik bir artış meydana getirmiştir. Tüm ikili ve üçlü uygulamalar; *G. mosseae*+Xe, *G. mosseae*+V31Y4+Xe, V31Y4+Xe ve WCS365+Xe kontrollerine göre kök aksam yaş ağırlığında sırasıyla % 70.5, % 66.4, % 61.2 ve % 47.2'lik artış meydana getirmişlerdir (Çizelge 4.2).

Burada dikkat çeken en önemli bulgu patojen inokulasyonu yapılan bazı uygulamalarda kök aksam yeşil ağırlığının patojen uygulaması yapılmayan muamele gruplarından yüksek çıkması olmuştur. Özellikle *G. mosseae*+WCS365+Xe ve *G. mosseae*+Xe uygulamalarının kök aksam yaş ağırlığında meydana getirdiği artışın patojen uygulaması yapılmayan tekli V31Y4 izolat uygulamasına göre yüksek olması ve istatistiki açıdan önemli bulunması olmuştur (Çizelge 4.2).

Kök aksam kuru ağırlıklarına bakıldığında en yüksek değer 0.17 g ile V31Y4+Xe ikili inokulasyonunda olduğu tespit edilmiş ve bu artış istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. En düşük değerler *G. mosseae*+Xe (0.09 g), *G. mosseae*+WCS365+Xe (0.09 g) ve *G. mosseae*+V31Y4+Xe (0.06 g) uygulama

gruplarında elde edilmiştir. Patojen uygulaması yapılmayan gruplarda ise kök aksam kuru ağırlığında kendi kontrollerine göre % 18.1 ile % 30.7 oranları arasında değişen bir artışın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Diğer bir morfolojik parametre olan bitki boyu sonuçlarına göre WCS365 muamele grubunda yer alan bitkilerin boy ortalamasının en yüksek değerinde (17.66 cm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Bu muamele grubunu V₃₁Y₄ (17.04 cm), *G. mosseae*+WCS365 (16.20 cm) ve *G. mosseae*+V₃₁Y₄ (16.12 cm) uygulama grupları izlemiş ve bu gruplar arasındaki fark kontrole göre (NK) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Boy uzunluğu değerlerinin patojen izolatının yer aldığı muamele gruplarında düştüğü tespit edilmiş en düşük değerler PK (11.87 cm) kontrol gurubu ve *Xe*+*G. mosseae*+WCS365 (11.83 cm) üçlü inokulasyon grubunda elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. Uygulamaların yeşil aksam, kök aksam yaş ve kuru ağırlığı ile bitki boyuna etkisi

Uygulamalar	Yeşil aksam		Kök aksam		Bitki boyu (cm)
	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	
	Ağırlık (g)	Ağırlık (g)	Ağırlık (g)	Ağırlık (g)	
	$\bar{x} \pm S.S. **$	$\bar{x} \pm S.S.$	$\bar{x} \pm S.S.$	$\bar{x} \pm S.S.$	$\bar{x} \pm S.S.$
NK	9.25±1.12 ^{b*}	0.76±0.12 ^c	0.47±0.24 ^g	0.09±0.02 ^{de}	14.08±2.56 ^c
V31Y4	10.51±0.88 ^a	0.96±0.14 ^b	1.05±0.52 ^{ef}	0.13±0.04 ^{bc}	17.04±2.02 ^{ab}
WCS365	10.56±0.54 ^a	1.04±0.10 ^{ab}	1.36±0.28 ^{cde}	0.13±0.02 ^{bc}	17.66±3.02 ^a
<i>G. mosseae</i>	9.92±0.53 ^{ab}	1.0±0.10 ^{ab}	1.75±0.46 ^{bc}	0.11±0.02 ^{cd}	15.79±1.81 ^b
<i>G. mosseae</i>+ V31Y4	9.88±0.76 ^{ab}	1.07±0.16 ^a	1.89±0.64 ^b	0.12±0.03 ^{bc}	16.12±2.77 ^{ab}
<i>G. mosseae</i>+WCS365	9.66±0.58 ^b	1.05±0.13 ^{ab}	2.44±0.77 ^a	0.12±0.04 ^{bc}	16.20±1.23 ^{ab}
PK	3.29±0.51 ^c	0.41±0.08 ^e	0.48±0.24 ^g	0.12±0.03 ^{bc}	11.87±1.17 ^e
V31Y4+<i>Xe</i>	3.54±1.0 ^c	0.50±0.12 ^{de}	1.24±0.24 ^{def}	0.17±0.03 ^a	13.79±1.87 ^{cd}
WCS365+<i>Xe</i>	3.79±0.89 ^c	0.52±0.08 ^d	0.91±0.24 ^f	0.14±0.03 ^b	12.75±1.43 ^{cde}
<i>G. mosseae</i>+<i>Xe</i>	3.38±0.90 ^c	0.49±0.10 ^{de}	1.63±0.50 ^{bcd}	0.09±0.02 ^{de}	12.45±1.46 ^{cde}
<i>G. mosseae</i>+ V31Y4+<i>Xe</i>	3.76±0.67 ^c	0.49±0.08 ^{de}	1.43±0.50 ^{cde}	0.06±0.01 ^e	12.29±1.40 ^{de}
<i>G. mosseae</i>+WCS365+<i>Xe</i>	3.69±0.95 ^c	0.50±0.11 ^{de}	1.69±0.58 ^{bc}	0.09±0.02 ^{de}	11.83±1.26 ^e

*: Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P< 0.05)

** : SPSS istatistik verileri (\bar{x} : Aritmetik ortalama, S.S: Standart sapma).



Şekil 4.5. EB ve AMF muamele edilmiş bitkilerin kontrol grubuna göre boy uzunlukları.

4.4. EB'ler, AMF ve *Xe*'nin Tekli, İkili ve Üçlü İnokulasyonlarının Toplam Klorofil Yoğunluğu ve Yeşil Aksam P İçeriğine Etkileri

Glomus mosseae, V₃₁Y₄, WCS365 ve *Xe* izolatlarının tekli, ikili ve üçlü uygulamalarının biber bitkilerindeki toplam klorofil yoğunluğu ve yeşil aksam P içeriğine etkileri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Toplam klorofil yoğunluğuna bakıldığında patojenin yer almadığı muamele gruplarında biyolojik savaş elemanlarının hem tekli hemde ikili uygulamalarının kontrole göre (NK) toplam klorofil yoğunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir. Bu artış istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. Fakat ikili uygulamalarda tekli uygulamalara oranla önemli bir artış gözlenmemiştir. Patojen varlığında en yüksek klorofil yoğunluğu WCS365+*Xe* (46,84) ikili uygulamasında ölçülmüştür. Üçlü inokulasyonlarda ise *G. mosseae*+WCS365+*Xe* toplam klorofil yoğunluğunu önemli düzeyde arttırmış, bu etki PK'ya göre de istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Fakat *G. mosseae*+V31Y4+*Xe* uygulamasında bu etki gözlenmemiştir.

Yeşil aksam P içeriğine bakıldığında ise genel olarak *Xe*'nin yer aldığı uygulama gruplarında P içeriğinin daha yüksek olduğu gözlenirken patojen baskısının olmadığı uygulamalarda ise yeşil aksam P içeriğinde önemli bir artış meydana gelmediği gözlenmiştir. Tüm uygulama grupları içerisinde yeşil aksam P içeriğine bakımından en yüksek değer patojenin yer aldığı *G. mosseae*+WCS365+*Xe* (5226.9 ppm) den ölçülmüştür. Bu uygulama grubu PK'ya göre yeşil aksam P içeriğinde % 21.7'lik bir

artış meydana getirmiş ve bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. (Çizelge 4.3). Fakat aynı etki *G. mosseae*+V31Y4+Xe üçlü uygulamasında gözlenmemiştir. Bitkiyi fosfor alımı açısından teşvik ettiği bilinen mikorizal fungusun (*G.mosseae*) yer aldığı *G. mosseae*+V31Y4 dışındaki tüm uygulama gruplarında, bitki yeşil aksam P içeriğinin kontrollerine oranla arttığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Özellikle V31Y4 endofit bakterisinin gerek patojen varlığında gerekse patojenin yer almadığı uygulama gruplarında etkisiz kaldığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.3. Uygulamaların klorofil yoğunluğu ve yeşil aksam P içeriğine olan etkileri

Uygulamalar	Klorofil yoğunluğu	Yeşil aksam P içeriği (ppm)
	$\bar{x} \pm S.S. **$	$\bar{x} \pm S.S.$
NK	34.24±3.80 ^{e*}	3385.8±200.9 ^{de}
V31Y4	39.69±3.92 ^d	2813.4±372.3 ^e
WCS365	44.15±3.85 ^{abc}	3468.5±344.5 ^{de}
<i>G. mosseae</i>	42.72±3.86 ^{bc}	3661.6±289.6 ^{cde}
<i>G. mosseae</i> + V31Y4	45.90±2.12 ^a	3108.2±986.7 ^{de}
<i>G. mosseae</i> +WCS365	45.44±1.96 ^{ab}	3744.4±835.8 ^{cde}
PK	41.67±4.42 ^{cd}	4089.1±235.2 ^{bcd}
V31Y4+Xe	45.48±3.28 ^{ab}	4785.6±678.7 ^{ab}
WCS365+Xe	46.84±1.82 ^a	4482.2±346.9 ^{abc}
<i>G. mosseae</i> +Xe	45.74±2.07 ^a	4923.5±658.3 ^{ab}
<i>G. mosseae</i> + V31Y4+Xe	44.42±2.32 ^{abc}	4049.5±164.9 ^{bcd}
<i>G. mosseae</i> +WCS365+Xe	45.30±2.41 ^{ab}	5226.9±196.6 ^a

*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P< 0.05)

** : SPSS istatistik verileri (\bar{x} : Aritmetik ortalama, S.S: Standart sapma).

4.5. AMF *G.mosseae*'nin Kolonizasyonu

EB ve Xe uygulanan biber bitkilerinin *G. mosseae* ile oluşturdukları tüm kombinasyonları bölüm 3.2.4.2'de anlatıldığı gibi fiksasyon ve boyama aşamalarından geçirilerek AMF kök kolonizasyonu ışık mikroskobu altında incelenmiş (Şekil 4.7), alınan sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere genel olarak patojen baskısı altındaki uygulama gruplarında AMF kök kolonizasyonu oranının *G. mosseae* kontrolüne göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. En yüksek AMF kök

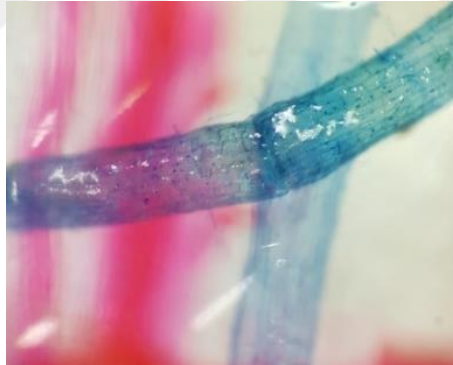
kolonizasyon oranı *G. mosseae*+WCS365 (% 76.62) ikili muamele grubunda ölçülmüş, bu uygulama *G. mosseae* kontrolüne oranla % 42.44'lük bir artış meydana getirmiş ve bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Üçlü uygulamalarda ise biyolojik savaş elemanlarının patojen baskısı altında önemli bir etkisi belirlenmemiştir.

Çizelge 4.4. *Glomus mosseae*'nin uygulamalara göre kök kolonizasyonu (%)'leri

Uygulamalar	AMF kök kolonizasyonu (%)
	$\bar{x} \pm S.S.$ **
<i>G. mosseae</i>	41.80 \pm 10.69 ^{b*}
<i>G. mosseae</i> +V31Y4	27.35 \pm 4.70 ^c
<i>G. mosseae</i> +WCS365	76.62 \pm 2.56 ^a
<i>Xe</i> + <i>G. mosseae</i>	30.06 \pm 2.67 ^c
<i>Xe</i> + <i>G. mosseae</i> +V31Y4	39.77 \pm 7.25 ^b
<i>Xe</i> + <i>G. mosseae</i> +WCS365	28.82 \pm 5.25 ^c

*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P< 0.05)

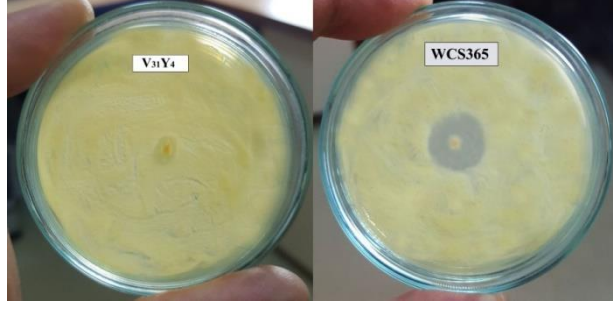
** : SPSS istatistik verileri (\bar{x} : Aritmetik ortalama, S.S: Standart sapma).



Şekil 4.6. AMF kök kolonizasyonunun ışık mikroskobu altında incelenmesi.

4.6. EB'lerin *In Vitro*'da *Xe* Patojenine Karşı Antagonistik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bölüm 3.2.2.'de belirtildiği gibi V31Y4 ve WCS365 EB izolatlarının bitki patojeni *Xe* bakterisine karşı antagonistik etkileri incelenmiştir. *In vitro* çalışmalarında V31Y4 izolatu yapılan tekerrürlerin hiçbirinde *Xe* patojenine karşı engelleme zonu oluşturmazken, WCS36 izolatu ortalama 4 mm engelleme zonu oluşturmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. *In vitro* çalışmalarında EB'lerin *Xe*'ye karşı oluşturdukları zonlar



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitki gelişimi ve hastalık yönetimi sırasında kullanılan kimyasalların çevre ve insan sağlığına olan zararları her gün daha belirgin olarak gözlenmektedir. Bu çerçevede biyolojik savaş ajanlarının kullanımı büyük bir önem taşımaktadır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada biber de önemli bir hastalık etmeni olan *Xanthomonas euvesicatoria*'nın neden olduğu bakteriyel leke hastalığına karşı iki farklı biyolojik savaş ajanı olan AMF *Glomus mosseae* ve endofit bakteriler kullanılmıştır. Biyolojik mücadele kapsamında bu izolatların kendi aralarındaki interaksiyonlarının yanı sıra birlikte ve teksel olarak kullanımının bitki gelişimi, hastalık şiddeti, AMF kök kolonizasyonu, yeşil aksam P içeriği ve klorofil yoğunluğuna olan etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada biber bitkilerinde *Xe'nin* sebep olduğu bakteriyel leke hastalığının tipik simptomları gözlenmiştir. Belirtiler ilk kez bitki alt epidermisinde suda ıslanmış lekeler şeklinde ve uygulamadan yaklaşık 5 gün sonra gözlenmiştir. Gözlenen hastalık belirtileri ve hastalık seyrinin Kyeon ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

EB'ler ve AMF'ler ile yapılan birçok çalışma da bu mikroorganizmaların bitki hastalıkları ile mücadelede başarılı birer biyolojik savaş elemanı oldukları belirtilmektedir (Linderman, 1996; Sturz ve Nowak, 2000; Yıldız, 2009). Çalışmamızda elde edilen hastalık şiddeti değerlerine bakıldığında biyolojik savaş elemanlarının teksel ve birlikte kullanımının hastalık şiddetini kontrole göre istatistiki olarak farklı düzeylerde baskıladığı görülmektedir (Çizelge 4.1).

Yapılan birçok araştırma AMF'lerin bitkide besin alınımını arttırarak, mikorhizosferdeki fizyolojik ve mikrobiyal değişimlere neden olarak, morfolojik yapıyı kuvvetlendirerek ve bitki dokularındaki kimyasal bileşiklerde değişiklikler meydana getirerek, bitki savunmasını arttırarak bitki sağlığına katkı sağladığını göstermiştir (Ortaş ve ark., 2000; Palta ve ark., 2010). Ancak AMF'lerin, toprak kaynaklı hastalıklara karşı olumlu etkileri olmasının yanı sıra, bitkinin daha iyi besin almasını sağlayarak, bitkide metabolik aktivite artışına neden olarak yeşil aksamda görülen obligat ve fakültatif patojenlere karşı bitkiyi daha duyarlı hale getirdikleri de belirtilmektedir (Davis ve ark., 1979; Dehne, 1982; Linderman, 1996; Yıldız, 2009). Bu

kapsamda Abo-Elyousr ve ark. (2014), *Ralstonia solanacearum* hastalığına karşı kullanılan *G. mosseae* 'nin hastalık şiddetini azaltmada en düşük etkiye sahip olduğunu, Saldajeno ve Hyakumachi (2011), *Rhizoctonia solani* hastalığına karşı kullanılan *G. mosseae* 'nin hastalığın gelişimini engelleyemediğini, Coşkun ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada AMF uygulamasının *Zucchini yellow mosaic potyvirus*-(ZYMV) virüsünün oluşturduğu hastalık şiddetini mikorizal olmayan bitkilere oranla arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara bakıldığında AMF uygulaması yapılan *G. mosseae*+*Xe* ikili inokulasyonunun hastalık şiddetini baskılama değeri bakımından en düşük etkiye sahip olduğu, % 71.72'lik hastalık şiddeti değeri ile bu grubun hastalığa karşı en duyarlı grup olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1).

AMF'lerin yani sıra rizosferdeki diğer önemli mikroorganizmalar arasında yer alan EB'ler, bitkilerin içsel dokularına kolonize oldukları için hastalık ile mücadelede epifitik PGPR'lere kıyasla daha avantajlı olabilirler. Bitkilerin içsel dokularında patojenler ile rekabet, antibiyosiz ve bitki uyarılmış sistemik dayanıklılığının uyarılması gibi yollarla mücadele edebilirler (Tjamos ve ark., 2004; Haroim, 2008, Fakhraei, 2015). Ramesh ve ark. (2009) *Ralstonia solanacearum* hastalığına karşı kullanılan *Pseudomonas*, *Enterobacter* ve *Bacillus* izolatlarının hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Marin ve ark. (2019) özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait türlerin *Xanthomonas spp.* ile mücadelede etkili ve güvenilir potansiyel birer biyokontrol ajanı olabileceklerini belirtmişlerdir. Bu bağlamda yaptığımız çalışmada kullanılan EB'lerin tekli uygulamalarda hastalık şiddetini kontrolle göre % 10.2 ve % 9.66 etki ile baskıladığı görülmüştür (Çizelge 4.1). Sević ve ark. (2014) tarafından biber bitkisinde *Xe* hastalığına karşı kullanılan *Bacillus subtilis* izolatının bakteriyel leke semptomlarını azalttığını, Akköprü ve ark. (2018) tarafında yapılan çalışmada *Xe* hastalığına karşı *Ochrobactrum sp.* CB36/1 endofitinin domates bitkisinde hastalık şiddetini azalttığını bildirmişlerdir ve alınan sonuçların bu çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Bu çerçevede *Xe* hastalığına karşı iki biyolojik savaş elemanını birlikte kullanıldığımız çalışmada *G. mosseae*+WCS365+*Xe* üçlü inokulasyonunun hastalık şiddetini baskılamada en etkili uygulama olduğu tespit edilmiştir. Tüm uygulama grupları hastalık şiddetini AMF'nin tekli uygulamasından daha fazla baskılamıştır. (Çizelge 4.1). Behn (2008) *Gaeumannomyces graminis* ile enfekte olan buğdayda *P.*

fluorescens AMF'nin birlikte uygulanması, patojen etkisini azaltmada en iyi sonuçları göstermiştir. *Rhizoctonia solani* hastalığına karşı AMF+*Pseudomonas floescens* ikilisini kullanan Singh (2011) ve *Glomus fasciculatum*+*Pseudomonas floescens* ikilisini kullanan Sulochana ve ark. (2003) her iki çalışmada da ikili kombinasyonların hastalığı baskılamada daha etkili olduklarını bildirmişlerdir. Hazarika ve Phookan (2003) tarafından yapılan çalışmada *Glomus fasciculatum*, *Pseudomonas fluorescent* ve *Trichoderma harzianum*'un tekli ve kombine uygulamalarının çay fidelerindeki kök hastalığına (*Ustilina zonata*) karşı hastalık oluşumu engellemede en etkili uygulamanın üç biyolojik savaş elemanının birlikte uygulandığı grupta sağlandığını bildirmişlerdir.

EB'lerin ve AMF'lerin bitki yaprak sayısında artış meydana getirdiği Dias ve ark. (2009) ve Oladelle (2015) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir. Bu çalışmada da kullanılan biyolojik savaş elemanlarının tekli ve ikili uygulamalarının kontrole (NK) oranla yaprak sayısında artış meydana getirdiği görülmektedir (Çizelge 4.1). Bitkilerde mevsimsel değişimler ve diğer bazı hastalıklar nedeniyle fizyolojik aktivitenin minimuma inmesi sonucu absisyon olaylarının şiddetlendiğini gözlemlemek mümkündür. Absisyon olayı enzimatik değişim ve kimyasal maddelerin kontrolü ile meydana gelen fizyolojik bir olay olarak tanımlanmaktadır. Yapılan çalışmalar absisyon olayını çevresel koşulların yanı sıra çeşitli gazlarında (Etilen ve flor vb.) etkilediğini göstermiştir. Etilen bitki gelişimine bağlı olarak tüm bitki organları tarafından sentezlenebilir. Meyve olgunlaşmasının yanı sıra yaprak ve çiçek sararması; yaprak ve meyve dökülmesinde etkili olduğu bilinmektedir. Fakat etilen daha çok stres altındaki olgun ve yaşlı dokularda sentezlenir. Solma ve dökülme öncesi yapraklar ve çiçekler yüksek miktarda etilen sentezlerler (Gülyüz, 2010; Kumlay ve Eryiğit 2011; Algül ve ark., 2016). Çalışmamızda da *Xe* uygulaması yapılan bitkilerde hastalık simptomu olan yaprak dökülmeleri de gözlenmiştir. Özellikle hastalık şiddetinin artması ile birlikte bitkilerde alt yapraklardan başlayarak yukarı doğru dökülen yaprak sayısında artış meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.3). Benzer şekilde enfeksiyonun şiddetli olması halinde yaprak dökülmelerinin meydana gelebileceği Anonim (2014) tarafından bildirilmiştir. Hastalık şiddetini baskılama bakımından uygulama grupları arasında fark görülmesine rağmen dökülen yaprak sayısına bakıldığında uygulamalar arasında bir fark olmadığı görülmüştür. Burada dikkat çeken bulgu dökülen ortalama yaprak sayısı tüm kombinasyonlarda aynı iken en yüksek hastalık şiddeti yüzdesine sahip *G.mosseae*+*Xe*

ikili uygulmasının toplam yaprak sayısı bakımından da diğer uygulamalardan daha düşük kalması olmuştur. Bu bağlamda *G. mosseae* tekli uygulmasının bitkiyi patojene karşı daha duyarlı hale getirmiş olduğu ve bu nedenle hastalık şiddetini baskılamada diğer uygulamalara göre daha etkisiz kaldığı tarafımızca düşünülmektedir. Sipahioğlu ve ark. (2009) tarafından AMF uygulaması ile Patates Y virüsü hastalık belirtilerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir.

AMF ve EB'lerin patojenlerin biyolojik kontrolünün yanı sıra aynı zamanda konukçu bitkilerde büyümeyi de artırma gibi olumlu etkilere sahip olabileceği belirtilmiştir (Biçici, 2011; Afzal ve ark., 2019). AMF'ler özellikle bitki gelişimini besin elementi bakımından fakir olan topraklar da teşvik etmektedirler. Simbiyotik ilişki kurdukları bitkilerin su ve bazı bitki besin elementlerini doğrudan almalarını sağlayarak bitki gelişimine katkıda bulunurlar (Demir, 1998). Benzer şekilde bitki dokularında yer alan EB'ler azot fiksasyonu, fosfor alınabilirliği, sideroforlar ile demir alımı, bazı bitkisel hormonların üretilmesi ve etilen konsantrasyonunun düşürülmesi gibi mekanizmalar ile bitki gelişimini düzenleyebilmektedirler (Mayak ve ark., 2004). Yaptığımız bu çalışmada da patojen izolatının yer almadığı AMF ve EB'lerin tekli ve ikili inokulasyonlarının yeşil aksam, kök aksam yaş ve kuru ağırlıkları ile bitki boyu gelişim parametrelerine olumlu yönde etki ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bu olumlu etkinin yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile örtüştüğü görülmektedir. Kokalis–Burrelle ve ark. (2002) *Bacillus subtilis*'in biberde kök yaş ve kuru ağırlığı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı ve gövde çapında artmış meydana getirdiğini, Abdallah ve ark. (2016) *Nicotiana glauca*'dan izole edilen endofit bakterilerin domatesde bitki boyunda, yeşil aksam yaş ağırlığı ve kök uzunluğunda artış meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Oladele (2015) tarafından yapılan bir çalışmada *Glomus mosseae*'nin kakao bitkisinde bitki uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı, yaprak alanı, sürgün ve kök yaş ağırlığı, sürgün ve kök kuru ağırlığı ile yaş kök/sürgün oranı bakımından en etkili performansı sergilediğini tespit etmişlerdir. Boyno (2019) tarafından yapılan çalışmada ise *Glomus mosseae*, *Bacillus velezensis* ve *Tricoderma viride* biyokontrol ajanlarının genel olarak (tekli, ikili ve üçlü) her üç kombinasyonun domatesde bitki gelişimini arttırdığını bildirmiştir.

Patojen izolatının yer aldığı muamele gruplarına bakıldığında kök aksam yaş ve kuru ağırlık parametreleri dışındaki diğer parametre değerlerinin genel olarak düştüğü

tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Çalışmamızda ikili ve üçlü uygulamalar yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklarında kontrole (PK) göre artış meydana getirmiş, fakat kombinasyonlar arasından istatistiksel bir fark gözlenmemiştir. Bu sonuçlar Boyno (2019) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ile de paralellik göstermektedir. Kök aksamı yaş ağırlığında tüm ikili ve üçlü uygulamalar kontrole (PK) oranla artış meydana getirmiştir. En yüksek kök ağırlıkları *G. mosseae*'nin yer aldığı ikili ve üçlü uygulamalarda ölçülmüştür. Demir (1998) tarafından yapılan bir çalışmada kök gelişimi bakımından mikorizalı bitkilerin daha iyi olduğu ve daha geniş hacimli kök yapısına sahip olduklarını bildirmiş ve kök aksam yaş ağırlığının mikorizalı bitkilerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kök aksamı kuru ağırlığında ise en düşük değerler AMF 'nin yer aldığı ikili ve üçlü inokulasyonlarda ölçülürken, EB'lerin yer aldığı ikili inokulasyonlarda kök kuru ağırlığının arttığı ve en yüksek kök kuru ağırlığının V31Y4+Xe ikili inokulasyonunda olduğu tespit edilmiştir. EB uygulamaları ile elde ettiğimiz sonuçlar Akköprü ve ark. (2018) tarafından yapılan hastalık (*Xe*) baskısı altında endofit bakterilerin kök kuru ağırlığında artış meydana getirdiği çalışma ile benzerlik gösterirken, AMF uygulamaları ile elde ettiğimiz sonuçlar Hazarika ve Phookan, (2003) tarafından yapılan çalışma ile uyumsuzluk göstermektedir. Bitki boyu açısından *G. mosseae*+WCS365+*Xe* dışındaki tüm ikili ve üçlü uygulamalar kontrole göre bir miktar artış meydana getirmiş olsalarda uygulama grupları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Kabdwal ve ark. (2019) tarafından domates bitkisinde solgunluk ve kök çürüklüğü etmenine karşı yapılan çalışmada *T. harzianum* (Th43), *P. fluorescens* (Pfl173) ve AMF'lerin tekli, ikili ve üçlü kombinasyonlarının bitki boyunda kontrole göre önemli artışlar sağladığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada AMF ve EB'lerin biber bitkisinde klorofil yoğunluğu ve yeşil aksam fosfor içeriğine etkileri de araştırılmıştır. Gerek EB'lerin gerekse AMF'lerin bitkilerde klorofil yoğunluğunu arttırdığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Singh ve ark., 2012; Namwongsa ve ark., 2019). Çalışmamızda patojenin yer almadığı muamele gruplarına bakıldığında tekli bakteri ve AMF uygulamalarının kontrole (NK) göre bitki klorofil yoğunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak en yüksek değerler her iki biyolojik savaş elemanının birlikte kullanıldığı *G. mosseae*+V31Y4 ve *G. mosseae*+WCS365 ikili inokulasyonlarda ölçülmüş, uygulamaların klorofil yoğunluğunda sırasıyla % 25.4 ve %24.6'lük artış sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge

4.3). Vafadar ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada AMF (*Glomus intraradices*) ve PGPR (*Bacillus polymixa*, *Pseudomonas putida* ve *Azotobacter chroococcum*) tekli uygulamalarının bitki klorofil yoğunluğunu arttırdığını fakat ikili uygulamaların klorofil yoğunluğunu daha fazla arttırdığını bildirmişlerdir. Patojenin yer aldığı muamale gruplarına bakıldığında uygulama grupları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunurken ikili ve üçlü uygulamaların kontrole (PK) göre klorofil yoğunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir. En yüksek klorofil yoğunluğu WCS365+Xe ikili uygulamasında elde edilmiştir. Benzer bir çalışmada Boyno (2019) tarafından *Alternaria solani*, AMF ve PGPR kombinasyonlarının kontrole oranla domates bitkilerinde klorofil yoğunluğunu arttırdığını ancak uygulama grupları arasında istatistiksel bir fark bulunmadığını bildirmiştir.

AMF ve EB'ler diğer besin elementlerinin yanı sıra fosforunda bitkiler tarafından daha iyi alınmasını da etkilidirler. Fosfor toprakta yeterince bulunmasına rağmen çok azı bitkiler tarafından alınabilir formdadır. PGPR bakterileri tarafından salgılanan bazı organik bileşikler toprak pH'sını değiştirerek fosforun bitkiler tarafından alınabilir forma dönüşmesini sağlar. Benzer şekilde AMF'ler bazı pH düşürücü enzim ve organik asitler salgılayarak fosforu yarıyıllı hale getirmektedir (Palta ve ark., 2010; Ram ve ark., 2013). AMF oluşumunun en çok fosfor alınımına olan katkılarından dolayı birçok araştırmacı tarafından büyük ilgi görmüştür. Yapılan birçok çalışmada doğada varolan bitki topluluklarının % 90'ından fazlasında simbiyotik ilişkiye giren AMF'nin toprakta fosforun bitkilerce alınmasında belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir (Smith ve ark. 1992). Bu bağlamda, çalışmamızda da AMF ve EB'lerin tekli, ikili ve üçlü inokulasyonlarının yeşil aksam P içeriğine etkisinin uygulamalara göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Yeşil aksam fosfor içeriği bakımından V31Y4'ün yer aldığı kombinasyonlar dışındaki biyolojik savaş elemanlarının yer aldığı tekli, ikili ve üçlü uygulamalarda yeşil aksam fosfor içeriğinin kontrollere göre arttığı tespit edilmiştir. En yüksek fosfor içeriği Xe, *G. mosseae* ve WCS365'nin yer aldığı üçlü inokulasyonda ölçülmüştür. Benzer bir çalışmada Hazarika ve Phookan (2003) tarafından *Glomus fasciculatum*, *Pseudomonas fluorescent* ve *Trichoderma harzianum*'un tekli ve kombine uygulamalarının çay fidelerinde fosfor içeriğini arttırdığını, en yüksek fosfor içeriğinin üç biyokontrol ajanın birlikte uygulandığı grupta sağlandığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda özellikle

patojenin yer almadığı uygulamalarda en yüksek fosfor içeriğine sahip *G. mosseae*+WCS365 ikili uygulamasının, patojen baskısı altında da en etkili kombinasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca biyolojik savaş elemanlarının ikili uygulamalarının yeşil aksam P içeriğine olan katkısının patojenle olan ikili uygulamalara göre daha düşük kaldığı belirlenmiştir. Aysan (2008) tarafından yapılan benzer bir çalışmada *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. patojenine karşı *G. mosseae*, *G. fasciculatum* ve *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli* kombinasyonunda en yüksek yeşil aksam fosfor içeriğinin *G. mosseae*+ *Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli*+ *Sclerotinia sclerotiorum* kombinasyonunda olduğunu, çalışma kapsamındaki biyolojik savaş elemanlarının ikili uygulamalarının yeşil aksam P içeriğine katkısının patojenle olan ikili uygulamalara göre daha düşük kaldığını bildirmiştir. P ve diğer besin elementlerinin AMF'ler tarafından alınımının artırılması sonucu bitkiler daha iyi beslenmekte ve hastalıklara karşı daha dayanıklı olmaktadır (Davis, 1980; Graham ve Menge, 1982). Çalışmamızda en yüksek P içeriğine sahip *G. mosseae*+WCS365+Xe uygulamasının hastalık şiddetini baskılamada da en etkili uygulama olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda V31Y4 endofit bakterisinin yer aldığı tüm kombinasyonlarda yeşil aksam fosfor içeriğinin azaldığı aynı EB'nin patojen baskısı altındaki ikili uygulamasında ise (V31Y4+Xe) fosfor içeriğini PK kontrolüne oranla arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Tekli uygulamada elde edilen bu sonuç, Megala ve ark. (2017) tarafından *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens* izolatlarının tekli uygulamalarının *Gloriosa superba* L. bitkisindeki fosfor oranını arttırdığı çalışma ile uyumsuzluk gösterirken hastalık baskısı altında fosfor içeriğinde meydana gelen artış Akköprü (2004) tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir.

Çalışmada Grid-Line Intersect yöntemi kullanılarak biber bitkisi köklerindeki kök kolonizasyonu belirlenen *G. mosseae*'nin kolonizasyon oranlarının Xe'nin yer aldığı bütün uygulamalarda *G. mosseae* kontrole oranla daha düşük çıktığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). AMF funguslarının kök kolonizasyonunun bakteriyel patojenlerin varlığında nasıl etkilendiği konusunda net bir bilgi olmamakla birlikte Garmendia ve ark. (2004) biber fidelerinde *Verticillium dahliae*'nin *G. deseticola* ve *G. intraradices* 'in kolonizasyonunu sırasıyla % 29.35 ve % 25.81 olarak azalttığını saptamışlardır. Benzer şekilde Matsubara ve ark. (1995) patlıcan bitkilerinde *G.*

etunicatum ve *G. margarita* mikorizal fungusların kök kolonizasyon oranlarını sırasıyla % 48 ve % 40.2 olarak bulmuş ancak patojen uygulaması ile birlikte kök kolonizasyon oranlarının azaldığını bildirmişlerdir. Mikorizal funguslar karbon kaynağını direkt olarak bitkinin fotosentez ürünlerinden aldıklarından dolayı, mikoriza oluşumu, etkinliği ve kolonizasyonu fotosentez ürünlerinin kök bölgesine aktarılmasına bağlıdır (Schenk ve Schroder, 1974). Tarafımızca yapılan bu çalışmada *Xe*'nin yer aldığı uygulama gruplarında mikorizal kolonizasyonun *G. mossea* kontrolüne oranla düşük çıkması bu uygulamalardaki patojen kaynaklı yoğun yaprak dökülmesi nedeniyle bitkiler tarafından yeterli miktarda fotosentez ürününün kök bölgesine aktarılamamasından kaynaklanabileceğini söyleyebiliriz.

AMF ve EB kombinasyonlarının mikoriza kök kolonizasyonu bakımından kendi aralarında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük mikoriza kök kolonizasyonu *G.mosseae*+V31Y4 ikili uygulamasında saptanmıştır. Scheublin ve Van Der Heijden (2006) yapılan çalışmada AMF ve *Rhizobium sp.* ikili interaksiyonunda daima aynı yönde etkinin olmayacağını ve her iki biyolojik savaş elemanının birbirini engelleyebileceğini belirtmişlerdir. Badri ve ark. (2009) ise bitki ve mikoriza arasındaki etkileşimden daha az anlaşılmış olsa da, mikorizaların diğer toprak mikroorganizmaları ile de etkileşim içerisinde olduğunu, AMF fungal eksüdatlarının bakteriyel topluluk yapısını doğrudan etkilediğini ve AMF ile ilişkili bazı bakterilerin kök kolonizasyonu, kök dallanması ve antifungal özellikleri arttırabileceğini bildirmişlerdir. Nitekim çalışmamızda *G. mosseae*+WCS365 ikili kombinasyonu tüm uygulamalar arasında en yüksek mikorizal kök kolonizasyon oranına sahip uygulama olmuştur. Akköprü (2004) tarafından yapılan çalışmada ikili inokulasyonlarda, AMF+ KB17 muamelesinin kök kolonizasyonunda azalışa, AMF+ KB21/1K uygulamasının kök kolonizasyonunda istatistiksel olarak önemli düzeyde artışa neden olduğu, fakat diğer PGPR uygulamalarının ise kök kolonizasyonunda önemli bir etkiye neden olmadığını bildirmiştir.

Sonuç olarak;

- Çalışmada kullanılan AMF ve EB izolatlarının tekli ve ikili uygulamaları hastalık şiddetini % 3.97-% 15.04 aralığında baskılamışlardır. Tekli EB uygulamalarının hastalığı baskılamada AMF'ye oranla daha etkili oldukları

belirlenmiştir. Hastalık şiddetini baskılamada en etkili uygulama grubunun *G. mosseae*+WCS365+*Xe* üçlü kombinasyonunun olduğu tespit edilmiştir.

- AMF kök kolonizasyon çalışmaları sonucunda, *Xe*'nin AMF kök kolonizasyonunu tüm uygulamalarda azalttığı, V31Y4 izolatının ise etkisiz kaldığı belirlenmiştir. En yüksek kök kolonizasyon oranı *G. mosseae*+WCS365 ikili uygulamasında elde edilmiştir.
- Bitkilerdeki klorofil yoğunluğunun biyolojik savaş elemanlarının yer aldığı tüm tekli, ikili ve üçlü kombinasyonlarda daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.
- Yeşil aksam fosfor içeriğinin özellikle patojenin yer aldığı kombinasyonlarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. V31Y4 izolatının patojen baskısı altında fosfor içeriğini artırırken, bunun dışında yer almış olduğu tüm kombinasyonlarda fosfor içeriğini kontrole oranla düşürdüğü saptanmıştır. AMF ve WCS365 izolatları hem tekli hem ikili uygulamalarda fosfor içeriğini arttırmıştır. Çalışmamızdaki en yüksek yeşil aksam fosfor içeriği *G. mosseae*+WCS365+*Xe* üçlü inokulasyonunda tespit edilmiştir.
- Biyolojik savaş elemanlarının gerek tekli gerekse ikili uygulamalarının biber bitkisinin morfolojik gelişim parametrelerini arttırdığı belirlenmiştir. En düşük morfolojik parametreler (Kök aksamı yaş ağırlık ve EB'lerin yer aldığı kök kuru ağırlığı dışında) patojenin yer aldığı uygulamalarda saptanmıştır. Çalışmada özellikle kök aksamı yaş ağırlığı bakımından AMF'nin yer aldığı tüm uygulamaların daha etkili olduğu tespit edilmiş ve en yüksek değer *G. mosseae*+WCS365 ikili kombinasyonunda elde edilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar; interaksiyona giren mikroorganizmalara göre değişmekle beraber, bitkideki gelişimi, hastalık şiddeti, klorofil ve fosfor içeriği üzerine olan etkilerinde de farklılıklar olabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışma neticesinde uygun AMF ve bakteri biyolojik savaş elemanlarının birlikte kullanımının, bitki sağlığı ve verimliliğinin artırılması yönünde olumlu katkı sağlayacağı görülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbasi, P. A., Soltani, N., Cuppels, D. A., Lazarovits, G., 2002. Reduction of bacterial spot disease severity on tomato and pepper plants with foliar applications of ammonium lignosulfonate and potassium phosphate. *Plant Dis.* **86** (11): 1232-1236.
- Abbasi, S., Zahedi, H., Sadeghipour, O., Akbari, R., 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on physiological parameters and nitrogen content of soybean grown under different irrigation regimes. *Res Crops*, **14**: 798-803.
- Abdallah, R. A. B., Mokni-Tlili, S., Nefzi, A., Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., 2016. Biocontrol of *Fusarium* wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Nicotiana glauca* organs. *Biological Control*, **97**: 80-88.
- Abo-Elyousr, K. A., Seleim, M. A., Abd-El-Moneem, K. M., Saeed, F. A., 2014. Integrated effect of *Glomus mosseae* and selected plant oils on the control of bacterial wilt disease of tomato. *Crop Protection*, **66**: 67-71.
- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., Shahzad, S., 2019. Plant beneficial endophytic bacteria: mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological Research*, **221**: 36-49.
- Akköprü, A., 2004. *Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) Glomus intraradices ve Bazı Kök Bakterilerinin (KB) Domates'te Fusarium Solgunluğuna (fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici (sacc.) Synd. Et Hans.) ve Bitki Gelişme Parametrelerine Etkisi* (Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Akköprü, A., 2012. *Hıyar Bakteriyel Köşeli Yaprak Leke Hastalığının (Pseudomonas syringae pv. lachrymans) Bazı Kök Bakterileriyle Biyolojik Savaşımı Üzerine Araştırmalar* (doktora tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Akköprü, A., Çakar, K., Husseini, A., 2018. Effects of endophytic bacteria on disease and growth in plants under biotic stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **28** (2): 200-208.
- Akköprü, A., Demir, S., Özaktan, H., 2005. Farklı *Fluoresant pseudomonas* (FP) izolatları ve arbusküler mikorizal fungus (AMF) *Glomus intraradices'* in domates' teki bazı morfolojik parametrelere ve *Fusarium solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc) Syd. Et Hans.) etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **15** (2): 131-138.
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E., Dalkılıç, G. G., 2016. Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **13** (2): 87-95.
- Alippi, A. M., 1992. Histopatología de hojas de tomate inoculadas con *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*. *Agronomy for Sustainable Development*, **12**: 115-122.
- Altın, N., Bora, T., 2005. Bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin genel özellikleri ve etkileri. *Anadolu, J. Of AARI*, **15**: 87-103.

- Anonim, 2014. *Scientific opinion on the pest categorisation of Xanthomonas campestris pv. vesicatoria (Doidge) Dye*, European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.
- Anonim, 2016. *Biber Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele*, GKGM-Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı Matbaası, Ankara.
- Anonim, 2019. Türkiye biber üretimi. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>. Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Ankara. Erişim tarihi: 03.05.2019.
- Aslanpay, B., 2011. *Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve Humik Asitin Biber (Capsicum annum L.) Bitkisinin Gelişimi ve Phytophthora capsici Leonian'ın Neden Olduğu Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkileri* (Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Aysan, E., 2008. *Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve Rhizobium Bakteri Aşılmasının Fasulye (Phaseolus vulgaris L.)' de Kök Çürüklüğü Etmeni (Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary)' ne Karşı Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma* (Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Aysan, Y., Çınar, Ö., 2001. Çukurova bölgesinde biberlerde bakteriyel leke hastalığının (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*) çıkışı ve kontrolü üzerine araştırmalar, *Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi*, Tekirdağ, 549-554.
- Babier, Y., 2019. *Van Gölü Havzasından İzole Edilen Endofit Bakterilerin Karakterizasyonu ve In Vitro Koşullarda Bazı Bitki Patojeni Bakterilere Karşı Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Babu, A. G., Reddy, M. S., 2011. Dual inoculation of arbuscular mycorrhizal and phosphate solubilizing fungi contributes in sustainable maintenance of plant health in fly ash ponds. *Water, Air, & Soil Pollution*, **219** (1-4): 3-10.
- Badri, D. V., Weir, T. L., Van der Lelie, D., Vivanco, J. M., 2009. Rhizosphere chemical dialogues: plant-microbe interactions. *Current Opinion in Biotechnology*, **20** (6): 642-650.
- Bashan, Y., Holguin, G., 1997. "Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996)." *Can. J. Microbiol*, **43** (2): 103-121.
- Behn, O., 2008. Influence of *Pseudomonas fluorescens* and arbuscular mycorrhiza on the growth, yield, quality and resistance of wheat infected with *Gaeumannomyces graminis*. *Journal of Plant Diseases and Protection*: **115** (1): 4-8.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., Passaglia, L. M., 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*, **35** (4): 1044-1051.
- Berg, G., Eberl, L., Hartmann, A., 2005. The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environ Microbiol*, **7**(11): 1673-1685.
- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., Bianciotto, V., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*, **6**: 1559.
- Biçici, M., 2011. Bitki hastalık etmenleri ile biyolojik mücadelenin başarısını arttırmada mikoriza'nın rolü. *Türk. Biyo. Müc. Derg.*, **2** (2): 139-174.
- Bolwerk, A., Lagopodi, A. L., Wijfjes, A. H., Lamers, G. E., Chin-A-Woeng, T. F., Lugtenberg, B. J., Bloemberg, G. V., 2003. Interactions in the tomato

- rhizosphere of two *Pseudomonas* biocontrol strains with the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. ***Molecular Plant-Microbe Interactions***, **16 (11)**: 983-993.
- Boyno, G., 2019. *Van'da Domates Alanlarından İzole Edilen Alternaria solani (Ell.ve G. Martin) Sor.'nin Biyolojik Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Chandra, A., Bhatt, R. K., Misra, L. P., 1998. Effect of water stress on biochemical and physiological characteristics of oat genotypes. ***Journal of Agronomy and Crop Science***, **181 (1)**: 45-48.
- Chandrasekaran, M., Chun, S. C., 2016. Induction of defence-related enzymes in tomato (*Solanum lycopersicum*) plants treated with *Bacillus subtilis* CBR05 against *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. ***Biocontrol Science and Technology***, **26 (10)**: 1366-1378.
- Chave, M., Crozilhac, P., Deberdt, P., Plouznikoff, K., Declerck, S., 2017. *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 transiently reduces tomato bacterial wilt incidence caused by *Ralstonia solanacearum* under *in vitro* conditions. ***Mycorrhiza***, **27 (7)**: 719-723.
- Clark, R. B., Zeto, S. K., 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. ***Journal of Plant Nutrition***, **23 (7)**: 867-902.
- Compant, S., Clément, C., Sessitsch, A., 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. ***Soil Biology and Biochemistry***, **42 (5)**: 669-678.
- Coşkun, A., Demir, S., Sipahioğlu, H. M., 2015. The effect of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) on Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) in summer squash cultivars. ***The Journal of Turkish Phytopathology***, **44 (1-3)**: 11-21.
- Davis, R. M., 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* on thielaviopsis basicola root rot of citrus. ***Plant Disease***, **64 (9)**: 839-840.
- Davis, R. M., Menge, J. A., ve Erwin, D. C., 1979. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Verticillium* wilt of cotton. ***Phytopathology***, **69 (5)**: 453-456.
- Dehne, H. W., 1982. Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. ***Phytopathology***, **72**: 1115-1119.
- Demir, S., 1998. *Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikoriza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar* (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, İzmir.
- Demir, S., 2005. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. ***Turkish Journal of Biology***, **28 (2-4)**: 85-90.
- Dias, A. C., Costa, F. E., Andreote, F. D., Lacava, P. T., Teixeira, M. A., Assumpção, L. C., ve Melo, I. S., 2009. Isolation of micropropagated strawberry endophytic bacteria and assessment of their potential for plant growth promotion. ***World Journal of Microbiology and Biotechnology***, **25 (2)**: 189-195.
- Doidge, E. M., 1921. A tomato canker. ***Ann. Appl. Biol***, **7 (7)**: 407-430.
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Shurigin, V. V., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., 2017. Endophytic bacteria improve plant growth, symbiotic performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and induce suppression of root rot caused by *Fusarium solani* under salt stress. ***Frontiers in Microbiology***, **8**: 1887.

- EPPO, 2013. PM 7/110 (1) *Xanthomonas* spp. (*Xanthomonas euvesicatoria*, *Xanthomonas gardneri*, *Xanthomonas perforans*, *Xanthomonas vesicatoria*) causing bacterial spot of tomato and sweet pepper. **OEPP/EPPO Bulletin**, **43**: 7-20.
- Eryiğit, G., 2016. *Domates ve Biberde Bakteriyel Leke Hastalığına Neden Olan Xanthomonas türlerinin Klasik ve Moleküler Yöntemlerle Tanısı* (yüksek lisans tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Fakhraei, D., 2015. *Endofitik Bakterilerin Hıyar Bitkilerinde Dayanıklılığı Uyarma Yoluyla Fusarium Solgunluğuna Etkisinin Araştırılması*. EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Ferraz, H. G. M., Resende, R. S., Moreira, P. C., Silveira, P. R., Milagres, E. A., Oliveira, J. R., ve Rodrigues, F. Á., 2015. Antagonistic rhizobacteria and jasmonic acid induce resistance against tomato bacterial spot. **Bragantia**, **74** (4): 417-427.
- Gardner, M. W., Kendrick, J., 1923. Bacterial spot of tomato and pepper. **Phytopathology**, **13** (7): 307-315.
- Garmendia, I., Goicoechea, N., Aguirreola, J., 2004. Effectiveness of three *Glomus* species in protecting pepper (*Capsicum annuum* L.) against *verticillium* wilt. **Biological Control**, **31** (3): 296-305.
- Giovanetti, M., Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesiculararbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, **84**: 489-500.
- Graham, J. H., Menge, J. A., 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil-phosphorus on take-all disease of wheat. **In phytopathology**. **71** (8): 877-877.
- Gülyüz, M., 2010. Bitki büyümesini düzenleyen kimyasal maddelerin sisyon olayına etkileri ile mekanik meyve hasadını kolaylaştırma imkânları. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **13**: 3-4.
- Hardoim, P.R., van Overbeek, L. S., Jan van Elsas, D., 2008. Properties of bacterial endophytes and their roposed role in plant growth. **Trends in Microbiology**, **16** (10): 463-471.
- Hazarika, D.K., Phookan, A.K., 2003. Combination of *Glomus fasciculatum* with *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum*: effect on biocontrol potential and growth promotionin tea seedling. **6th International PGPR Workshop**. 5-10 October 2003, Calicut, India.
- Hekimoğlu, B., Altındeğer, M., 2019. **Samsun İli Kapa Biber Sektör Raporu**. Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Strateji Geliştirme Birimi. Nisan 2019.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.J., 1950. The Water–Culture Method for Growing Plants without Soil. Circular. California Agricultural Experiment Station, 347, Berkeley.
- Ignjatov, M., Gašić, K., Ivanović, M., Šević, M., Obradović, A., Milošević, M., 2010. Characterization of *Xanthomonas euvesicatoria* strains pathogens of pepper in Serbia. **Pestic. Phytomed**, **25** (2): 139-149.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E., Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. **Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR**, **12** (2): 1-19.
- Jones, J. B., Bouzar, H., Stall, R. E., Almira, E. C., Roberts, P. D., Bowen, B. W., Chun, J., 2000. Systematic analysis of xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated

- with pepper and tomato lesions. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **50** (3): 1211-1219.
- Jones, J. B., Lacy, G. H., Bouzar, H., Stall, R. E., Schaad, N. W., 2004. Reclassification of the xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, **27** (6): 755-762.
- Jones, J. B., Pohronezny, K. L., Stall, R. E., Jones, J. P., 1986b. Survival of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Florida on tomato crop residue, weeds, seeds, and volunteer tomato plants. *Phytopathology*, **76** (4): 430-434.
- Kabdwal, B. C., Sharma, R., Tewari, R., Tewari, A. K., Singh, R. P., Dandona, J. K., 2019. Field efficacy of different combinations of *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, and arbuscular mycorrhiza fungus against the major diseases of tomato in Uttarakhand (India). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **29** (1): 1.
- Kacar, B., 1984. *Bitki Besleme Uygulama Klavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 214.
- Kamilova, F., Validov, S., Azarova, T., Mulders, I., Lugtenberg, B., 2005. Enrichment for enhanced competitive plant root tip colonizers selects for a new class of biocontrol bacteria. *Environmental Microbiology*, **7** (11): 1809-1817.
- Kang, S. H., Cho, H., Cheong, H., Ryu, C. M., Kim, J. F., Park, S. H., 2007. Two bacterial endophytes eliciting both plant growth promotion and plant defense on pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **17** (1): 96.
- Karaca, İ., Saygılı, H., 1982. Batı anadolu'nun bazı illerinde domates ve biberde görülen bakteriyel hastalıkların oranı, etmenleri, belirtileri ve konukçu çeşitlerinin duyarlılığı üzerine araştırmalar, *III. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildiri Özetleri*, 12-15 Ekim, Adana, 182-192.
- Khan, M. S., Zaidi, A., Ahemad, M., Oves, M., Wani, P. A., 2010. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi—current perspective. *Archives of Agronomy and Soil Science*, **56** (1): 73-98.
- King, E. O., Ward, M. K., Raney, D. E. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *Translational Research*, **44** (2): 301-307.
- Koide, R. T., Goff, M. D., Dickie, I. A., 2000. Component growth efficiencies of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants. *The New Phytologist*, **148** (1): 163-168.
- Kokalis-Burrelle, N., Vavrina, C. S., Roskopf, E. N., Shelby, R. A., 2002. Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida. *Plant and Soil*, **238** (2): 257-266.
- Kotan, R., 1998. *Biber ve Domatesteki Bakteriyel Leke Hastalığı (Xanthomonas campestris pv. vesicatoria (Doidge) Dye.)'nin Biyolojik ve Kimyasal Kontrolü* (Yüksek lisan tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kumlay, A. M., Eryiğit, T., 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **1** (2): 47-56.
- Kyeon, M. S., Son, S. H., Noh, Y. H., Kim, Y. E., Lee, H. I., Cha, J. S., 2016. *Xanthomonas euvesicatoria* causes bacterial spot disease on pepper plant in Korea. *The plant Pathology Journal*, **32** (5): 431.

- Lelliot, R. A., Stead, D. E., 1987. Diagnostic procedures for bacterial plant diseases, 37-131. *Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants*. Blackwell Scientific Publications, United Kingdom.
- Linderman, R. G., 1996. Role of AM fungi in biocontrol. In mycorrhizae and plant health. Ed. FL Pleger and RG Linderman Symposium Series, *APS Press*, 1-25
- Linu, M. S., Asok, A. K., Thampi, M., Sreekumar, J., Jisha, M. S., 2019. Plant growth promoting traits of indigenous phosphate solubilizing *Pseudomonas aeruginosa* isolates from Chilli (*Capsicum annum* L.) rhizosphere. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **50** (4): 444-457.
- Long, W., Wang, P., Feng, X., Hu, Z., Li, F., 2000. Research progress on PGPR/AMF interactions. *Ying yong sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, **11** (2): 311-314.
- Malfanova, N., Lugtenberg, B. J., Berg, G., 2013. Bacterial Endophytes: Who and Where, and What are They Doing There, Chap. 36. *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere* (Editor: Frans J. de Bruijn). John Wiley & Sons, Inc., Canada. 393
- Marin, V. R., Ferrarezi, J. H., Vieira, G., Sass, D. C., 2019. Recent advances in the biocontrol of *Xanthomonas spp.* *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **35** (5): 72.
- Matsubara, Y. I., Tamura, H., Harada, T., 1995. Growth enhancement and *Verticillium* wilt control by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculation in eggplant. *Journal of the Japanese society for horticultural science*, **64** (3): 555-561.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B. R., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance in tomato and pepper to salt stress. *Plant Physiol Biochem*. **167**: 650-656.
- Megala, S., Paranthaman, R., 2017. Effect on the plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) increasing plant height, chlorophyll and protein content of *Solanum nigrum*. *Int J Appl Res*, **3**: 147-150.
- Megala, S., Paranthaman, R., Subari, J., 2017. Effect of microbial consortium on increasing nitrogen, phosphorous and potassium content of *Gloriosa superba* L. *International Journal of Advanced Science and Research*, **2** (6): 132-135.
- Melnick, R. L., Zidack, N. K., Bailey, B. A., Maximova, S. N., Gultinan, M., Backman, P. A., 2008. Bacterial endophytes: *Bacillus* spp. from annual crops as potential biological control agents of black pod rot of cacao. *Biological Control*, **46** (1): 46-56.
- Miller, S. H., Browne, P., Prigent-Combaret, C., Combes-Meynet, E., Morrissey, J. P., O'Gara, F., 2010. Biochemical and genomic comparison of inorganic phosphate solubilization in *Pseudomonas* species. *Environmental Microbiology Reports*, **2** (3): 403-411.
- Mirik, M., 2005. *Biberde Bakteriyel Leke Etmeni Xanthomonas axonopodis pv.vesicatoria'nın Tanılanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanakları*, (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Adana.
- Namwongsa, J., Jogloy, S., Vorasoot, N., Boonlue, S., Riddech, N., Mongkolthanaruk, W., 2019. Endophytic bacteria improve root traits, biomass and yield of *Helianthus tuberosus* L. under normal and deficit water conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. **29** (11): 1777-1789

- Nguyen, A. D., Wang, S. L., Trinh, T. H. T., Tran, T. N., Doan, C. T., Huynh, Q. V., Vo, T. P. K., 2019. Plant growth promotion and fungal antagonism of endophytic bacteria for the sustainable production of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Research on Chemical Intermediates*, **45** (11): 5325-5339.
- Oladele, S. O., 2015. Mycorrhizal fungus (*Glomus mossae*) inoculation effects on performance and root biomass development of cacao seedlings in the nursery. *Agriculture & Forestry*, **61** (3): 69-76.
- Ortaş, İ., Kaya, Z., Sarı, N., Gök, M., Çakmak, İ., Almaca, A., Bolat, H., 2000. *Doğal Bir Gübre Olan Mikoriza Uygulamasının Bitkisel Verim ve Mineral Gübre Tasarrufundaki Rolü Ve Mikorizaya Bağımlılık Duyan Kültür Bitkilerinin Seleksiyonu*. DPT Proje, (96K), 120-580.
- Otieno, N., Lally, R. D., Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, K. J., ve Dowling, D. N., 2015. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Frontiers in Microbiology*, **6**: 745.
- Özaktan, H., Gül, A., Çakir, B., Yolageldi, L., Akköprü, A., 2015. *Bakteriyel Endofitlerin Hıyar Yetiştiriciliğinde Biyogübre ve Biyopestisit Olarak Kullanılma Olanakları*. Tubitak-COST 1110505 nolu Proje kesin raporu. Turkhis (COST Action FA1103: Endophytes in Biotechnology and Agriculture).
- Özalp, R., 2010. Ülkemizde biber üretimi ve örtüaltı biber yetiştiriciliği. *Tarım Türk Dergisi*. **24** (5): 29-32.
- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö., Şensoy, H., 2010. Arbusküler mikorizal funguslar (AMF) bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **12** (18): 87-98.
- Paulitz, T. C., Belanger, R. R., 2001. Biological control in greenhouse system. *Annu. Rev. Phytopathol*, **39** (1): 103-133.
- Phillips, J. M., Hayman, D. S., 1970. Improved procedure for cleaning roots and staining parasitic and vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **55**: 158-161.
- Pinski, A., Betekhtin, A., Hupert-Kocurek, K., Mur, L. A., Hasterok, R., 2019. Defining the genetic basis of plant-endophytic bacteria interactions. *International Journal of Molecular Sciences*, **20** (8): 1947.
- Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J. D., Paret, M. L., Vallad, G. E., Jones, J. B., 2015. Bacterial spot of tomato and pepper: diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. *Molecular Plant Pathology* **16** (9): 907-920.
- Pozo, M. J., Cordier, C., Dumas-Gaudot, E., Gianinazzi, S., Barea, J. M., Azcón-Aguilar, C., 2002. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, **53** (368): 525-534.
- Ram, R. L., Maji, C., Bindroo, B. B., 2013. Role of PGPR in different crops-an overview. *Indian Journal of Sericulture*, **52** (1): 1-13.
- Ramesh, R., Joshi, A. A., ve Ghanekar, M. P., 2009. *Pseudomonads*: major antagonistic endophytic bacteria to suppress bacterial wilt pathogen, *Ralstonia solanacearum* in the eggplant (*Solanum melongena* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **25** (1): 47-55.
- Rosenblueth, M., Martínez-Romero, E., 2006. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, **19** (8): 827-837.

- Rudolph, K., 1993. Infection of the plant by *Xanthomonas*. *In Xanthomonas* (Editor: J.G. Swings, E.L. Civerolo). Chaoman & Hall, London. 193-264.
- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., Dowling, D. N., 2008. Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiology Letters*, **278** (1): 1-9.
- Saldajeno, M. G. B., Hyakumachi, M., 2011. The plant growth-promoting fungus *Fusarium equiseti* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* stimulate plant growth and reduce severity of anthracnose and damping-off diseases in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings. *Annals of Applied Biology*, **159** (1): 28-40.
- Santos, M. L. D., Berlitz, D. L., Wiest, S. L. F., Schünemann, R., Knaak, N., Fiuza, L. M., 2018. Benefits associated with the interaction of endophytic bacteria and plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **61**.
- SAS, 1998. SAS/STAT Software: hangen and enhanced. Sas, Ins. Inc. Cri. NCl.
- Schaad, N. W., Jones, J. B., Chun, W., 2001. *Laboratory Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. American Phytopathological Society, USA. 373.
- Schenck, N. C., Schroder, V. N., 1974. Temperature response of endogone mycorrhiza on soybean roots. *Mycologia*, **66** (4): 600-605.
- Scheublin, T. R., Van Der Heijden, M. G. A., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nonfixing root nodules of several legume species. *New Phytologist*, **172** (4): 732-738.
- Sević, M., Gašić, K., Đorđević, M., Ignjatov, M., Mijatović, M., Zečević, B., Obradović, A., 2014. Efficacy of biocontrol agents and bactericides in control of pepper bacterial spot. *In VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes* 1142 (pp. 147-150).
- Shaul, O., Galili, S., Volpin, H., Ginzberg, I., Elad, Y., Chet, I., Kapulnik, Y., 1999. Mycorrhiza-induced changes in disease severity and PR protein expression in tobacco leaves. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, **12** (11): 1000-1007.
- Shi, Y., Lou, K., ve Li, C., 2010. Growth and photosynthetic efficiency promotion of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by endophytic bacteria. *Photosynthesis research*, **105** (1): 5-13.
- Siddiqui, Z.A., 2006. Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens, Chap. 4. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. Springer, Dordrecht. 111-142.
- Singh, K., 2011. Organic amendments to soil inoculated arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* treatments reduce the development of root-rot disease and enhance the yield of *Phaseolus vulgaris* L. *European Journal of Soil Biology*, **47** (5): 288-295.
- Singh, N. V., Singh, S. K., Singh, A. K., Meshram, D. T., Suroshe, S. S., Mishra, D. C., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced hardening of micropropagated pomegranate (*Punica granatum* L.) plantlets. *Scientia horticulturae*, **136**: 122-127.
- Sipahioğlu, M. H., Demir, S., Usta, M., Akköprü, A., 2009. Biological relationship of *Potato virus Y* and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in potato. *Pest Tech*, **3**: 63-66.
- Smith, S. E., D. J. Read., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition (Hardcover). Academic Press is an Imprint of Elsevier, UK. 800p.
- Smith, S. E., Read, D. J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press, is an Imprint of Elsevier, UK.

- Smith, S. E., Robson, A. D., Abbott, L. K., 1992. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. *Plant and soil*, **146 (1-2)**: 169-179.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S., 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, **25 (2)**: 24-34.
- Sturz, A. V., Christie, B. R., Matheson, B. G., 1998. Associations of bacterial endophyte populations from red clover and potato crops with potential for beneficial allelopathy. *Canadian Journal of Microbiology*, **44 (2)**: 162-167.
- Sturz, A. V., Nowak, J., 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied soil ecology*, **15 (2)**: 183-190.
- Sulochana, K., Sivaprasad, K., Soumya, P., Kamala, V. I., 2003. Biological control of sheath blight of rice using *Fluorescent pseudomonas* and AMF in the field. *6th International PGPR Workshop*, Calicut, India.
- Sun, Y., Cheng, Z., Glick, B. R., 2009. The presence of a 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase deletion mutation alters the physiology of the endophytic plant growth-promoting bacterium *Burkholderia phytofirmans* PsJN. *FEMS microbiology letters*, **296 (1)**: 131-136.
- Sutic, D., 1957. Bakterioze crvenog patlidzana (tomato bacteriosis). Posebna izdanja institut za zastitu bilja beograd (special edition institute for plant protection belgrade) 6, 1-65. *English Summary Review of Applied Mycology*, **36**: 734-735.
- Sülü, S. M., Bozkurt, İ. A., Soylu, S., 2016. Bitki Büyüme Düzenleyici ve Biyolojik Mücadele Etmeni olarak Bakteriyel Endofitler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **21 (1)**: 103-111.
- Şahin, F., 1997. *Detection, identification and characterization of strains of Xanthomonas campestris pv. vesicatoria by traditional and molecular methods, and resistance in Capsicum species to Xanthomonas campestris pv. vesicatoria pepper race 6* (Doctoral Thesis). Department of Plant Pathology, The Ohio State University, USA.
- Şensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C., Savur, O. B., 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae*, **113 (1)**: 92-95.
- Tahmatsidou, V., O'Sullivan, J., Cassells, C. A., Voyiatzis, D., Paroussi, G., 2006. Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of *Verticillium* wilt of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Selva). *Applied Soil Ecology*, **32 (3)**: 316-324.
- Tjamos, E. C., Tsitsigiannis, D. I., Tjamos, S. E., Antoniou, P. P., Katinakis, P., 2004. Selection and screening of endorhizosphere bacteria from solarized soils as biocontrol agents against *Verticillium dahliae* of solanaceous hosts. *European Journal of Plant Pathology*, **110 (1)**: 35-44.
- Townsend, G. K., Heuberger, J. W., 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Report*, **27**: 340-343.
- Ünlü, S., Aysan, Y., 2011. Sardunya (*Pelargonium* spp.) bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*'nin biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, **2 (1)**: 25-38.

- Vafadar, F., Amooaghaie, R., Otroshy, M., 2014. Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK, and chlorophyll content of *Stevia rebaudiana*. *Journal of Plant Interactions*, **9** (1): 128-136.
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., Wang, E., 2017. Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Molecular Plant*, **10** (9): 1147-1158.
- Wulff, E. G., Mguni, C. M., Mansfeld-Giese, K., Fels, J., Lübeck, M., Hockenhull, J., 2002. Biochemical and molecular characterization of *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* and *B. pumilus* isolates with distinct antagonistic potential against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Plant pathology*, **51** (5): 574-584.
- Xia, Y., Sahib, M. R., Amna, A., Opiyo, S. O., Zhao, Z., ve Gao, Y. G., 2019. Culturable endophytic fungal communities associated with plants in organic and conventional farming systems and their effects on plant growth. *Scientific Reports*, **9** (1): 1669.
- Yıldız, A., 2009. Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **6** (1): 91-101.
- Zhang, J., Kirkham, M. B., 1994. Drought-stress-induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. *Plant and Cell Physiology*, **35** (5): 785-791.
- Zhang, Y., Callaway, M. E., Jones, B. J., Wilson M., 2009. Visualisation of hrp gene expression in *Xanthomonas euvesicatoria* in the tomato phyllosphere. *European journal of plant pathology*, **124**: 379–390.

ÖZ GEÇMİŞ

1986 yılında Van ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 2010 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği, 2017 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünden mezun oldu. 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Anabilim Dalı, Fitopatoloji Bilim Dalında yüksek lisansa başladı. Şuan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Başkale Meslek Yüksekokulu Müdürlüğünde idari personel olarak çalışmaktadır.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 21/01/2020

Tez Başlığı / Konusu:

ENDOFİT BAKTERİLER ve ARBUSKÜLER MİKORİZAL FUNGUSUN BİBERDE BAKTERİYEL LEKE HASTALIĞI ve BAZI BİTKİ GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinde oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 21/01/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitir intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezinin benzerlik oranı % 4 (dört)'tür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme çeren metin kısaltmaları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksi'nin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

21/01/2020
Emine Çavuş
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Kamuran ÇAKAR

Öğrenci No: 17910001052

Anabilim Dalı: Bitki Koruma

Program: Bakteriyoloji

Statüsü: Y. Lisans

Doktora:

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Dr. Öğr. Uyg. Ahmet Arslan
(Unvan, Ad Soyad, İmza)



(Unvan, Ad Soyad, İmza)