

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

**UÇUCU YAĞ (UY) VE ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS'UN (AMF)
DOMATES KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ *Fusarium oxysporum* f. sp.
radicis lycopersici (FORL) HASTALIĞINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Seda BİLİCİ
DANIŞMAN: Prof. Dr. Semra DEMİR

VAN-2019

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

**UÇUCU YAĞ (UY) VE ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS'UN (AMF)
DOMATES KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ *Fusarium oxysporum* f. sp.
radicis lycopersici (FORL) HASTALIĞINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Seda BİLİCİ

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FLY-2017-5881
no'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Semra DEMİR danışmanlığında, Seda BİLİCİ tarafından sunulan "Uçucu Yağ (UY) ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF) Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) Hastalığına Etkileri" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 14/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Semra DEMİR

İmza: 

Üye : Dr. Öğrt. Ü. M. Hadi AYDIN

İmza: 

Üye : Dr. Öğrt. Ü. Emre DEMİRER DURAK

İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24./05./2019 tarih ve 2019/30-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../20

Enstitü Müdürü



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 yaptığımı bildiririm.

Seda BİLİCİ

ÖZET

UÇUCU YAĞ (UY) VE ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS'UN (AMF) DOMATES KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) HASTALIĞINA ETKİLERİ

BİLİCİ, Seda

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semra DEMİR

Nisan 2019, 61 Sayfa

Bu çalışmada, bazı Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) türleri (*Glomus intraradices* (Gİ), *G. mosseae* (GM)) ile bazı uçucu yağların (kekik, nane, adaçayı), domatesteki önemli hastalıklar arasında yer alan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL)'nin yol açtığı kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı üzerine etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında, vitro koşullarda üç farklı uçucu yağ çeşidi ile bu uçucu yağların beş farklı dozu (25, 50, 75, 100, 150 µl/L) FORL'ye karşı denenmiştir. Çalışma sonucunda en iyi engellenenin kekik uçucu yağının (KUY) 150 µl/L dozunda olduğu saptanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında in vivo koşullarında yetiştirilen domates bitkilerine, AMF türleri ile 150 µl/L dozundaki KUY uygulanmıştır ve en iyi uyumun Gİ ile olduğu saptanmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında, Gİ 150 µl/L dozundaki kekik uçucu yağının, domates bitkisinde FORL'ye etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek AMF kolonizasyonu Gİ muamele grubunda, en düşük değer ise Gİ + FORL muamele grubunda tespit edilmiştir. Mikorhizal bağımlılık oranı en yüksek Gİ muamele grubunda, en düşük değer ise AMF X KUY X FORL muamele grubunda tespit edilmiştir. AMF spor sayıları açısından, en yüksek spor sayısı Gİ + KUY muamele grubunda olurken, en düşük değer Gİ + KUY + FORL grubunda elde edilmiştir. Domates bitkilerinde en yüksek ve en düşük hastalık şiddeti sırasıyla kontrol ve FORL + KUY + Gİ uygulamalarında görülürken FORL + Gİ ve FORL + KUY uygulamalarının hastalık şiddetini baskılamada oldukça etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Arbusküler mikorhizal fungus, Domates, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker, Uçucu yağ,



ABSTRACT

THE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF) ON DECAY DISEASE *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) OF ROOT AND ROOT COLLAR OF TOMATO

BİLİCİ, Seda

M.Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Semra DEMİR

April 2019, 61pages

In this study, the effects of some Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) types (*Glomus intraradices*, *G. mosseae*) and some essential oils (thyme, mint, sage) on decay disease *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) of root and root collar of tomato, which is one of the significant diseases.

In the first stage of study three different essential oils and five different doses of these oils (25, 50, 75, 100, 150 µl/L) have been tested against FORL in vitro conditions. As a result of the study, the best inhibition of thyme essential oil (KUY) was found to be 150 µl/L dose. In the second stage of the study, tomato plants grown in vivo conditions were treated with AMF strains at a dose of 150 µl/L and the best fit was with GI. In the third stage of the study, the effect of 150 µl/L thyme essential oil on tomato plant for FORL was investigated. As a result of the study, the highest AMF colonization was detected in the GI treatment group and the lowest value in the GI + FORL treatment group. Mycorrhizal dependency ratio was found in the highest GI treatment group and the lowest value was in the AMF X KUY X FORL treatment group. In terms of AMF sports numbers, GI + KUY treatment group was the highest in GI + KUY treatment group, while GI + KUY + FORL group. The highest and lowest disease severity in tomato plants were observed in control and FORL + KUY + GI applications respectively, while FORL + GI and FORL + KUY were found to be highly effective in suppressing the severity of disease.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, Tomato, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici* Jarvis & Shoemaker, Essential oil.



ÖN SÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Semra DEMİR'e, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan Bitki koruma bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim. Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Azize DEMİR'e, Yeliz AKBULUT'a, Özlem FİDAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

2019

Seda BİLİCİ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	7
2.1. Domates (<i>Solanum lycopersicum.</i>) Hakkında Genel Bilgiler.....	7
2.2. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL).....	9
2.3. Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF).....	14
2.3.1. AMF'nin bitki beslenmesi ve gelişimine etkisi.....	16
2.3.2. AMF'nin bitki hastalıklarına etkisi.....	17
2.4. Uçucu Yağlar.....	17
2.4.1.Uçucu yağların bitki hastalıklarına etkisi.....	19
2.4.2. AMF'nin uçucu yağ üzerindeki etkisi.....	20
2.4.3. Uçucu yağların AMF ile birlikte kullanılarak bitki hastalıklarına etkisi.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.1. Bitkisel materyal.....	23
3.1.2. AMF izolatları.....	23
3.1.3 Patojen izolatu.....	23
3.1.4. Uçucu yağlar.....	23
3.1.5. Bitki yetiştirme ortamı.....	23
3.1.6. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvar ve iklim odası.....	24
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Uygun AMF – uçucu yağ kombinasyonlarının belirlenmesi.....	25

	Sayfa
3.2.1.1. İn vitro koşullarda uygun uçucu yağ ve uçucu yağ uygulama dozunun belirlenmesi.....	25
3.2.1.2. İn vivo koşullarda uygun AMF ve uçucu yağ kombinasyonlarının belirlenmesi.....	26
3.2.1.2.1. Bitki tohumlarına AMF inokulasyonu.....	27
3.2.1.2.2. Domates bitkilerine uçucu yağ uygulanması.....	28
3.2.1.2.3. Bitkinin morfolojik parametrelerinin belirlenmesi.....	28
3.2.1.2.3.1. Bitki boyu ve sürgün çapının ölçülmesi(cm).....	28
3.2.1.2.3.2. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi (g/bitki).....	29
3.2.1.2.4. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi.....	29
3.2.1.2.5. Toprakta AMF spor yoğunluğunun belirlenmesi.....	31
3.2.1.2.6. Mikorhizal bağımlılığın belirlenmesi.....	32
3.2.1.3. Uygun AMF x uçucu yağ kombinasyonlarına FORL inokulasyonu.....	32
3.2.1.3.1. Bitkilere AMF ve uçucu yağ uygulaması.....	33
3.2.1.3.2. Patojen inokulasyonu ve muamele grupları.....	33
3.2.1.3.3. Denemeye ait yapılacak değerlendirmeler.....	34
3.2.1.3.4. Hastalık şiddetinin belirlenmesi.....	34
3.2.1.4. İstatistiki analizler.....	36
4. BULGULAR.....	37
4.1. İn vitro Koşullarda FORL'ye Karşı Uygun Uçucu Yağ ve Uçucu Yağ Uygulama Dozunun Belirlenmesi	37
4.2. İn vivo Koşullarda Uygun AMF ve Uçucu Yağ Kombinasyonlarının Belirlenmesi.....	38
4.3. İklim Odası Koşullarında Kekik Uçucu Yağ (KUY) ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF) Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL) Hastalığına Etkileri.....	40
4.3.1. Arbusküler mikorhizal fungusun (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin bazı morfolojik gelişim parametre değerleri.....	40

	Sayfa
4.3.2. Kekik uçucu yağı (KUY) ve <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis</i> <i>lycopersici</i> (FORL)'nin domates bitkilerindeki AMF (<i>G. intraradices</i>) gelişim parametrelerine etkisi.....	41
4.3.3. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY)'nin domates bitkisinde <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis</i> <i>lycopersici</i> (FORL)'nin neden olduğu kök ve kök boğazı hastalığına etkilerinin belirlenmesi.....	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
KAYNAKLAR	51
ÖZ GEÇMİŞ	61

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye’de 2001-2017 yılları arasındaki sebze üretimi (yıl/ton).....	1
Çizelge 3.1. Hastalık şiddetini belirlemede kullanılan skala.....	35
Çizelge 4.1. Kekik, nane ve adaçayı uçucu yağlarının uygulama dozu ($\mu\text{l/L}$) ve inkübasyonun 3., 4., 5. ve 6. günlerinde petrielerde gelişen fungusların ortalama koloni çapları (mm).....	37
Çizelge 4.2. AMF türleri (<i>G.intraradices</i> , <i>G.mosseae</i>) ve kekik uçucu yağ (KUY) ($150 \mu\text{l/L}$) uygulaması yapılan domates bitkilerinin bazı gelişim değerleri.....	38
Çizelge 4.3.AMF ve KUY uygulaması yapılmış domates bitkisinin köklerdeki kolonizasyon oranları (%), rizosfer bölgesi topraklarda AMF’ye ait spor yoğunlukları (spor/g toprak) ve mikorhizal bağımlılık oranları (%).....	39
Çizelge 4.4. Arbusküler Mikorhizal Fungus’un (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin bazı morfolojik gelişim parametre değerlerine etkis.....	40
Çizelge 4.5. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin AMF kök kolonizasyon (%), spor yoğunluğu (spor/g toprak) ve mikorhizal bağımlılık (%) değerleri.....	41
Çizelge 4.6. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY)’nın domates bitkisinde <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (FORL)’nin neden olduğu kök ve kök boğazı hastalığı şiddetine etkisi (%) ve baskılama oranları (%).....	43



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. a) Domates bitkisinin kök sistemi b) Domates bitkisinin genel görünümü...	7
Şekil 2.2. İletim demetlerinde kahverengileşme.....	11
Şekil 2.3. Çürüklük ve nekroz belirtisi.....	11
Şekil 2.4. Kortikal hücrelerde arbuskül oluşumu.....	15
Şekil 2.5. Kök içinde içsel (internal), kök dışında dışsal (external) hif.....	15
Şekil 3.1. Araştırmanın gerçekleştirildiği a)laboratuar b)iklim odası.....	24
Şekil 3.2. Uçucu yağ içeren PDA ortamı.....	25
Şekil 3.3. FORL kültürü.....	25
Şekil 3.4. İnkübasyona bırakılmış FORL.....	26
Şekil 3.5. FORL + Adaçayı uçucu yağ doz uygulaması.....	26
Şekil 3.6. FORL + Nane uçucu yağ doz uygulaması.....	26
Şekil 3.7. FORL + Kekik uçucu yağ doz uygulaması.....	26
Şekil 3.8. Domates tohumlarının sulanması.....	27
Şekil 3.9. Domates bitkilerine uçucu yağ uygulanması.....	28
Şekil 3.10. Bitkilerin etüve bırakılması.....	29
Şekil 3.11. Bitkinin kuru ağırlığının tartılması.....	29
Şekil 3.12. AMF varlığını saptamak için köklerde uygulanan boyama işlemlerinin şematik gösterimi.....	30
Şekil 3.13. Boyanmış kökler.....	31
Şekil 3.14. Grid – Line İntersect metodu.....	31
Şekil 3.15. FORL uygulaması için yetiştirilen domates fideleri.....	32
Şekil 3.16. Spor solüsyonunun hazırlanması.....	33

Şekil 4.1. a. FORL 'nin domates yapraklarında meydana getirdiği hastalık belirtisi.....	42
Şekil 4.1. b. FORL 'nin domates gövdesinde meydana getirdiği hastalık belirtisi.....	42



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

Simgeler	Açıklama
Ca	Kalsiyum
Cm	Santimetre
°C	Santigrad derece
Cm²	Santimetre kare
m³	Metreküp
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
µm	Mikrometre
Na	Sodyum
N	Azot
pH	Power hidrojen
ppm	Milyonda bir kısım
P	Fosfor
S	Kükürt
%	Yüzde

Kısaltmalar**Açıklama****AMF**

Arbusküler Mikorhizal Fungus

FAO

Gıda ve Tarım Örgütü

FORL*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici***GI***Glomus intraradices***KUY**

Kekik uçucu yağı

UY

Uçucu yağ



1. GİRİŞ

Domates, dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmesi, insan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması, bünyesinde B6, B1, A ve C vitaminlerini içermesi gibi birçok özelliği nedeniyle önemli sebzelerin başında gelmektedir (Vural ve ark.,2000).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2016 verilerine göre 1,1 milyar ton olan yaş sebze üretiminde domates 177 milyon ton ile %13'lük paya sahiptir. Dünya domates üretiminde 2016 yılı itibariyle 56,4 milyon tonluk üretim ile Çin ilk sırada, 18,4 milyon tonluk üretimi ile Hindistan ikinci, USA 13,03 milyon ton ile üçüncü ve 12,6 milyon tonluk üretimi ile Türkiye ise dördüncü sırada yer almaktadır. Dünyada lider konumda olan Çin, toplam dünya domates üretiminin %31'lik kısmını karşılamaktadır (Anonim, 2018a).

Ülkemizde ise Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2017 yılı verilerine göre; sebze üretimi içinde, domates 12.750.000 ton üretim miktarıyla ilk sırada yer almaktadır. Domatesi 1.827.782 ton ile hıyar izlemektedir (Anonim, 2018b) (Çizelge1.1.).

Çizelge 1.1.Türkiyede 2001-2017 yılları arasındaki sebze üretimi (yıl/ton)

	Domates	Hıyar	Kavun	Karpuz	Soğan(Kuru)
2001	8.425.000	1.740.000	1.775.000	4.020.000	2.150.000
2002	9.450.000	1.670.000	1.820.000	4.575.000	2.050.000
2003	9.820.000	1.783.120	1.735.000	4.215.000	1.750.000
2004	9.440.000	1.725.000	1.750.000	3.825.000	2.040.000
2005	10.050.000	1.745.000	1.825.000	3.970.000	2.070.000
2006	9.854.877	1.799.613	1.765.605	3.805.306	1.765.396
2007	9.936.552	1.670.459	1.661.130	3.796.680	1.859.442
2008	10.985.355	1.682.776	1.749.935	4.002.285	2.007.118
2009	10.745.572	1.735.010	1.679.191	3.810.205	1.849.582
2010	10.052.000	1.739.191	1.611.695	3.683.103	1.900.000
2011	11.003.433	1.749.174	1.647.988	3.864.489	2.141.373
2012	11.350.000	1.741.878	1.688.687	4.022.296	1.735.854
2013	11.820.000	1.754.613	1.699.550	3.887.324	1.904.846
2014	11.850.000	1.780.472	1.707.302	3.885.617	1.790.000
2015	12.615.000	1.822.636	1.719.620	3.918.558	1.879.189
2016	12.600.000	1.811.681	1.854.356	3.928.892	2.120.581
2017	12.750.000	1.827.782	1.813.422	4.011.313	2.131.513

Domatesin ilk kez Meksika veya Peru'da yaşayan yerli kabileleri tarafından Güney Amerika'da kültüre alındığı ve tarımının yapıldığı bilinmektedir. Aztek dilinden kökenini alan 'xitomate' veya 'zitotomate' kelimelerinden geliştirilen isimle birlikte 16. yüzyılda Avrupa'ya, 18. yüzyılda buradan Kuzey Amerika'ya getirildiği, daha sonra da tüm dünya üzerine yayıldığı kabul edilmektedir (Gould, 1983).

Solanaceae familyasının üyesi olan domates üzüksü yapıda meyveleri olan tek yıllık bir sebzedir (Petro-Turza,1987)

Kuvvetli bir kök sistemine sahip olan domates bitkisi, dallanmış kazık kökler ve bunlardan çıkan sekonder kökler şeklinde gelişir. Yapraklar bileşik şekilde ve tüylerle kaplıdır. Kendine döllen bir bitki olup, toprak istekleri bakımından seçici değildir. Derin bünyeli besin maddesi yönünden zengin her toprakta başarı ile yetiştirilir (Sevgican, 1999).

İnsan için gerekli olan temel besin maddelerince yeterince zengin olmasa da yüksek oranda potasyum, organik asitler, A ve C vitaminleri bakımından önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır (Moreno ve ark., 2008).

Domates meyvesinin %93-95'i sudan oluşup, %5-7 oranında da inorganik bileşikler, organik asitler (sitrik asit ve malik asit), alkolde çözünemeyen katı maddeler (proteinler, selüloz, pektin, polisakkaritler), karotenoidler ve lipitler bulunmaktadır (Petro-Turza, 1987).

Dünya'da ve Türkiye'de en çok üretilen sebze türü olan domatesin yetiştiriciliğinde, hastalık ve zararlılar ciddi bir problem yaratmaktadır. Bugüne kadar bilinen yaklaşık 200 farklı hastalık etmeninin varlığı tespit edilmiş olan domates bitkisi, bir çok fungus, bakteri, virüs ve benzeri mikroorganizma tarafından tehdit edilmektedir (Jones ve ark., 1991).

Fusarium türleri içinde domatesten en yaygın görüleni *Fusarium oxysprum*'dur. *Fusarium oxysporum*'un domatesi hastalandıran *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) ve f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) olmak üzere iki ayrı formu bulunmaktadır. FOL *Fusarium* solgunluğuna, FORL ise *Fusarium* kök ve kök boğazı çürümelerine sebep olmaktadır (Attitalla ve ark., 2004).

Fusarium oxysporum'un bu iki patojenik formu da domates yetiştirilen bölgelerde mevcuttur. Bu nedenle, aynı tarlada her iki form birlikte bulunabilmektedir. Böylece, domates tarlalarındaki bitkiler sadece bunlardan birisi tarafından

infektelenebildiği gibi, aynı domates bitkileri her iki patojen formu tarafından birlikte de infekte edilerek karışık infeksiyonlar gerçekleşebilmektedir (Laine ve ark., 1999).

FOL sadece *Solanaceous* türlerini hastalandırırken, FORL *Solanaceae*, *Leguminosae*, *Cucurbitaceae* ve *Chenopodiaceae* 'ya dahil olmak üzere 37 bitki tür ve çeşidini hastalandırabilmektedir (Rowe 1980; Menzies ve ark., 1990).

FORL özellikle seralarda mevsim içinde mikrokonidilerin yayılması sonucu tekrarlı infeksiyonlara sebep olup, örtü altı domateslerde % 90' a kadar ürün kaybına neden olabilmektedir (Rekah ve ark., 2001).

FORL ilk olarak Japonya'da görülmüştür. Daha sonra Amerika, Kanada, Avrupa ve İsrail başta olmak üzere birçok ülkede de tespit edilmiş olup, 1988 yılında İngiltere'de kaydedilmiştir (Omar ve ark., 2006).

Türkiye' de ise bu patojen ilk olarak Can ve ark. (2004) tarafından saptanmıştır. Hastalığın uzun zamandır domates üretilen bölgelerde çok yaygın olduğu ayrıca önemli verim kayıplarına neden olduğu da bilinmektedir.

Hastalığın erken belirtileri domates fidelerinde bodurlaşma, sararma, olgunlaşmamış kotiledonlar ve yapraklar sayısında azalma olarak görülürken, ileri belirtilerde kök çürümeleri, solma ve ölümler meydana gelmektedir (Roberts ve ark., 2000).

Toprak kökenli bitki patojeni fungus ve bakteriler ile etkili, uzun vadeli bir mücadelenin kültürel, kimyasal, biyolojik ve fiziksel metotların kombinasyonu ile başarılı olabileceği bilinmektedir (Chet ve ark., 1982).

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde kimyasal mücadelenin meydana getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için biyolojik mücadele etmenlerinin bitki kök bölgesine kolonize olmaları teşvik edilerek, bir savunma hattı oluşturmak suretiyle, bitkilerin hastalanması engellenmektedir (Cook 1993; Benítez ve ark., 2004).

Bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılan şu anda mevcut ticari formülasyon halinde en az 30 farklı biyolojik mücadele preparatı bulunmaktadır (Lumsden ve ark., 1995).

Biyolojik mücadelede en yaygın kullanılanlar *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. bakterileri ile *Trichoderma* spp., *Ampelomyces quisqualis*, *Candida oleophila*, *Gliocladium* spp. ve *Coniothyrium minitans* gibi funguslardır (Rodgers 1993; Fravel 2000).

Bu çalışmada üzerinde en çok durulan, biyolojik savaş elemanları arasında yer alan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) önemli bir yere sahiptir (Caron ve ark., 1985; Linderman, 1992; Demir, 1998).

AMF'ler, bitkiyi bazı kök hastalıklarına karşı korumada, bitki gelişimini artırmada ve çeşitli stres faktörlerine karşı bitkiyi dirençli hale getirmede oldukça etkili simbiyotlar olarak kabul edilmektedirler (Smith ve Read, 1997; Duijff ve ark., 1999).

Hastalığa karşı sağlıklı materyal kullanma, hastalıklı bitkilerin ortamdan uzaklaştırılması ve uygun yetiştirme şartları gibi kültürel mücadele yöntemlerinin, bulaşık alanlarda etkinliğinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Yukarıda sözü edilen mücadele yöntemleri dışında biyolojik mücadele, hastalığı baskılayabilme etkinliği açısından olumlu sonuçlar göstermektedir. Biyolojik kontrol ajanları arasında yer alan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) hem bitki gelişimi hem de bitki sağlığı açısından rizosferin en etkili komponentleri arasında yer almaktadırlar (Demir, 1998).

Bitki kökleri ile belirli fungusların ortaklaşa yaşamları sonucu oluşturdukları yapıya "Mikorhiza" denir. Bu yaşam şekli kara bitkilerinde mikroorganizmalar ile bitkiler arasında görülen en yaygın simbiyotik yaşam şekillerinden biridir. Mikorhizal funguslar içerisinde AM fungusları bitkiye sağladıkları yararlar bakımından önemli yere sahiptirler. Bu simbiyotik ilişkide, bitki fungusun karbonhidrat ihtiyacını karşılarken, fungus bitkinin bazı besin elementleri ve su alınımını arttırmaktadır (Demir, 1998).

AMF bitkinin besin elementi alınımını arttırarak, mikorizosferdeki fizyolojik ve mikrobial değişimlerle bitkinin morfolojik yapısını kuvvetlendirmekte ve bitki dokularındaki kimyasal bileşikleri değiştirerek, fungal kök hastalıklarını ve nematodları baskı altında tutmaktadır (Azcon-Aguilar ve Barea, 1996).

Hastalık etmenleriyle mücadelede, doğal yapıda birçok koruyucu ajan kullanılmaktadır. Bunlar arasında gittikçe yaygınlaşan doğal koruma ajanları arasında uçucu yağlar da yer almaktadır. Uçucu yağlar, kompleks karışımlardır ve antifungal özelliklere sahip bir takım kimyasal metabolitleri içerirler. Uçucu yağların yapılarında hidrokarbon yapısındaki monoterpenler, diterpenler, seskiterpenler ve bunların oksijen türevleri ile alkoller, aldehitler, esterler, ketonlar, fenolik ve okside bileşenler de bulunabilmektedir (İşcan, 2002).

Bitkilerden elde edilen uçucu yağların doğal nitelikte olmalarından, insan sağlığını ve doğayı tehdit etmemeleri nedeniyle sentetik pestisitlere alternatif olarak kullanılabilmesi öngörülmektedir (Szczerbanik ve ark., 2007).

Yabancı otlar, hastalık ve zararlı böceklerle karşı test edilen bileşikler arasında allelokimyasallar, bitki ekstraktları ve uçucu yağlar yer almaktadır. Bu maddeler yabancı otlarda çimlenmeyi ve gelişmeyi engelleyici (Dudai ve ark., 1999; Sodaiezhadeh ve ark., 2010), böceklerde ise fumigant, kontak insektisit, uzaklaştırıcı (repellent), yumurta bırakmayı ve yemeyi önleyici (Mahmuz ve Khaleqzaman, 2007; Nerio ve ark., 2010), funguslarda miselyum ve spor gelişimini engelleyici (Olanya ve Larkin, 2006; Kordali ve ark., 2009) etki gösterebilmektedir.

Uçucu yağlar, uzun yıllardır antimikrobiyal ve antioksidant maddeler kapsamında kabul edilmesine rağmen bu maddelerin kullanım alanlarının belirlenip uygulanması henüz son yıllarda araştırmacıların ilgisini çekmiştir (Appendini ve Hotchkiss 2002, Burt 2004).

Bitkisel pestisit olarak kullanılan bitkilerin fungitoksik etkileri, içerdikleri uçucu yağlardan kaynaklanmaktadır. Uçucu yağı oluşturan bileşiklerin miktarı her bitkide farklılık gösterir ve içerdikleri bir veya birkaç bileşiğe göre antimikrobiyal etki gösterdikleri belirlenmiştir. Cooner ve Beuchat (1984) uçucu yağların en yaygın bileşenlerinin kimyasal yapıları ve antifungal etkileri arasında ilişki olduğunu saptamışlardır. Farag ve ark. (1989) tarafından yapılan çalışmalarda kekik uçucu yağının düşük konsantrasyonlarında bile fungitoksik etki gösterdiği bildirilmiştir.

Söz konusu bu tez çalışması ile bazı bitki uçucu yağları ile Arbusküler Mikorhizal Funguslar' ın (AMF) domates bitkisinde hastalığa neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) fungal etmenine karşı in vitro ve in vivo etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Domates (*Solanum lycopersicum*.) Hakkında Genel Bilgiler

Domates, anavatanı Güney ve Orta Amerika olan, tek yıllık, çift çenekli, otsu bir bitkidir. Bitkinin tırtıklı kenarlara sahip 5-9 yaprakçık barındıran pinnat yapraklarının boyu 10-25 santimetre arasında değişmektedir. Tüylü yapıdaki yaprakçıkların boyları 8 santimetreye kadar çıkmaktadır. Çiçekleri beşlidir ve 1-2 santimetre çapında taç yapraklar bulundurmaktadır (Acquaah, 2002).

Domates kuvvetli bir kök sistemine sahiptir, dallanmış kazık kökler ve bunlardan çıkan sekonder kökler şeklinde gelişmektedir (Şekil 1. 1. a). Yapraklar bileşik şekilde ve tüylerle kaplıdır. Kendine döllen bir bitki olup, toprak istekleri bakımından seçici değildir. Genellikle kırmızı, yenilebilir meyvesi yabani bitkilerde 1–2 cm çapında iken, kültür bitkilerinde daha büyüktür (Şekil 1.1.b.) (Vural ve ark., 2000).



Şekil 1.1. a) Domates bitkisinin kök sistemi (Anonim, 2018 a).



b) Domates bitkisinin genel görünümü (Anonim, 2018 b).

Solanaceae familyasının *Lycopersicum* cinsi içinde yer alan domates (*Solanum lycopersicum*), meyveleri yenen, tek yıllık (otsu) bir kültür bitkisidir. Bu cins içinde çok sayıda domates türü bulunmaktadır. Örneğin *Lycopersicum esculentum* Mill (1768) kültür domatesi olarak yetiştirilen bir türüdür. Domatesin anavatanı Orta ve Güney Amerika kıtası olup kültür bitkisi olarak kullanımı Peru kıyılarında başlamıştır.

Domates Peru, Bolivya ve Ekvator'dan getirilerek 16. yüzyılda Avrupa'da yetiştirilmeye başlanılmıştır (Yazgan ve Fidan, 1996).

Orta çağda Avrupa'ya getirilen domatese çok az insan ilgi göstermiştir, meyvesini zehirli bir bitki sandıklarından bahçelerde süs bitkisi olarak yetiştirmeye başlamışlardır. Daha sonraki yıllarda domatesin çok faydalı bir sebze olduğu anlaşıldığından yetiştiriciliği yaygınlaşmıştır. Ülkemizde ise domates yetiştiriciliği ilk olarak 1900'lı yıllarda Adana'da başlamıştır (Yoksuloğlu, 2001).

Domates geniş bir iklim aralığında yetiştirilebilmektedir, bu durum farklı çevre koşullarına adapte olabilen çeşitlerin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. *Lycopersicum* cinsinde büyük bir genetik zenginlik vardır. Çok değişik çevre koşullara adaptasyon gösterebilen çeşitlerin geliştirilmesi *Lycopersicum* cinsinde mevcut büyük genetik zenginliğini arttırmaktadır (Ercan ve ark., 2002).

Ülkemizin iklim koşulları domates yetiştiriciliği için oldukça uygundur. Domatesin en iyi geliştiği sıcaklık 17-27 °C'dir. Sıcaklığın 13 °C'nin altına düşmesi ve 30 °C'nin üzerine çıkması durumlarında bitki gelişimi devam etmektedir ancak dölleme olmadığından, çiçekler dökülmekte ve çekirdeksiz, küçük meyveler meydana gelmektedir (Özbahçe ve Padem, 2007).

Domates seçici olmamakla birlikte süzek, humus ve organik maddece zengin, su tutma kabiliyeti iyi, tınlı toprakları daha çok tercih etmektedir (Ünlü, 2008).

Domates taze olarak tüketildiği gibi yemeklerde diğer sebzelerle pişirilerek veya domates suyu, konsantre domates suyu, turşu, konserve, salça, ketçap, sos, pulp ve püresi, dondurularak, kurutularak da tüketilmektedir (Gazozcuzade, 2010).

200'den fazla hastalık ve zararlının domates yetiştiriciliğinde ciddi problemlere neden olduğu saptanmıştır. Bu hastalık ve zararlılar virüsler, bakteriler, nematodlar ve funguslar olarak belirlenmiştir. Fungal ve bakteriyel patojenlerden kaynaklanan hastalıklar arasında domates mildiyösü (*Phytophthora infestans*), erken yaprak yanıklığı (*Alternaria solani*), külleme (*Leveillula taurica*), antraknoz (*Colletotrichum phomides*), kurşuni küf (*Botrytis cinerea*), solgunluk (*Fusarium* spp.), yaprak lekesi (*Septoria lycopersici*), bakteriyel solgunluk (*Pseudomonas solanacearum*), bakteriyel benek (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), bakteriyel leke (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) ve yaş çürüklük (*Erwinia carotovora*) sayılabilir (Kütevin ve Türkes, 1994).

Seralarda biyotik stres faktörlerinin başında toprak kaynaklı fungal patojenlerin yol açtığı hastalıklar gelmektedir ve enfeksiyon şiddetleri genellikle abiyotik stres faktörlerinin etkisi altındadır. Domatesin tüm dünyada yaygın ve önemli bir fungal hastalığı olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*' nin neden olduğu Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü (FORL) son yıllarda ülkemizde de domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda önemli kayıplara neden olmaktadır (Jarvis ve Shoemaker, 1978) .

2.2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL)

Doğada yaygın olarak varolan ve zaman zaman baskın hale geçerek hastalık oluşumuna sebep olan *Fusarium* türleri vardır. Bu türler yüksek oranda konukçu seçiciliğine sahiptirler (Fravel ve ark., 2002).

Fusarium türleri içinde domateste en yaygın görülen türü *Fusarium oxysprum*'dur. *Fusarium oxysporum*'un domatesi hastalandıran *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) ve f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) olmak üzere iki ayrı formu bulunmaktadır. FOL *Fusarium* solgunluğuna, FORL ise *Fusarium* kök ve kök boğazı çürümelerine sebep olmaktadır (Attitalla ve ark., 2004).

Domateste solgunluğa sebep olan *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* vasküler olarak çok hızlı bir şekilde taşınabilirken, kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) ise vasküler şekilde taşınmamaktadır. *Fusarium* hastalıklarını kontrol altına alınamamasındaki güçlükler ve çevresel problemler bu hastalıkların biyolojik kontrolü ile ilgili araştırmaları her geçen gün arttırmaktadır (Bolwerk, 2005).

Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı bulaşmış domates bitkileri, gövdelerinin alt bölümlerinin ve köklerinin çürümesi nedenleriyle solup ölmektedir. Toprak üstü organlarda ilk belirtiler meyve tutumu döneminde yaşlı yaprakların kenarının sararması ile görülmeye başlamaktadır bunu yaprakların solması ve kuruması takip etmektedir. Sonraki aşamada belirtiler yavaş yavaş üstteki daha genç yapraklara doğru ilerlemektedir. Bütün kök sistemi hastalıktan etkilenmektedir ve korteks ile ksilemde kahverengi kuru çürüklük oluşmaktadır. Yaşlanma ile birlikte köklerin dış yüzeyleri de parçalanmaktadır. Gövde üzerinde, toprak seviyesinde veya altında

kenarları genellikle pembe veya kırmızı renkte nekrotik lezyonlar oluşmaktadır. Bu lezyonlar dışarıdan içeriye doğru gelişir ve yağmurdan sonra veya sisli havalarda üzerlerinde etmenin sporları bol miktarda meydana gelmektedir. Bazı bitkilerde sapın içinde, topraktan yukarıya kadar uzanabilen bir renk değişikliği de meydana gelebilmektedir. Hastalanan domates bitkileri bazen kısa boylu kalır, hızla solar ve kururken bazılarında ise solgunluk yavaş gelişir ve bitki hasat dönemine kadar canlılığını sürdürebilmektedir. Bu patojenin sporları hava, su ile yayıldığı ve bu yollarla sera koşullarında yetiştirilen domates bitkilerinde enfeksiyona neden olduğu saptanmıştır (Jones ve ark., 1991; Agrios, 2005).

Hastalığın erken semptomları domates fidelerinde bodurlaşma, sararma, olgunlaşmamış kotiledonlar ve yaprakların azalması meydana gelirken, ileri semptomlarda kök çürümeleri, solma ve ölümler meydana gelmektedir (Roberts ve ark., 2000).

Enfekteli bitkide görülen solgunluk ilk aşamalarda günün en sıcak zamanında meydana gelmekte ve bitki gece yeniden iyileşmektedir. Ancak bitkideki enfektinin ilerleyen aşamalarında solgunluğun şiddeti artmakta ve ölümler görülmektedir (Roberts ve ark.,2000).

FORL enfeksiyonundan sonra, genç yaprakların dış yüzeyindeki kılcal damarlarda renk açılması meydana gelmektedir. Bitkiler gelişme geriliği göstermektedir. Alt yapraklarda sararmalar ve solmalar meydana gelir bununla birlikte genç gövde ve yapraklarda solarak ölmektedir. Bitkilerde tek taraflı solmalar da meydana gelebilmektedir. Gövdede ve petiollerde kahverengi belirgin yaralar oluşmaktadır. Kök boğazına yakın yerlerde kabuk dokusunun altında yukarıya doğru gelişen kahverengileşme oluşmaktadır. En karakteristik semptomu ise vasküler iletim demetlerinde kahverengileşme görülürken özün sağlıklı kalmasıdır (Şekil 2.2.). Hastalık etmeni, toprakta ve genellikle bitki artıkları içinde klamidospore formunda yaşamaktadır. Sağlıklı bitkilere bulaşma hastalıklı bitkilerin üzerinde oluşan mikrokonidium veya topraktaki klamidospore vasıtasıyla olmaktadır. *F.oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* domates fidelerinde belirti gözükmez ya da nadir belirtiler göstererek fide ortamlarıyla da taşınabilmektedir (Brammall ve Mckeown, 1989; Hartman ve Fletcher, 1991).

Kök bölgesindeki çürüklük ve gövde iletim demetlerindeki nekroz, toprak yüzeyinden en fazla 15-30 cm yüksekliğe kadar çıkabilmektedir (Şekil 2.3.). Etmen bitkinin toprak yüzeyine yakın gövde üzerinde beyaz - pembe sporulasyon meydana getirmektedir (Can ve ark., 2003).



Şekil 2.2. İletim demetlerinde kahverengileşme (Anonim, 2018)



Şekil 2.3. Çürüklük ve nekroz belirtisi (Anonim, 2018)

Fusarium solgunluğu 27°C civarındaki toprak sıcaklıklarında gelişim gösterirken, kök ve kök boğazı çürüklüğünde fungusun gelişebildiği toprak sıcaklıkları 10-20°C arasındadır. Düşük toprak pH'sı, amonyum nitrat ve nemli topraklar hastalığın şiddetini arttıran etkenlerdendir (Roberts ve ark., 2000).

Fransa'da ve diğer bazı ülkelerde, sıcaklığın 26°C'nin üzerinde olduğu yaz aylarında, birçok işletmede bu hastalıkla karşılaşıldığı belirlenmiştir (Blancard, 1993).

FORL, ilk kez 1969 yılında Japonya'da serada yetiştirilen domateslerde saptanmıştır (Sato ve Araki, 1974).

Kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan bu patojen o dönemde domateslerde *Fusarium* solgunluğunun etmeni *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici*'nin yeni bir ırkı olarak tanımlanmıştır. Ancak daha sonra *Jarvis ve Shoemaker* (1978) bu fungusu, *F. oxysporum* f.sp. *Lycopersici*'den farklılıklarını ortaya koyarak yeni bir "forma specialis" olarak tanımlanmıştır.

İlk kez 1998 yılında Adana'da domates yetiştirilicisi yapılan serada görülen patojen (Can ve ark., 2004), halen Japonya, ABD, Kanada, Meksika, Avrupa'nın bir

çok ülkesi, Tunus ve İsrail’ de domates yetiştirilen alanlarda yaygın görülmektedir. (Katan ve ark., 1991; Menzies ve Jarvis, 1994).

Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğünün İngiltere’de %20-60, Japonya’ da %30-40 oranlarında ürün kaybına neden olduğu (Omar ve ark., 2006; Horinouchi ve ark., 2007) ve Tunus’ta ilk olarak görüldüğü 2000-2001 üretim sezonunda seralarda kayıpların %90’ a ulaştığı (Hibar ve ark., 2006) belirtilmiştir.

FORL ve FOL’e karşı sağlıklı materyal kullanma, uygun yetiştirme ortamları, hastalıklı bitkilerin ortamdaki uzaklaştırılması gibi kültürel mücadele yöntemlerinin, bulaşık alanlarda, etkinliğinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda solarizasyon gibi farklı mücadele yöntemlerinin etkisini bulmaya çalışan araştırmacılar sadece bu mücadelenin etkin bir koruma sağlamayacağını ve bu mücadele yöntemiyle birlikte, antagonist mikroorganizma veya kimyasal madde uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir (Yücel, 1989).

Dayanıklı fide kullanımının toprak kaynaklı kök patojenleri ile savaşmada en etkili yöntem olduğunu belirten Blancard (1993), bu patojenlerin yeni varyeteler oluşturma potansiyellerinin yüksek olduğunu ve bu mücadelenin de etkinliğini kaybedebileceğini belirtmiştir.

Toprak kaynaklı kök patojenlerinin mücadelesinde kimyasal mücadele yöntemleri çevresel, ekonomik ve teknik sorunlar nedeniyle uygulanması oldukça zor ve tehlikeli bir durum almıştır. Toprak ilaçlaması da tarla koşullarında makul uygulanabilir bir yöntem değildir. Örtüaltı yetiştiriciliğinde ise mevcut sınırlı alanların ilaçlaması veya fumigasyon uygulanması, teknik zorlukları yanısıra oldukça yüksek bir maliyet oluşturmaktadır. Ayrıca patojen propagüllerinin farklı derinliklerde bulunması ve ilaçlama sonrası kalan propagüllerin ortamda daha hızlı gelişme göstermesi bu mücadelede istenilen sonucun alınmasını zorlaştırmaktadır (Blancard, 1993).

Ayrıca toprak patojenlerine karşı kullanılan carbendazim, thiophanate-methyl, benomyl gibi etkili madde içeren fungusit gruplarına karşı patojenlerin dayanıklılık kazanmaya başladıkları belirlenmiştir. Böylece kullanılan bu pestisitlerin her geçen gün artan düzeyde kullanılması olası çevre ve dolayısıyla sağlık sorunlarını da beraberinde getirmektedir (Delen ve Yıldız, 1984; Yücel, 1989).

Kimyasal pestisitlerin *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğünü baskı altına almakta etkili olmadığı da saptanmıştır (Benhamou ve ark. 1994).

FORL ile mücadelenin etkili yollarından biri de, dayanıklı çeşitlerin kullanımı olarak görülmesine karşın geliştirilen yeni çeşitlerin başarısı ise kayda değer olamamıştır (Scott ve Jones, 2000).

Aşılı fide, domateste *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü de dahil olmak üzere birçok toprak kökenli hastalık için çözüm niteliğindedir ancak üreticiler aşırı maliyetler nedeniyle aşılı fide kullanımı konusunda maddi zorluklarla karşılaşmaktadır (Horinouchi ve ark., 2007).

Benomyl ve metam sodium uygulamalarıyla bu hastalığa karşı belli başarıların sağlandığına dair bazı bildirimler bulunmaktadır (Mihuta-Grimm ve ark.,1990).

Ancak bunlar gibi geniş etki spektrumlu pestisitlerin sürekli kullanılması hem çevre problemlerine hem de fungicide dayanıklı patojen ırklarının ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bundan dolayı alternatif mücadele yöntemlerinin en kısa zamanda geliştirilmesi önemli bir ihtiyaç halini almıştır. Bu bağlamda, bitki patojenlerine karşı, konvansiyonel tarım sistemlerinde, suni gübre, pestisit kullanımı ve yetiştiricilik işlemleri ile sağlanan etki, bitki sağlığı ve gelişimi yönünden süreklilik sağlanamamaktadır ve kendine özgü çevresel ve sağlık problemlerine sebep olmaktadır. Yukarıda bahsedilen birçok sebepten dolayı toprak kökenli patojenlerle mücadele yöntemlerinin yetersiz kalması ve dünyada çevre sağlığı konusundaki hassasiyetin artması, araştırmacıları ekolojik tarım çerçevesinde, biyolojik savaş alanında çalışmaya ve yeni biyolojik mücadele yöntemleri bulmaya yöneltmiştir. Biyolojik savaş yöntemlerinin, çevre ve insan sağlığına olumsuz bir etkisinin olmamasının yanı sıra etkin ve kalıcı bir mücadele sağlamak için iyi bir potansiyele sahip olması gibi avantajları her geçen gün daha fazla ilgi çekmesine neden olmuştur. Bu çalışma alanında üzerinde en çok durulan, biyolojik savaş elemanları arasında olan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) önemli bir yere sahiptir (Caron ve ark., 1985 a; Linderman, 1992; Demir, 1998).

AMF'ler, bitkiyi bazı kök hastalıklarına karşı koruma, bitki gelişimini artırma ve çeşitli stres faktörlerine karşı bitkiyi dirençli hale getirmede oldukça etkili simbiyotlar olarak kabul edilmektedirler (Smith ve Read, 1997; Duijff ve ark., 1999).

Mikorizal funguslar, toprağın biyolojik yapısının korunmasında ve verimliliğinin artmasında, bitkinin kök hastalıklarından korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Torres-Barragan ve ark., 1996; Matsubara ve ark., 2001).

2.3. Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF)

Mikorhiza terimsel olarak ilk kez, 1885 yılında Bernhardt Frank tarafından odunsu bitkilerin köklerindeki özel yapıların tanımlanmasında kullanılmıştır. Frank daha sonra, 1887'de mikorhizaları endomikorhiza ve ektomikorhizalar olmak üzere iki ana gruba ayırmış ve aralarındaki farkları tanımlamıştır. (Strack ve ark., 2003; Koide ve Mosse, 2004).

Mikorhiza kelimesi kök fungusu manasına gelmektedir (Gai ve ark., 2006; Martin ve Slater., 2007).

Yapılan birçok çalışmada karasal bitkilerin %90'ının mikorhizal ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Mikorhizal funguslar 7 farklı grupta bitkilerle simbiyotik bir ilişki kurmaktadır. Bu gruplar; Arbusküler Mikorhiza, Ektomikorhiza, Ektendomikorhiza, Erikoid Mikorhiza, Arbutoid Mikorhiza, Orkid Mikorhiza, Monotropoid Mikorhiza'dan oluşmaktadır (Hodge, 2000; Strack ve ark., 2003).

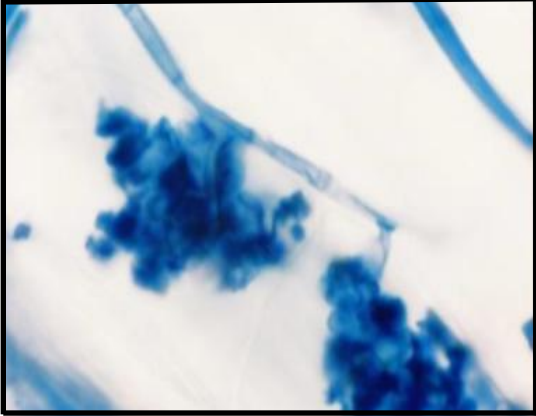
Bu yedi grup içinde Arbusküler mikorhizal fungus'lar en eski ve en büyük grubu oluşturmaktadırlar. Kara bitkilerinin yaklaşık olarak %80'inde Arbusküler mikorhizal funguslarla simbiyotik bir ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir. AMF'lerde konukçu seçicilikleri çok az olmasına rağmen, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae* ve *Urticaceae* familya üyesi bitki türlerinde mikorhizal kolonizasyon oluşmamaktadır. AMF 'ler, *Zygomycota* şubesi *Glomales* takımında bulunan *Glomus*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* ve *Entrophosphora* cinslerine bağlı 150 türden fazla fungus tarafından oluşmaktadır (Linderman, 1988; Hodge, 2000; Quilambo, 2003; Strack ve ark., 2003).

Yeryüzünde yayılış bakımından, *Glomus* cinsi en yaygın AM fungusları olduğu ve *Glomus* cinsine bağlı *G. mosseae*, *G. intraradices* ve *G. occultum*' un yayılışı en yüksek türler olduğu saptanmıştır (Schenck ve Smith 1982; Morton ve Bentivenga 1994).

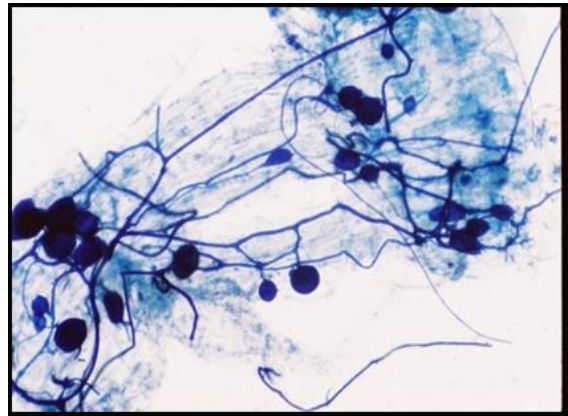
Mikorizal funguslar taksonomik açıdan fungus sporlarının yapısı, bitkilerdeki enfeksiyon şekilleri ve kök içindeki morfolojik, fizyolojik yapıları ile büyük farklılıklar göstermektedir. Fungal miselyumun kök yapısıyla ilişkisine göre endomikoriza ve ektomikoriza olmak üzere iki büyük mikorizal grup ayırt edilmektedir (Demir 1998).

Arbusküler Mikorhizal Funguslar adını, kök kolonizasyonunun ilk evresinde kök korteks hücrelerinin içinde oldukça dallanan arbuskül adı verilen yapılardan almaktadır (Şekil 2.4). Arbusküler Mikorhizal (AM) fungusların bitki içindeki yapıları internal (internal) hiflerdir ve bu hifler simbiyontlar arasındaki madde alışverişlerinde, diğer fungal yapıların oluşmasında rol oynarken diğer taraftan da fungusun bitki içinde yayılmasını sağlamaktadırlar. AMF'lerin bitki kökü dışındaki yapıları ise eksternal (external) hifler ve onlardan oluşan yapılardır, bu dışsal hifler bitki köklerinin dışına taşarak toprak içlerine doğru uzayarak ilerlemektedirler. Bu hiflerden oluşan toprak sporları sayesinde fungus topraktaki yaşamını herhangi bir konukçuya ihtiyaç duymadan çok uzun yıllar koruyabilmektedir (Şekil 2.5) (Hodge, 2000; Strack ve ark., 2003; Johansson ve ark., 2004).

Arbusküler Mikorhizal funguslar, konukçu bitkinin köklerinde simbiyotik mutualist olarak yaşamaktadırlar. Obligat biyotrof olan AM Funguslar, konukçu bitki olmadan kültür olarak çoğaltılamamaktadır. Birçok AMF türünün sporları toprakta bulunmakta ve bu sporların hepsi konukçu bitki olmadan çimlenebilmektedir. Fakat, konukçu bitki olmadan yaşam döngülerini tamamlayamamaktadırlar. (Giovannetti, 2000).



Şekil 2.4. Kortikal hücrelerde arbuskül oluşumu (Demir ve ark., 2008).



Şekil 2.5. Kök içinde içsel (internal), kök dışında dışsal (external) hif (Demir ve ark., 2008).

2.3.1. AMF'nin bitki beslenmesi ve gelişimine etkisi

Mikoriza ile bitki arasındaki simbiyotik yaşam bitkilerin mikorizaya karbonhidrat ve bazı organik maddeleri, mikorizanın da bitkiye bazı besin elementleri ve su sağlaması ile gerçekleşmektedir (Rhodes, 1980; Bolan ve ark.; 1987; Li ve ark.; 1991). Bitkiler toplam karbon varlıklarının yaklaşık % 4 ile % 20'sini simbiyotik yaşam ilişkileri esnasında arbusküler mikorizal funguslar için ayırmaktadırlar (Peng ve ark., 1993; Tinker ve ark., 1994).

Arbusküler mikorizal funguslar, trikalsiyum fosfat şeklinde çökelmiş ve yararlı formda olan fosfor'u önemli düzeylerde yararlı hale getirerek bitki bünyesine alımını sağlamaktadır. (Keklikçi, 2014). AMF hiflerinin köklerden yaklaşık 11 cm uzaklıktan fosfor taşıyabildiği saptanmıştır (Li ve ark., 1991).

AMF kök gelişimini sağlayarak absorpsiyon kapasitesini artırması sonucunda besin, su alımı ile köklerde hücre yenilenmesini etkilemektedir. Fosfor (Koide 1991) haricinde, azot (N), kalsiyum (Ca), bakır (Lambert ve ark., 1979; Gildon ve Tinker 1983), mangan (Mn), kükürt (S), nikel (Killham ve Firestone 1983), klor, sülfat (Buwalda ve ark., 1983) ve çinko (Lambert ve ark., 1979) gibi diğer besin elementlerinin de bitki tarafından alınımını artırmaktadır (Sieverding 1991; Ortaş 2002).

Toprak neminin düşük olduğu alanlarda, mikoriza toprağa yayılan hifleri sayesinde çok uzaklarda olan suyu bitkiye temin ederek bitkinin kuraklığa karşı dayanıklılığını artırmaktadır. (Cooper 1984).

Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) ile kolonize olan bitkilerin daha erken ve daha fazla sayıda çiçeğe sahip oldukları dolayısı ile meyve oluşumunun da arttığı saptanmıştır (Lu ve Koide, 1994).

Mikorhizalı bitkilerin morfolojik ve fizyolojik olarak daha iyi gelişmesi genel olarak bitkinin daha iyi beslenmesine, büyümeyi artırıcı hormonların salgılanmasının teşvikine ve su alınımının artması gibi nedenlere bağlanmaktadır (Smith ve Read,1997).

Arbusküler Mikorhiza funguslarının bitkiye su ve besin alınımını artırmanın yanı sıra, bitkinin tuz, kuraklık, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı bitkilerin dayanıklılığını arttırdığı ayrıca bitkinin büyümesini teşvik edici maddeler (hormonlar) salgıladığını da saptanmıştır. Bitkiyi patojenlere karşı korumada AMF simbiyozisinin

kullanılma olanakları üzerine araştırmalar 1970'lerde başlanmasına rağmen mekanizmaları hakkında hala çok az şey bilinmektedir (Azcon-Aguilar ve Barea, 1996).

2.3.2. AMF'nin bitki hastalıklarına etkisi

Mikorhizal funguslar bitki köklerindeki, rizosferdeki ve topraktaki mikroorganizmalar ile temas halinde bulduklarından aralarındaki ilişkiler engelleyici veya teşvik edici olabilmektedir, bazen aralarında çekişme olurken bazen de karşılıklı olarak birbirlerini olumlu etkilemektedirler. Bu tip etkileşimler, mikorhizal fungusun yaşam çemberindeki bütün gelişim evrelerinde görülebilmektedir.

Mikorhizal fungusların toprak kaynaklı kök patojenlerine karşı etkinliğinin araştırıldığı çalışmalarını kapsamlı bir şekilde derleyen, Schönbeck, (1980); Dehne, (1982); Smith, (1988); Linderman, (1988); (1992); Caron, (1989); Azcon-Aguilar ve Barea, (1996); Demir ve Akköprü, (2007), AMF'lerin toprak kökenli patojenlerin neden olduğu zararları azaltabileceğini ve farklı AMF'lerin, farklı koşullarda eşit olmayan düzeyde bitki köklerinin toleransını veya dayanıklılığını arttırabileceğini ifade etmişlerdir, AMF'lerin tüm koşullar altında patojenlere karşı etkili olamayacağını, biyolojik savaş etkinliğinin başarısının, patojen saldırısından önce simbiyosisin gerçekleşmesine, topraktaki patojenlerin yoğunluğuna ve topraktaki patojenlerin virulensliğine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

2.4. Uçucu Yağlar

Bitkisel üretimde, aşırı derecede sentetik kimyasalların kullanımı insanlarda karsinojenik, teratojenik ve yüksek akut toksijenik gibi bilinen etkilere neden olmaktadır. Ayrıca bu kimyasalların bozunma süreleri uzun olduğundan çevre kirliliğine yol açmalarının yanı sıra gıdalar üzerinde de olumsuz etkilere sebep olarak insanlar üzerinde ciddi yan etkiler yaramaktadır (Unnikrishnan ve Nath, 2002).

Fungisitlerin etki güçlerinin zenginleştirilmesiyle, yan etkilerinin gücü de her geçen gün artmakta (Tyler, 1992; Sorour ve Larink, 2001) ve patojenlerin fungisitlere karşı geliştirdiği direnç de sürekli artmaktadır. Bu durum bitki hastalıklarıyla

mücadelede ciddi sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Reimann ve Deising, 2000; Dianz ve ark., 2002).

Yukarıda belirtilen çevresel ve biyolojik bozulmayı kontrol altına almak için doğal ürünlerin kullanımı giderek önem kazanmıştır (Isman, 2000).

Hastalık etmenleriyle mücadelede, doğal yapıdaki birçok koruyucu ajan kullanılmaktadır. Bu doğal koruma ajanları arasında uçucu yağlar da gittikçe artan kullanımıyla yer almaktadır. Uçucu yağlar kompleks karışımlardır, antifungal özelliklere sahip bir takım kimyasal metabolitleri içerdiklerinden potansiyel doğal fungusit olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Uçucu yağların yapılarında hidrokarbon yapısındaki monoterpenler, seskiterpenler ve bunların oksijen türevleri ile alkoller, aldehytler, esterler, ketonlar, diterpenler, fenolik ve okside bileşenleri gibi kimyasal metabolitler bulunmaktadır (İşcan, 2002).

Uçucu yağların antifungal özellikleri bileşenlerindeki predominant bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir, ancak uçucu yağ bileşenlerinde, eser miktarda bulunan yada tanımlanmamış birçok madde veya maddeler de bulunmaktadır (Svoboda ve Hampson, 1999)

Hastalık mücadelesinde kullanılan fungusitler gibi bitki ekstrakt ve uçucu yağların da hedef organizma üzerinde etki mekanizmasına sahip olduğu düşünülmekte ve bunların etki mekanizmasının hem içerdikleri etkili maddenin çeşidine hem de hedef organizmaya göre farklılık gösterebildiği ifade edilmektedir (Schmitt 1994).

Uçucu yağlardan sürekli yeni bileşikler izole edilmektedir ancak bu bileşiklerin biyolojik aktivitelerinin ve etki mekanizmalarının nasıl olduğu konusu henüz bilinmemektedir (Tsao ve Zhou, 2000).

Bitkilerden elde edilen uçucu yağların doğal nitelikte olmaları ve insan sağlığını, doğayı tehdit etmemeleri nedeniyle sentetik pestisitlere alternatif olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir (Szczurbanik ve ark., 2007).

Uçucu yağlarda bulunan sekonder metabolitlerin biyolojik olarak aktif bileşenler oldukları ve antimikrobiyal, allelopatik, antioksidant ve biyolojik düzenleyici gibi özelliklere sahip oldukları saptanmıştır (Hadizadeh ve ark., 2009; Saharkhiz ve ark., 2009; Caccioni ve Guizardi, 1994).

2.4.1. Uçucu yağların bitki hastalıklarına etkisi

Son yıllarda patojenlerin mücadelesinde yoğun pestisit kullanımının çevreyi, doğal dengeyi tehdit etmesi ve organik tarımın giderek önem kazanması, bitki hastalıklarıyla mücadelede alternatif yöntemlerin araştırılmasına neden olmuştur. Biyolojik kaynaklı ve çevresel olarak güvenli alternatifler; *F. oxysporum* türleri ile biyolojik mücadele, uyarılmış dayanıklılık, toprak solarizasyonu ve bitkisel kökenli uçucu yağların kullanılmasıyla mümkün olmaktadır (Ding, 2009; Mandeel ve Baker, 1991; Mandeel, 2006; Soylu ve ark., 2007).

Antalya çevresinde yetişen, antimikrobiyal özellikleri olduğu bilinen bazı bitkilerin toprak kökenli bazı funguslar üzerindeki antimikrobiyal etkinlikleri araştırılmış ve kekik türlerinin fungusların misel gelişimi üzerine en fazla fungitoksik etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Çakır ve Yeğen 1988).

Toprak kökenli patojenlerden *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Pythium* sp., *R. solani*, *S. sclerotiorum* ve *Sclerotium rofsii* üzerine bazı bitkilerin ekstrakt, uçucu yağ ve kompost ekstraktlarının etkileri araştırmış ve en etkili bitkinin kekik olduğu tesbit edilmiştir (Yonucu, 1997).

Bazı kekik türleri (*T. capitatus*, *Origanum vulgare*, *O. dictamnus*, *O. majorana*), lavanta, biberiye, adaçayı ve yarpuz uçucu yağlarının *B. cinerea*, *Fusarium solani* var. *coeruleum* ve *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* üzerindeki antimikrobiyal etkileri araştırmış ve kekik türlerinin uçucu yağlarının düşük konsantrasyonlarının patojenlerin gelişimini tamamen engellediği saptanmıştır (Daferera ve ark, 2003).

Tanacetum aucheranum ve *Tanacetum chiliophyllum* var. *chiliophyllum*' undan izole edilen uçucu yağlar, *A. alternata*, *A. solani*, *Botrytis* sp., *Colletotrichum* sp., *Fusarium* spp, *Pythium ultimum*, *Phytophthora ultimum*, *Verticillium dahliae* gibi 30 patojen fungusun mikrobiyal gelişimini engellemiştir. *T. aucheranum*' un yağı petri kaplarındaki denemelerde 15 *Fusarium* türünün gelişimini % 35-85 arasında, *T. chiliophyllum*' un yağı ise % 40-85 arasında engellediği belirtilmiştir (Salamcı ve ark.,2007).

Hyptis suaveolens L.' nin uçucu yağının *F. oxysporum* f.sp. *gladioli*' nin gelişimi üzerine etkisi *in vitro*' da araştırılmış ve fungusun miselyal gelişimini tamamen engellediği saptanmıştır (Tripathi ve ark., 2008).

Toprak kökenli patojenlerden *A. niger* ve *F. oxysporum*' a karşı antifungal etkili olduğu bilinen *Allium sativa* L. (sarımsak), *Mentha piperita* L.(nane), *Salvia officinalis* L. (tıbbi adaçayı), *Origanum sp.* (kekik) ve *Melissa officinalis* L. (melissa) ekstraktları ile yonca ve ayçiçeği saplarının kompost ekstraktları fungusların miseliyal gelişim, spor çimlenmesi ve tohum enfeksiyonuna karşı antifungal aktiviteleri *in vitro* koşullarda değişen oranlarda engellediği belirlenmiştir. Sarımsak ekstraktı ile yonca ve ayçiçeği kompost ekstraktlarının fungusların miseliyal gelişimlerini yüksek oranlarda engellediği belirtilmiştir (Kaçar ve Özer 2000).

2.4.2. AMF' nin uçucu yağlar üzerine etkisi

AMF 'lerin, aromatik bitkilerin sekonder metaboliti olan uçucu yağları etkileyerek bitkilerde biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere neden olduğu saptanmıştır (Karagiannidis ve ark., 2013; Zeng ve ark., 2013 ;Urcoviche ve ark., 2015).

Lamiaceae familyasının *Mentha arvensis* (Freitas ve ark., 2004), *Ocimum basilicum* (Copetta ve ark., 2006) ve *Origanum sp.* (Khaosaad ve ark., 2006) gibi türlerinde yapılan birçok çalışmada AMF'lerin, bu bitkilerin içerdikleri uçucu yağ miktarını arttırdığı saptanmıştır.

Yapılan çalışmalarda limon aroması yüksek olduğu için gıda ve parfüm endüstrisinde oldukça sık kullanılan sardunya bitkisine AMF uygulanmış ve limon aromasının önemli derecede arttığı saptanmıştır (Robacker ve Hendry., 1977; Onawunmi.,1989).

Foeniculum vulgare (rezene) bitkisine, AMF (*G. fasciculatum*) uygulandığında biyokütlesinin önemli derecede arttığı ve uçucu yağ miktarında % 78 oranında bir artış olduğu saptanmıştır (Kapoor ve ark., 2004).

Nane bitkisinin *Mentha longifolia* ve *Mentha arvensis* çeşitlerine AMF (*Glomus intraradices*) uygulandığında bitki gelişimlerini önemli derecede arttırdığı ve içerdikleri uçucu yağların kalite, kantitesinin arttığı belirlenmiştir (Burni ve ark., 2013).

AMF'nin *Glomus mosseae* ve *Glomus viscosum* türleri *Salvia officinalis* (adaçayı), *Origanum vulgare* (keklikotu) ve *Thymus vulgaris* (kekik) bitkilerine uygulanmış ve *Glomus mosseae*'nin *Thymus vulgaris* bitkisinin büyümesi ve uçucu yağ içeriğinin artması üzerine daha etkili olduğu saptanmıştır (Tarraf ve ark.,2015).

Rydlová ve ark. (2016) AMF *Rhizophagus irregularis*'in nane ve kişniş'in uçucu yağ bileşimi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu, ancak türe özgü farklılaşmaların dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

2.4.3. Uçucu yağların AMF ile birlikte kullanılarak bitki hastalıklarına etkisi

Yapılan literatür araştırmalarında bitki uçucu yağlarının, değişik *Fusarium* spp. türlerinin neden olduğu hastalıkların etkisi konusunda yapılmış çalışmalar olmasına rağmen, uçucu yağlar ile AMF' nin birlikte kullanılarak herhangi bir patojen yada FORL' nin neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı üzerine etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan bu çalışma ile; bazı bitki uçucu yağları ile Arbusküler Mikorhizal Funguslar' ın (AMF) domates bitkisinde hastalığa neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) fungal etmenine karşı in vitro ve in vivo etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal

Araştırmada FORL'ye duyarlı olduğu tespit edilen Fla. 7781 nolu domates çeşidi kullanılmıştır.

3.1.2. AMF izolatları

Çalışmalarda, YYÜ Ziraat Fakóltesi Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarı stoklarında bulunan *Glomus intraradices* ve *Glomus mossea* izolatları kullanılmıştır.

3.1.3. Patojen izolatu

Çalışmada, daha önceden Antalya'da domates seralarından izole edilmiş ve yüksek oranda virulensliği belirlenmiş olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL) izolatları kullanılmıştır. Söz konusu izolatlar Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM)'den temin edilmiştir.

3.1.4. Uçucu yağlar

Kekik, nane ve adaçayı uçucu yağları ticari olarak temin edilmiştir.

3.1.5. Bitki yetiştirme ortamı

Çalışmada bitki yetiştirme ortamı olarak 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali, üzerini kapatmak için ise vermikülit kullanılmıştır. Kullanılan harç materyaline ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

Çimlendirme torfu özellikleri

Yüksek kalitede %70 beyaz torf + %30 siyah torf

pH değeri 5,2 – 6,0

Tuz oranı 0,3 g/lToplam N-P-K + mikro elementler 1,5 kg/ton

Elenmiş strüktür: ince (0-10 mm)

Perlit

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

Vermikülit

pH: 6.0 – 9.0,

Yüksek katyon değişim kapasitesi,

Çok yüksek su tutma kapasitesi,

İnorganiktir ve bozulmaz,

Kullanılabilir bitki besin maddelerini en iyi şekilde tutma özelliği,

Hastalık ve otlardan arı,

Yosun gelişimini engelleme özelliği.

3.1.6. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvar ve iklim odası

Çalışmalar Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvar (Şekil 3.1.a - Şekil 3.1.b) ve iklim odaları ile özel bir firmaya ait bitki yetiştirme kabininde yürütülmüştür. İklim odası ve bitki yetiştirme kabini; 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık, 25-27 °C sıcaklık % 60-65 nem koşullarında kullanılmıştır.



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

3.2. Yöntem

3.2.1. Uygun AMF x uçucu yağ kombinasyonlarının belirlenmesi

Çalışmada uygun AMF, uçucu yağ ve uçucu yağın uygulama dozu kombinasyonlarının belirlenmesi in vitro ve in vivo çalışma koşullarında tespit edilmiştir ve en iyi uyumu gösteren kombinasyonlar daha sonraki denemelerde kullanılmıştır.

3.2.1.1. İn vitro koşullarda uygun uçucu yağ ve uçucu yağ uygulama dozunun belirlenmesi

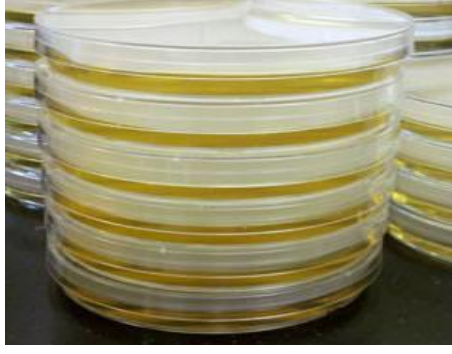
Fungal mikroorganizmaların saflaştırılıp çoğaltılmasında ve antifungal etkinin belirlenmesinde fungal organizmalar için kullanılan standart bir besiyeri olan Patates Dekstroz Agar (PDA) kullanılmıştır. Erlenmayerler içerisinde hazırlanan PDA ortamı 121°C'de 20 dakika steril edilmiştir ve su banyosunda 40°C'ye kadar soğutulduktan sonra kekik, nane ve adaçayı uçucu yağları 25, 50, 75, 100, 150 µl/L konsantrasyonlarında olacak şekilde ilave edilerek steril petrilere, her birine 15 ml gelecek şekilde dökülmüştür (Şekil 3.2). Diğer taraftan, önceden PDA ortamında geliştirilmiş 7-10 günlük FORL fungal kültürlerden, mantar delici yardımıyla 5mm çapında diskler alınarak uçucu yağ + PDA içeren petri kablarının ortasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Daha sonra petri kapakları sıkıca parafilm ile sarıldıktan sonra 27 °C'de inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 3.4). İnkübasyonun 3., 4., 5. ve 6. günlerinde petrilere gelişen fungusların koloni çapları dijital kumpas kullanılarak birbirine dik yönlerde ölçülmüştür (Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Denemeler üç tekerrürlü ve her tekerrürde üç tekrar olacak şekilde yürütülmüştür.



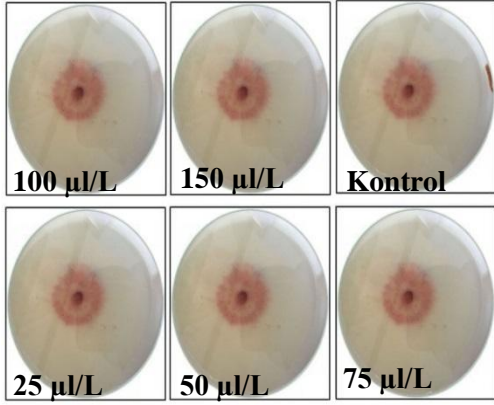
Şekil 3.2. Uçucu yağ içeren PDA ortamı.



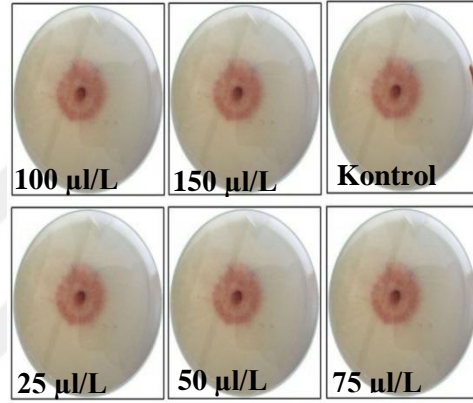
Şekil 3.3. FORL kültürü.



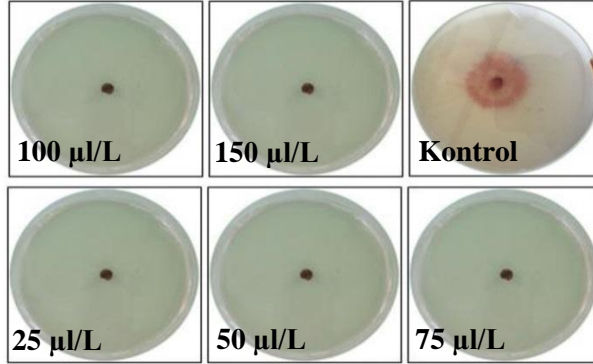
Şekil 3.4. İnkübasyona bırakılmış FORL.



Şekil 3.5. FORL + Adaçayı uçucu yağ
Doz uygulaması.



Şekil 3.6. FORL + Nane uçucu yağ
doz uygulaması.



Şekil 3.7. FORL + Kekik uçucu yağ doz uygulaması.

3.2.1.2. İn vivo koşullarda uygun AMF ve uçucu yağ kombinasyonlarının belirlenmesi

Domates bitkisinde iki farklı AMF türü (*G.intraradices*, *G.mosseae*) ile in vitro denemeleri sonucunda seçilen uçucu yağ ve uygun doz kullanılarak in vivo koşullarda en iyi uyum gösterecek AMF'un belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca uygun olarak da

16x18 cm çapındaki plastik saksılar ve bölüm 3.1.5’de belirtilen bitki yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Arasındaki uyum, bitki çıkışından 6 hafta sonra uçucu yağların, fide çevresindeki toprağa verilerek tespit edilmiştir ve en iyi uyumu gösteren AMF, uçucu yağ kombinasyonu belirlenerek daha sonraki denemelerde kullanılmıştır.

3.2.1.2.1. Bitki tohumlarına AMF inokulasyonu

Saksılara bitki yetiştirme ortamı konarak tohum yatağına her bir AMF türünden 2.5 gr’lık inokulum (yaklaşık 25-40 spor /g toprak inokulum yoğunluğu) bırakılarak yüzey sterilizasyonu yapılmış domates tohumları ekilmiştir. (Demir ve ark., 2015). Ekimi yapılacak domates tohumları üç defa saf su ile yıkanmış, % 2’lik NaOH’da 5 dakika tutulmuş ve daha sonra tekrar iki defa steril saf sudan geçirilerek yüzey dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Steril tohumlar, tohum yataklarına 1’ er adet yerleştirilerek üzerleri vermikülüt ile kaplanmış ve saf su ile ilk sulamaları yapılmıştır (Şekil 3.8). Çimlenene kadar iki günde, çimlenme gerçekleştikten sonra 4-5 günde bir saf su ile sulanan fideler 8 hafta boyunca, 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık, 25-27 °C sıcaklık % 60-65 nem koşullarındaki iklim odasında gelişmeye bırakılmışlardır.



Şekil 3.8. Domates tohumlarının sulanması.

3.2.1.2.2. Domates bitkilerine uçucu yağ uygulanması

İklim odasında gelişmeye bırakılan domates fidelerine, fidelerin çıkışından 6 hafta sonra bölüm 3.2.1.1’de belirlenen uçucu yağ ve uygun dozu pastör pipeti yardımıyla kök çevresindeki toprağa verilerek uygulanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Domates bitkilerine uçucu yağ uygulanması.

3.2.1.2.3. Bitkinin morfolojik parametrelerinin belirlenmesi

3.2.1.2.3.1. Bitki boyu ve sürgün çapının ölçülmesi (cm)

KUY uygulaması yapılan domates bitkileri iklim odasında 10 hafta tutulduktan sonra morfolojik gelişim parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Hasat edilen domates bitkilerinin önce sürgün ve kök boyları (cm) ölçülmüştür. Domates bitkisinin kök boğazının toprakla kesiştiği yerden, bitkinin en uç noktasına kadar olan kısım dikkate alınarak bir cetvel yardımıyla ölçülerek sürgün uzunluğu, topraktan çıkarılarak kök boğazından kök uç kısmına kadar yine cetvel yardımıyla yapılan ölçümde de kök uzunluğu (cm) ölçülmüştür. Sürgün çapı (mm) ise dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.1.2.3.2. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi (g / bitki)

Boy ölçümleri alınan domates bitkilerinin yaş ağırlıkları hassas terazi ile tespit edilmiştir. Yaş ağırlıkları tespit edilen bitki örnekleri kese kâğıtlarına konularak 70 °C’de 48 saat süresince etüvde tutularak kurutulmuş (Şekil 3.10) ve daha sonra kuru ağırlıkları hassas terazi (Şekil 3.11) ile belirlenmiştir (Kacar, 1984).



Şekil 3.10. Bitkilerin etüve bırakılması. Şekil 3.11. Bitkinin kuru ağırlığının tartılması.

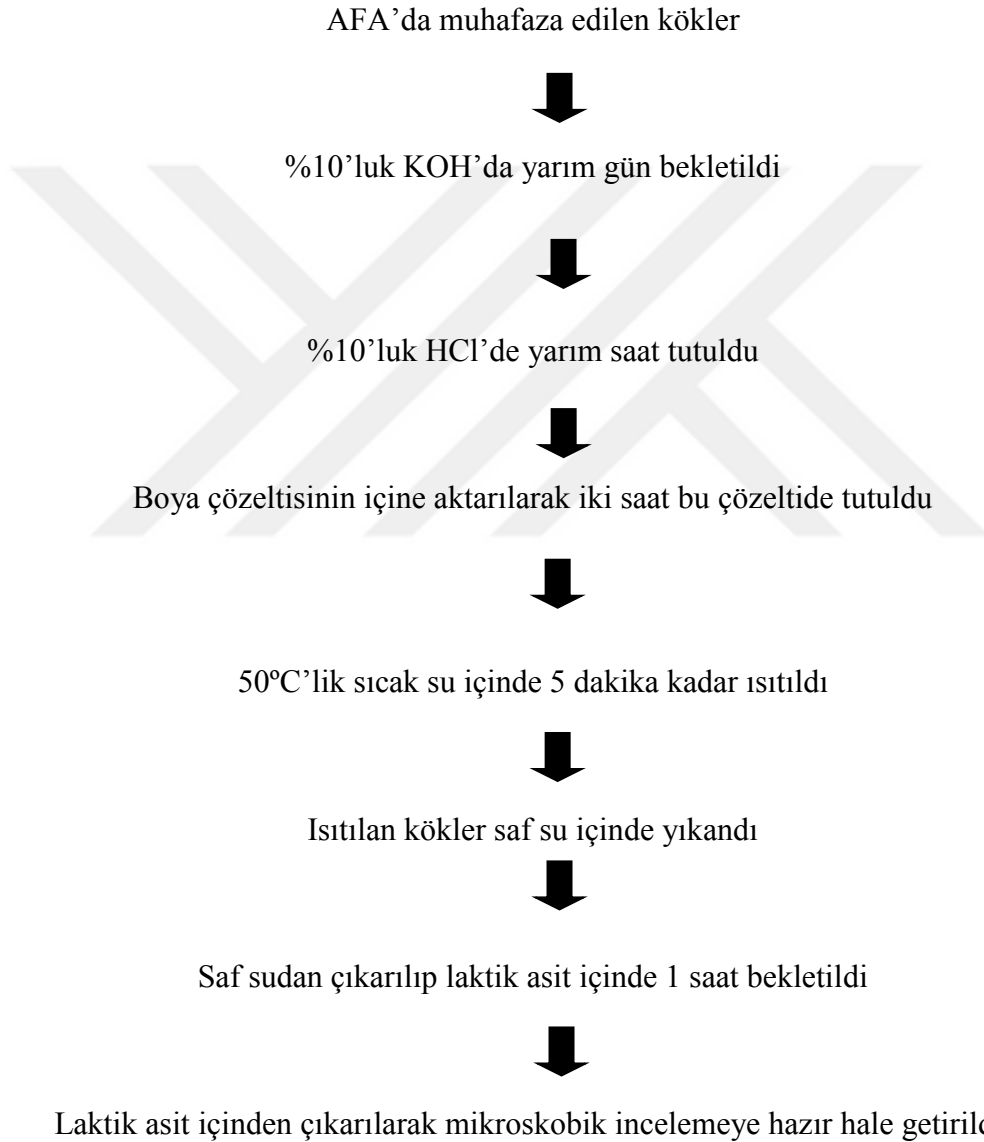
3.2.1.2.4. AMF kök kolonizasyonunun belirlenmesi

Fiksasyon

AMF’nin inokule edildiği bitki gruplarından denemelerin sonunda morfolojik parametreler belirlendikten sonra bitkilerin toprak üstü aksamaları kesilerek kök ve kök boğazı kısmının yavaş ve dikkatli bir şekilde topraktan ayrılması sağlanmıştır. Kökler musluk suyu altında iyice yıkanarak köklere yapışan toprak parçacıkları temizlenmiştir. Köklerden daha sonra 1-0.5 gr’lık parçalar alınarak AFA Fiksasyon sıvısına (% 70’lik 90 ml Alkol, 5 ml Formaldehit ve 5 ml Asetik asit) bırakılmış ve kökler boyama işlemine kadar bu sıvı içinde muhafaza edilmiştir.

Boyama

AFA sıvısı içinde muhafaza edilen kökler, mikorhizal fungusun varlığını ve kolonizasyon yüzdesini saptamak amacıyla Laktofenol mavisi ile boyanmışlardır (Şekil 3.12, Şekil 3.13).



Şekil 3.12. AMF varlığını saptamak için köklerde uygulanan boyama işlemlerinin şematik gösterimi.

AMF kök kolonizasyonunun hesaplanması

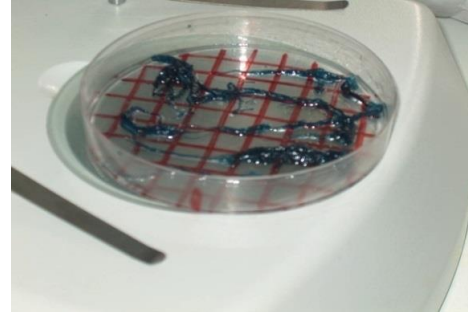
Trypan mavisi ile boyanmış olan köklerdeki AM fungusların kolonizasyon yüzdesini saptamak üzere **Grid – Line Intersect Metodu** (Şekil 3.14) kullanılmıştır (Giovanetti ve Mosseae, 1980). Boyanmış olan kılcal köklerden yaklaşık 0.5gr'lık örnek alınarak 1-1.5 cm uzunluğunda kesilmiş, kesilen kök parçaları 1cm'lik alanlara ayrılmış plastik bir petri kabında homojen olarak dağıtılmıştır. İçinde kök parçaları bulunan petri kabı stereo mikroskop altında incelenmeye alınmıştır. Stereoskopik incelemelerde petri kabındaki bölümler arası gridleri dik olarak kesen her bir kök segmenti için bir butona, eğer o vertikal kök segmenti parçasında AMF propagül'ü (hif,vesikel veya klamidospor) varsa iki butona beraber basılmıştır. Kolonizasyon oranı ise

$$\% \text{ AMF kolonizasyon} = \frac{\text{AMF ile kolonize olmuş kök sayısı}}{\text{Toplam kök sayısı}} \times 100 \quad (3.1)$$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır (3.1).



Şekil 3.13. Boyanmış kökler.



Şekil 3.14. Grid-Line Intersect metodu.

3.2.1.2.5. Toprakta AMF spor yoğunluğunun belirlenmesi

AM funguslarının inokule edildiği bitkilerin rizosfer bölgesine ait topraklardaki AMF spor yoğunluğu ıslak eleme metodu yardımıyla tespit edilmiştir (Gerdemann ve Nicholson, 1963). 2 mm'lik elekten geçirilerek kaba unsurlarından ayrılan AMF izolatına ait toprak örneğinden yaklaşık 10 gr alınarak içinde 100 ml steril saf su bulunan beher glass içine konulmuştur. Karışım 3-5 kez bir baget yardımıyla karıştırılarak, kaba toprak partikülleri ve bitki parçacıklarının dibine çökmesi için 10-15 dakika bekletilmiştir. Cam

kap içinde üst kısımda kalan sıvı yavaşça önce 80 µm'lık elekten daha sonrada 45 µm'lık elekten geçirilerek, elek üzerinde kalan ıslak materyal bir pipet yardımıyla su ile yıkanarak spor tüplerine konulmuştur. Tüp içerisindeki sıvı 2000 devirde 3 dk santrifüj edildikten sonra üstte kalan sıvı atılmıştır. Üzerine % 50' lik şeker çözeltisi dökülerek sıvı tekrar 2000 devirde 3 dk santrifüj edilip, daha sonra bir petri kabına boşaltılarak stereoskopik mikroskop altında sağlıklı görünen sporlar belirlenerek gr topraktaki spor yoğunluğu tespit edilmiştir.

3.2.1.2.6. Mikorhizal bağımlılığın belirlenmesi

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

Mikorhizal bağımlılık (%) = mikorhizal bitkinin toplam kuru ağırlığı – mikorhizal olmayan bitkinin toplam bitki ağırlığı x 100 / mikorhizal bitkinin toplam kuru ağırlığı (Declerc ve ark., 1995). (3.2)

3.2.1.3. Uygun AMF x uçucu yağ kombinasyonlarına FORL inokulasyonu

Bölüm 3.2.1.2.'de belirtildiği şekilde belirlenen en iyi uçucu yağ - AMF kombinasyonuna FORL inokulasyonu yapmak amacıyla tekrar, domates fideleri yetiştirilmiştir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. FORL uygulaması için yetiştirilen domates fideleri.

3.2.1.3.1. Bitkilere AMF ve uçucu yağ uygulaması

Domates fidelerine bölüm 3.2.1.2.1. ve 3.2.1.2.2’de belirtildiği şekilde AMF ve uçucu yağ uygulaması yapılmıştır.

3.2.1.3.2. Patojen inokulasyonu ve muamele grupları

Saksılarda 6 hafta boyunca geliştirilen fideler bu süre sonunda *Fusarium oxysporum radidis lycopersici* patojeni ile bulaştırılmıştır, bununla birlikte her uygulamanın *Fusarium oxysporum radidis lycopersici* (-) bitki grubu da kontrol olarak deneme kapsamına alınmıştır. *Fusarium oxysporum radidis lycopersici* izolatu PDA besi ortamında kültüre alınarak, 24 +2°C’de 7-10 gün boyunca inkübe edilmiştir. Gelişen PDA ortamından 5-10 mm çapında parçalar kesilmiş ve steril su içerisine konulmuştur. Spor yoğunluğu solüsyonundan 10 ml alınarak hemocytometer ile ölçülmüş ve 1×10^6 konidi/ml’ye ayarlanmıştır (Şekil 3.16). Etmenin bu şekilde hazırlanan konidi süspansiyonundan kök çevresine 5 ml verilmiştir.



Şekil 3.16. Spor solüsyonunun hazırlanması.

Patojen inokulasyonu denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 8 muamele grubu ve her muamele grubu 3 tekerrür olacak şekilde kurulmuştur. AMF olarak *G. intraradices* kullanılmıştır.

Muamele grupları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

1. Kontrol : Herhangi bir uygulama yapılmayan domates bitkileri
2. AMF : Sadece AMF uygulaması yapılan domates bitkileri
3. KUY : Sadece kekik uçucu yağ uygulaması yapılan domates bitkileri
4. FORL : Sadece FORL inokulasyonu yapılmış domates fideleri
5. AMF + KUY : AMF ve kekik uçucu yağ uygulaması yapılmış domates fideleri
6. AMF + FORL : AMF ve FORL uygulaması yapılmış domates fideleri
7. KUY + FORL : Uçucu yağ ve FORL uygulaması yapılmış domates fideleri
8. AMF + KUY + FORL : AMF, kekik uçucu yağ ve FORL uygulaması yapılmış domates fideleri

3.2.1.3.3. Denemeye ait yapılan değerlendirmeler

İklim odasında toplam 10 hafta süresince tutulan domates bitkileri bu süre sonunda bitkiye ait morfolojik parametreler, AMF kök kolonizasyonu, AMF spor yoğunluğu, Mikorhizal bağımlılığın belirlenmesi, hastalık şiddetini belirlenmesi gibi kriterler açısından değerlendirmeye alınmıştır. Bitkiye ait morfolojik parametrelerin değerlendirilmesi bölüm 3.2.1.2.3'de, AMF kök kolonizasyonu, toprak spor yoğunluğu ve mikorhizal bağımlılık ise sırasıyla bölüm 3.2.1.2.4, 3.2.1.2.5 ve 3.2.1.2.6'da anlatıldığı şekilde yapılmıştır.

3.2.1.3.3.4. Hastalık şiddetinin belirlenmesi

Patojen inokulasyonundan dört hafta sonra, domates bitkileri plastik saksılardan sökülerek hastalık şiddeti (Şekil 3.13.) Kavroulakis ve ark. (2005)'dan uyarlanan 0-5 skalasına göre belirlenmiştir (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.1. Hastalık şiddetini belirlemede kullanılan skala.

Belirti	Skala Değeri
Hastalık belirtisi yok	0
Kökte hafif renk değişikliği (Toplam alanın % 10'undan daha az)	1
Koyu renkli leke ve lezyonlar kökün ¼'üne yayılmış	2
Enfeksiyon toplam kök alanının yarısını kaplamış, ana kökte bariz renk değişikliği	3
Enfeksiyon kökün ¾'ünü kaplamış, kök boğazında lezyonlar, yapraklarda solgunluk	4
Enfeksiyon kökün tümüne yayılmış, genç yapraklarda sararma ve ölüm	5

Bu değerlendirme sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak hastalık şiddeti yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

$$\text{Hast. şid. (\%)} = \left[\sum_{i=0}^n (\text{Skala değ.} \times \text{frekans})_i \right] \times 100 / [\text{Toplam bitki sayısı (n)} \times \text{En yüksek skala değ.}] \quad (3.3)$$

Yapılan çalışmada hastalık şiddetinin yanı sıra hastalıklı kontrol grubu (FORL)'na göre diğer uygulama gruplarında hastalığın hangi oranda baskı altında alındığını ortaya koymak için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Şavur, 2015).

$$\text{Hastalıklı kontrol (FORL) \% hastalık şiddeti} - \text{Uygulama Grubu Hast. Şiddeti} = X \quad (3.4)$$

$$\text{Baskılanma Oranı} = 100 \times \frac{X}{\text{Hastalıklı kontrol (FORL) \% hastalık şiddeti}} \quad (3.5)$$

Hastalık şiddeti belirlendikten sonra FORL uygulaması yapılmış muamale gruplarından reizolasyon yapılmıştır. Reizolasyon işlemi için hastalıklı bitki kısımlarından alınan doku parçaları (3-4 mm) 2 dakikalık süre ile % 0.5'lik sodyum hipokloritten geçirilmiştir. Yüzey dezenfeksiyonuna tabii tutulan parçalar 3 defa steril

saf sudan geçirildikten sonra steril kurutma kağıtlarında 2 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler % 2'lik Patates Dekstroz Agar (Difco) içeren petri kaplarına her birine 5 adet doku örneği gelecek şekilde yerleştirilmiştir. İnkübasyon dönemi sonunda (24°C'de 7 gün) besi yerinde gelişen fungal kolonilerin cins düzeyindeki teşhisleri mikroskop altında morfolojik yapılarına bakılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.4. İstatistiki analizler

Çalışma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SAS paket programı kullanılarak (SAS, 2010), Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ve T testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. BULGULAR

4.1. İn vitro Koşullarda FORL'ye Karşı Uygun Uçucu Yağ ve Uçucu Yağ Uygulama Dozunun Belirlenmesi

Çalışmanın birinci aşamasında FORL'nin gelişmesini engelleyen, en uygun uçucu yağ ve bu uçucu yağın dozunun belirlenmesi amacıyla in vitro koşullarında bölüm 3.2.2' de anlatıldığı üzere üç farklı uçucu yağ (kekik, nane, adaçayı) ile beş farklı uçucu yağ dozu (25, 50, 75, 100, 150 µl/L) PDA ortamında 27 °C'de inkübasyona bırakılmıştır.İnkübasyonun 3., 4., 5. ve 6. günlerinde petrilere gelişen fungusların ortalama koloni çapları Çizelge 4.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kekik, nane ve adaçayı uçucu yağlarının uygulama dozu (µl/L) ve inkübasyonun 3., 4., 5. ve 6. günlerinde petrilere gelişen fungusların ortalama koloni çapları (mm)

Uçucu yağ çeşidi	Uygulamalar	Çap ortalaması (mm)
Kontrol	-	1.18 ^{ba}
Kekik	25 µl/L	0.58 ^c
Kekik	50 µl/L	0.58 ^c
Kekik	75 µl/L	0.51 ^{dc}
Kekik	100 µl/L	0.41 ^d
Kekik	150 µl/L	0.18 ^e
Nane	25 µl/L	1.22 ^{ba}
Nane	50 µl/L	1.26 ^{ba}
Nane	75 µl/L	1.33 ^a
Nane	100 µl/L	1.24 ^{ba}
Nane	150 µl/L	1.30 ^{ba}
Adaçayı	25 µl/L	1.18 ^{ba}
Adaçayı	50 µl/L	1.31 ^{ba}
Adaçayı	75 µl/L	1.18 ^b
Adaçayı	100 µl/L	1.18 ^{ba}
Adaçayı	150 µl/L	1.18 ^{ba}

*Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

Çizelge 4.1.'den de görüleceği üzere uçucu yağlar ve dozları birbirinden farklılık göstermiş ve bazı uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Adaçayı ve nane uçucu yağları ve ve bu yağların tüm uygulama dozları, nanenin 75 µl/L dozu hariç, ile kontrol arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir. Kekik uçucu yağının uygulama dozları ile kontrol arasındaki farklılık ise istatistiki olarak önemli bulunmuş ($P < 0.05$), 150 µl/L uygulama dozunun FORL' nin engellenmesinde en uygun doz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1.).

4.2. İn vivo koşullarda Uygun AMF ve Uçucu Yağ Kombinasyonunun Belirlenmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında, in vitro koşullarda FORL'ye karşı etkin bulunan kekik uçucu yağı ve 150 µl/L uygulama dozunun, domates bitkisinde farklı iki AMF türü (*G. intraradices*, *G. mosseae*) ile uyumunu belirlemek amacıyla bölüm 3.2.1.2.'de belirtildiği üzere in vivo koşullarda iklim odasında deneme kurulmuştur. İklim odasında 10 hafta süresince gelişmeye bırakılan domates bitkilerine ait bazı morfolojik gelişim parametreleri (kök ve sürgün uzunluğu, sürgün çapı, sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları) ile AMF'lerin gelişim parametrelerine (AMF'lerin domates bitkisi köklerindeki kolonizasyon oranı, rizosfer bölgesi topraklarındaki spor yoğunlukları ve mikorizal bağımlılıkları) ait değerlendirmeler yapılarak ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. AMF türleri (*G.intraradices*, *G.mosseae*) ve kekik uçucu yağ (KUY) (150 µl/L) uygulaması yapılan domates bitkilerinin bazı gelişim değerleri

Uygulamalar	SB (cm)	KU (cm)	SÇ (cm)	SYA (g)	KYA (g)	SKA (g)	KKA (g)
Kontrol (KUY)	44.80 a*	18.62 a	5.58 a	28.55 a	12.12 a	3.20 a	0.60 a
<i>G. intraradices</i> +KUY	44.26 a	19.82 a	5.73 a	28.70 a	12.22 a	3.10 a	0.63 a
<i>G. mosseae</i> +KUY	46.16 a	17.40 a	5.65 a	28.22 a	12.06 a	3.30 a	0.59 a

SB: Sürgün boyu, **KU:** Kök uzunluğu, **SÇ:** Sürgün çapı, **SYA:** Sürgün yaş ağırlığı, **KYA:** Kök yaş ağırlığı, **SKA:** Sürgün kuru ağırlığı, **KKA:** Kök kuru ağırlığı

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

Çizelge 4.2.'den de görülebileceği gibi sadece KUY uygulanan domates bitkilerine ait morfolojik parametre değerleri ile AMF + KUY uygulanmış domates bitkilerine ait parametre değerleri arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmamıştır ($P < 0.05$). Muamele grupları arasında istatistiki olarak fark bulunmamakla birlikte, *G. intraradices* + KUY uygulamasının diğer uygulamalara göre morfolojik parametreler açısından genel olarak daha iyi olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.3. AMF ve KUY uygulaması yapılmış domates bitkisinin köklerindeki kolonizasyon oranları (%), rizosfer bölgesi topraklarda AMF'ye ait spor yoğunlukları (spor/g toprak) ve mikorhizal bağımlılık oranları (%)

AMF Türü	Kolonizasyon (%)	Spor Yoğunluğu (spor/g toprak)	Mikorhizal Bağımlılık (%)
<i>G. intraradices</i> +KUY	42.16 a	31 a	+ 40 a
<i>G. mosseae</i> +KUY	26.50 b	20 b	+ 12 b

T testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Çizelge 4.3'den de görüleceği üzere her iki AMF türü'nün KUY ile birlikte uygulandıkları domates bitkisinde gelişim gösterdikleri ve kolonize oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.3.). *G. intraradices*'in mikorhizal kök kolonizasyon oranı % 42.16, spor yoğunluğu 31 spor/g toprak, mikorhizal bağımlılık oranı ise % 40 iken, *G. mosseae*'nin mikorhizal kök kolonizasyon oranı % 26.50, spor yoğunluğu 20 spor/g toprak, mikorhizal bağımlılık oranı ise %12 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere KUY'nın 150 µl/L dozunun AMF türleri üzerinde etkili olduğu, tüm AMF gelişim parametreleri açısından (kolonizasyon, spor yoğunluğu ve mikorhizal bağımlılık) en iyi uyumun ise *G. intraradices* AMF türü ile gerçekleştiği saptanmıştır (Çizelge 4.3.).

4.3. İklim Odası Koşullarında Kekik Uçucu Yağ (KUY) ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF) Domates Kök Ve Kök Boğazı Çürüklüğü *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) Hastalığına Etkileri

Çalışmanın üçüncü ve son aşamasında iklim odası koşullarında, en iyi uyum gösteren AMF ve KUY kombinasyonu domateste FORL hastalığına karşı denenmiştir.

İklim odasında 10 hafta süresince gelişmeye bırakılan domates bitkileri bu süre sonunda bitkiye ait morfolojik parametreler, AMF kök kolonizasyonu, AMF spor yoğunluğu, mikorhizal bağımlılığı ve hastalık şiddetinin belirlenmesi gibi kriterler açısından değerlendirmeye alınmıştır.

4.3.1. Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin bazı morfolojik gelişim parametre değerleri

Domates bitkilerinde FORL hastalığına karşı AMF ve KUY uygulaması sonucu, bitkilerdeki morfolojik gelişim parametreleri (sürgün ve kök uzunluğu, sürgün çapı ile sürgün ve kök yaş-kuru ağırlıkları) değerlendirilmiş ve bu parametrelere ait değerler Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin bazı morfolojik gelişim parametre değerlerine etkisi

Uygulamalar	SB (cm)	KU (cm)	SÇ (cm)	SYA (g)	KYA (g)	SKA (g)	KKA (g)
Kontrol	46.50*öd	13.76 öd	5.55öd	28.10 öd	11.40 öd	3.56 öd	0.46 öd
AMF	45.33	13.33	4.80	30.20	13.5	3.03	0.64
KUY	46.43	12.40	4.06	27.10	10.8	3.53	0.50
FORL	44.56	13.53	4.50	27.30	12.66	3.53	0.65
AMF + KUY	48.06	12.50	3.93	26.60	13.2	3.60	0.62
AMF + FORL	45.80	13.60	4.76	27.20	14.2	2.96	0.66
KUY + FORL	47.10	13.70	4.46	27.30	13.26	3.30	0.55
AMF + KUY + FORL	50.80	13.43	4.83	27.60	11.56	3.20	0.63

AMF: *Glomus intraradices*, **FORL:** *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici*, **KUY:** Kekik uçucu yağı, **SB:** Sürgün boyu, **KU:** Kök uzunluğu, **SÇ:** Sürgün çapı, **SYA:** Sürgün yaş ağırlığı, **KYA:** Kök yaş ağırlığı, **SKA:** Sürgün kuru ağırlığı, **KKA:** Kök kuru ağırlığı

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

ö.d.: Uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değil

Çizelge 4.4' den de görüleceği üzere genel olarak domates bitkisi için sürgün ve kök uzunluğu, sürgün çapı ile sürgün ve kök yaş-kuru ağırlıkları açısından kontrol grubu ile diğer uygulama grupları arasında istatistiki olarak önemli farklar tespit

edilmemiştir. Genel olarak tüm morfolojik gelişim değerlerini incelendiğinde ise sürgün boyunun en yüksek değerinin AMF + KUY + FORL (50.80 cm), kök uzunluğu (13.76) sürgün çapı (5.55 cm) ve sürgün kuru ağırlığının (3.56 g) kontrol, sürgün yaş ağırlığının (30.20 g) AMF, kök yaş ağırlığı (14.20 g) ve kuru ağırlığının (0.66 g) ise AMF + FORL uygulama gruplarında aldığı görülmektedir (Çizelge 4.4.).

4.3.2. Kekik uçucu yağı (KUY) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL)'nin domates bitkilerindeki AMF (*G. intraradices*) gelişim parametrelerine etkisi

AMF *G. intraradices*' in domates bitkisi köklerindeki kolonizasyon oranı, rizosfer bölgesi topraklarındaki spor yoğunlukları ve mikorizal oranlarına ait elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) uygulaması yapılmış domates bitkilerinin AMF kök kolonizasyon (%), spor yoğunluğu (spor/g toprak) ve mikorhizal bağımlılık (%) değerleri

Uygulamalar	Kolonizasyon (%)	Spor Yoğunluğu (spor/g toprak)	Mikorizal Bağımlılık (%)
AMF	43.89 a*	22 a	+ 42 c
AMF X FORL	11.56 c	23 a	+ 22 a
AMF X KUY	32.65 b	25 a	+ 35 b
AMF X KUY X FORL	37.77 ab	21 a	+ 38 b

AMF : *Glomus intraradices* , **FORL**: *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici*, **KUY**: Kekik uçucu yağı

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

Çizelge 4.5'den de görüleceği gibi, çalışma kapsamında AMF uygulaması yapılmış bitki gruplarındaki AMF kolonizasyonu gerçekleşmiş ve kolonizasyon oranları % 43.89 - % 11.56 arasında mikorizal bağımlılık oranları ise % 46 - % 22 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.5.). Kolonizasyon oranı en yüksek AMF (% 43.89) muamele grubunda, en düşük değer ise AMF+ FORL (% 11.56) muamele grubunda tespit edilmiş ve gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5). Mikorizal bağımlılık oranı en yüksek AMF (%42) muamele

grubunda, en düşük değer ise AMF X FORL (%22) muamele grubunda tespit edilmiş ve muameleler arasındaki fark istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çalışmada kullanılan AMF izolatının tekli, ikili ve üçlü inokulasyonlardaki spor sayıları değerlendirildiğinde, en yüksek spor sayısı AMF + KUY (25 spor/g toprak) ikili muamele grubunda olurken, en düşük değer AMF+ KUY+ FORL (21 spor/g toprak) üçlü grubunda elde edilmiştir. Spor sayısı açısından elde edilen değerlerin istatistiki açıdan birbirinden farklı ve önemli olmadığı ($P<0.05$) ortaya konulmuştur (Çizelge 4.5).

4.3.3. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY)'nın domates bitkisinde *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL)'nin neden olduğu kök ve kök boğazı hastalığına etkilerinin belirlenmesi

İklim odası koşullarında yürütölen çalışmada, AMF ve KUY uygulanmış domates bitkilerinde FORL'nin hastalık gelişimi izlenmiş, hastalık şiddeti ve baskılama oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.6.).

Hastalık kontrol uygulamasının (sadece FORL) olduğu domates bitkilerinde ilk belirtiler yaşlı yaprakların kenarlarının sararması ile ortaya çıkmış olup bunu yaprakların solması ve kuruması izlemiştir (Şekil 4.1a) . Belirtiler yavaş yavaş üstteki daha genç yapraklara doğru ilerleyip, korteks ile ksilemde kahverengi kuru çüröklük meydana gelmiştir (Şekil 4.1b).



Şekil 4.1. a. FORL'nin domates yapraklarında meydana getirdiği hastalık belirtisi



Şekil 4.1. b. FORL'nin domates gövdesinde meydana getirdiği hastalık belirtisi

Çizelge 4.6. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), kekik uçucu yağı (KUY)'nın domates bitkisinde *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL)'nin neden olduğu kök ve kök boğazı hastalığı şiddetine etkisi (%) ve baskılama oranları (%)

Uygulamalar	Hastalık şiddeti (%)	Baskılama oranı (%)
FORL	56.40 a*	-
FORL X AMF	40.60 b	28
FORL X KUY	36.18 c	35
FORL X KUY X AMF	25.84 d	55

AMF: *Glomus intraradices* , **FORL:** *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis- lycopersici*, **KUY:** Kekik uçucu yağı

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

Çizelge 4.6' dan da görüldüğü gibi domates bitkisinde *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* (FORL)'nin domates bitkilerindeki hastalık şiddeti %25.84-%56.40 arasında değişmiştir. Hastalık şiddeti muamele gruplarına göre farklılık göstermiş ve bu farklılıklar istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6.). En yüksek hastalık şiddeti FORL kontrol uygulamasında (% 56.4) belirlenirken, en düşük değer ise FORL + KUY + AMF uygulamasında (% 25.84) tespit edilmiştir. AMF ve KUY uygulamalarının FORL'nin hastalık şiddetini baskılama oranları %28-%55 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek baskılama oranı FORL + KUY + AMF uygulamasında (%55), en düşük baskılama oranı ise FORL + AMF uygulamasında (%28) tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.).

Mevcut çalışmada, FORL ile bulaşık saksılarda AMF ve KUY uygulamalarının FORL'nin domates bitkisi üzerindeki hastalık şiddeti üzerinde baskılayıcı etkisinin olduğu, bu baskılayıcı etkinin AMF ve KUY'un birlikte kullanıldığı uygulamalarda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6.).



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, bazı Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) türleri (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*) ile bazı uçucu yağların (kekik, nane, adaçayı), domateste *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* (FORL)'nin yol açtığı kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında; in vitro koşullarda uçucu yağ ve uygun uçucu yağ dozunun FORL'nin gelişimine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla üç farklı uçucu yağ çeşidi ile bu uçucu yağların beş farklı dozu (25, 50, 75, 100, 150 µl/L) FORL' ye karşı denenmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen verilere göre uçucu yağ çeşitleri ile uçucu yağ dozlarının FORL'yi engelleme oranlarının birbirinden farklılık gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.1). Söz konusu farklılıkların, uçucu yağ bileşenlerinin fungus hücrelerinin yaşamsal faaliyetlerinin işleyiş mekanizmalarını bozmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim yapılan bir araştırmada, *Tagetas patula* (kadife çiçeği) uçucu yağının *B. cinerea* fungusunun membran içinde mitokondri çevresinde dejenerasyon, plasma membranını hücre duvarından ayırma, çekirdek çevresinde ve endoplazmik retikulum yapılarında kısmi bozulmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir (Romagnoli ve ark., 2005). Tarafımızdan yapılan çalışma sonucunda, uçucu yağ çeşitleri ile uçucu yağ dozlarının FORL' yi engelleme oranlarının en iyi kombinasyonu kekik uçucu yağının 150 µl/L dozu olduğu ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* fungusunun misel gelişimini % 100'e yakın engellediği belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bulgularla örtüşen başka bir çalışmada, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum circinans*, *Alternaria mali*, *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı kekik (*Tymus vulgaris*), kimyon (*Cuminum cyminum*), ardıç (*Juniperus communis*), nane (*Mentha piperita*), çörtük (*Echinophora tenuifolia*), okaliptus (*Eucaliptus* sp.), yavşan (*Artemisia* spp.) bitkilerinin uçucu yağlarının 1, 10 ve 50 µl/petri dozları test edilmiş ve 50 µl/petri oranında çalışılan tüm fungusların misel gelişimini %100 engellediği tespit edilmiş, uçucu yağ yağ çeşitlerinin mikroorganizmalar üzerindeki etkilerinin bitki türü, kullanılan ortamın özellikleri ve zamana göre değiştiği ifade edilmiştir (Boyras ve Koçak, 2006). Kekiğin fungal mikroorganizmalar dışında da etkili olduğu ve bazı bakterilerin gelişimini engellediği belirtilmiştir (Uçar ve ark., 2015). Bozhöyük ve ark. (2015) tarafından yapılan bir başka

çalışmada da bir kekik türü olan *Satureja hortensis* L. bitkisinden ekstrakte edilen uçucu yağın in vitro koşullarda bazı fitopatojen funguslara (*Fusarium equiseti*, *Botrytis* sp., *Phytophthora capsici*, *Nigrospora oryzae*, ve *Rhizoctonia solani*) karşı antifungal etkisinin olduğu ifade edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında iklim odası koşullarında saksılarda yetiştirilen domates bitkilerine, iki farklı AMF türü (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*) ile 150 µl/L dozundaki kekik uçucu yağı uygulanmıştır. İklim odasında 10 hafta süresince tutulan bitkiler bazı morfolojik ve AMF'nin gelişimi ve uyumunu gösteren bazı gelişim parametreleri (kök kolonizasyonu, rizosfer bölgesi topraklarındaki spor yoğunlukları ve mikorhizal bağımlılık) açısından değerlendirmeye alınarak, 150 µl/L dozundaki kekik uçucu yağının en iyi uyumu AMF *G. intraradices* ile gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.3.). Sonuçları değerlendirdiğimizde kekik uçucu yağının farklı iki AMF türüne etkisi farklı olmuştur. Yapılan bir çalışmada nane uçucu yağı (*Mentha spicata*) ile AMF türlerinden *Glomus intraradices* fungusuna uygulanmış ve nane uçucu yağının *Rhizophagous irregularis*' un gelişimini engellediği saptanmıştır (Stamou ve ark. 2017). Monokrousos ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada da domates bitkisine kıvrıcık nane (*Mentha spicata*) uçucu yağı ve AMF (*Rhizophagous irregularis*) birlikte uygulanmış ve her iki muamelenin birbirini olumlu yönde etkilediği ortaya konmuş, bu kombinasyonda asparaginase ve glutaminase enzimlerinin sinerjistik etki oluşturduğu ifade edilmiştir. Söz konusu çalışmada ayrıca, uçucu yağların simbiyoz öncesi uygulanması durumunda pozitif etkinin olamayacağı belirtilmiştir. Tarafımızdan yapılan çalışmada da önce AMF inokulasyonu yapılmış ve muhtemel simbiyozun gerçekleştiği sürenin (6 hafta) sonunda uçucu yağ uygulanmıştır.

Çalışmanın son aşaması, iklim odası koşullarında saksılarda yetiştirilen domates bitkilerinin, AMF *Glomus intraradices* ile 150 µl/L dozundaki kekik uçucu yağının domates bitkisindeki *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ' nin yol açtığı kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı üzerine etkileri araştırılması üzerine yapılmıştır. İklim odası koşullarında domates fidelerine yapılan FORL inokulasyonunda, hastalığın seyri ve belirtileri literatürde belirtilen gelişime paralellik göstermiştir (Jarvis ve Shoemaker, 1978; Roberts ve ark., 2000). Çalışmada, hastalık belirtisi gösteren bitkilerin gövde, yaprak ve yaprak sapından yapılan izolasyonlar sonucu FORL tekrar elde edilmiştir.

Deneme sonunda, domates bitkileri hastalık şiddetinin yanı sıra AMF'un spor yoğunluğu, mikorhizal bağımlılık gibi kriterler ve bazı morfolojik gelişim parametreleri açısından değerlendirmeye alınmıştır. Genel olarak domates bitkisi için sürgün ve kök uzunluğu, sürgün çapı ile sürgün ve kök yaş-kuru ağırlıkları açısından kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiki olarak önemli farklar tespit edilmemiştir (Çizelge 4.4.).

Arbusküler mikorhizal funguslar simbiyotik mikroorganizmalar olup, konukçusu olduğu bitkiye belli koşullar altında yarar sağlamaktadırlar. AMF'ler, bitkilerin kök sisteminde kolonizasyona geçtikten sonra kök sisteminin absorpsiyon alanını genişleterek topraktaki çözünemeyen mineralleri çözünebilir hale getirmekte ve bitkinin alabileceği forma dönüştürmektedirler. Ayrıca, dışsal hipleri yardımıyla konukçu bitki köklerinin etki alanını da genişletmekte, daha fazla su ve besin alımına katkıda bulunmaktadır. Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde AMF'ler bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Smith ve Read, 1997; Demir, 1998; Johansen ve ark., 2004). Mevcut çalışmamızda, genel olarak morfolojik gelişim parametreleri açısından kontrol uygulamalarına göre diğer muamele grupları arasında istatistiki olarak fark görülmemekle beraber, bazı gelişim parametrelerinde AMF'nin veya AMF ile uçucu yağ kombinasyonunun etkili olduğu görülmüştür. Burni ve ark., (2013) tarafından yapılan çalışmada da AMF x uçucu yağ kombinasyonunun bitki gelişimi açısından teşvik edici olduğu belirtilmiştir.

Çalışmada AMF uygulaması yapılmış domates bitkilerinde *G. intraradices*'in kök kolonizasyon ve mikorhizal bağımlılık oranları ile toprak spor yoğunluğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5.). Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde genel olarak en yüksek değer AMF kontrol uygulamasında elde edilmiş ve toprak spor yoğunluğu değerleri hariç diğer parametreler açısından muamele grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Kök rizosferindeki en önemli simbiyont mikroorganizmalardan biri olan AMF'ler, lokalize oldukları bölgedeki mevcut biyotik ve abiyotik koşullardan etkilenmekte, bu durum fungusun kolonizasyon, spor yoğunluğu veya bağımlılık gibi gelişim kriterlerini de olumlu/olumsuz etkileyebilmektedir (Akköprü ve Demir, 2005).

Tarafımızdan yapılan çalışmada KUY'un kontrol AMF uygulamasına göre *G. intraradices*'in, mikorhizal bağımlılık hariç diğer iki parametre üzerinde olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5.). Burni ve ark. (2013) ve Stamou ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmalarda da uçucu yağların kontrol AMF uygulamalarına göre AMF'un kolonizasyonunu düşürdüğü ve bu azalışlarda topraktaki bazı enzim aktivitelerinin etkili olduğu belirtilmiştir.

Mevcut çalışmamızda genel olarak FORL'nin yer aldığı tüm uygulamalarda AMF gelişim parametrelerinde, AMF kontrol uygulamasına göre azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.5.). AMF'ların kök bölgesi kolonizasyonlarının toprak kaynaklı patojenler tarafından nasıl veya ne kadar etkilendiği konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Akköprü ve Demir (2005) ve Demir ve ark. (2015), AMF funguslarının, farklı konukçu/patojen patosietimleri tarafından etkilendiğini ve kök kolonizasyonlarının olumsuz yönde etkilendiğini belirtirken, Caron ve ark. (1985) ve Aslanpay ve Demir (2015) ise AMF'un kök bölgesindeki kolonizasyon oranlarının önemli düzeyde etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, AMF'un bitki patojenleri köklerde oluşturdukları birlikteliklerin, AMF'un gelişim parametrelerini etkilediği ve bu etkinin rizosferdeki yoğun kök x mikroorganizma ilişki ağından kaynaklandığı düşünülmektedir (Akköprü ve Demir, 2005).

Çalışma kapsamında AMF ve uçucu yağ uygulamalarının domates bitkisinde FORL üzerindeki etkisine yönelik olarak da değerlendirmeler yapılmıştır. AMF ve kekik uçucu yağının FORL'nin şiddeti ve hastalığın baskılanma oranları üzerine etkileri muamale gruplarına göre farklılık göstermiştir (Çizelge 4.6.). En yüksek hastalık şiddeti FORL kontrol uygulamasında (% 56.40) elde edilirken, en düşük değer ise FORL + KUY + AMF (% 25.84) üçlü uygulamalarında tespit edilmiştir. Hastalığın baskılanma oranlarında da en yüksek baskılanmanın FORL + KUY + AMF (%55) üçlü kombine uygulamasında, en düşük baskılanmanın ise FORL + AMF (% 28) uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6.). Tarafımızdan yapılan çalışma sonucunda, FORL ile bulaşık saksılarda AMF ve KUY uygulamalarının FORL'nin domates bitkisi üzerindeki hastalık şiddeti üzerinde baskılayıcı etkisinin olduğu, bu baskılayıcı etkinin AMF ve KUY'un birlikte kullanıldığı uygulamalarda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6.).

Çalışma sonuçlarından da görüleceği üzere FORL'ye karşı uygulanan biyotik ve abiyotik faktörlerin her ikisi de patojen üzerinde etkili olmuş ve kontrol uygulamasına göre hastalığı baskı altına almışlardır.

AMF'un özellikle toprak patojenleri ve kapsam daraltıldığında *Fusarium* spp üzerinde engelleyici etkisinin olduğu birçok çalışmada da ortaya konmuştur (Caron, 1985; Akköprü ve Demir, 2005; Şavur 2015). Söz konusu çalışmalarda, AMF'un varlığı durumunda bitki dayanıklılığının arttığı, kök nekrozlarının azaldığı, hastalığın yoğunluğu ve şiddetinin belirgin şekilde azaldığı ifade edilmektedir. Hastalık şiddeti ve yoğunluğundaki bu azalışların, AMF'larının rizosferde yarattıkları engelleyici etkiden kaynaklandığı, bunun yanı sıra bitki besin maddelerinin alınımının artması, besin ve yer için yarışma, kök bölgesindeki modifikasyonlar ve bitkideki savunma/defans silahlarının aktif hale gelmesi gibi muhtemel hastalık baskılama mekanizmalarının etkin olduğu varsayılmaktadır (Demir ve Akköprü, 2007).

Çalışmamızda, FORL'nin baskılanmasında en etkili uygulamanın AMF + KUY uygulaması olduğu görülmüş ve hastalığın %55 oranında baskılandığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.). AMF ve uçucu yağların bitki hastalıklarına karşı beraber uygulanmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Her iki uygulama tek başlarına uygulandıklarında bitki hastalıklarına karşı oldukça etkili olmaktadır. Beraber uygulandıklarında tek tek kendi engelleme mekanizmalarının aktif olmasının yanı sıra, arbusküler mikorhizal fungusların, uçucu yağ kompozisyonları ve bileşiminde meydana getirdiği modifikasyonların bitkiye pozitif olarak yansımanın bitki dayanıklılığı açısından etkili olduğu düşünülmektedir (Rydlová ve ark., 2016).

Sonuç olarak elde edilen veriler doğrultusunda;

- ✓ İn vitro koşullarda adaçayı ve nane uçucu yağlarına göre kekik uçucu yağının tüm dozlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis- lycopersici* 'nin gelişimini önemli ölçüde engellediği ve en etkili dozun 150 µl/L dozu olduğu belirlenmiştir.
- ✓ İklim odası koşullarında saksıda yetiştirilen domates bitkilerinde, iki AMF türü, *G. intraradices* ve *G. mosseae*, ve kekik uçucu yağının 150 µl/L dozundaki kombinasyonları denenmiş, mikorhizal bağımlılık ve AMF kolonizasyon oranı ve spor yoğunluğu açısından yapılan değerlendirmelerde *G. intraradices*'in kekik uçucu yağ ile uyumunun daha yüksek olduğu saptanmıştır.

- ✓ Kekik uçucu yağı ve AMF *G. intraradices*'in domates bitkilerindeki FORL üzerine etkileri iklim odası koşullarında denenmiştir. FORL'nin domates bitkilerindeki hastalık şiddeti %25.4-%56.4 arasında değişmiş olup en düşük hastalık şiddeti FORL + KUY + AMF uygulamasında görülürken, en yüksek hastalık şiddeti kontrol FORL uygulamasında tespit edilmiştir.
- ✓ FORL ile bulaşık saksılarda AMF ve KUY uygulamalarının FORL'nin domates bitkisi üzerindeki hastalık şiddeti üzerinde baskılayıcı etkisinin olduğu, bu baskılayıcı etkinin AMF ve KUY'un birlikte kullanıldığı uygulamalarda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Mevcut çalışmada da ortaya konduğu üzere uçucu yağların çeşitli fitopatojen funguslara karşı oldukça güçlü antifungal etkileri vardır. Bununla beraber uçucu yağların stabilitelerinin kısıtlı olması ve yüksek uçuculuk özelliği göstermesi gibi dezavantajları da mevcuttur. Ayrıca uçucu yağların çok yüksek buharlaşma özelliğinden dolayı arazi şartlarında pratikte uygulanması mümkün olmamaktadır. Ancak son zamanlarda özellikle depo ve seralarda uygulamaya yönelik çalışmaların arttığı görülmektedir. Mevcut çalışmamızda da hem *in vitro* hem *in vivo* koşullar altında en yüksek antifungal etkiyi gösteren kekik uçucu yağının, FORL'ye karşı AMF ile birlikte kullanıldığında etkin bir mücadele aracı olabileceği görülmüştür. Söz konusu bu sonuç fungusitlerin azaltılması yönünde ümit vericidir. Çalışma kapsamında yer alan FORL gibi mücadelesi oldukça güç bir toprak patojenine karşı AMF ve UY gibi farklı alternatif uygulamalar denenerek hastalıkla ilgili mücadele çalışmalarına yeni bir ivmenin kazandırılabilceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acquaah, G., 2002. *Horticulture Principles and Practices*. Prentice Hall, New Jersey.
- Agrios G. N., 2005. *Plant Pathology*, Fifth Edition, Elsevier Academic Press, 922.
- Akköprü, A., Demir, S., 2005. Biological control of *Fusarium* wilt in tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some Rhizobacteria, *Journal of Phytopathology*, **153**(9):544-550.
- Anonim, 2018a. FAO., Food And Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/statistics> Erişim tarihi: 18.01.2018.
- Anonim, 2018. TÜİK., 2018 Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> Erişim tarihi: 19.06.2018.
- Anonim, 2018b. Growing Tomato Plants. <https://www.burnabynow.com/community/gardening/gardening-tips-on-growing-tomatoes-1.1070318> Erişim tarihi: 19.11.2018.
- Anonim, 2018a. *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/10600/Bioagresseurs-telluriques-Fusarium-oxysporum-f-sp-radicis-lycopersici> Erişim tarihi: 9.1.2018.
- Anonim, 2018b. *Fusarium Oxysporum*. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5215/Tomate-Principaux-symptomes> Erişim tarihi: 9.1.2018.
- Appendini, P., Hotchkiss, J.H., 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technology*, **3**: 113-126.
- Aslanpay, B., Demir, S., 2015. Arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve hümkik asit'in biber (*Capsicum annum* L.) bitkisinin gelişimi ve *Phytophthora capsici* Leonian'ın neden olduğu kök boğazı çürüklüğü hastalığına etkileri. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi* **25** (1): 45-57.
- Attitalla, H.I., Fatehi, J., Levenfors, J., Brishammar, S., 2004. A Rapid molecular method for differentiating two special forms (*lycopersici* and *radicis lycopersici*) of *Fusarium oxysporum*. *Polish Journal of Microbiology*, **53**: 111- 116.
- Azcon-Aguilar, C., Barea, J.M., 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soilborne plant pathogens an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, **6**: 457-464.
- Benhamou, N., Lafontaine, P. J., Nicole, M., 1994. Induction of systemic resistance to *Fusarium* crown and root rot in tomato plants treated with chitosan. *Phytopathology*, **84**: 1432-1444.
- Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C., Codon, A.C., 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. *International Microbiology*, **7**(4): 249-260.
- Bethlenfalvay, G.J., 1992. Mycorrhizae and crop productivity. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture ASA Special Publication*, **54**: 1-27.
- Blancard, D., 1993. *Domates Hastalıkları: Gözlem, Teşhis, Mücadele*. Hasad Yay., İstanbul, 215.
- Bolan, N.S., Robson, A.D., Barrow, N.J., 1987. Effects of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae the availability of iron phosphates to plants. *Plant and Soil*, **99**: 401-410.

- Bolwerk A., 2005. *Cellular Interactions During Biological Control of Tomato Foot and RootRot* (PhD thesis). Leiden University.
- Boyras, N., Koçak, R., 2006. Bazı bitki ekstraktlarının in vitro antifungal etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **20** (38): 82-87
- Bozhüyük, U., Kordali, Ş., Bölük, G., 2015. *Satureja hortensis* L. uçucu yağının antifungal etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **46** (2): 107-112
- Brammell, R., Mc Keown, A., 1989. An occurrence in Ontario of *Fusarium* crown and root rot disease in field-grown processing tomatoes originating from multi-celled tray transplants. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **11**: 75-79.
- bURT, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *Int. J. Food Microbiol*, **94**: 223-253.
- Burni, T., Hussain, F., Sharif, M., 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on essential oils of two pharmaceutically important mentha species in marginal soils. *Pak. J. Bot*, **45**(1): 293-296.
- Buwalda, J.G., Stribley, D.P., Tinker, P.B., 1983. Increase uptake of anions by plants with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas. *Plant and Soil*, **71**: 463-467.
- Caccioni, D., Guizardi, M., 1994. Inhibition of germination growth of fruit and vegetable post-harvest pathogenic fungi by essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, **6**: 173-179.
- Can, C., Elekcioglu, H., Yücel, S., Özaslan, M., 2003. *Seralarda Domates Fusarium Solgunluğuna Neden Olan Türlerin Tanısı, Hastalık Oluşumunda Nematodlar ile İlişkileri ve Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi*. TÜBİTAK TARP-2371 No'lu Proje Sonuç Raporu.
- Can, C., Yücel, S., Korolev, N., Katan, T., 2004. First report of *Fusarium* crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. *Plant Pathology*, **53**(6): 814-814.
- Caron, M., Fortin, J.A., Richard, C., 1985. Effect of glomus intraradices on infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomatoes over a 12-week period. *Cant. J. Bot*, **64**: 552-556.
- Caron, M., 1989. Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*, **11**: 177-179.
- Chet, I., Elad, Y., Kalfon, A., Hadar Katan, J., 1982. Integrated control soil-borne and bulb-borne pathogens in iris. *Phytoparasitica*, **10**: 229-231.
- Cook, R.J., 1993. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annual Review Phytopathology*, **31**: 53-80.
- Cooner, D.E., Beuchat, L.R., 1984. Effect of essential oil from plants on food spoilage yeasts. *Journal of Food Science*, **49**: 429-434.
- Cooper, C.M., 1984. Physiology of VA Mycorrhizal Associations. *VA Mycorrhizae* (Editör: Powell, C.L., Bagyaraj, D.J.). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 155-186.
- Copetta, A., Lingua, G., Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, **16**: 485-94.
- Çakır, C., Yeğen, O., 1988. *Antalya ve Çevresindeki Bazı Bitkilerin Uçucu Yağlarının Fungitoksik Potansiyellerinin Araştırılması*. A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G., 2003. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp and *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*. **Crop Protection**, **22**: 39-44.
- Dehne, H.W., 1982. Interactions between vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. **Phytopathology**, **72**: 1115-1119.
- Delen, N., Yildiz, M., 1984. Sensivity to benzimidazole compounds in *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerium*. **The Journal of Turkish Phytopathology**, **13** (2-3): 63-70.
- Declerck, S., Plenchette, C., Strullu, D.G., 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant Soil**, **176**: 183-187.
- Demir, S., 1998. **Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerine Araştırmalar**(doktora tezi, basılmamış). E.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Demir, S., Akköprü, A., 2007. Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. **In: Biological Control of Plant Diseases**. (Editör: Chincholkar, S.B., Mukerji, K.G.). Haworth Press, NY, USA, 17-37.
- Demir, S., Sipahioğlu, H.M., Kaya, İ., Akköprü, A., Usta, M., Aysan, E., 2008. **Van ve Çevresinde Gramineae Familyasına Ait Bitkilerde Arbusküler Mikorhizal Fungusların (AMF) Tür Çeşitliliğinin Nested-PCR Yöntemiyle Belirlenmesi TUBİTAK-TOGTAG, 3367 No'lu proje Kesin Raporu**, 38.
- Demir, S., Şensoy, S., Ocak, E., Tüfenkçi, Ş., Demirer Durak, E., Erdiñç, Ç., Ünsal, H., 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF), humic acid and whey on wilt disease caused by *Verticillium dahliae* Kleb. in three *Solanaceous* crops. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **39**: 300-309.
- Dianz, F., Santos, M., Blanco, R., Tello, J.C., 2002. Fungicide resistance in *Botrytis cinerea* isolate from strawberry crops in Huelva (southwestern Spain), **Phytoparasitica**, **30**: 529-534.
- Ding, J., Shi, K., Zhou, Y.H., 2009. Microbial community responses associated with the development of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* after 24- epibrassinolide applications to shoots and roots in cucumber. **European Journal of Plant Pathology**, **124** (1): 141-150.
- Dudai, N., Poljakof-Mayber, A.M., Mayer, E., Putievsky, H.R., Lerner, A., 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. **Journal of Chemical Ecology**, **25**(5):1079-1089
- Duijff, B.J., Recorbet, G., Bakker, P.A., Loper, J.E., 1999. Microbial antagonism at the root level is involved in the suppression of Fusarium wilt by the combination of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47 and *Pseudomonas putida* WCS358. **Phytopathology**, **89** (11): 1073-1079.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz, F (1987). **Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II)**. Ankara Üniv. Basımevi. Ankara
- Ercan, N., Ayar, F., Şensoy, A.S., Temirkaymak, M., 2002. Bazı domates çeşitlerinin antalya koşullarında açıkta yetiştirilme olanakları üzerinde bir araştırma. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **15** (2): 101-105.
- Farag, R.S., DAW, Z.Y., Abo-Raya, S.H., 1989. Influence of some spice essential oils on Aspergillus parasiticus and production of aflatoxins in a synthetic medium. **Journal of Food Science**, **54** (1): 74-76.

- Fravel, D.R., 2000. Commercial Biocontrol Products Available for use Against Plant Pathogens. <http://www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/productlist2005>. USA. Erişim tarihi:15.01.2017.
- Fravel, D.R., Bailey, B.A., Bao, J., 2002. *Differences in Gene Expression Between Pathogenic And Biocontrol Fusarium* (Master Thesis). USDA, ARS, Beltsville,25
- Freitas, M.S.M., Martins M.A., Curcino Vieira I. J., 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquisa Agropec*, **39**: 887-94.
- Gai, J.P., Christie, P., Feng, G., Li, X.L., 2006. Twenty years of research on community composition and species distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in China. *Mycorrhiza*, **16**: 229-239.
- Gazozcuzade, N., 2010. *Silifke Yayla Köylerinde Domates Üretiminde Hastalık Yönetimi*. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Gerdemann L.W., Nicholson T., H., 1963. Spores of mycorrhizal endogene extracted from soil by wet sieving and decanting, *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **46**: 235 – 244.
- Gildon, A., Tinker, P.B., 1983. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhiza infection and heavy metals in plants. I. the effect of heavy metals on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist*, **95**: 247-261.
- Giovanetti I. M., Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytol.*, **84**: 489- 500.
- Giovannetti, M., 2000. Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth. *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. (Editör: Kapulnik, Y., Douds, Jr.,). Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 47-68.
- Gould, W.A., 1983. *Tomato Production, Processing and Quality Evaluation*. Westport, CO, USA. 445.
- Isman, M.B., 2000, Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19-603.
- İşcan, G., 2002. *Umbelliferae Familyasına Ait Bazı Bitki Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması (Yüksek lisans tezi)*. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 74.
- Hadizadeh, L., Peivasteag, B., Hamzezharghani, H., 2009. Antifungal activity of essential oils from some medicinal plants of Iran against *Alternaria alternata*. *American Journal of Applied Sciences*, **6**: 744-748.
- Hartman, J. R., Fletcher, J. T., 1991. *Fusarium* crown and root rot of tomatoes in the UK. *Plant Pathology*, **40**: 85-92.
- Hibar, K., Daami-Remadi, M., Jabnoun-Khiareddine, H., El Mahjoub, M., 2006. Control of *Fusarium* crown and root rot of tomato, caused by *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*, by grafting onto resistant rootstock. *Plant Pathology Journal*, **5** (2): 161-165.
- Hodge, A., 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology*, **32**: 91-96.
- Horinouchi, H.A., Muslim, T., Suzuki Hyakumachi. M., 2007. *Fusarium equiseti* GF191 as an effective biocontrol agent against fusarium crown and root rot of tomato in rock wool systems. *Crop Protection*, **26**: 1514-1523.
- Jarvis, W.R., Shoemaker, R.A., 1978. Taxonomic status of *Fusarium oxysporum* causing foot and root rot of tomato. *Phytopathology*, **68**: 1679-1680.

- Johansen, A., Jacobsen, I., Jensen, E.S, 1994. Hyphal N transport by a vesicular - arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown of three nitrogen levels. *Plant and Soil*, **160**: 1-9.
- Johansson, J.F., Paul, L.R., Finlay, R.D., 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecolog*, **48**: 1-13.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., Zitter, T.A. 1991. Compendium of Tomato Diseases. *American Phytopathological Society Press*, Minnesota, USA. 73.
- Kacar, B., 1984. *Bitki Besleme Uygulama Klavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 900. Uygulama Klavuzları, 214.
- Kaçar, Ö., Özer, N., 2000. *Soğanda Tohumla ve Toprakla Taşınan Funguslar Üzerine Bazı Bitki Ekstraktları ve Kompost Ekstraktları Uygulamalarının Etkinliği (Yüksek Lisans Tezi)*. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Kapoor, R., Giri, B., Mukerji, K.G., 2004. Improved growth in essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresour Techno.*, **93**: 307-311.
- Karagiannidis, N., Thomidis, T., Lazari, D., Panou-Filothou, E., Karagiannidou, C., 2013. Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth, nutrient concentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. *Sci. Horti*, **129**: 329-334.
- Katan, J., 1996. Soil solarization: Integrated control aspects. *Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens* (Editör: Hall, R.). APS Press, St. Paul, MN, USA. 250-278.
- Katan, T., Zamir, D., Sarfatti, M., and Katan, J., 1991. Vegetative compatibility groups and subgroups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicislycopersici*. *Phytopathology*, **81**: 255-262.
- Keklikçi, Z., 2014. *Bitkisel Üretim, Ulusal Çevre ve Ekoloji Öğrenci Kongresi*. 1-2 Mart 2014, Ankara.
- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., Novak J, 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). *Mycorrhiza*, **16**: 443-6.
- Killham, K., Firestone, M.K., 1983. Vesicular arbuscular mycorrhizal mediation of grass response to acidic and heavy metal depositions. *Plant and Soil*, **72**: 39-48.
- Koide, R.T., 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, **117**: 365-386.
- Koide, R. T., Mosse, B., 2004. A History of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, **14**(3): 145-163.
- Kordali, Ş., Çakır, A., Akcin, T.A., Mete, E., Akcin, A., Aydın, T., Kılıç, H., 2009. Antifungal and herbicidal properties of essential oils and n-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, **29**: 562-570.
- Kavroulakis N., Ehaliotus C., Ntougias S., Zervakis G.I., Papadopoulou K.K., 2005. Local and Systemic Resistance Against Fungal Pathogens of Tomato Plants Elicited by a Compost Derived From Agricultural Residues. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **66**: 163-174
- Kütevin, Z., Türkeş, T., 1994. *Sebzecilik Genel Sebze Tarımı Prensipleri Ve Pratik Sebzecilik Yöntemleri*. İnkilap Kitabevi, İstanbul, 232.

- Lambert, D.H., Baker, D.E., Jole, H.J.R., 1979. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorous with zinc, copper, and other elements. *Soil Science Society America Journal*, **43**: 976-980.
- Laine, U.L., Pettway, R.E., Katan, T., Kistler, H.C., 1999. Population genetic analysis corroborates dispersal of *F.oxysporum f. sp. radidis-lycopersici* from Florida to Europe. *Phytopathology*, **89**: 623-631.
- Li, X.L.; George, E.; Marschner, H. 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil*, **136**: 41-48.
- Linderman, R. G., 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effect, *Phytopathology*, **78**(3): 366-371.
- Linderman, R.G., 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*, **54**: 45-71.
- Lu, X., Koide, R.T., 1994. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction, *New Phytologist*, **128**: 211-218.
- Lumsden, R.D., Lewis, J.A., Fravel, D.R., 1995. Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soil-borne plant pathogens. *Ecologically Based Pest Management: New Solutions for a New Century*. Academic Press, Washington, 144.
- Mahmuz, I., Khalequzzaman, M., 2007. Contact and fumigant toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *Univ. J. Zool. Rajshahi Univ.* **26**: 63-66.
- Mandeel, Q., Baker, R., 1991. Mechanisms involved in biological control of Fusarium wilt of cucumber with strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, **81** (4): 462-469.
- Mandeel, Q.A., 2006. Influence of plant root exudates, germ tube orientation and passive conidia transport on biological control of Fusarium wilt by strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Mycopathologia*, **161** (3): 173-182.
- Martin, F., Slotter, H., 2007. An evolving host for mycorrhizal research, *New Phytologist*, **174** (2): 225-228.
- Matsubara, Y., Ohba, N., Fukui, H., 2001. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungus Infection on the Incidence of Fusarium Root Rot in Asparagus Seedlings. *Journal of Japan Society Horticulture Science*, **70**(2): 202-206.
- Menzies J.G., Koch C., Seywerd F., 1990. Additions to the host range of *Fusarium oxysporum f. sp. radidis-lycopersici*. *Plant Dis.*, **74**: 569-572.
- Menzies, J.G., Jarvis, W.R., 1994. The infestation of tomato seed by *Fusarium oxysporum f. sp. radidis-lycopersici*. *Plant Pathol*, **43**: 378-386.
- Mihuta-Grimm, L., Erb, W.A., Rowe, R.C., 1990. *Fusarium* crown and root rot of tomato in green house rock wool system: sources of inoculum and disease management with benomyl. *Plant Dis.*, **74**: 996-1002
- Moreno, C. S., Ancos, B., Plaza, L., Martinez, P. E., Cano, M. P., 2008. Nutritional Characterization of Tomato Juices. *In: Tomato and Tomato Products Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties*. Predy, V.R. Wat.
- Morton, J.B., Bentivenga, S.P., 1994. Levels of diversity in endomycorrhizal fungi (*Glomales*, *Zygomycetes*) and their role in defining taxonomic and non - taxonomic groups. *Plant and Soil*, **159**: 47-59.
- Nerio, L.S., Olivero-Verbal, J., Stashenko, E., 2010. Reperllent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, **101**: 372-378.
- Olanya, O.M., Larkin, R.P., 2006. Efficacy of essential oils and biopesticides on *Phytophthora infestans* suppression in laboratory and growth chamber studies.

- Biocontrol Science and Technology*, **16** (9): 901-917
- Omar, I., O'Neill, T.M., Rossall, S., 2006. Biological control of *Fusarium* crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined with the fungicide carbendazim. *Plant Pathology*, **55**: 92-99.
- Onawunmi, G.O., 1989. Evaluation of the antimicrobial activity of citral. *Microbial*, **9**: 105-108.
- Özbahçe, A., Padem, H., 2007. Üstün verim ve teknolojik özelliklere sahip bazı salçalık domates çeşitlerinin Isparta koşullarına uygunluğunun belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **11**(2): 128-133.
- Petro-Turza, M., 1987. Flavor of tomato and tomato products. *Food Review International*, **2** (3): 309-351.
- Peng. S., Eisenstat, D.M., Graham, J.H., Williams, K., Hodge, N.C., 1993. Growth depression in mycorrhizal citrus at high phosphorous supply: Analysis of carbon costs. *Plant Physiology*, **101**: 1063-1071.
- Rekah, Y., Shitienberg, D., Katan, J., 2001. Population dynamics of *Fusarium oxysporum f.sp. radicislycopersici* in relation to the onset of *Fusarium* crown and root rot of tomato. *European Journal of Plant Pathology*, **107**(4): 367-375
- Reimann, S., Deising, H.B., 2000. Fungicides risk of resistance development and search for new targets. *Archives Phytopathology and Plant Protection*, **33**: 329-349.
- Rhodes, L.H., 1980. The use of mycorrhizae in crop production systems. *Outlook on Agriculture*, **10**(6): 275-281.
- Robacker, D.C., Hendry, L.B., 1977. Neral and geraniol: components of the sexpheromone of the parasitic wasp, *Itopectis conquisitor*. *J. Chem. Ecol*, **3**: 563-577.
- Roberts, P.D., McGovern, R.J., Datnoff, L.E., 2000. *Fusarium* crown and root rot of tomato in Florida. *Plant Pathology*, **54**: 45-71
- Rodgers, P.B., 1993. Potential of biopesticides in agriculture. *Pesticide Science*, **39**: 117-29.
- Rowe, R.C., 1980. Comparative pathogenicity and host ranges of *Fusarium oxysporum* isolates causing crown and root rot of greenhouse and field-grown tomatoes in North America and Japan. *Phytopathology*, **70**: 1143-1148
- Rydlová, J., Jelínková, M., Dušek, K., Dušková, E., Vosátka, M., Püschel, D., 2016. Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill. *Mycorrhiza*, **26**: 123-131.
- Saharkhiz, M.J., Ashiri, F., Salehi, M.R., Ghaemghami, J., Mohammadi, S.H., 2009. Allelopathic potential of essential oils from *Carum capticum* L., *Cuminum cyminum* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Zateria multiflora* Boiss. *Medicinal Aromatic Plant Science and Biotechnology*, **3**: 32-35.
- Salamci E., Kordali S., Kotan R., Cakir A and Kaya Y., 2007. Chemical composition, antimicrobial and herbicidal effects of essential oils isolated from Turkish *Tanacetum aucheranum* and *Tanacetum chiliophyllum* var. *chiliophyllum*. *Biochemical Systematics and Ecology*, **35**: 569-581.
- Sato, R., Araki, T., 1974. On the tomato root-rot disease occurred under vinyl- house condition in Southern Hokkaido. *Ann. Rep. Soc. Plant Prot. N. Jpn*, **25**: 5-13
- Schenck, N.C., Smith, G.S., 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. *Mycologia*, **74**(1): 77-93.

- Schmitt, A., 1994. Plant extracts as pest and disease control agents. proceedings of international meeting 'cultivation and improvement of medicinal and aromatic plants, *Trento*, **1**: 265-272.
- Scott J.W., Jones J.P., 2000. Fla 7775 and Fla 7781: Tomato breeding lines resistant to Fusarium crown and root rot . *Hort Science*, **35**: 1183-1184.
- Schönbeck, F., 1980. Endomycorrhiza in relation to plant diseases. *Soil borne pathogens Chapter*, **23**: 271 - 280.
- Sevgican, A., 1999. *Örtüaltı Sebzeçiliği*. EÜ, Ziraat Fak., Yay. No: 528, İzmir.75.
- Sieverding, E., 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae management in tropical agrosystems. *Technical Cooperation*, Federal Republic of Germany, 372.
- Smith, G.S., 1988. The role of phosphorus nutrition in interactions of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi with soilborne nematodes and fungi. *Phytopathology*, **78**(3): 371-374.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mineral nutrition, heavy metal accumulation and water relations of VA mycorrhizal plants. *Mycorrhizal Symbiosis*, **53**: 126-160.
- Smith, S.E., Read, D.J. 1997. Vesicular arbuscular mycorrhizas. *Mycorrhizal Symbiosis*(Editörs: Smith, E.S., D.J. Read, D.J.). Academic Press, London. 9-161.
- Sodaiezadeh, H., Rafleiolhossaini, M., Damme, P.V., 2010. Herbicidal activity of a medicinal plant, *Peganum harmala* L., and decomposition dynamics of its phytotoxins in the soil. *Industrial Crops and Products*, **31**: 385-394.
- Sorour, J., Larink, O., 2001. Toxic effects of benomyl on the ultrastructure during spermatogenesis of the earthworms *Eisenia fetida*. *Exotoxicology and Environmental Safety*, **50**: 180-188.
- Soylu, S., Yiğitbaş, H., Soyulu, E.M., Kurt, G., 2007. Antifungal effects of the essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Applied Microbiology*, **103**: 1021-1030.
- Stamou, G.P., Konstadinou, S., Mastrogianni, A., 2017. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and essential oil on soil microbial community and N-related enzymes during the fungal early colonization phase. *AIMS Microbiology*, **3**(4): 938-959.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., Walter, M.W., Walter, M.W., 2003. Arbuscular Mycorrhiza: biological, chemical and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, **29**: 1955-1979
- Svoboda, K.P., Hampson, J.B., 1999. Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, [online] antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities. <http://ienica.csl.gov.uk/specchemseminar/svoboda.pdf>, Erişim: 1.Mart.2018.
- Szczerbanik, M., Jobling, J., Morris, S., Holford, P., 2007. Essential oil vapours control some common postharvest fungal pathogens. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **47**: 103-109.
- Şavur, 2015. *Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına (Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici Jarvis & Shoemaker) Karşı Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) ve Salisilik Asit Uygulamalarının Domates (Lycopersicum esculantum L.) Bitkisinin Bazı Gelişim ve Verim Parametreleri ile Hastalık Şiddetine Etkisi* (doktora Tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Quilambo, O.A., 2003. The vesicular- arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal of Biotechnology*, **2**(12): 539-546.

- Tarraf, W., Ruta, C., Cillis, F.D., Tagarelli, A., Tedone, L., Mastro, D.G., 2015. Effects of mycorrhiza on growth and essential oil production in selected aromatic plants. *Italian Journal of Agronomy*, **10**: 633
- Tinker, P.B., Durall, D.M., Jones M.D., 1994. Carbon use efficiency in mycorrhizas: Theory and Sample Calculations. *New Phytologist*, **128**: 115-122.
- Torres-Barragán, A., Zavaleta-Mejía, E., González-Chávez, C., Ferrera-Cerrato, R., 1996. The use of arbuscular mycorrhizae to control onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk.) under field conditions. *Mycorrhiza*, **6**: 253-257.
- Tripathi, A., Sharma, N., Sharma, V., 2008. *In vitro* efficacy of *Hyptis suaveolens* L. (Poit.) essential oil on growth and morphogenesis of *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli* (Massey) Snyder & Hansen. *World J Microbiol Biotechnol*, **25**: 503-512.
- Tsao, R., Zhou, T., 2000. Antifungal activity of monoterpenoids against postharvest *Botrytis cinerea* and *Monilia fructicola*. *Journal of Essential Oil Research*, **12**: 113-121.
- Tyler, V.E., 1992. Phytomedicines: back to the future. *Journal of Natural Products*, **62**: 1587-1592.
- Ünlü H., 2008. *Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim, Kalite ve Bitki Besin Maddeleri Alımına Etkileri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Unnikrishnan, V., Nath, B.S., 2002. Hazardous chemical in foods, *Indian Journal of Dairy Biosciences*, **11**: 155-158.
- Uçar, E., Odabaş Köse, E., Özyiğit, Y., Turgut, K., 2015. Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **10 (2)**:118-124.
- Urcoviche, R.C., Gazim, Z.C., Dragunski, D.C., Barcellos, F.G., Alberton, O., 2015. Plant growth and essential oil content of *Mentha crisper* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of phosphorus. *Ind. CropsProd*, **67**: 103–107.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. *Kültür Sebzeleri*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.440.
- Yazgan, A., Fidan, S., 1996. Tokat Koşullarına Uygun Kiraz Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.var. *Cerasiforme*) Çesitlerinin Belirlenmesi. *GAP I. Sebze Tarimi Sempozyumu*, 7-10 Mayıs 1996, Şanlıurfa. 19-23
- Yoksuloğlu, F., 2001. *Domates yetiştiriciliği ve Domates Virüs Hastalıkları*. ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yonucu, N., 1997. *Bitki Ekstrakt ve Kompostlarının Çukurova Bölgesinde Sorun Olan Bazı Fungal Hastalıklara Karşı Antifungal Özelliklerinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi)*. Çukurova Üniv., Fen bilimleri Enst., Adana.
- Yücel, S., 1989. *Domates Fusarium Solgunluğuna (Fusarium oxysporum Schlecht. f. sp. lycopersici (Sacc.) Snyd. and Hans) Karşı Biyolojik Kontrolde Antagonistlerin ve Toprak Solarizasyon Uygulamasının Karşılıklı Etkileşimlerinden Yararlanma Olanakları Üzerinde Araştırmalar*. Adana Zir. Müc. Araş. Enst. Müd. Araştırma Yayınları Serisi, Yayın No: 64, Adana.
- Zeng, Y., Guo, L.-P., Chen, B.-D., Hao, Z.-P., Wang, J.-Y., Huang, L.-Q., Yang, G., Cui, X.-M., Yang, L., Wu, Z.-X., Chen, M.-L., Zhang, Y., 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants, *Mycorrhiza* **23**: 253–265.



ÖZ GEÇMİŞ

Van'ın Erciş ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erciş'de Kazım Karabekir okulunda, liseyi yine Erciş'de Erciş Anadolu Öğretmen lisesinde tamamladı. 2011-2015 yılları arasında Yüzüncü Yıl Üniversitesi(YYÜ), Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünden birincilikle mezun oldu. YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı Fitopatoloji Bilim Dalı'nda 2015 yılında yüksek lisans öğrenimine başladı. Adana'da Beta Fidan Doku Kültürü şirketinde, fidan üretim sorumlu mühendisi olarak çalışmaktadır.



YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 23/05/2019

Tez Başlığı / Konusu: Uçucu Yağ (UY) ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF) Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) Hastalığına Etkileri

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 42 sayfalık kısmına ilişkin, 23/05/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %15 (yüzde on beş) dir.

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 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

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; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

23.05.2019
Tarih ve İmza



Adı Soyadı: Seda BİLİCİ

Öğrenci No: 159101092

Anabilim Dalı: Bitki Koruma

Programı: Yüksek Lisans

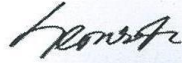
Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR

Prof. Dr. Semra DEMİR



ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR

Prof. Dr. Suat ŞENSOY



Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Enstitü Müdürü