

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

**ZEYTİN KARASUYU, AHIR GÜBRESİ VE *Trichoderma harzianum*' un
BİBER (*Capsicum annuum* L.) GELİŞİMİNE VE *Verticillium dahliae* Kleb.' YE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilüfer BAYBAS
Danışman: Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK

VAN – 2025

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

**ZEYTİN KARASUYU, AHIR GÜBRESİ VE *Trichoderma harzianum*' un
BİBER (*Capsicum annuum* L.) GELİŞİMİNE VE *Verticillium dahliae* Kleb.' YE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilüfer BAYBAS

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Semra DEMİR (Başkan)

Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Hasret GÜNEŞ (Üye)

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda **Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK** danışmanlığında, **Nilüfer BAYBAS** tarafından sunulan “**Zeytin karasuyu, Ahır Gübresi ve *Trichoderma harzianum*’un Biber (*Capsicum annuum* L.) Gelişimine ve *Verticillium dahliae* Kleb.’ye Etkisi**” başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili hükümleri gereğince 20 /05 /2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Semra DEMİR

İmza:

Üye: Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hasret GÜNEŞ

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun /.... /..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

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

İmza

Nilüfer BAYBAS



ÖZET

ZEYTİN KARASUYU, AHIR GÜBRESİ VE *Trichoderma harzianum*' um BİBER (*Capsicum annuum* L.) GELİŞİMİNE VE *Verticillium dahliae* Kleb.' YE ETKİSİ

BAYBAS Nilüfer

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK

Temmuz 2025, 49 sayfa

Bu çalışma, *Verticillium dahliae* kaynaklı solgunluk hastalığına karşı biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde çevresel açıdan sürdürülebilir, biyolojik ve organik mücadele stratejilerinin etkinliğini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Tarımsal atıkların değerlendirilmesi ve kimyasal girdilerin azaltılmasına yönelik bu çalışmada; zeytin yağı üretiminden elde edilen zeytin karasuyu (ZK), biyokontrol etmeni *Trichoderma harzianum* (T) ve organik kaynaklı ahır gübresi (G) tekli ve kombinasyonel olarak kullanılmıştır. Denemeler *in vitro* ve *in vivo* koşullarda gerçekleştirilmiş, hastalık şiddeti ile birlikte çimlenme oranı, bitki morfolojisi, fizyolojik özellikler ve toprak parametreleri değerlendirilmiştir.

In vitro denemelerde zeytin karasuyunun yüksek konsantrasyonlarının biber tohumları üzerinde fitotoksik etki gösterdiği, ancak %1 oranının çimlenmeyi inhibe etmediği belirlenmiştir. Ayrıca *T. harzianum*' un PDA ortamında, *V. dahliae* gelişimini anlamlı düzeyde engellediği saptanmıştır. *In vivo* koşullar altında, özellikle T, G ve ZK' nin kombine uygulamalarında biber gelişiminde önemli artışlar ve hastalık şiddetinde önemli azalmalar gözlemlenmiştir. T+G ve ZK+T+G uygulamaları, yaprak sayısı, sürgün çapı, yaş-kuru ağırlık gibi gelişim parametrelerinde istatistiksel olarak en yüksek değerleri vermiştir. Özellikle ZK+T+G+V uygulaması patojen baskısı altında dahi olumlu etkiler göstermiştir. Dolayısıyla bu çalışma, entegre mücadele yaklaşımlarında tarımsal atıkların ve biyolojik etmenlerin sürdürülebilir üretim sistemlerine kazandırılabilceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ahır gübresi, Biber, *Trichoderma harzianum*, *Verticillium dahliae*, Zeytin Karasuyu



ABSTRACT

EFFECTS OF OLIVE MILL WASTEWATER, FARMYARD MANURE, AND *Trichoderma harzianum* ON THE GROWTH OF PEPPER (*Capsicum annuum* L.) AND ON *Verticillium dahliae* Kleb.

BAYBAS Nilüfer

M.Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emre DEMİRER DURAK

July 2025, 49 pages

This study was conducted to investigate the effectiveness of environmentally sustainable, biological, and organic control strategies against *Verticillium* wilt disease caused by *Verticillium dahliae* in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. Aiming to utilize agricultural waste and reduce chemical inputs, this research employed olive mill wastewater (OMW) derived from olive oil production, the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* (T), and organic farmyard manure (FYM) (G), both individually and in combination. The experiments were carried out under both *in vitro* and *in vivo* conditions, evaluating disease severity, germination rate, plant morphology, physiological characteristics, and soil parameters.

In *in vitro* trials, high concentrations of olive mill wastewater exhibited phytotoxic effects on pepper seeds, whereas a 1% concentration did not inhibit germination. Furthermore, *T. harzianum* significantly suppressed *V. dahliae* growth on PDA medium. Under *in vivo* conditions, especially in the combined applications of T, G, and OMW, significant improvements in pepper growth and notable reductions in disease severity were observed. The T+G and OMW+T+G treatments yielded statistically the highest values in growth parameters such as leaf number, stem diameter, and fresh-dry biomass. Particularly, the OMW+T+G+V treatment showed positive effects even under pathogen pressure. Therefore, this study demonstrates that agricultural waste and biological agents can be successfully integrated into sustainable production systems through integrated pest management approaches.

Keywords: Farmyard manure, Olive mill wastewater, Pepper, *Trichoderma harzianum*, *Verticillium dahliae*



TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez döneminde her türlü bilgi sağlayan ve tez yazım aşamasında destek olan Prof. Dr. Semra DEMİR, Dr. Öğr. Üyesi Gökhan BOYNO, Necmettin TENİZ, Oktay CALAYIR, her koşulda yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

2025

Nilüfer BAYBAS



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	9
2.1 Biberde <i>Verticillium</i> Solgunluğunun Etkileri	9
2.2 Zeytin Karasu.....	10
2.3 <i>Trichoderma spp.</i>	11
2.4 Ahır Gübresi.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Materyal	15
3.1.1 Bitkisel Materyal.....	15
3.1.2 Test Patojen.....	15
3.1.3 Zeytin Karasuyu ve Ahır Gübresi	15
3.1.4 <i>Trichoderma İzolatı</i>	15
3.1.5 Çalışmaların Yürütüleceği İklim Odası Koşulları	16
3.2 Yöntem	16
3.2.1 <i>In Vitro</i> 'da Yapılan Çalışmalar.....	16
3.2.2 <i>In Vitro</i> 'da Zeytin Karasuyunun Biber Tohumlarının Çimlenmesine Olan Etkisinin Belirlenmesi.....	17
3.2.3 <i>In Vivo</i> Denemeler.....	18
3.2.4 <i>Verticillium dahliae</i> 'nın Bitkiye Uygulanması ve Değerlendirilmesi.....	18
3.2.5 <i>Verticillium dahliae</i> Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi.....	19
3.2.6 Bitki Gelişim Kriterlerinin İncelenmesi.....	21
3.2.6.1 Klorofil Miktarının Belirlenmesi.....	21

3.2.6.2 Yaprak Sayısı ve Yaprak Renk Analizi	21
3.2.6.3 Sürgün Boyu, Kök Uzunluğu ve Sürgün Çapının Ölçülmesi.....	22
3.2.6.4 Kök-Yeşil Aksamın Yaş ve Kuru Ağılıklarının Belirlenmesi.....	22
3.2.6.5 pH Ve EC Analizi.....	23
3.2.6.6 Toplam Fenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesi Analizi.....	23
3.2.6.7 <i>Verticillium dahliae</i> 'nin Re-izolasyonu.....	25
3.3 İstatistik Analizi.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1 <i>In vitro</i> 'da Yapılan Çalışmalar.....	27
4.2 <i>In Vitro</i> 'da İnhibisyon Oranı.....	28
4.3 <i>In Vivo</i> Denemeler.....	29
5. SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZ GEÇMİŞ.....	49

ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Çalışmada oluşturulan uygulama grupları.....	20
Çizelge 4.1 Biber bitkisinde zeytin karasuyu, <i>Trichoderma harzianum</i> , ahır gübresi ve <i>Verticillium dahliae</i> uygulamalarının morfolojik parametreleri.....	29
Çizelge 4.2 Biber bitkinde zeytin karasuyu, <i>Trichoderma harzianum</i> , ahır gübresi ve <i>Verticillium dahliae</i> uygulamalarının gruplar arası renk analizi ve klorofil	31
Çizelge 4.3 Biber bitkisinde <i>Verticillium dahliae</i> 'ye karşı hastalık şiddeti ve baskılama oranı.....	33
Çizelge 4.4 Biber bitkinde zeytin karasuyu, <i>Trichoderma harzianum</i> , ahır gübresi <i>Verticillium dahliae</i> uygulamalarının toprak pH (mS/ cm), toprak EC' ye (dSm-1) ve neme etkisi.....	35
Çizelge 4.5 Biber bitkisinde zeytin karasuyu, <i>Trichoderma harzianum</i> , ahır gübresi, <i>Verticillium dahliae</i> uygulamalarının toplam fenolik madde ve toplam antioksidan enzim analizine etkisi	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Biber gelişim aşamaları	2
Şekil 3.1 In vitro koşullarda yapılan çalışmalar A: PDA ve PDA+ZK ortamlarında karşılıklı ekim, B: karasudaki PDA+ZK ortamlarında <i>Verticillium dahliae</i> patojeninin gelişimi	17
Şekil 3.2 En etkili ve fitotoksik olmayan zeytin karasu dozunun belirlenmesi ve zeytin karasularının farklı konsantrasyonları ile petri kaplarındaki 20 adet tohum ekimi ve petri kaplarında çimlenen bitki süreci	17
Şekil 3.3 PDA ortamında çoğaltılan <i>Verticillium dahliae</i> , çalkalayıcı üzerindeki spor solüsyonu ve biber fidelerine enjeksiyon yöntemi	19
Şekil 3.4 Yaprakta klorofil miktarının belirlenmesi	21
Şekil 3.5 Yaprak renk analizi	22
Şekil 3.6 Sürgün çapının kumpas ölçümü ile sürgün boyu ve kök uzunluğunun ölçülmesi	22
Şekil 3.7 Yeşil aksamın yaş ağırlığının ve kuru ağırlığının belirlenmesi	23
Şekil 3.8 pH ve EC toprak su karışımı	23
Şekil 3.9 Hassas terazide 1 gr tartılan taze yaprak, her örneğe 5 ml metanol ilave edilmiş, homojenizatörde parçalanmış ve ardından 12.000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüjlenmiştir.	24
Şekil 3.10 Hastalıklı bitki örneklerinin PDA ortamı ve mikroskop altı görüntüsü	25
Şekil 4.1 Zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonlarının biber tohumlarının çimlenmesine etkisi	28
Şekil 4.2 Zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonun (%1, %5, %10, %15) <i>Verticillium dahliae</i> – <i>Trichoderma harzianum</i> karşılıklı ekimi.....	28



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
µm	Mikrometre
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
lt	Litre
ml	Mililitre
mm	milimetre
NaOH	Sodyum hidroksit
nm	Nanometre
pH	Power Hidrojen

Kısaltmalar	Açıklama
EC	Elektriksel İletkenlik
FAOSTAT	Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örgütü
PDA	Patates Dekstroz Agar
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
Vd	<i>Verticillium dahliae</i>



1. GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.) hem Türkiye 'de hem de dünyanın birçok yerinde yaygın olarak tüketilen, Solanaceae familyasına ait bir sebze türüdür (Anonim, 2022). Anavatanı Kuzey ve Güney Amerika' dır (Abidalrazzag Musluh Al Rubaye vd., 2021). Dünya genelinde yıllık biber üretiminin 36.8 milyon ton olduğu bildirilmektedir (FAOSTAT, 2020). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde biber yetiştiriciliği için uygun iklim koşulları mevcuttur. Biber Türkiye'de, ekim alanı ve ihracat hacmi bakımından en önemli yaş sebzelerdendir (Bayram vd., 2019; Güvenç, 2020). Dünyada biber üretimi 2020 yılında toplam 36.136.996 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkeler arasında Çin 16. milyon tonluk ile dünyanın önde gelen biber üreticisi konumunda olup, onu 2.818,44 milyon ton ile Meksika, 2.772.59 milyon ton ile Endonezya, 2.636.9 milyon ton ile Türkiye ve 1.472.85 milyon tonla İspanya takip etmektedir (FAOSTAT, 2020).

Biber Türkiye'nin birçok yerinde yaygın olarak yetiştirilmekte ve tüketilmektedir. Türkiye'nin Akdeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde yetiştirilen biber, taze tüketimden kurutulmuş, dondurulmuş, toz haline getirilmiş veya işlenmiş ürünlere kadar birçok formda tüketilebilmektedir. Biberin birçok alanda faydalı etkileri (boya üretimi, kozmetik, ilaç endüstrisi) vardır (Canto-Flick vd., 2008; Akladios vd., 2018; Güvenç, 2020). Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan biber çeşitleri ise sivri, kapyra (yağlık), çarliston, dolmalık, turşuluk ve süs bitkileridir (Özalp, 2010). Biber, zengin besin içeriği ve sağlık açısından da faydalı olarak bilinmektedir. Antioksidanlar, vitaminler (A, B, C ve E) ve mineraller açısından da zengin olan bir bitkidir (Geleta vd., 2006). Ilıman iklimlerde genellikle tek yıllık olarak yetiştirilen biber, sıcak iklimlerde ise birkaç yıllık olarak yetiştirilebilir ve ilk dönemlerinde çok fazla ısıya ihtiyaç duymaktadır (Yemiş ve Mazza, 2011).

Biber bitkisi, soğuğa karşı duyarlı olup 15-32°C sıcaklık aralığında en iyi gelişimi göstermekte ve toprak konusunda seçici olup tınlı-kumlu, su tutma kapasitesi yüksek, mineral maddeler bakımında zengin, drene edilmiş ve pH'ı 6.0-6.5 arasındaki topraklarda en iyi sonucu vermektedir (Alar, 2019). Biber bitkisinin kazık kökü 10-15 cm geliştikten sonra yan kökleri oluşmaya başlar. Bu yan kökler kazık kökü baskılar ve üzerinde bulunan kılcal kökler sayesinde orta derinlikte saçak kök oluşmaktadır. Toprağın yapısına bağlı olarak, saçak kökler genellikle toprağın ilk 10-30 cm derinliğinde bulunurken, tınlı

ve kumlu topraklarda bu derinlik 80-100 cm'ye kadar ulaşabilmektedir (Şalk vd., 2008; Karaağaç vd., 2020).

Biber bitkisinin gövdesi fide döneminde otsu iken geliştikçe yarı odunsu özellik kazanmaktadır. Dik durma özelliği olan gövdesi, kırılgan ve gevrek bir yapıya sahip olmaktadır. Yaprakları genellikle uzun, oval ve üzeri parlak olup, rengi açık yeşilden koyu yeşile kadar farklı tonlarda olabilmektedir. Biber bitkisinin meyve şekli, boğumlarda pigment oluşumu ve yaprak şekli gibi özellikleri çeşidine göre farklılık göstermektedir. Tohumları sarımsı renkte, tüysüz, orta kısım basık ve kenarlar kalkık şeklindedir. Tohumların çimlenmesi genellikle 7 ve 14 gün içerisinde gerçekleşmektedir (Anonim, 2022) (Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Biber gelişim aşamaları (Pola vd., 2020)

Biber hem açıkta hem de örtü altı (sera) koşullarında yetiştirilebilen ve dünya genelinde yaygın olarak üretilen bir sebzedir. Ancak, biber üretimi biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı oldukça hassastır. Bu stres faktörleri biberin verimini, kalitesini ciddi şekilde etkileyebilmektedir (Yu vd., 2021). Biber, tarımsal üretimin bir parçası olup çeşitlilik açısından da geniş bir alana sahip olmaktadır. Bununla birlikte biber, iç ve dış piyasada yüksek talep göstermektedir. Biber hem üretimi bakımından oldukça önemli hem de ciddi derecede ekonomik kayıplara neden olan fitopatolojik problemlere karşı

duyarlı bir bitkidir. Bu fitopatolojik problemlerin başında ise fungal patojenler gelmektedir. Nitekim, dünya genelinde tarımsal üretimde verim kayıplarının %14 oranı kadar önemli bir kısmı fungal etmenlerden kaynaklanmaktadır (Duran vd., 2016). Biberde *Fusarium* spp, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia* spp, *Alternaria* spp, *Pythium* spp, *Penicillium* spp, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Aspergillus flavus*, *Botrytis cinerea* ve *Verticillium dahliae* gibi fungal patojenlere rastlanmaktadır (Costa vd., 2019; Gomes vd., 2021). Özellikle de *V. dahliae* biber bitkisinde ciddi derecede ürün kayıplarına neden olan bir fungal patojendir (Costa vd., 2019).

Verticillium, Ascomycetes sınıfına ait ve on türü bulunan küçük bir fungus cinsidir. *Verticillium* 'un bitkide oluşturduğu temel sorun, iletim demetlerinde tıkanmalara yol açmasıdır. Bu tıkanıklık, bitkinin su ve besin maddelerini düzgün bir şekilde iletememesi sonucu bitkinin ölmesine neden olur (Tjamos vd., 2000; Pegg ve Brady, 2002). Hastalık bitkinin alt yapraklarında başlayarak fotosentez oranını önemli ölçüde azaltır bu da solunumun artmasına neden olmakta ve yapraklar kurumaya başlamaktadır (Mert vd., 2005; Khaskheli vd., 2013). *Verticillium dahliae* Kleb., 300'den fazla konukçuda hastalık yapmaktadır (Pegg ve Brady, 2002; Wheeler ve Woodward, 2016). Biber yetiştiriciliğinde *Verticillium* solgunluğu hem tarla hem de sera koşullarında büyük verim ve kalite kayıplarına neden olan ciddi bir toprak kökenli fungal hastalıktır. Bu hastalık, *Verticillium* türlerinin neden olduğu ve biber bitkilerinin köklerinden başlayarak vasküler dokularına kadar ilerleyen bir enfeksiyon süreci içermektedir (Schnathorst, 1981). Ksilem dokuları fungus tarafından enfekte olduğunda, biber bitkisindeki su akışı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu durum, bitkinin su ve besin maddelerini taşımakta zorlanmasına neden olmaktadır (Adams vd., 1987). Bu fungus, biberin iletim demetlerinde kahverengi lekeler, yapraklarda veya bitkinin tamamında sararma ve solma şeklinde kendini göstermektedir. Biber bitkisi fide döneminde *Verticillium dahliae* ile enfekte olduğunda, bitkide çeşitli belirtiler gözlemlenebilir. Yaprak sapları uzun süre yeşil kalabilir, ancak yaprakların uç kısımları içe doğru kıvrılır ve sararır. Bu durum bitkinin genel görünümünde bodurlaşmaya yol açmaktadır (Tyvaert vd., 2019).

Düşük sıcaklıktan çabuk etkilenen biber bitkisi *Verticillium* solgunluğu tarafından hızlı bir şekilde kolonize olabilmektedir (Vasileva vd., 2019). *Verticillium* solgunluğu daha çok nemli ve sıcak bölgelerde hastalığa neden olmaktadır. Fungal patojen, enfekte bitkilerin vejetatif üreme organlarında, yani köklerde, gövdelerde ve diğer bitki

artıklarında misel ve mikrosklerot formunda kışlayarak hayatta kalmaktadır. Bu yapılar, patojenin bitki dokularında ve toprakta uzun süre canlı kalmasını sağlamaktadır. *Verticillium*, özellikle olumsuz çevre koşullarında kendini koruyarak, 10 yıldan fazla toprakta yaşayabilmektedir (Wang ve Keen, 1970, Yanıkkaya ve Koral, 2017). *Verticillium* solgunluğu ile mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmakta, ancak her birinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kimyasal mücadele yöntemi hastalığı kısa vadede kontrol etmede etkili olsa da ekonomik açıdan maliyetli olmasının yanı sıra, çevreye zarar verme potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca, patojenin fungisitlere karşı direnç geliştirme riski de bulunmaktadır. Bu nedenlerle, kimyasal mücadele yöntemi genellikle tercih edilmez ve sürdürülebilir bir çözüm olarak görülmez (Xiao vd., 1998).

Kültürel ve biyolojik mücadele yöntemleri, daha çevre dostu alternatifler olarak görülmektedir. Biyolojik mücadele yöntemi, doğal düşmanların veya hastalığı baskılayan mikroorganizmaların kullanılması yoluyla hastalığın kontrol altına alınmasını hedefler (Xiao vd., 1998). Bu mücadele yöntemi tek başına veya farklı araçlarla birlikte de kullanılabilir.

Zeytinyağı üretim sürecinde ortaya çıkan iki ana atık, karasu ve pirinadır. Pirina, çevresel ve ekonomik açıdan farklılıklar gösterip tercih edilirken karasu, zeytinyağı üretiminde ortaya çıkan sıvı bir atıktır ve henüz ticari bir değeri bulunmamaktadır. Karasu, bitki gelişimini olumsuz etkileyen fitotoksik ve inhibe edici özelliklere sahip olmaktadır. Bu nedenle, çevreye veya kanalizasyon sistemlerine doğrudan atılması ciddi çevresel zararlara yol açabileceğinden kesinlikle kullanımından kaçınılmalıdır (Rusan vd., 2016). Karasu, asidik bir pH ve zengin organik içerikleriyle dikkat çeken bir atık sıvıdır. İçeriğinde yüksek miktarda askıda katı maddeler, pektinler, şekerler, fenolik bileşikler ve bitkisel yağlar bulunmaktadır. Bu, atık su hem basit hem de karmaşık şekerler ile aromatik bileşikler açısından zengin olduğu için potansiyel bir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Bu özellikleri, karasuyun hem çevresel yönetim hem de enerji üretimi açısından dikkate alınmasını gerektirmektedir (Şengül, 1991)

Karasuyun çevresel etkilerini azaltmak ve onu yararlı hale getirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında toprağa sızdırma, gübre ve kompost üretimi, buharlaştırma, fizikokimyasal ve biyolojik arıtma, fermentasyonla değerli ürünler elde etme ve membran teknolojileri yer almaktadır. Bu yaklaşımlar, karasuyun hem çevreye zararını azaltmayı hem de potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmesini

amaçlamaktadır (Kasırga, 1998). Karasu, içeriğindeki yüksek organik madde, azot, fosfor, potasyum ve magnezyum sayesinde tarımda kullanılabilecek değerli bir bileşen olarak görülmektedir. Bu besin öğeleri, bitki büyümesini destekleyerek toprağın verimliliğini artırma potansiyeline sahip olabilmektedir (Mechri vd., 2011). Bazı yöntemler ile işlenen ve uygun dozlarla uygulanan karasu, bitki ya da toprak için gerekli organik ve besin madde kaynağı olarak yararlı olabilmektedir (Di Bene vd., 2013). Karasuyun içerdiği zararlı maddeler nedeniyle, toprağa direkt bulaştırılması tehlikeli ve zararlıdır. Karasuyun tarımda sürdürülebilirlik açısından yararlı olabilmesi için bazı organik maddeler ile birlikte kullanılması önerilmektedir.

Trichoderma türleri, doğanın toprak altı dünyasında ustaca gizlenmiş, mikroskobik savaşçılar gibidir (Réczey vd., 1996). Dünyanın her köşesinde, neredeyse tüm toprak ve doğal habitatlarda kendilerine yer bulabilmektedirler. Bu funguslar, ekosistemin gizli kahramanlarıdır; bitki kökleri, çürüten kabuklar ve diğer fungusların üreme organları gibi zorlu alanlarda yaşamayı başarabilmektedirler. Onlar, doğanın dengesini koruyan ve hastalıklarla savaşan görünmez koruyucular gibi hareket etmektedirler. *Trichoderma*'nın bu olağanüstü yayılımı ve adaptasyon yeteneği, biyolojik kontrol ajanı olarak tarımda kullanılmalarının nedenlerinden biri olmaktadır. *Trichoderma* türleri, mikrobiyal ekosistemin her köşesine nüfuz ederek doğanın biyolojik zenginliğini sürdürmek için hayati bir rol oynamaktadırlar (Papavizas, 1985). *Trichoderma* spp., tarımda çok yönlü işlevleriyle öne çıkan önemli bir simbiyotik fungus grubudur. Bu gruptaki funguslar, bitki hastalıklarıyla mücadelede biyokontrol ajanı olarak kullanılmalarının yanı sıra, bitki gelişimini ve verimliliğini artıran doğal destekçilerdir. Özellikle toprak kaynaklı patojenlere karşı etkili olan *Trichoderma* türleri, patojenlerin büyümesini engelleyerek bitkileri korumaktadır (Kredics vd., 2003). *Trichoderma harzianum*, toprak kökenli hastalık etmenlerine karşı biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılan, aynı zamanda bitki gelişimini teşvik edici özellikleri bulunan faydalı bir fungustur. Özellikle biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde hem patojen baskılamada hem de fizyolojik gelişim süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır. Gül ve Kılıç (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, *T. harzianum*' un *Verticillium dahliae* etmenine karşı biber bitkilerinde hastalık şiddetini azalttığı ve aynı zamanda bitkinin kök gelişimini olumlu yönde etkilediği ortaya konmuştur. Yapılan başka bir çalışmada *T.*

harzianum' un tuzluluk stresi altındaki biber bitkilerinde antioksidan enzim aktivitelerini artırarak stres toleransını yükselttiğini rapor etmiştir (Yetişir vd., 2021).

Trichoderma spp., bitki kökleriyle simbiyotik ilişkiler kurarak kök gelişimini teşvik eder ve bitkilerin besin alımını artırmaktadır. *Trichoderma* spp. toprakta bulunan organik maddeleri ayrıştırarak bitkilerin daha kolay erişebileceği besin elementlerine dönüştürmektedir. Ayrıca, bitki savunma mekanizmalarını uyararak, bitkilerin stres koşullarına karşı dirençlerini artırmaktadır. Bu özellikleri sayesinde *Trichoderma* spp., sürdürülebilir tarım uygulamalarında hem hastalıklarla mücadelede hem de bitki büyümesini desteklemede kilit bir rol oynamaktadır. Tarımsal verimliliği artırırken, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak çevre dostu bir alternatif sunmaktadır (Evans vd., 2003). *Trichoderma* spp., rizosferde oldukça rekabetçi bir şekilde faaliyet göstermektedir. *Trichoderma* türleri, hidrokarbonlar, klorofenolik bileşikler, polisakaridler ve tarımda kullanılan çeşitli ksenobiyotik bileşikleri yıkıma uğratma ve ayrıştırma yeteneğine sahip olmaktadır (Harman vd., 2004). Benouzza vd. (2020) araştırmalarında, Cezayir'in farklı bölgelerinden 53 *Trichoderma* suşu izole etmiş, *V. dahliae*'ye karşı in vitro ortamda test etmiş; 15 suşun anlamlı inhibisyon sağladığını rapor etmişlerdir. *T. artoviride* suşu %74–70, *T. harzianum* suşu ise %41 civarında inhibitör etki göstermiştir. Bazı suşlar sera ortamında domatesta *Verticillium* solgunluğunu %96'ya varan oranda baskılamıştır. İran' daki antep fıstığı bahçelerinden elde edilen *T. harzianum* izolatları, laboratuvar testlerinde tümünde *V. dahliae* miselyum gelişimini ciddi oranda (%85–94) engellemiş; seçilen 5 izolat sera testlerinde bitkide hastalık görülme oranını düşürmüştür (Fotoohiyan vd., 2017). Meddad-Hamza vd. (2023), AMF + *T. harzianum* kombinasyonunun *V. dahliae* ile inokule edilen domates bitkilerinde hastalık şiddetini %34 oranında azalttığını raporlamış; bu, *T. harzianum*'un tek başına da anlamlı derecede etkili olduğunu göstermiştir.

Ahır gübreleri, bitki üretiminde doğanın sunduğu en zengin besin kaynaklarından biridir. Bu organik madde, toprağa sadece besin sağlamaz; aynı zamanda toprağın yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve mikrobiyal faaliyeti desteklemektedir. Bitkiler, ahır gübresinden azot, fosfor ve potasyum gibi hayati elementlerin büyük bir kısmını doğrudan alarak büyümede ve gelişmektedir. Ahır gübresi, bitkilerin azot ihtiyacının %70-80'ini, fosfor ihtiyacının %60-85'ini ve potasyum ihtiyacının %80-90'ını karşılayarak, adeta bitki için doğal bir besin deposu gibi çalışmaktadır (Helbert, 1998).

Ahır gübresi, toprağın canlılığını ve verimliliğini artıran çok yönlü bir organik kaynaktır. Toprağın yapısını iyileştirirken, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini de sağlar, bu sayede tarımsal verimi artırmaktadır. Ahır gübresinin toprağa eklenmesi, toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırır; bu da kuraklık koşullarında bile bitkilerin suya daha kolay erişebilmesini sağlamaktadır (Soyergin, 2006).

Ahır gübresi, toprağın fiziksel yapısını iyileştirir; toprağın kolay tava gelmesine, hızlı ısınmasına ve havalanmasına yardımcı olmaktadır. Bu özellikler, bitki köklerinin sağlıklı bir şekilde gelişmesini destekler ve bitkilerin daha hızlı ve güçlü büyümesine olanak tanımaktadır. Ahır gübresi ayrıca, toprağın pH seviyesini düzenleyerek, bitkilerin optimal koşullarda büyümesini sağlamaktadır. Gübrenin toprakta parçalanmasıyla oluşan karbondioksit ve organik asitler, bitki besin elementlerini bitkiler için daha yararlı formlara dönüştürmektedir. Bu süreç, bitkilerin bu elementleri daha verimli bir şekilde almasını sağlayarak, büyüme ve verimlilik üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. Ahır gübresinin bu biyolojik ve kimyasal etkileri, tarımda sürdürülebilirliğin ve toprak sağlığının korunmasının kilit unsurlarından biridir. Ahır gübresi, toprağa adeta yeni bir soluk getirerek, tarımın geleceğini güvence altına almaktadır (Soyergin, 2006). Gübre konusunda yapılan çalışmalarda, potasyum eksikliği veya azotlu gübrelemenin yüksek oranlarının solgunluğunun çıkış ve şiddetini artırdığı (Yoldaş vd., 2011), pamukta toprak kaynaklı hastalıklara karşı tavuk ve sığır gübresinin kullanılması sonucunda hastalığın şiddetinde ve oranında azalma olduğu bildirilmiştir (Sağır vd., 2016). Başka bir çalışmada organik gübrelerin (özellikle ahır gübresi), *Verticillium dahliae*'nin hastalık şiddetini azalttığı rapor edilmiştir (Lazarovits vd., 1999).

Bu çalışmanın amacı

1. *Zeytin karasuyu* dozlarının biber tohumlarının çimlenmesine etkisini belirlemek,
2. *Zeytin karasuyu* dozlarının, *Trichoderma harzianum* ile en uyumlu dozunu tespit etmek,
3. *Zeytin karasuyu* dozlarının *Trichoderma harzianum*-*Verticillium dahliae* arasındaki inhibisyon oranına etkisini in vitro şartlarda belirlemek,
4. Sinerjistik etki gösteren *Zeytin karasuyu* dozu ve *Trichoderma harzianum* ile ahır gübresinin, önemli ürün kayıplarına yol açan ve mücadele olanakları sınırlı olan biber x *V. dahliae* patosisteminde hastalık şiddeti ve bazı bitki gelişim parametreleri ile bazı toprak özelliklerine olan etkilerini ortaya koymaktır

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1 Biberde *Verticillium* Solgunluğunun Etkileri

Verticillium dahliae Kleb., toprak kökenli bir fungus olup, geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir ve 300'den fazla bitki türünde hastalığa yol açabilmektedir (Pegg ve Brady, 2002; Wheeler ve Woodward, 2016). *V. dahliae*'nın enfeksiyon sürecinde mikrosklerotların çimlenmesi, bitkinin kök salgıları ile tetiklenmektedir. Bu durum, patojenin bitki köklerinden içeri girmesine ve ksilem boruları boyunca ilerlemeye başlamasına yol açmaktadır. Fungus, bitkinin iletim dokularına yayıldıkça, pektin ve selülozdan oluşan hücre çeperini parçalayarak bitki dokusunu zayıflatır ve kolonize olur. Bu süreçte, bitki hücre çeperini yıkan enzimler, patojenin yayılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu enzimler, bitki dokularını parçalayarak patojenin ksilem boyunca kolayca hareket etmesine ve yayılmasına olanak tanımaktadır (Wang ve Keen, 1970; Yanikkaya ve Koral, 2017).

Verticillium dahliae'nin kırmızı biber bitkisi üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla İsrail'de yapılan bir çalışmada şu sonuçlar gözlemlenmiştir. Araştırma, patojenin kırmızı biberde neden olduğu solgunluk, erken ölüm ve bodurlaşma gibi olumsuz etkilerinin belirgin olduğunu göstermektedir. Kırmızı biberdeki *V. dahliae* izolatlarının, patates, domates, karpuz ve dodonya gibi diğer bitkilerden elde edilen izolatlara kıyasla agar ortamında daha yavaş geliştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, patojenin farklı bitki türlerinde farklı gelişim hızlarına sahip olabileceğini işaret etmektedir. Ancak, mikrosklerot oluşumunun ilk olarak kırmızı biberde tespit edilmesi, bu bitkinin *V. dahliae* için uygun bir konukçu olduğunu göstermektedir. Hastalık şiddetinin 0-5 skalası üzerinden 3.7 ile 4.9 arasında olması, kırmızı biberin patojen karşısında oldukça savunmasız olduğunu ve yüksek oranda enfeksiyon yaşadığını göstermektedir. Bodurlaşmanın %62'ye kadar çıkması, patojenin kırmızı biberin büyümesini ve gelişimini ciddi şekilde engellediğini doğrulamaktadır (Tsrör vd., 1998).

Başka bir çalışma ise *V. dahliae*'nin farklı bitki türleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmış ve kök daldırma yöntemiyle 10^7 spor/ml konsantrasyonundaki bir spor süspansiyonu 14 farklı konukçu bitkiye uygulanmıştır. Uygulama sonrası 6 hafta içinde hastalık indeksi ve bitki gelişim parametreleri

kaydedilmiştir. Sonuçlar, *V. dahliae*'nin bazı bitki türlerinde ciddi hastalık belirtilerine yol açtığını göstermektedir. Özellikle dolmalık biber, lahana, karnabahar, pamuk, patlıcan ve nane gibi bitkiler, bu patojene karşı savunmasız kalmış ve enfeksiyon belirtileri göstermiştir. Biber ve patlıcan gibi önemli tarım ürünlerinin, *V. dahliae*'ya karşı direnç sağlayamaması, bu bitkilerde hastalığın ciddi bir tehdit oluşturduğunu vurgulamaktadır (Bhat ve Subbarao, 1999). Yararlı mikroorganizmaların *Verticillium*'a karşı etkisi sahada test edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Wang vd., 2020). Ahır gübresi ve organik materyallerin, toprak mikrobiyomunu değiştirerek *Verticillium*'u baskıladığı görülmüştür (Zhang vd., 2023). Başka bir çalışmada da *Trichoderma harzianum*'un *Verticillium*'a karşı etkileri test edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Yu vd., 2021).

V. dahliae enfeksiyonunun biber bitkileri üzerindeki etkileri, bitkinin biyokimyasal bileşenlerinde belirgin değişikliklere yol açmıştır. Özellikle, enfekte olan bitkilerde yaprakların nispi su içeriğinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir; bu, bitkinin su dengesinin bozulduğunu ve hastalığın bitkiyi strese soktuğunu göstermektedir. Enfeksiyonun etkisiyle nişasta ve protein seviyelerinde belirgin bir azalma görülmüştür, bu da bitkinin enerji depolama ve metabolik süreçlerinin olumsuz etkilendiğine işaret etmektedir. Aynı şekilde, ksilemdeki absisik asit konsantrasyonunun düşmesi, bitkinin savunma mekanizmalarının ve stres yanıtlarının zayıfladığını göstermektedir (Goicoechea vd., 2000).

2.2 Zeytin Karusu

Zeytin karasuyu, zeytinyağı üretimi sırasında ortaya çıkan ve çevresel etkileri nedeniyle dikkat çeken bir yan üründür. Asidik pH ve yüksek organik madde içeriği, karasuyun biyolojik olarak zor ayrışan bir yapıya sahip olmasına neden olmaktadır. Askıda katı maddeler, pektinler, şekerler ve fenol bileşikler gibi bileşenler, karasuyun hem organik yükünü arttırmakta hem de biyolojik arıtımı zorlaştırmaktadır (Kocaer vd., 2004).

Zeytin karasuyu, yüksek Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerine sahiptir, bu da onu çevre için ciddi bir kirletici yapmaktadır. Su kaynaklarına doğrudan deşarj edildiğinde, suyun oksijen seviyelerini hızla düşürebilmekte, bu da su ekosistemlerinde ciddi bozulmalara yol açmasına neden

olabilmektedir. Aynı zamanda, içerdği fenolik bileşikler toksik özelliklere sahiptir ve bu bileşiklerin çevreye yayılması, bitkiler ve sucul organizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Çelik vd., 2008; Mc Namara vd., 2008; Doğan vd., 2016a).

Bununla birlikte, zeytin karasuyu içerdği aromatik bileşikler ve şekerler nedeniyle yüksek enerji potansiyeline sahiptir. Ayrıca, karasuyun fenolik bileşikleri, antioksidan özelliklerinden dolayı değerli olmakta ve kozmetik veya farmasötik endüstrilerde kullanılmak üzere ekstrakte edilebilmektedir (Perucci, 1992).

Karasuyun miktarı ve özellikleri, zeytinyağı üretiminde kullanılan teknolojilere bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, geleneksel yöntemler daha fazla su kullanımı gerektirir ve bu da daha fazla karasu oluşumuna neden olmaktadır. Öte yandan, modern, sürekli sistemlerde daha az su kullanılmakta ve daha konsantre bir karasu üretilmektedir. Ayrıca, zeytinin yetiştirildiği bölgenin toprak ve iklim özellikleri, ağacın yaşı, hasat zamanı, zeytin çeşidi ve kullanılan suyun kimyasal özellikleri gibi faktörler de karasuyun bileşimini etkilemektedir (İkizoğlu ve Haskök, 2005; Ben Sassi vd., 2006). Zeytin karasuyu, içeriğindeki yağ nedeniyle su yüzeyinde bir tabaka oluşturarak oksijen alımını ve güneş ışığının suya geçişini engellemektedir. Bu durum, sucul ortamların biyolojik yaşamını, fauna ve flora gelişimini olumsuz etkilemektedir (Azbar vd., 2006).

2.3 *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. tarımda hem bitki gelişimini teşvik edici hem de biyokontrol ajanı olarak önemli bir rol oynayan simbiyotik organizmalardır. PGPR'ler bitki büyümesini doğrudan destekleyen çok yönlü biyolojik etkilere sahiptir. Azot fikasyonu, fitohormon sentezi, fosfat çözünürlüğü ve hormon dengeleyici enzim üretimi gibi mekanizmalar yoluyla bitkinin besin alımını ve fizyolojik gelişimini iyileştirirler (Çelik vd., 2020). *Trichoderma* spp. ait türlerin faydalı mikroorganizmalar üzerinde herhangi bir etkisi bulunmaz ve toprak dengesi üzerinde ise yalnızca küçük bir etkisi vardır (Sood vd., 2020). *Trichoderma*, diğer biyolojik mücadele ajanlarına kıyasla üstün biyogübreleme ve biyostimülasyon potansiyeli nedeniyle, yeşil teknolojiler için önde gelen biyolojik kontrol ajanı olarak kabul edilmektedir (Tyśkiewicz vd., 2022). Bu çok yönlü funguslar, bitki kökleriyle etkileşime girerek kök gelişimini artırmakta, besin alımını iyileştirmekte ve

bitkilerin stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırmaktadır. *Trichoderma* türleri, özellikle toprak kökenli patojenlere karşı biyokontrol sağlamada etkilidir. Bu funguslar, rekabetçi kolonizasyon, antibiyotik üretimi ve mikoparazitizm gibi mekanizmalarla patojenleri baskılamaktadır. *Trichoderma* spp., bitki kökleriyle simbiyotik bir ilişki kurarak kök sisteminin genişlemesini teşvik etmektedir. *Trichoderma*'lar, bitki köklerinin etrafında bir mikrobiyal ortam oluşturarak kök büyümesini ve yan köklerin oluşumunu desteklemektedir. Ayrıca, bitkilerin mineral besin maddelerini daha verimli bir şekilde almasını sağlamakta, bu da bitki büyümesi ve veriminin artmasına yol açmaktadır (Harman, 2011; Tyśkiewicz vd., 2022).

Trichoderma, çok yönlü etki mekanizmaları ve farklı ortamlara uyum sağlama yetenekleri sayesinde sadece seralarda ve tarlalarda değil, aynı zamanda hasat sonrası süreçlerde de etkili bir biyokontrol ajanı olarak öne çıkmaktadır. *Trichoderma*'nın antifungal, antinematodal ve antiböcek özellikleri, bitkileri sadece fungus hastalıklarından değil, aynı zamanda nematodlar ve böcek zararlılarından da korumaktadır (Sood vd., 2020). *Trichoderma*'nın 70 yıl boyunca patojenlere karşı antagonistik etki gösterdikleri bilinmektedir (Howell vd., 2000; Monte, 2001) ayrıca *Trichoderma* kullanıldığında da bitki hastalık kontrolünde olumlu sonuçlar sağlamaktadır (Yiğit, 2011).

Trichoderma spp. fungusları özellikle kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına neden olan toprak kökenli patojenlere karşı etkili bir biyokontrol ajanıdır. Patojenik funguslarla doğrudan etkileşime girerek onların büyümesini inhibe etmekte ve bu patojenlere karşı doğal bir koruma sağlamaktadır. Penetrasyon süreci sırasında, *Trichoderma* türleri kitinaz, β -1,3-glukanaz ve diğer lizitik enzimler gibi hücre dışı enzimler salgılar (Hariharan vd., 2022). *Trichoderma*'nın ürettiği enzimler, patojenik fungusların hücre duvarlarını parçalayarak onların gelişimini engellemektedir. *Trichoderma* spp.'nin kullanımı, sadece bitki hastalıklarını kontrol etmekle kalmamakta, aynı zamanda bitkilerin genel sağlığını ve verimini de arttırmaktadır (Harman vd., 2004).

Daha güçlü bir kök sistemi ve gelişmiş besin alımı sayesinde, bitkiler daha hızlı büyür ve daha yüksek verim sağlar. Bu, özellikle organik tarımda *Trichoderma* spp.'nin tercih edilme sebeplerinden biri olmaktadır. *Trichoderma* spp., kimyasal fungisitlerin yerine kullanılabilecek çevre dostu bir alternatif olarak da öne çıkarmaktadır. Kimyasal mücadele yöntemlerine karşı direnç geliştiren patojenlere karşı etkili olabilmesi,

Trichoderma spp.' yi sürdürülebilir tarım uygulamaları için ideal bir biyokontrol ajanı yapmaktadır. Ayrıca, bu fungusların toprağın mikrobiyal çeşitliliğini artırarak toprak sağlığını iyileştirdiği de bilinmektedir (Vinale vd., 2006).

Trichoderma türlerinin, bitki gelişimini teşvik etme ve toprak kaynaklı patojenlere karşı direnç oluşturma konusundaki etkileri, mikroorganizmaların bitki-mikroorganizma etkileşimlerindeki çok yönlü rollerini gözler önüne sermektedir. *Trichoderma*, sadece antibiyotik bileşikler üreterek patojenlerin büyümesini engellemekle kalmaz; aynı zamanda bitkilerin kendi savunma mekanizmalarını da aktif hale getirir. *Trichoderma*, bitki kökleri ile etkileşime girerek kök çevresinde bir biyofilm oluşturmakta ve böylece bitkinin toprak kaynaklı patojenlerle temasını azaltmaktadır (Elad vd., 1983; Sivan ve Chet, 1989).

2.4 Ahır Gübresi

Ahır gübresi, hayvanların altına serilen yataklık malzemesiyle büyük ve küçükbaş hayvanların dışkılarını içeren organik bir karışımdır. Bu doğal gübre, toprağın biyolojik aktivitesini destekleyerek, mikroorganizmaların etkinliğini artırmaktadır. Toprağın yapısında havalanmayı teşvik etmekte, böylece sıkışmayı önlemekte ve köklerin daha iyi oksijen almasını sağlamaktadır. Bu durum, bitki köklerinin daha sağlıklı gelişmesine katkıda bulunarak, bitkilerin güçlü ve verimli bir şekilde büyümesini desteklemektedir. Ahır gübresi, toprağın canlılığını koruyan ve bitki gelişimini doğal yollarla iyileştiren vazgeçilmez bir kaynaktır (Toy ve Ünlü, 2015).

Ahır gübresi, toprağa sadece bir besin maddesi deposu olarak değil, aynı zamanda ekosistemin dinamik dengesinde önemli bir role sahip bir faktör olarak değerlendirilebilir. Doğru kullanıldığında, toprağın doğal tamponlama kapasitesini desteklemekte ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini sağlarken, organik madde içeriğini artırmakta, bu da toprağın su tutma kapasitesini ve mikroorganizma aktivitelerini olumlu yönde etkilemektedir (Gayretli vd., 2023).

Ahır gübresinin topraktaki su tutma kapasitesini artırma yeteneği, özellikle kuraklık gibi stres koşullarında bitkilerin suya erişimini kolaylaştırmakta ve bitki büyümesini desteklemektedir. Toprağın yapısını iyileştirerek, suyun yüzeyde düzensiz taşınmasını engellemekte ve erozyon riskini azaltmaktadır. Bu özellik, toprağın su ve

hava geçirgenliğini dengelemekte, böylece bitki köklerinin daha derinlere nüfuz etmesine olanak sağlamaktadır. Toprağın pH seviyesine olan etkisi ise, bitkilerin besin maddelerini daha verimli bir şekilde almasını sağlamaktadır (Gayretli vd., 2023). Ahır gübresinin toprağın tavını artırması, toprağın işlenmesini kolaylaştırmakta ve ekim işlemlerinin daha etkili olmasına katkıda bulunmaktadır. Bu, toprağın verimliliğini doğrudan artırarak daha sağlıklı ve güçlü bitkilerin yetişmesi anlamına gelmektedir. Mikro elementler açısından zengin olması, ahır gübresini daha da değerli kılmaktadır. Bu elementler, bitkilerin metabolik süreçlerinde kritik rol oynamakta ve eksiklikleri bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Ahır gübresi, bu elementleri sağlayarak bitkilerin daha dengeli şekilde beslenmesine yardımcı olmakta ve genel tarımsal üretim kalitesini artırmaktadır (Soyergin, 2003).

Ahır gübresi, tarımın doğasına dair çift yönlü bir katkı sunmaktadır. Bir yandan, bitkilerin sağlıklı büyümesi için gerekli olan temel besin maddelerini toprağa kazandırır; bu, bitki gelişimini destekleyen azot, fosfor ve potasyum gibi makro besinler kadar, mikro elementlerin de toprağa eklenmesini sağlamaktadır. Bu besin zenginliği, bitkilerin kök gelişimini, yaprak sağlığını ve genel verimliliğini artırarak, daha güçlü ve dirençli mahsuller yetiştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu çift yönlü etki, ahır gübresini sadece bir gübre değil, aynı zamanda toprağın genel sağlığını iyileştiren ve tarım faaliyetlerini sürdürülebilir kılan bir zenginlik kaynağı haline getirmektedir (Zabunoglu ve Karaçal, 1986).

Ahır ve meralarda bırakılan gübreler, bitkiler için değerli bir besin kaynağıdır ve yapay gübrelerin yerini büyük ölçüde doldurabilmektedir. Özellikle fosfor hariç diğer besin maddelerini ve organik materyali sağlayan bu gübreler, toprağın yapısını iyileştirmekte, su ve hava geçirgenliğini artırmaktadır. Kurak bölgelerde ahır gübresi kullanımı, toprağın su tutma kapasitesini, sıcaklık dengesini ve biyolojik aktivitesini destekleyerek verimliliği artırmaktadır. Bu doğal gübreler, sürdürülebilir tarım için ekonomik ve çevre dostu bir seçenek sunmaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1995).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bitkisel Materyal

Bitkisel materyal olarak, sera demre 8 tescilli biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidi kullanılmış ve ilgili ticari firmadan Sim Arzuman Tarım Ürünleri Tohum Gıda San. Tic. Ltd. Şti. temin edilmiştir.

3.1.2 Test Patojen

Virülensliği biber bitkisi üzerinde önceden yapılan çalışmalarla belirlenen *V. dahliae* (Vd) izolatu kullanılmış (Coşkun vd., 2023; Güneş, 2024) ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarından temin edilmiştir.

3.1.3 Zeytin Karasuyu ve Ahır Gübresi

Zeytin karasuyu Mekece Işık Zeytin Yağı fabrikasından zeytin işleme döneminden sonra temin edilmiştir. Ahır gübresi Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Çiftlik Müdürlüğünden elde edilmiştir.

3.1.4 *Trichoderma* İzolatı

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji laboratuvar stoklarından *Trichoderma harzianum* NTC2 izolatu (rizosfer toprağından izole edilen ve yüksek inhibisyon oranına sahip olan) kullanılmıştır (Demirer Durak, 2018).

3.1.5 Çalışmaların Yürütüleceği İklim Odası Koşulları

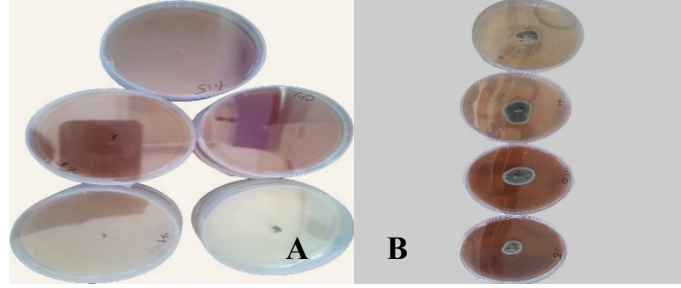
Çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklim odasında yürütülmüştür. İklim odası: 6000- 8000 lux ışık şiddetine sahip led bitki gelişim ışıklarıyla donatılmış 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyot uygulanmıştır. Bitkiler 23 ± 2 ° C sıcaklık ve %60 -70 orantılı nem koşullarında yetiştirilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 *In vitro*'da Yapılan Çalışmalar

In vitro' da patojen ve antagonist izolatların PDA ve PDA+ZK (Zeytin karasu) ortamında gelişimleri ve antagonistik dereceleri belirlenmiştir. Bu çerçevede, test izolatlar saf olarak PDA' da (patates dekstroz agar) 7 gün geliştirilmiştir. PDA ortamları ise 121°C' de otoklav edilmiş, daha sonra UV ortamında bir gün bekletilerek saprofit organizmalardan arındırılmış, stok çözeltiden %1, %5, %10, %15 oranlarında seyreltilerek hazırlanan zeytin karasuyu PDA ortamlarına eklenip karıştırıcı yardımı ile 5 dakika karıştırılıp petri kaplarına dökülüp soğumaya bırakılmıştır. Genç izolatlardan cork borer ile 0.5 cm'lik diskler alınmış ve PDA ve PDA+ZK ortamlarına ekilmiştir. Bir gruba tek antagonist ve patojen, diğer gruba da antagonizmin derecesini ölçmek için karşılıklı ekim yapılmıştır.

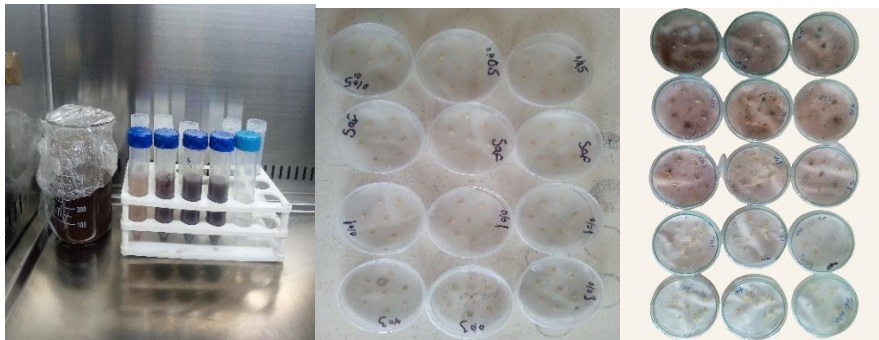
Karşılıklı ekimde *V. dahliae* yavaş geliştiği için önce yerleştirilmiş, 48 saat sonra *T. harzianum* aralarında 6 cm boşluk olacak şekilde bırakılmıştır. Böylelikle antagonizmin derecesi hem PDA hem de PDA+ZK ortamında test edilmiştir. Petriler 23°C sıcaklıkta soğutmalı inkübatörde 7 gün süre ile inkübe edilmiş, bu süre sonunda tek ekilen organizmaların büyümesi ölçülüp kaydedilmiş, karşılıklı ekilenlerde ise patojenin koloni yarıçapı ölçülmüş ve % engelleme oranı hesaplanmıştır [(Engelleme oranı % = Kontrol petrilerdeki patojenin koloni yarıçapı(A)-*T. harzianum* uygulanmış petrilerdeki patojenin koloni yarıçapı/A×100)]. Denemeler her tekrarda bir petri olacak şekilde 5 tekrarlı olarak yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 *In vitro* koşullarda yapılan çalışmalar. A: PDA ve PDA+ZK ortamlarında karşılıklı ekim PDA, B: karasudaki PDA+ZK ortamlarında *Verticillium dahliae* patojeninin gelişimi

3.2.2 *In vitro*'da Zeytin Karasuyunun Biber Tohumlarının Çimlenmesine Olan Etkisinin Belirlenmesi

Zeytin karasularının dozlarının biber tohumlarının çimlenmesine fitotoksik etkisi belirlenmiştir. Deneme kurulmadan bir gün öncesinden UV' de bekletilen karasular 2 kat kurutma kâğıdı yerleştirilmiş 9 cm çaplı petri kaplarında; homojen olarak dağıtılmış 20'şer adet tohumlara uygulanmıştır. Tohumların %70'lik alkol ve saf suda yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır. Petri kaplarına; zeytin karasularının farklı konsantrasyonları (%1, %5, %10, %15) ve kontrol amaçlı saf su 5 ml olarak ilave edilmiştir. Petri kaplarında bitki çimlenme süreci detaylı bir şekilde izlenmiş ve çimlenme oranları tespit edilmiştir. Petriler 24°C'de 1-3 hafta süresince inkübe edilmiş ve deneme 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Arslan, vd., 2021). *In vitro*' da yapılan çalışmalara bağlı olarak en etkili ve fitotoksik olmayan doz belirlenip *in vivo* ortamda kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 En etkili ve fitotoksik olmayan zeytin karasu dozunun belirlenmesi ve zeytin karasularının farklı konsantrasyonları ile petri kaplarındaki 20 adet tohum ekimi ve petri kaplarında çimlenen bitki süreci

3.2.3 *In vivo* Denemeler

İlk aşamada biber tohumları %2'lik NaOH' da bekletilerek yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır. Daha sonra biber tohumları 2:1 oranında steril torf-perlit karışımından oluşan harç materyali bulunan 4.7 x 6.0 cm ebatlarındaki 45'lik plastik viyollere ekilmiştir. Çimlenme süresi boyunca üç günde bir, çimlenme gerçekleştikten sonra iki günde bir sulanmıştır. Tohum ekiminden 4 hafta sonra biber fideleri viyol gözlerinden alınarak saksılara şaşırtılmıştır. Saksılar 1.5 lt hacime sahip olup %10'luk Sodyum Hipoklorit ile dezenfeksiyonu yapılmıştır ve otoklavda 121°C de 1 saat bekletilerek dezenfeksiyonu yapılmış toprak, kum (1:1) ile doldurulmuştur. Bu esnada bir grup uygulamaya her saksıya 12 gr olacak şekilde ahır gübresi karıştırılmıştır. Daha sonra bitkilerin gerçek yapraklarının çıkışıyla beraber uygulama gruplarına göre saksılara zeytin karasuyu ve *Trichoderma harzianum* (1×10^6 spor/ml) süspansiyonları rizosferden 50 ml/saksı olacak şekilde içirme yoluyla inokule edilmiştir. Bu işlem yetiştirme dönemi boyunca 3 defa tekrarlanmıştır.

3.2.4 *V. dahliae*' nin Bitkiye Uygulanması ve Değerlendirilmesi

Saksılarda geliştirilen biber fidelerine ön çalışmalarda etkinliği önceden belli olan *V. dahliae* izolatu inokule edilmiştir. İlk olarak, *V. dahliae* izolatu PDA ortamında çoğaltılmıştır. Bu amaçla hazırlanan PDA ortamları steril edildikten sonra fungus kültürleri petri kaplarındaki PDA ortamına ekimleri yapılmış ve 24°C'de 12 saat karanlık ve 12 saat aydınlıkta olmak üzere 10 gün süreyle inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. İklim odasında 3 haftalık gelişmeye bırakılan biber fidelerine *V. dahliae* izolatlarının inokulasyonu yapılmıştır.

İnokulasyon işleminden önce yukarıda anlatıldığı şekilde çoğaltılan ve geliştirilen *V. dahliae* izolatından cork borer yardımıyla 5 mm'lik parçalar alınarak, steril kabinde stok süspansiyon çözeltisi içine aktarılmıştır. Patojenisite testlerinde inokulum olarak kullanılacak süspansiyon dairesel bir çalkalayıcı üzerinde 8 gün boyunca 50 devir/dakika süreyle çalkalanmıştır. Bu süre sonunda testlemeye hazır süspansiyonun, testleme öncesi spor yoğunluğu hemasitometre kullanılarak saptanmış olup, spor yoğunluğu 3×10^7 konidi/ml' ye ayarlanmıştır. Üç yapraklı evreye ulaşan biber fidelerine 10µl hacimde

Verticillium dahliae spor solüsyonu enjeksiyonla gövdeden inoküle edilmiştir. Kontrol bitkileri ise süspansiyon yerine akan su enjeksiyonu yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 PDA ortamında çoğaltılan *V. dahliae*, çalkalayıcı üzerindeki spor solüsyonu ve biber fidelerine enjeksiyon yöntemi

3.2.5 *V. dahliae* Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi

Patojen inokulasyonundan 3 hafta sonra bitkilerde ortaya çıkmaya başlayan hastalık belirtileri biber fidelerin toplam 7 haftalık gelişme periyodu sonunda değerlendirilerek hastalık şiddeti belirlenmiştir. Bu amaçla yeşil aksamda solgunluk değerlendirmesi için 0-4 skalası (Zeise ve Von Tiedemann, 2002), ve gövde kesitinde incelemesi için ise 0-3 skalası kullanılmıştır (Erwin vd., 1976).

0-4 Skalası

0=Simptom yok

1= Yaşlı yapraklar deri gibi sert görülür

2= Yaşlı yapraklar ölü, gelişme geriliği var

3= Hemen hemen bütün yapraklarda simptom var veya bitkinin tamamında gelişme geriliği söz konusu

4=Ölü bitki

Tanımsal skalaya göre; belirlenen değerlerle yeşil aksam Hastalık Şiddeti İndeksi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Hastalık Şiddeti İndeksi} = [\Sigma(\text{SD} \times \text{BS})] \times 100 / \text{ESD} \times \text{TB}$$

SD: Skala değeri

BS: Aynı skala değerindeki bitki sayısı

ESD: En yüksek skala değeri

TB: Toplam bitki sayısı

0-3 Skalası

0= Bitkilerde gövde enine kesitinde herhangi bir renk bozulması yok

1= Gövde enine kesitinde az miktarda kahverengi lekeler var, bitki iletim demetlerinin %1-33'ü kahverengileşmiştir.

2= Bitki gövde enine kesitinde çok miktarda siyah lekeler bulunmakta, bitki iletim demetlerinin %34-67' si kahverengileşmiştir.

3=Gövde enine kesiti tamamen siyah leke ile kaplı ve kurumuş bitkiler mevcut, iletim demetlerinin %68-100' ü kahverengileşmiştir.

Gövde kesiti değerlendirmelerinde skala dereceleri göz önünde tutularak aşağıdaki formül yardımıyla hastalık şiddeti hesaplanmıştır.

$$\text{Hastalık Şiddeti} = \frac{(0) (a) + (1) (b) + (2) (c) + (3) (d)}{n = (a+b+c+d)} \times 100 \quad (3.1)$$

a,b,c,d: Her skala değerine giren bitki sayısı
n: Toplam bitki sayısı

Çizelge 3.1 Çalışmada oluşturulan uygulama grupları

Patojenli uygulama	Patojensiz uygulama
Kontrol	Kontrol
Karasu	Karasu
<i>T. harzianum</i>	<i>T. harzianum</i>
Gübre	Gübre
Karasu + gübre	Karasu+gübre
Karasu + <i>T. harzianum</i>	Karasu + <i>T. harzianum</i>
<i>T. harzianum</i> +gübre	<i>T. harzianum</i> +gübre
Karasu + <i>T. harzianum</i> +gübre	Karasu + <i>T. harzianum</i> +gübre

3.2.6 Bitki Gelişim Kriterlerinin İncelenmesi

3.2.6.1 Klorofil Miktarının Belirlenmesi

Bu çalışmada, yaprakların parçalanmasına gerek kalmadan, ya da dalından koparılmadan klorofil içeriğinin hesaplanmasını sağlayan SPAD 502 Plus cihazı kullanılmıştır. Cihaz, bitki yapraklarına zarar vermeden klorofil içeriğini ölçmek için ışığın iki farklı dalga boyundaki (660 nm kırmızı ve 940 nm yakın kızılötesi) absorbansını tespit etmektedir. Kırmızı ışık, klorofil molekülleri tarafından güçlü bir şekilde emilirken, yakın kızılötesi ışık, yaprak yapısındaki farklılıkların düzeltilmesi için referans dalga boyu olarak kullanılır. Bu yöntem, yaprak dokusunu bozmadan hızlı ve güvenilir bir klorofil ölçümü sağlar, böylece bitki sağlığı ve fotosentez kapasitesi hakkında önemli veriler elde edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Yaprakta klorofil miktarının belirlenmesi

3.2.6.2 Yaprak Sayısı ve Yaprak Renk Analizi

Yaprak sayısı, bitki üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile adet/ bitki olarak sayılmış, renk analizi ise L, a, b, c, h Chroma meter (CR-400 Konicaminolta, Japon) kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yaprak renk analizi

3.2.6.3 Sürgün Boyu, Kök Uzunluğu ve Sürgün Çapının Ölçülmesi

Hasat edilen bitki, kökleri ile birlikte musluk suyu altında köklere yapışan toprak parçacıklarından yıkanarak temizlenmiştir. Temizlenen bitkilerin sürgün boyu ve kök uzunluğu (cm), sürgün çapı (mm) ölçülmüştür. Bunun için kök boğazından sürgün çapı (mm) kumpas ile ana gövdeden sürgün ucuna kadar sürgün boyu (cm), kök boğazından kökün bir diğer uç kısmına kadar kök uzunluğu (cm) cetvelle ölçülmüştür.



Şekil 3.6 Sürgün çapının kumpas ölçümü ile sürgün boyu ve kök uzunluğunun ölçülmesi

3.2.6.4 Kök-Yeşil Aksamın Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ayrı ayrı ölçülmüştür. Bitki boyu ve çapı alınan bitkilerin sürgün, kök ağırlıkları ayrı ve daha sonra ikisinin toplamı şeklinde terazide, yaş ağırlıkları (g) ölçülmüştür. Yaş ağırlıkları (g) tespit edilen bitkiler daha sonra kese

kâğıtlarına konularak 70 °C’de 48 saat süresince kurutma dolaplarında tutulup kurutulmuş ve kurutma dolabından çıkarılan bitkiler tartılarak kuru ağırlıkları (g) tespit edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Yeşil aksamın yaş ağırlığının ve kuru ağırlığının belirlenmesi

3.2.6.5 pH ve EC Analizi

10 haftalık süren deneme sonrası hasat edilen bitki topraklarından örnekler alınmıştır. Bu toprak örnekleri laboratuvara getirilip kurutulmuş ve 2 mm’lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Elenen toprak örneğinden 20 gr tartılarak 50 ml saf su eklenip cam baget ile yaklaşık 1 dk karıştırılmış ve 30 dakika sonra alınan toprak örnekleri su analiz cihazı ile pH ve EC alınmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 pH ve EC toprak su karışımı

3.2.6.6 Toplam Fenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesi Analizi

Her bir uygulama grubuna ait bitkilerden, toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesi amacıyla örnekler alınmıştır.

Yapraklardaki toplam fenol miktarı Swain ve Hillis (1959) yöntemine, toplam antioksidan kapasitesi ise FRAP yöntemiyle Benzie ve Strain (1996)'a göre analiz edilmiştir.

Toplam fenol analizi için, hasat öncesinde her uygulamadan 1 gram taze yaprak örneği hassas terazide tartılarak alınmış ve analiz zamanına kadar -80 °C'de saklanmıştır. Analiz sırasında her örneğe 5 ml metanol ilave edilmiş, homojenizatörde parçalanmış ve ardından 12.000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası oluşan üst faz, 2 ml'lik Eppendorf tüplere aktarılmış ve -20 °C'de toplam fenol ve antioksidan kapasitesi analizine kadar muhafaza edilmiştir.

Fenol miktarının belirlenmesinde, ekstraktan 150 µl alınmış; üzerine 2400 µl saf su, 150 µl %10'luk (1:10) Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve kısa süreli vortexlenmiştir. Ardından 300 µl %20'lik sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiş ve karışım oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Absorbans değerleri spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda okunmuş ve sonuçlar gallik asit eşdeğerine göre hesaplanmıştır.

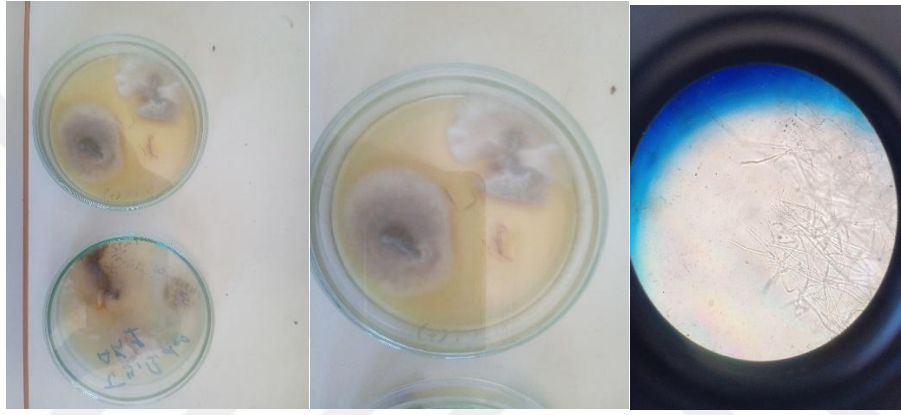
Toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde ise, FRAP reaktifi (asetat tamponu, TPTZ ve demir (III) klorür) ile hazırlanmıştır. Ekstraktan alınan 150 µl örnek, 2850 µl FRAP reaktifi ile karıştırılarak 10 ml'lik cam tüplere aktarılmıştır. Karışım oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dakika bekletildikten sonra 593 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Sonuçlar Trolox eşdeğerine göre hesaplanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Hassas terazide 1 gr tartılan taze yaprak, her örneğe 5 ml metanol ilave edilmiş, homojenizatörde parçalanmış ve ardından 12.000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüjlenme

3.2.6.7 *V. dahliae*' da Re-İzolasyon

Uygulanan *V. dahliae*'nin biber bitkisine oluşturduğu hastalık kısımlarına bağlı olarak farklı bölgelerden (kök, gövde, yaprak) örnekler alınmış ve hastalıklı kısımlar küçük parçalara ayrılmıştır. Alınan örneklerin önce yüzey sterilizasyonu yapıp, %0.5'lik oranında sulandırılmış sodyum hipoklorit çözeltisinde 2 dakika bekletilmiş, daha sonrada steril su ile yıkanmıştır. Kurutma kağıtlarında kurutulan patojenli örnekler PDA ortamında gelişime bırakılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Hastalıklı bitki örneklerinin PDA ortamı ve mikroskop altı görüntüsü

3.2.8 İstatistik Analizi

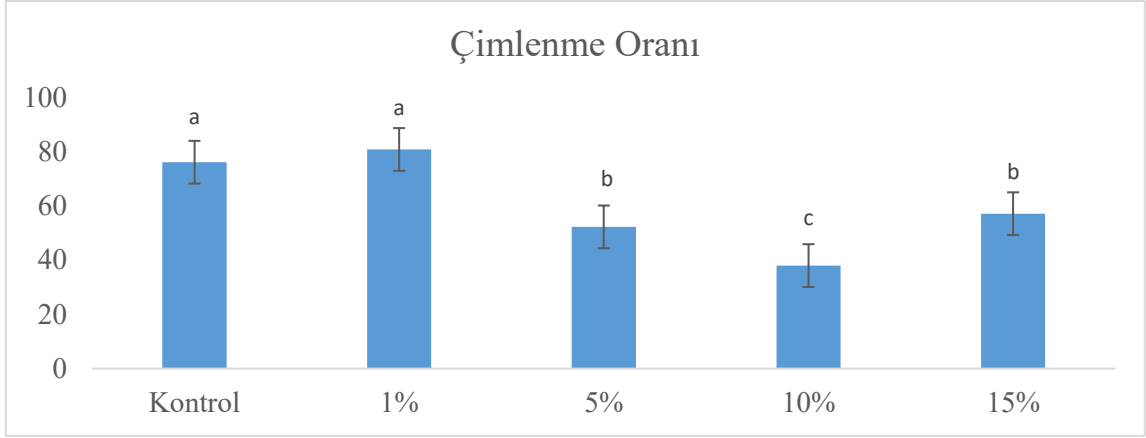
Çalışmadan elde edilen veriler, tesadüf parsellerine göre varyans analizine tabi tutulmuş; *Trichoderma harzianum*, zeytin karasuyu oranı, ahır gübresi ve *V. dahliae* uygulamaları arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Uygulamalar, her saksıda 2 bitki olacak şekilde 5 tekerrürlü tamamen rastgele düzende (CRD) kurulmuştur. Değişkenler; yaprak sayısı, kök uzunluğu, sürgün boyu, sürgün çapı, toplam yaş ağırlık, toplam kuru ağırlık, klorofil içeriği, yaprak alanı, renk analizi, toprak pH'ı, toprak EC'si, toprak nemi, toplam fenol, toplam antioksidan, 0–4 Vd skalası ve 0–3 Vd skalası olarak belirlenmiştir. Veriler, SPSS yazılımı kullanılarak tek yönlü ANOVA'ya tabi tutulmuştur. Tüm sonuçlar, ortalama $\pm$ standart hata (SE) şeklinde verilmiş ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 *In vitro*' da Yapılan Çalışmalar

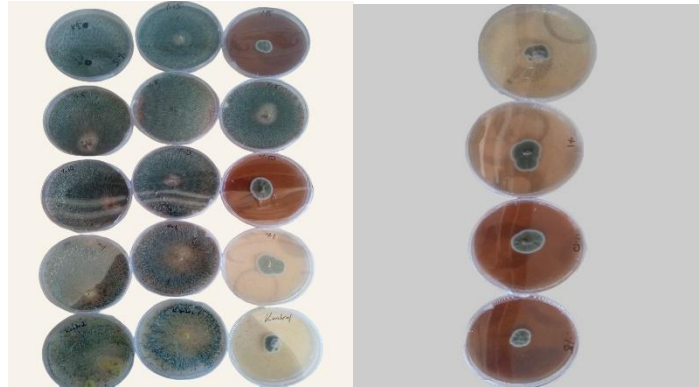
Çalışmanın *in vitro* aşamalarından biri zeytin karasuyunun tohum çimlenmesine etkisinin değerlendirilmesidir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonları (%1, %5, %10, %15) ile biber tohumlarının çimlenmesinde fitotoksik etkisinin en az olduğu doz %1 oranı olarak belirlenmiştir. En yüksek dozun ise %10 olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında ise kontrol grubu dışında zeytin karasuyunun fitotoksik etkisinin en az olduğu grup %1 oranı olup biber tohumlarının %100 çimlendiği görülmektedir. Diğer gruplarda azda olsa çimlenme görülmektedir. Zeytin karasuyunun fitotoksik ve antimikrobiyal özellikleri, içeriğindeki polifenoller ve tanenlerin varlığı ile ilişkilidir. Özellikle polialkoller, pektintenninler ve polifenoller, bu etkileri sağlayan temel bileşenler arasında yer almaktadır (Paredes vd., 1998; Çelik vd., 2008). Yaptığımız çalışmada ise zeytin karasuyunun biber bitkisinin üzerine göstermiş olduğu fitotoksikite bu bileşenlerle ilişkilidir. Yapılan bazı çalışmalarda da zeytin karasuyunun etkisinin benzer sonuçları görülmüştür. Özilbey vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonlarının (10, 20, 30, 40, 60, 80 ve 100 l/m²) ekilen çim ve marul tohumlarına uygulandığında 60l/m² dozunun çim tohumlarına, 40l/m² dozunun ise marul tohumlarına fitotoksikite gösterdiği rapor edilmiştir. Mekki vd. (2013), domates fidelerine uygulanan farklı dozlarda (50, 100 ve 150 m³/ha) zeytin karasuyunun, düşük dozlarda olumlu, yüksek dozlarda ise olumsuz etkiler gösterdiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, Mekki vd. (2009), 200 m³/ha'lık bir dozun, özellikle tekrarlayan uygulamalarda toprakta tuz birikimiyle birlikte fitotoksik etki oluşturabileceğini belirtmiştir. Zeytin karasuyunun direkt kullanımı zararlı iken seyreltilen karasuyun kullanımı mümkün olabilmektedir. Başka bir çalışmada ise zeytin karasuyunun konsantrasyonları (%25, %50, %100) tere, marul ve buğday tohum çimlenmesinde çok yüksek düzeyde fitotoksik etki göstermiştir (Arslan ve Yılar, 2021). Zeytin karasuyunun bitki gelişimi üzerinde fitotoksik ve inhibe edici etkisi bulunmaktadır. Ancak zeytin karasuyunun önerilen dozlarda verilmesi bitki açısından herhangi bir sorun oluşturmamaktadır.



Şekil 4.1 Zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonlarının biber tohumlarının çimlenmesine etkisi

4.2 *In vitro*'da İnhibisyon Oranı

Patojen ve antagonist izolatların PDA (patates dekstrozu agar) ve PDA+ZK (Zeytin karasu) ortamında gelişimleri ve antagonistik derecelerini belirlemek için yapılan tek ve karşılıklı ekimde yavaş gelişen patojen önce ekilmesine rağmen ZK ve *T. harzianum* tarafından baskılanmış ve gelişmemiştir. Tek ekimde de kontrol petrilerde gelişen patojenin ZK lı ortamda hiç gelişemediği, ilerleyen günlerde saprofit gelişimi olduğu belirlenmiştir. Biyoetmenin ise hem kontrolde hem de ZK' nın bütün dozlarında geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Zeytin karasuyunun farklı konsantrasyonunun (%1, %5, %10, %15) *Verticillium dahliae* – *Trichoderma harzianum* karşılıklı ekimi

4.3 In Vivo Denemeler

Çizelge 4.1 Biber bitkisinde zeytin karasuyu (KS), *Trichoderma harzianum* (T), ahır gübresi(G), *Verticillium dahliae* (V) uygulamalarının morfolojik parametrelere etkisi

Uygulamalar	Yaprak sayısı	Sürgün Çapı	Kök Uzunluğu	Bitki boyu	Yaş ağırlık gövde	Yaş ağırlık kök	Kök kuru ağırlık	Sürgün kuru ağırlık
K	4.80±0.78d*	2.26±0.26cd	14.10±3.57abcd	11.35±5.28d	3.72±2.54c	0.31±0.20d	0.16±0.08d	0.55±0.38c
T	7.40±2.83bcd	2.49±0.40bcd	15.40±4.40abcd	13.85±3.27cd	4.28±2.62bc	0.51±0.48d	0.28±0.23abcd	0.64±0.48c
G	10.90±4.50a	3.21±0.37a	18.45±4.92a	21.54±8.06a	11.67±3.45a	1.11±0.32a	0.48±0.09ab	1.65±0.60a
KS	5.00±1.69d	2.13±0.27d	14.70±6.05abcd	14.50±2.42bcd	3.31±3.52c	0.61±0.37bc	0.33±0.20abcd	0.45±0.46c
T+G	9.90±1.72ab	2.97±0.36ab	14.90±2.64abcd	21.75±4.78a	12.34±1.80a	1.10±0.35a	0.48±0.13ab	1.63±0.24a
KS+T	6.30±2.21cd	2.28±0.43cd	14.50±3.13abcd	15.62±2.52bcd	5.83±4.08b	0.44±0.19d	0.21±0.07cd	0.47±0.22c
KS+G	8.50±1.77abc	2.89±0.27ab	15.40±1.50abcd	16.99±4.15bc	10.99±2.38a	0.84±0.33b	0.41±0.10abc	1.30±0.29b
KS+T+G	10.00±5.65ab	2.75±0.26abc	16.44±2.92abc	19.27±2.25ab	10.29±3.10a	0.83±0.08b	0.51±0.17ab	1.36±0.52b
Ortalama	7.85±2.64	2.62±0.32	15.49±3.64	16.86±4.09	7.80±2.94	0.72±0.29	0.38±0.13	1.01±0.39
p uygulamalar	<0.05	<0.05	öd	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
V	6.55±1.58cd	2.62±0.39bcd	11.66±6.22d	14.63±4.16bcd	4.32±2.43de	0.67±0.26bc	0.38±0.14ab	0.61±0.42b
T+V	6.27±1.73cd	2.26±1.30cd	13.63±2.97bcd	13.58±3.94cd	4.69±1.11d	0.54±0.22cd	0.28±0.07b	0.61±0.15b
G+V	9.40±1.26a	2.73±0.38abc	14.10±1.91abcd	14.60±3.58bcd	8.56±2.31a	0.73±0.39b	0.36±0.13ab	1.05±0.34a
KS+V	6.00±1.69cd	2.77±0.17abc	14.20±3.45abcd	14.15±3.10cd	3.68±2.33e	0.51±0.26cd	0.27±0.10b	0.58±0.38b
T+G+V	6.20±4.66cd	2.48±1.00cd	13.90±2.92bcd	11.55±8.86d	4.33±2.02de	0.29±0.18d	0.16±0.09c	0.47±0.30c
KS+T+V	5.80±1.98cd	2.93±0.23ab	13.60±1.71bcd	15.50±3.34bcd	3.88±1.30e	0.68±0.55bc	0.29±0.13b	0.62±0.17b
KS+G+V	7.40±2.17bcd	2.94±0.43ab	17.60±4.64ab	14.40±5.71bcd	7.61±2.13b	1.19±0.78ab	0.52±0.33a	0.98±0.34a
KS+T+G+V	9.60±1.89ab	3.28±0.51a	13.10±7.60cd	16.26±3.28bcd	6.47±4.91c	1.45±0.84a	0.35±0.22ab	1.01±0.75a
Ortalama	7.15±2.12	2.75±0.55	13.97±3.92	14.33±4.50	5.44±2.31	0.76±0.44	0.33±0.15	0.74±0.36
p uygulamalar	<0.05	<0.05	öd	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

K: Kontrol, T: *Trichoderma harzianum*, G: Ahır gübresi, KS: Zeytin karasuyu, V: *Verticillium dahliae*

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

Öd: Sonuçlar arasında fark önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.1’de gösterildiği gibi bitkinin morfolojik parametreleri üzerinde uygulamaların sadece kök uzunluğu parametresinde istatistiksel fark önemsiz bulunmazken, diğer parametrelerde fark önem arz etmiştir ($p<0.05$). Bu çerçevede yaprak sayısı, sürgün çapı, yaş ağırlık gövde parametrelerinde en yüksek değer G uygulamasında görülürken, bitki boyu ve sürgün kuru ağırlık parametresinde G ve T+G uygulaması, yaş ağırlık kök parametresinde KS+T+G+V uygulaması ve kök kuru ağırlık parametresinde ise KS+G+V uygulamasında görülmüştür. En düşük değerler ise yaprak sayısı parametresinde K ve KS uygulaması, sürgün çapı, yaş ağırlık gövde ve bitki boyu parametrelerinde KS uygulaması, yaş ağırlık kök parametresinde K, KS+T ve T+G+V uygulaması, kök kuru ağırlık parametresinde K ve TGV uygulaması, sürgün kuru ağırlık parametresinde ise K, T, KS, KS+T, V, T+V, KS+V, T+G+V ve KS+T+V uygulamaları olarak tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında yaprak sayısı, kök uzunluğu, bitki boyu, yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı parametrelerinde hastaliksız koşullarda ortalama değerler olarak daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Patojensiz gruba uygulanan ahır gübresinin kök yaş ağırlığı ve kuru ağırlığı etkilemezken, yaprak sayısı, sürgün çapı, bitki boyu, sürgün yaş ağırlığı ve kuru ağırlığını yüksek derecede etkilediği görülmüştür. Aynı şekilde ahır gübresi patojenli grup da kontrol grubuna göre de yüksek değerlere sahip olmuştur. Çerçioğlu ve Yağmur (2017), yaptıkları çalışmada ahır gübre uygulamasında bitkinin gelişimi ve beslenmesi üzerine etkilerini araştırmışlar ve elde ettikleri sonuca göre ahır gübresinin en yüksek değer aldığını rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ahır gübresinin verim ve bitki gelişiminde önemli artışlar sağladığı ve toprak yapısının iyileşmesine de önemli katkı sağladığı belirtilmiştir (Seran vd., 2010; Rady vd., 2016). Yaptığımız çalışmada bulunan sonuçlara paraleldir. Zeytin karasuyunun içeriğinde parçalanmaya dayanıklı fenolik birleşik içermektedir (Ergüder vd., 2000). Bu da zeytin karasuyu patojenli ve patojensiz grupta tekli kombinasyon halinde uygulandığında bitki morfolojisinde düşük değerlere sahip olmaktadır. Ancak üçlü ve dörtlü kombinasyon halinde patojenli – patojensiz grupta kontrol grubuna göre yüksek değerlere sahip olmuştur. Bununda kombinasyon halinde iken fenolik birleşigi azalttığını düşünülmektedir (Dammak vd., 2016). *T. harzianum* patojensiz grupta, kontrol grubuna göre tekli, ikili ve üçlü kombinasyon halinde iyi değerler elde edilmiştir. Ancak patojenli grupta, kontrol grubuna göre sadece dörtlü kombinasyon halinde etki ettiği görülmektedir. Bitki köküne kolonize olan *T. harzianum* bitki hastalıklarına karşı

dayanıklılığı uyardığı, kök gelişimini teşvik ettiği, bitki büyümesini, gelişimini, verimi, besin alınımı ve kullanımını teşvik ettiği bilinmektedir (Harman vd., 2004). Yapılan bir çalışmada *T. harzianum* bitkiye uygulanmasında, bitkinin kök alanı, kuru ağırlığını ve yaprak alanını önemli oranda arttığı belirlenmiştir (Yedidia vd., 1999). Ancak *T. harzianum* patojenli ve patojensiz grupta tekli kombinasyon halinde iyi sonuçlar elde edilmemiştir. Bu da yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlara uymamaktadır.

Çizelge 4.2 Biber bitkisinde zeytin karasuyu (KS), *Trichoderma harzianum* (T), ahır gübresi (G), *Verticillium dahliae* (V) uygulamalarının gruplar arası renk analizi ve klorofil değerler

Uygulamalar	L*	a**	b***	C****	h*****	Klorofil
K	34.49±2.20ab	-10.64±0.92b	15.25±2.60ab	18.63±2.64ab	125.40±1.97a	40.88±6.57cd
T	33.82±2.49abc	-11.24±1.09b	16.12±2.34a	19.67±2.50a	125.14±1.96a	42.19±4.38bcd
G	32.40±2.15abc	-9.83±0.74b	13.19±1.36b	16.46±1.50ab	126.90±1.30a	48.66±4.75a
KS	35.83±4.02a	-10.64±1.00b	16.09±3.56a	19.35±3.50ab	124.45±2.96a	40.85±5.81cd
T+G	32.14±1.22abc	-10.84±0.90b	14.20±1.40ab	17.88±1.64ab	127.45±0.94a	45.01±3.16abc
KS+T	31.30±2.33abc	-9.90±1.12b	14.02±1.90ab	17.21±2.07ab	124.54±2.99a	43.11±4.50abcd
KS+G	29.49±2.34c	-9.83±0.99b	12.86±1.41ab	16.19±1.71b	127.44±0.92a	46.38±4.14abc
KS+T+G	31.27±2.20abc	-9.87±0.97b	13.28±1.80b	16.56±2.01ab	126.95±1.16a	47.76±4.70ab
V	32.17±5.38abc	-9.93±2.51b	13.97±2.96ab	17.54±3.17ab	118.02±16.52a	42.17±5.21bcd
T+V	33.24±1.81abc	-11.21±1.40b	15.35±2.51ab	19.02±2.80ab	126.32±1.93a	42.40±5.09bcd
G+V	33.09±1.48abc	-10.82±0.61b	14.26±0.80ab	17.91±0.99ab	127.22±0.63a	42.68±3.57bcd
KS+V	34.50±3.11ab	-10.49±0.99b	15.30±2.75ab	18.62±2.80ab	125.48±2.17a	44.71±3.71abc
T+G+V	21.08±14.66d	-6.98±4.87a	9.32±6.55c	11.65±8.16c	88.82±61.30b	37.79±14.20d
KS+T+V	32.07±1.99abc	-10.24±0.73b	14.17±1.94ab	17.50±2.01ab	126.13±1.47a	44.01±2.87abc
KS+G4V	30.21±3.41bc	-9.72±1.05b	12.93±1.30b	16.19±1.64b	126.98±1.20a	44.04±3.87abc
KS+T+G+V	32.12±1.51abc	-10.14±1.08b	13.26±1.48b	16.70±1.81ab	127.41±1.05a	44.54±4.44abc
<i>p</i> uygulamalar	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

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

K: Kontrol, **V:** *Verticillium dahliae*, **T:** *Trichoderma harzianum*, **KS:** Zeytin karasu, **G:** Ahır gübresi **L*** değeri yaprağın parlaklığını, **a*** ve **b*** değerleri ise kırmızı-yeşil ve sarı-mavi renk eksenlerini, **C** değeri, renk yoğunluğunu (chroma), **h^o** ise rengin tonunu (hue) göstermektedir.

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere, uygulama gruplarının bitkinin renk analizi ve klorofil parametrelerindeki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu kapsamda L değeri, yüzeyin parlaklık düzeyini göstermektedir. En yüksek parlaklık değeri KS uygulamasında (35.83) gözlenirken, en düşük değer KS+G uygulamasında (29.49) ölçülmüştür. a değeri, kırmızıdan yeşile geçişi ifade etmektedir. Değerler negatif olduğundan, genel olarak yüzeylerin yeşil ağırlıklı olduğu görülmektedir. En düşük (yeşil) değer T+G+V uygulamasında (-6.98), en yüksek değer ise diğer gruplarda yaklaşık

-9.7 ile -11.2 arasında değişmektedir. b değeri, yüzeyin sarıdan maviye doğru eğilimini ifade etmektedir. En yüksek sarı eğilimi T uygulamasında (16.12) ve KS (16.09), en düşük ise T+G+V grubunda (9.32) gözlenmiştir. Renk yoğunluğu (C) açısından en yüksek değer T uygulamasında (19.67), en düşük değer ise T+G+V uygulamasında (11.65) kaydedilmiştir. h° değeri, rengin tonunu ifade eder. Tüm uygulamalarda benzer düzeyde bulunmuş olup, 124.45 ile 127.45 arasında değişmiştir. Bu, uygulamaların ton açısını büyük ölçüde değiştirmedğini gösterir. Klorofil içerik değerleri incelendiğinde, en yüksek değer G grubunda (48.66) bulunurken, en düşük değer T+G+V grubunda (37.79) ölçülmüştür. Genel olarak bakıldığında zeytin karasuyunun içeriğinde organik madde ve fenolik bileşikler bulunmaktadır. Bu da toprağın mikrobiyal faaliyetlerini desteklemekte ve bitki gelişimini olumlu etkilemektedir. Ancak yüksek konsantrasyonda kullanıldığında fenolik bileşikler fitotoksik etki yaratmaktadır. Bu da klorofil ve renk parametrelerinde olumsuz sonuç göstermektedir (Paredes vd., 1999; Baddi vd., 2003; Çelik vd., 2008 Albuquerque vd., 2013). Mechri vd. (2008), bitkilere uygulanan düşük doz zeytin karasuyunun (25 m³/ha), yapraklardaki klorofil içeriğini ve fotosentetik aktiviteyi artırdığını ve fitotoksik etki oluşturmadığını belirtmiştir. Ancak yüksek dozlar, bitkide fenolik birikimini artırarak besin alımını azaltmış ve sonuçta gelişmeyi yavaşlatmıştır. Biyolojik kontrol ajanı olan *T. harzianum* bitkilerde büyümeyi teşvik eden fitohormonlar ve mikrobiyal metabolitler üretmektedir. *T. harzianum* bitkinin metabolizmasına ve bitki patojen stresine karşı korumaktadır (Harman vd., 2004). Ahır gübresi, organik madde içeriği sayesinde bitkide olumlu sonuçlar göstermektedir. *V. dahliae* enfeksiyonu, bitkide vasküler sistemde tıkanıklık yaratarak su ve besin akışını azaltır. Bu da klorofilin bozulmasına ve renk parametrelerinde olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Tjamos vd., 2000; Pegg ve Bady, 2002).

Çizelge 4.3 Biber bitkisinin *V.dahliae*' ye karşı hastalık şiddeti ve baskılama oranı

Uygulamalar	Yeşil aksamdan		Kökten	
	Hastalık şiddeti	Baskılama Oranı (%)	Hastalık şiddeti	Baskılama Oranı (%)
V	72.50±0.56a*	-	80.00±0.51a	-
T+V	42.50±0.48bcd	41.37	23.33±0.67c	70.83
G+V	52.50±0.56bc	27.58	50.00±0.52b	37.50
KS+V	55.00±0.78b	24.13	56.66±0.48b	29.17
T+G+V	28.00±0.83de	61.37	12.66±0.51c	84.18
KS+T+V	52.50±0.87bc	27.58	46.66±0.69b	41.68
KS+G+V	35.00±0.84cd	51.72	43.33±0.67b	45.83
KS+T+G+V	12.50±0.70e	82.75	13.33±0.51c	83.33
p uygulamalar	<0.05		<0.05	

V: *Verticillium dahliae*, T: *Trichoderma harzianum*, KS: Zeytin karasu, G: Ahır gübresi

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

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi bitkinin yeşil aksam ve kök uygulamasında hastalık şiddeti istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Bu kapsamda, kontrol grubu olan V uygulamaları %72.5 yeşil aksam ve %80 kök ile en yüksek hastalık şiddetine sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak bakıldığında *T. harzianum* özellikle kökte hastalık şiddetini %70.83 oranında baskılarken yeşil aksamda ise baskılama oranı %41.37'dir. Yapılan bir çalışmada *T. harzianum*'un *V. dahliae* patojeninin hastalık şiddetini baskıladığını bildirmiştir (Jabnoun-Khiareddine vd., 2009; Carrero-Carron vd., 2016). Başka bir çalışmada *T. harzianum*'un *V. dahliae* patojeninin yayılmasını engellediği rapor etmiştir (Özgönen, 2014). Biyolojik kontrol ajanları bitkilerde yüksek oranda hastalık oluşturan patojenlere karşı oldukça başarılı sonuçlar gösterdiği bilinmektedir (Amin, 2010; Muekouba vd., 2014; Boyno vd., 2020). Bu da çalışmamızdaki verilerle paralellik gösterir. Ancak ahır gübresi ve zeytin karasuyunun tekli kombinasyon uygulanmasında hem yeşil aksamdan hem de kökte patojene karşı düşük baskılama oranı sergilemektedir. Ahır gübresi ve zeytin karasuyu uygulamalarının düşük hastalık baskılama oranlarına sahip olmasının birkaç nedeninin var olduğu düşünülmektedir (Albuquerque vd., 2013). Ahır gübresi, organik madde içeriği ve toprak iyileştirici özellikleriyle bilinse de patojenik mikroorganizmaların gelişimini teşvik edebilecek organik bileşenler de içerebilir (Albuquerque vd., 2013). Bu durum, hastalık şiddetini azaltmak yerine *V. dahliae* gibi dayanıklı patojenlerin hayatta kalmasını kolaylaştırabilir (Agbede, 2010). Toprak kökenli patojenlerin baskılanması, yalnızca zeytin karasudaki fenolik bileşiklerin antimikrobiyal etkisinden kaynaklanmaz. Bu etki, spor çimlenmesini, hif gelişimini,

besin ve alan rekabetini, antimikrobiyal ajanların salgılanmasını ve lizisi (enzimlerle parçalanmayı) kapsayan çeşitli mekanizmaların birleşimidir (Hoitink ve Boehm, 1999). Zeytin karasuyu ise yüksek fenolik bileşikler içerdiğinden toprak mikrobiyotasında toksik etki oluşturabilir. Zeytin karasuyu, yüksek doz uygulamalarla toprak kaynaklı patojenlerin gelişimini de engelleyebilir (Kotsou vd., 2004). Bu, faydalı mikrobiyal toplulukların azalmasına ve biyolojik kontrol mekanizmalarının zayıflamasına yol açabilir. Ayrıca, zeytin karasuyunun düşük pH'ı ve tuzluluk gibi özellikleri hem toprak yapısını hem de bitkinin bağışıklık sistemini olumsuz etkileyerek patojen baskılanmasını sınırlandırmış olabilir (Paredes vd., 1999; Baddi vd., 2003; Çelik vd., 2008; Albuquerque vd., 2013). Bu uygulamaların daha etkili olması için doz ve işleme yöntemlerinin optimize edilmesi gerekebilir. Ancak *V. dahliae* karşı kombine şeklinde uygulanan *T. harzianum* ve ahır gübresi hem yeşil aksamda hem de kökte yüksek baskılama oranı göstermektedir. *T. harzianum* ve zeytin karasuyu kombinasyonunda yeşil aksamda düşük baskılama oranı gösterirken kökte baskılama oranı yüksektir. Dörtlü (KS+T+G+V) kombinasyon halinde uygulandığında hem yeşil aksam hem de kökten en düşük hastalık şiddeti ve en yüksek baskılama oranına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4 Biber bitkisinde zeytin karasuyu (KS), *Trichoderma harzianum* (T), ahır gübresi (G), *Verticillium dahliae* (V) uygulamalarının toprak pH (mS/cm), toprak EC'ye (dSm⁻¹) ve neme etkisi

Uygulamalar	Ph	EC	Nem
K	7.11±0.03d*	542.66±46.49c	2.37±0.10
T	8.05±0.05b	403.33±4.04d	2.83±0.66
G	7.43±0.07c	691.33±107.09bc	3.29±0.29
KS	8.33±0.17ab	732.33±11.59b	2.88±0.56
T+G	7.12±0.03d	398.66±29.95d	3.39±0.34
KS+T	7.42±0.03c	163.00±7.00e	3.32±0.66
KS+G	8.88±0.18a	703.33±43.46b	2.81±0.59
KS+T+G	7.15±0.07d	871.66±61.25a	2.46±0.45
Ortalama	7.69±0.08	563.29±38.86	2.92±0.46
<i>p</i> ^{uygulamalar}	<0.05	<0.05	öd
V	8.11±0.07a	409.66±49.72c	2.91±0.18
T+V	6.85±0.22c	244.00±26.22d	2.81±0.44
G+V	7.57±0.18b	651.33±33.12b	3.33±1.30
KS+V	7.25±0.09b	269.33±19.60d	2.72±0.93
T+G+V	6.98±0.04c	554.33±133.55bc	2.70±0.43
KS+T+V	7.33±0.14b	183.00±7.00e	2.77±0.13
KS+G+V	7.11±0.03bc	739.33±220.00a	1.99±0.31
KS+T+G+V	7.47±0.16b	555.00±73.62bc	2.61±0.06
KS+G+V	7.11±0.03bc	739.33±220.00a	1.99±0.31
Ortalama	7.33±0.12	450.75±70.35	2.73±0.47
<i>p</i> ^{uygulamalar}	<0.05	<0.05	öd

K: Kontrol, T: *Trichoderma harzianum*, G: Ahır gübresi, KS: Zeytin karasuyu, V: *Verticillium dahliae*

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

Öd: Sonuçlar arasında fark önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere uygulama gruplarının toprak pH, toprak EC'si parametre farkları istatistiksel olarak önemli bulunurken, toprak nemi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p<0.05). pH parametresinde en yüksek değer KS+G (8.88mS/cm) uygulamasında görülürken, EC parametresinde bu değer KS+T+G (871.66 ds/m⁻¹) uygulamasındadır. En düşük değerler ise pH parametresinde T+V (6.85mS/cm) uygulaması iken EC parametresinde ise sırasıyla KS+T+V, KS+T, T+V (183, 163, 244 ds/m⁻¹) uygulamalarıdır. Genel olarak bakıldığında toprak pH'ı ve toprak EC parametrelerinde hastaliksiz koşullarda ortalama değerler olarak daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmamızda toprağa herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol grubunda toprak pH'ı (7.11mS/cm) ve EC (542.66 ds/m⁻¹) bulunmuştur. Bu da kontrol grubunun diğer uygulamalı gruplara göre daha zayıf kaldığını göstermektedir. Patojensiz gruba uygulanan *T. harzianum* 'un kullanımında pH'ı yükseltirken EC'yi azaltmıştır.

Ancak *T. harzianum* patojenli grupta hem pH'ı hem de EC'yi azalmıştır. Liu vd., (2020) yaptığı çalışmada *T. harzianum* bitki patojenlerine karşı antagonistik etki oluşturarak funguslar için iyi bir yaşam alanı sunduğu belirtmiştir. *T. harzianum* toprak sağlığını koruma ve bitki direncini artırma açısından oldukça önemli bir biyolojik kontrol ajanıdır. Patojensiz grupta zeytin karasuyu ve ahır gübresi pH (8.33-7.43mS/cm) ve EC' i (732.33-691.33 ds/m⁻¹) yükseltmiştir. Uygulama hacmi büyük olsa bile pH'ta çok büyük değişiklik gözlenmemiştir (Mechri vd., 2008; Mekki vd., 2009). Ancak, zeytin karasuyunun yüksek tuz içeriği nedeniyle toprak elektriksel iletkenliği önemli ölçüde artmaktadır (Mechri vd., 2008). Patojenli grupta ise kontrol grubuna göre zeytin karasuyu ve ahır gübresi pH (7.25-7.57mS/cm)' ı azaltmıştır. Öte yandan zeytin karasuyunun EC' yi azalttığı, ahır gübresinin ise yükselttiği gözlenmiştir. Zeytin karasuyu karbon ve enerji kaynağı olarak pozitif etki sunarken polifenol ve tuz açısından toprağa fitotoksik etkiye bulunmakta ve negatif bir durum ortaya koymaktadır. Bu nedenle sınırlı miktarda veya organik materyaller ile birlikte kullanımı önerilmektedir (Di Serio vd., 2008; Kavvadias vd., 2010; Moraetis vd., 2011; Di Bene vd., 2013). Ahır gübresi, içerdiği organik madde ve temel besin elementleri sayesinde bitkiler için ihtiyaç duyulan besinleri sağlamaktadır. Aynı zamanda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek toprağın verimliliğini artırmaktadır. Akkaya ve Kara (2018)' nun yaptığı çalışmada zeytin karasuyu ilk yılda toprak pH'ı ve EC' yi etkilemediğini ikinci yılda ise toprak pH'ının kontrol grubuna oranla azaldığını ve EC' de bir miktar artış olduğunu rapor etmiştir. Çerçioğlu vd. (2017)' nin çalışmasında uyguladığı ahır gübresinin, biberde verim ve toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak uygulanan ahır gübresinin bitkide hem verimi hem de toprak özelliklerinin pH ve EC yükselttiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada biber bitkisine uygulanan ahır gübresinin, toprağın pH'ını ve EC'sini yükselttiği ortaya konulmuştur (Topuz vd., 2024).

Çizelge 4.5 Biber bitkisinde zeytin karasuyu (KS), *Trichoderma harzianum* (T), ahır gübresi (G), *Verticillium dahliae* (V) uygulamalarının toplam fenolik madde ve toplam antioksidan enzim analizine etkisi

Uygulamalar	Toplam fenolik	Toplam Antioksidan
K	1.13±0.32	1.53±0.06
T	0.86±0.18	2.08±0.02
G	0.70±0.20	1.71±0.07
KS	0.91±0.09	1.85±0.04
T+G	0.79±0.02	1.99±0.15
KS+T	1.13±0.59	1.94±0.05
KS+G	1.15±0.43	1.63±0.06
KS+T+G	1.08±0.14	1.32±0.63
Ortalama	0.97±0.30B	1.76±0.08B
<i>p</i> ^{uygulamaları}	öd	öd
V	0.63±0.01e *	2.23±0.03a
T+V	1.31±0.03ab	1.70±0.12bc
G+V	0.88±0.06cde	1.92±0.08abc
KS+V	1.08±0.20abcd	2.09±0.01a
T+G+V	0.84±0.13de	2.00±0.08ab
KS+T+V	1.43±0.08a	1.62±0.21c
KS+G+V	1.00±0.19bcde	1.91±0.09abc
KS+T+G+V	1.26±0.10abc	2.07±0.02a
Ortalama	1.05±0.06A	1.94±0.05A
<i>p</i> ^{uygulamaları}	<0.05	<0.05

K: Kontrol, T: *Trichoderma harzianum*, G: Ahır gübresi, KS: Zeytin karasuyu, V: *Verticillium dahliae*

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

Öd: Sonuçlar arasında fark önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere patojenli grupta toplam fenolik madde ve toplam antioksidan farkları istatistiksel olarak önemli bulunurken, patojensiz grupta istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak bakıldığında patojenli grupta toplam fenolik madde değerinde en yüksek KS+T+V grubuna aitken en düşük değer ise V grubuna aittir. Toplam antioksidan da en yüksek değer V, KS +T+G+V ve KS+V grubuna ait en düşük değer ise KS+T+V grubuna aittir. Fenolik bileşikler, bitkilerde patojenlere karşı gelişen savunma tepkilerinin temel bileşenlerinden biri olarak işlev görmektedir (Kumar vd., 2020; Rashad vd., 2020; Pratyusha, 2022; Ramarosan vd., 2022). Bu bileşikler, oksidatif stres koşullarında antioksidan savunma sistemlerini güçlendirdiği ve bu yolla bitkilerin patojen saldırılarına karşı fizyolojik dayanıklılığını artırdığı, yapılan birden fazla çalışmayla desteklenmiştir (Gautam vd., 2020; Tuladhar vd., 2021; Hajam vd., 2023). Patojenlerin bitki dokularına girişini önleyen fenolik bileşikler, bitkilerin

hücre duvarını güçlendiren bir etkiye sahiptir (Kashyap vd., 2021; Siemińska-Kuczer vd., 2022). Antioksidan bileşikler, serbest radikallerin zararlı etkilerini baskılayarak hücresel yapıları korur ve oksidatif stresin yol açabileceği hasarı sınırlandırır (Engwa, 2018; Akbari vd., 2022). Fenolik bileşikler ve antioksidan düzeyi yüksek olan zeytin karasuyu tek başına veya kombinasyon halinde uygulandığında hastalığı baskılamıştır.



5. SONUÇ

Bu tezde, biber bitkisinde hastalık oluşturan *Verticillium dahliae*' nın zararlı etkilerinin azaltılmasında zeytin karasuyu, *Trichoderma harzianum* ve ahır gübresinin bireysel ve kombinasyon halinde uygulanmasının etkileri incelenerek, sürdürülebilir ve çevre dostu bir tarım yaklaşımı sunulmaktadır. Özellikle tarımda kimyasal girdilerin çevresel etkileri göz önüne alındığında, biyolojik ve organik çözümlerle verimliliğin artırılması hem ekosistem sağlığı hem de uzun vadeli tarımsal üretim açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, tarım atıklarının yeniden değerlendirilmesi ve toprak sağlığını koruyucu uygulamaların yaygınlaştırılması sürdürülebilir tarım için önemlidir. Zeytin karasuyunun doğrudan kullanımı bitki gelişimini olumsuz etkileyebilecek fitotoksik maddeler içermesine rağmen, uygun dozlarda ve özellikle *Trichoderma harzianum* ile kombine edildiğinde zararlı etkileri azalmakta, hatta pozitif sonuçlar ortaya çıkmaktadır. %1 oranında seyreltilmiş karasu ile yapılan uygulamalarda biber bitkisinde çimlenme oranı yüksek bulunmuştur, bu da atık yönetiminde karasuyun biyolojik ajanlarla birlikte değerlendirilmesinin çevresel fayda sağladığını gösterebilir. *Trichoderma harzianum*'un, özellikle ahır gübresiyle birlikte kullanıldığında, biber bitkilerinde hastalık şiddetini azalttığı ve morfolojik gelişimi olumlu etkilediği gözlenmiştir. Bu bulgu, *Trichoderma*'nın toprak kaynaklı patojenlere karşı etkili bir biyokontrol ajanı olmasının yanı sıra, organik gübrelerle sinerjik bir şekilde çalışabileceğini göstermektedir. Ahır gübresi, tek başına uygulandığında dahi biber bitkisinin gelişimi üzerinde olumlu etkiler (yaprak sayısı, bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık) göstermektedir. Bu da geleneksel organik gübrelerin hala etkili bir tarım girdisi olduğunu göstermekte ve sentetik gübre kullanımını azaltmak için önemli bir alternatif sunmaktadır.

Zeytin karasuyu, *Trichoderma harzianum* ve ahır gübresinin birlikte uygulandığı kombinasyonlar hem hastalık şiddetini azaltmada hem de bitki gelişimini teşvik etme açısından en başarılı sonuçları vermiştir. Bu üçlü kombinasyon, çevreye zarar vermeden yüksek verim elde etme potansiyeli sunmaktadır ve böylece sürdürülebilir tarım uygulamaları için model teşkil edebilir. Çevresel risk oluşturan tarımsal atıkların (karasu gibi) uygun arıtma ve uygulama yöntemleriyle değerli tarımsal girdilere dönüştürülmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Bu yaklaşım, atık yönetimini iyileştirirken, aynı zamanda

doğal kaynakların korunmasına da katkı sağlamaktadır. Bu nedenle hem bilimsel çalışmaların hem de tarım politikalarının bu doğrultuda geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gereklidir.



KAYNAKLAR

- Abidalrazzaq Musluh Al Rubaye, O., Yetisir, H., Ulas, F., Ulas, A. (2021). Enhancing salt stress tolerance of different pepper (*Capsicum annuum* L.) inbred line genotypes by rootstock with vigorous root system. *Gesunde Pflanzen*, 73(3), 375-389.
- Adams, S. S., Rouse, D. I., Bowden, R. L. (1987). Performance of alternative versions of POTWIL: a computer model that simulates the seasonal growth of *Verticillium*-infected potato (Abstract). *American Journal of Potato Research*, 64, 429.
- Agbede, T. M. (2010). Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an alfisol in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 110, 25–32.
- Akbari, B., Baghaei-Yazdi, N., Bahmaie, M., Mahdavi Abhari, F. (2022). The role of plant-derived natural antioxidants in reduction of oxidative stress. *BioFactors*, 48, 611-633.
- Akkaya, S., Kara, B. (2018). Ekmeklik buğdayda ahır ve yeşil (karabuğday, fiğ) gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 1-8.
- Akladios, S. A., Mohamed, H. I., (2018). Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 236, 244-250
- Alar, Y. (2019). *Diyarbakır ilinde biber üretim alanlarında bulunan fitoplazmaların moleküler yöntemlerle saptanması*, Doktora tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye.
- Alburquerque, J. A., Salazar, P., Barrón, V., Torrent, J., Del Campillo, M. D. C., Gallardo, A., Villar, R. (2013). Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for sustainable development*, 33(3), 475-484.
- Amin, S. (2010). *The law of worldwide value*. New York University Press.
- Anonim (2022). Biber yetiştiriciliği. Erişim tarihi: 17.02.2022, Erişim adresi: <https://www.hortiturkey.com/bitki-yetistirciligi/biber-yetistirciligi>.
- Arslan, E., Yılar, M. (2021). Zeytin karasuyunun bazı kültür bitkileri üzerine etkisi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2), 105-114.
- Azbar, N., Şenel, H., Ateş, E., Keskin, T., Yürüyen, A. (2006). Zeytin karasuyunun ortak besi maddesi etkisi ile biyolojik parçalanabilirliğinin iyileştirilmesi (Sonuç Raporu). TÜBİTAK TOVAG-105O001.
- Baddi, G. A., Alburquerque, J. A., Gonzalves, J., Cegarra, J., Hafidi, M. (2003). Chemical and spectroscopic analyses of organic matter transformations during composting of olive mill wastes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 54, 39-44.
- Bayram, S. E., Elmacı, Ö. L., Özden, N. (2019). Manisa-Akhisar Yöresi Biber (*Capsicum annuum*) plantasyonlarının beslenme durumları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 144-155.
- Bhat, R. G., Subbarao, K. V. (1999). Host range specificity in *Verticillium dahliae*. *Phytopathology*, 89(12), 1218-1225.
- Ben Sassi, A., Boularbah, A., Jaouad, A., Walker, G., Boussaid, A. (2006). A comparison of olive oil mill wastewaters from three different processes in Morocco. *Process Biochemistry*, 41, 74-78.

- Benouzza, N., Fortas, Z. (2020). Biological control of *Verticillium dahliae* Kleb., the causal agent of tomato wilt, by indigenous *Trichoderma* spp. isolates from Algeria. *Plant Protection Science*, 56(1), 19–27.
- Benzie, I. F., Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70–76.
- Boyno, G., Demir, S., Akköprü, A. (2020). Domateste *Alternaria solani* (Ell. G.Martin) Sor.’ye karşı bazı endofit bakterilerin Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 469–477.
- Canto-Flick, A., Balam-Uc, E., Bello-Bello, J. J., Lecona-Guzman, C., Solís-Marroquín, D., Avilés-Viñas, S., Iglesias-Andreu, L. G. (2008). Capsaicinoids content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): hottest known cultivars. *Hortscience*, 43(5), 1344–1349.
- Carrero-Carrón, I., Trapero-Casas, J. L., Olivares-García, C., Monte, E., Hermosa, R., Jiménez-Díaz, R.M. (2016). *Trichoderma asperellum*, zeytinde *Verticillium dahliae*’nin yaprak dökücü patotipinin neden olduğu *Verticillium* solgunluğunun biyolojik kontrolünde etkilidir. *Bitki koruma*, 88, 45–52.
- Costa, J., Rodríguez, R., Garcia-Cela, E., Medina, A., Magan, N., Lima, N., Santos, C. (2019). Overview of fungi and mycotoxin contamination in *Capsicum* pepper and in its derivatives. *Toxins*, 11(1), 27.
- Coşkun, F., Alptekin, Y. ve Demir, S. (2023). Arbusküler mikorizal mantarların ve salisilik asidin biberde *Verticillium dahliae*’nin neden olduğu solgunluk hastalığına karşı bitki büyümesi ve antioksidan enzimlerin aktivitesi üzerine etkileri. *Avrupa Bitki Patolojisi Dergisi*, 165(1), 163–177.
- Chaari, L., Elloumi, N., Mseddi, S., Gargouri, K., Rouina, BB., Mechichi, T., Kallel, M. (2014). Effects of olive millwaste water on soil nutrients availability. *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies*, 2(1), 175–183.
- Çelik, G., Seven, Ü., Güçer, Ş., (2008). Zeytin karasuyunun değerlendirilmesi. **Türkiye I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi**, Edremit-Balıkesir.
- Çelik, Y., Yarşi, G., Özarslandan, A. (2020). Yararlı bakteri uygulamalarının bitkisel verim ve dayanıklılık mekanizmalarına etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 1, 75–88.
- Çerçioğlu, M., Yağmur, B., Kara, R.S. ve Okur, B. (2017). Agro-endüstriyel kompost ve ahır gübresinin biber (*Capsicum annuum* L.) yetiştiriciliğinde toprağın bazı kimyasal özellikleri ile verim üzerine etkisi, *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Dergisi*, 54(1), 71–77.
- Dammak, I., Khoufi S., Sayadi, S. (2016). A performance comparison of olive oil mill waste water enzymatic treatments. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 61–71.
- Demirer Durak, E. (2018). Anastomosis groups, pathogenicity and biological control of *Rhizoctonia* species isolated from pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in lake Van Basin. *Fresenius Environment Bulletin*, 27, 4198–4205.
- Di Bene, C., Pellegrino, E., Debolini, M., Silvestri, N., Bonari, E. (2013) Short-and long-term effects of olive mill wastewater land spreading on soil chemical and biological properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 56, 21–30.
- Di Serio, M. G., Lanza, B., Mucciarella, M. R., Russi, F., Iannucci, E., Marfisi, P., Madeo, A. (2008). Effects of olive mill wastewater spreading on the physicochemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62(4), 403–407.

- Doğan, K., Sarioğlu, A., Coşkan, A. (2016a). Contribution of green manure, rhizobium and humic + fulvic acid on recovering soil biologic activity of olive mill wastewater contaminated soil. *Scientific papers series a agronomy*, Vol. LIX, p. 63-68.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Ağca, N. (2016b). Zeytin karasuyunun ekolojik yollarla bertaraf edilmesi ve bazı toprak özelliklerine etkisi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 7-12.
- Duran, İ., Özgenen, Ö. H. (2016). Kumluca ilçesi sera alanlarında toprak ve yaprak kökenli fungal hastalık etmenlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 111-122.
- Elad, Y., Barak, R., Chet, I., Heris, Y. (1983). Ultrastructural studies of the interaction between *Trichoderma* spp. and plant pathogenic fungi. *Phytopathology*, 107(2), 168-175.
- Engwa, G. A. (2018). Free radicals and the role of plant phytochemicals as antioxidants against oxidative stress-related diseases. In T. Asao, M. Asaduzzaman (Ed.), *Phytochemicals:source of antioxidants and role in disease prevention. BoD–Books on Demand*, (pp. 49-74). Intech Open.
- Ergüder, T. H., Güven, E., Demirel, G. N. (2000). Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors. *Process Biochemistry*, 36(3), 243-248.
- Erwin, D.C., Tsoti, S.D., Khan, R.A. (1976). Büyüme geciktirici tributil (5-kloro-2-tienil metil) fosfonyum klorür ile pamukta *Verticillium* solgunluğunun şiddetinin azaltılması. *Fitopatoloji*, 66(1), 106.
- Evans, H. C., Holmes, K. A., Thomas, S. E. (2003). Mycobiota of an indigenous *Theobroma* species (*Sterculiaceae*) in Ecuador: Assessing its potential for biological control of cocoa diseases. *Mycological Progress*, 2, 149-160.
- FAOSTAT, (2020). Visualize Data. Erişim tarihi: 17.02.2022. Erişim adresi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
- Fotoohiyan, A., Asghari, H. R., Hajieghrari, B. (2017). Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* in controlling wilt disease of pistachio caused by *Verticillium dahliae*. *Journal of Plant Protection Research*, 57(2), 185–193.
- Gautam, A. K., Singh, P. K., Aravind, M. (2020). Defensive role of plant phenolics against pathogenic microbes for sustainable agriculture. *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture*, 1, 579-594.
- Gayretli, Y., Abdulhadi, S. A. A., Türkoğlu, İ., Sabır, A. (2023). Farklı dozlarda çiftlik gübresi uygulamalarının asma genotiplerinde fizyolojik ve vejetatif özelliklere etkileri. *Bahçe*, 52(1), 202-213.
- Geleta, L. F., Labuschagne, M. T. (2006). Combining ability and heritability for vitamin C and total soluble solids in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(9), 1317-1320.
- Gül, A., Kılıç, A. (2020). Biberde *Verticillium* solgunluğuna karşı *Trichoderma harzianum*' un biyolojik etkinliğinin araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2), 388–395.
- Güneş, H., Demir, S., Durak, E. D., Boyno, G. (2024). The effect of Arbuscular Mycorrhizal fungal species *Funneliformis mosseae* and biochar against *Verticillium dahliae* in pepper plants under salt stress. *European Journal of Plant Pathology*, 170, 669–686.
- Güvenç, İ. (2020). Türkiye’de biber üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2), 441-445.

- Goicoechea, N., Aguirreolea, J., Cenoz, S., Garcia-Mina, J. M. (2000). *Verticillium dahliae* modifies the concentrations of proline, soluble sugars, starch, soluble protein and abscisic acid in pepper plants. *European Journal of Plant Pathology*, 106(1), 19-25.
- Gomes da Silva, M., de Oliveira Gondim, A. R., Feitosa Lêdo, E. R., Francilino, A. H., da Silva, Y. A., Gheyi, H. R. (2021). Response of two pepper species (*Capsicum chinense* Jacq. and *Capsicum frutescens* L.) to salt stress at germination stage in Northeast Brazil. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(2), 75-88.
- Hajam, Y. A., Lone, R., Kumar, R. (2023). Role of plant phenolics against reactive oxygen species (ROS) induced oxidative stress and biochemical alterations. In R. Lone, S. Khan, ve A. Mohammed Al-Sadi (Ed.), *Plant phenolics in abiotic stress management*, (pp. 125-147). Springer.
- Hariharan, G., Rifnas, L. M., Prasannath, K. (2022). Role of *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases. In M. A. Mahapatra, K. Mitra, S. Dey (Ed.), *Microbial biological control: Food security and post harvest management* (Vol. 2, pp. 39–78). Cham: Springer International Publishing.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Review Microbiology*, 2, 43-56.
- Harman, G. E. (2011). Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. *New Phytologist*, 189(3), 647–649.
- Hoitink, H. A. J., Boehm, M. J. (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annual Review Phytopathology*, 37, 427–446.
- Howell, C., Hanson, L., Stipanovic, R., Puckhaber, L. (2000). Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology*, 90, 248-252.
- İkizoğlu, E., Haskök, S. (2005). Zeytin karasuyunun fiziksel kimyasal ve ileri yükseltgeme yöntemleriyle arıtımı. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü. *Kimya Mühendisleri Odası Dergisi*, 167, 48.
- Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., Ayed, F., El Mahjoub, M. (2009). Biological control of tomato *Verticillium* wilt by using indigenous *Trichoderma* spp. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3(1), 26-36.
- Kavvadias, V., Doula, M. K., Komnitsas, K., Liakopoulou, N. (2010). Disposal of olive oil mill wastes in evaporation ponds: Effects on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 182(1-3), 144-155.
- Karaağaç, O., Kübra, T. A. Ş., Özgen, R., Kanal, A., Balkaya, A. (2020). *Capsicum* türlerinin kök yapılarının incelenmesi ve kök özellikleri yönünden karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2), 266-279.
- Kashyap, A., Planas-Marquès, M., Capellades, M., Valls, M., Coll, N. S. (2021). Blocking intruders: inducible physico-chemical barriers against plant vascular wilt pathogens. *Journal of Experimental Botany*, 72, 184-198.
- Kasırga, E. (1998). *Zeytinyağı endüstri atıksularının anaerobik biyolojik stabilizasyon yöntemi ile arıtılması ve kinetik model geliştirilmesi*, Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Khaskheli, M. I., Sun, J. L., He, S. P., Du, X. M. (2013). Screening of cotton germplasm for resistance to *Verticillium dahlia* Kleb. Under Greenhouse and field conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 137(2), 259-272.

- Kocaer, F. O., Uçaroglu, S., Başkaya, H. S. (2004). Karasuyun arazide arıtım yöntemiyle bertarafı *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 69.
- Kotsou, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C., Kyriacou, A. (2004). The effect of olive oil mill wastewater on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology*, 26, 113–121.
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F. and Nagy, E. (2003). Influence of environmental parameters on *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Food Technology Biotechnology*, 37–42.
- Kumar, S., Abedin, M. M., Singh, A. K., & Das, S. (2020). Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. In R. M. R. Sarkar, S. S. Patra, S. Dey (Ed.), ***Plant phenolics in sustainable agriculture*** (Vol. 1, pp. 517–532). Singapore: Springer Singapore
- Liu, B., Ji, S., Zhang, H., Wang, Y., Liu, Z. (2020). Isolation of *Trichoderma* in the rhizosphere soil of *Syringa oblata* from Harbin and their biocontrol and growth promotion function. *Microbiological Research*, 235, 126445.
- Mc Namara, C.J., Anastasiou, C.C., O’Flaherty, V., Mitchell, R. (2008). Bioremediation of olive mill wastewater. *International Biodeterioration, Biodegradation*, 61, 27–134
- Mechri, B., Mariem, F. B., Baham, M., Elhadj, S. B., Hammami, M. (2008). Change in soil properties and the soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 152-161.
- Mechri, B., Cheheb, H., Boussadia, O., Attia, F., Mariem, F. B., Braham, M., Hammami, M. (2011). Effects of agronomic application of olive mill wastewater in a field of olive trees on carbohydrate profiles, chlorophyll a fluorescence and mineral nutrient content. *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 184-191.
- Meddah-Hamza, A., Hafsi, C., Fortas, Z. (2023). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* on tomato resistance to *Fusarium oxysporum* and *Verticillium dahliae*. *Agronomy*, 13(1), 122.
- Mekki, A., Dhouib, A., Sayadi, S. (2009). Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Progress of Natural Science*, 19, 1515–1521.
- Mekki, A., Dhouib, A., Sayadi, S. (2013). Review: effects of olive mill wastewater application on soil properties and plants growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2, 15.
- Mert, M., Kurt, S., Gencer, O., Akiscan, Y., Boyaci, K., Tok, F. M. (2005). Inheritance of Resistance to *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae*) in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Breeding*, 124, 102-104.
- Moraetis, D., Stamati, F. E., Nikolaidis, N. P., Kalogerakis, N. (2011) Olive mill wastewater irrigation of maize: Impacts on soil and groundwater. *Agricultural Water Management*, 98(7), 1125-1132.
- Mouekouba, L. D. O., Zhang, L., Guan, X., Chen, X., Chen, H., Zhang, J., Wang, A. (2014). Analysis of *Clonostachys rosea*-induced resistance to tomato gray mold disease in tomato leaves. *PLoS One*, 9(7), e102690.
- Monte, E. (2001). Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. *International Microbiology*, 4(1), 1-4.
- Özalp, R. (2010). Ülkemizde biber üretimi ve örtü altı biber yetiştiriciliği. *Tarım Türk Dergisi*, 24(5), 29-32.

- Özgönen, H. (2014). Arbüsküler mikorizal fungusların pamukta bitki gelişimine ve *Verticillium* solgunluğu (*Verticillium dahliae* Kleb.) üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 171-177.
- Özilbey, U., Erten, L., Işıklı, T., Gümüşay, B., Uzun, A. (1994). Zeytin karasuyunun tarım dışı alanlarda yabancı ot kontrolünde herbisit olarak kullanılma imkanları üzerinde ön çalışmalar, **Türkiye 1. Zeytinyağı ve Sofralık Zeytin Sempozyumu**, Bornova İzmir.
- Papavizas, G. C. (1985). Trichoderma and giocladium: Biology, ecology, and potential for biocontrol. *Annual Review Phytopathology*, 23, 23-54.
- Paredes, C., Cegarra, J. A., Roig, M. A., Sanches-Montero, Bernal, M.P. (1998). Characterization of olive mill wastewater (Alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology*, 67(2), 111-115.
- Pegg, G. F., Brady, B. L. (2002). **Verticillium wilts**. CABI Publishing. *CAB International Wallingford, UK*.
- Perucci, P. (1992). Eynzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*, 14, 55-60
- Pola, W., Sugaya, S., Photchanachai, S. (2020). Influence of postharvest temperatures on carotenoid biosynthesis and phytochemicals in mature green chili (*Capsicum annuum* L.). *Antioxidants*, 9(3), 203.
- Pratyusha, S. (2022). Phenolic compounds in the plant development and defense: an overview. *Plant Stress Physiology-Perspectives in Agriculture*, 22, 125-140.
- Rady, M. M., Semida, W. M., Hemida, K. A., Abdelhamid, M. T. (2016). The effect of compost on growth and yield of phaseolus vulgaris plants grown under saline soil. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(4), 311-321.
- Ramaroson, M.-L., Koutouan, C., Helesbeux, J.-J., Le Clerc, V., Hamama, L., Geoffriau, E., Briard, M. (2022). Role of phenylpropanoids and flavonoids in plant resistance to pests and diseases. *Molecules*, 27, 8371.
- Rashad, Y., Aseel, D., Hammad, S. (2020). Phenolic compounds against fungal and viral plant diseases. In R. Lone, R. Shuab ve A. Kamili (Ed.), **Plant phenolics in sustainable agriculture** (Vol. 1, pp. 201-219). Springer.
- Reczey, K., Szengyel, Z., Eklund, R. and Zacchi, B. (1996). Cellulase production by *Trichoderma reesei*, *Bioresource Technology*, 57, 25-30.
- Rusan, M. R. M. J., Albalasmeh, A. A., Malkawi, H. I. (2016). Treated olive mill wastewater effects on soil properties and plant growth. *Water, Air and Soil Pollution*, 227(5), 135.
- Sağır, P., Orak, A. B., Karademir, E., Baran, B. (2016). Sığır gübresinin pamuk solgunluk hastalığı (*Verticillium dahliae* Kleb.) ve lif teknolojik özellikleri üzerine etkisi. *Plant Protection Bulletin*, 59(2), 55-65.
- Seran, T. H. Srikrishnah, S., ve Ahamed, M. M. Z. (2010). Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 5(5), 357-364.
- Schnathorst, W. C. (1981). Life cycle and epidemiology of *Verticillium*. In M. E. Mace, A. A. Bell, C. H. Beckman (Ed.), **Fungal wilt disease of plants**, (pp. 81-111). Academic Press.
- Siemińska-Kuczer, A., Szymańska-Chargot, M., Zdunek, A. (2022). Recent advances in interactions between polyphenols and plant cell wall polysaccharides as studied using an adsorption technique. *Food Chemistry*, 373, 131487.

- Sivan, A., Chet, I. (1989). Degradation fungal cell walls by lytic enzymes of *Trichoderma harzianum*. *Journal of General Microbiology*, 135, 675-682.
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Fabrizio A., Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “Secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*, 9(6), 762.
- Soyergin, S. (2003). *Organik tarımda toprak verimliliğinin korunması, gübreler ve organik toprak iyileştiricileri*. Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, Türkiye.
- Soyergin S., Uysal, E., Albayrak, B. (2006). Zeytin kekinin (Pirinanın) kompost yapım teknikleri ve organik gübre olarak kullanım olanaklarının araştırılması. **Türkiye III. Organik Tarım Sempozyumu**, Yalova.
- Swain, T., Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63-68.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). Özel sebzecilik. *Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakùltesi*, 448.
- Şengül, F. (1991). *Endüstriyel atıksuların özellikleri ve arıtılması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakùltesi Basım Ünitesi, İzmir, Türkiye.
- Topuz, E., Tüzel, Y., Tepecik, M., Durdu, T. (2024). Sera biber yetiştiriciliğinde etkin mikroorganizma ve kompost kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakùltesi Dergisi*, 61(1), 113-124.
- Toy, D., Ünlü, H. (2015). Çiftlik gübresi ve yeşil gübre kullanımının taze ve kuru bõrölce yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakùltesi Dergisi*, 10(2), 110-117.
- Tuladhar, P., Sasidharan, S., Saudagar, P. (2021). Role of phenols and polyphenols in plant defense response to biotic and abiotic stresses. In S. Jogaiah (Ed.), *Biocontrol agents and secondary metabolites* (pp. 419-441). Elsevier.
- Tjamos, E. C., Rowe, R. C. Heale, J. B., Fravel, D. R. (2000). *Advances in Verticillium: research and disease management*. American Phytopathological Society (Aps Press). St. Paul, Minnesota, 378pp.
- Tsrör, L., Erlich, O., Amitai, S., Hazanovsky, M. (1998). *Verticillium* wilt of paprika caused by a highly virulent isolate of *Verticillium dahliae*. *Plant Disease*, 82(4), 437-439.
- Tyvaert, L., Everaert, E., Lippens, L., Cuijpers, W. J. M., França, S. C., Höfte, M., (2019). Interaction of colletotrichum coccodes and *Verticillium dahliae* in pepper plants. *European Journal of Plant Pathology*, 155(4), 1303-1317.
- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., Jaroszuk-Ścisł, J. J. I. J. o. M. S. (2022). *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 23-29.
- Ülgen, N., Yurtsever, N. (1995). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi* (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, s.230, Ankara.
- Vasileva, K., Todorova, V., Masheva, S. (2019). Evaluation of collection of pepper (*Capsicum* spp.) resources for resistance to *Verticillium dahliae* Kleb. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(5), 1030-1038.

- Vinale, F., Ghisalberti, E. L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 48(6), 705-711.
- Yanikkaya, H., Koral, Z. A. (2017). Do agricultural support payments raise olive oil exports in Turkey? In M. T. Özhan (Ed.), *Crises, finance and agriculture* (pp. 170–188). Iksad Publishing House.
- Yedidia, I., Benhamou, N., Chet, I. (1999). Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 1061-1070.
- Yemiş, O., Mazza, G. (2011). Acid-catalyzed conversion of xylose, xylan and straw into furfural by microwave-assisted reaction. *Bioresource Technology*, 102(15), 7371-7378.
- Yetişir, H., Ulas, F., Ulas, A. (2021). Enhancing salt tolerance of pepper plants using *Trichoderma harzianum* under saline irrigation. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 54(17–18), 1231–1243.
- Yiğit, F. (2011). *Trichoderma harzianum* T22 ırkının farklı pH ve tuzkonsantrasyonlarına adaptasyonu ve domateste *Fusarium oxysporum* f. spp. *radicis lycopersici* 'in biyolojik kontrolünde kullanılması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 6-10.
- Yoldaş, F., Ceylan, Ş., Esetlili, B. Ç., Mordoğan, N. (2011). Organik ve mineral gübrelerin fide ile yetiştirilen soğanda (*Allium cepa*. var. *Valencia*) depolama sürelerine etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 21(2), 122-126.
- Yu, C., Li, N., Yin, Y., Wang, F., Gao, S., Jiao, C., Yao, M. (2021). Genome-wide identification and function characterization of GATA transcription factors during development and in response to abiotic stresses and hormone treatments in pepper. *Journal of Applied Genetics*, 62(2), 265-280.
- Zabunoglu, S., Karaçal, I. (1986). *Gübreler ve Gübreleme*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 993. Ders Kitabı: 293. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Zeise, K., Von Tiedemann, A. (2002). *Verticillium dahliae* 'nin vejetatif uyumluluk grupları arasında *Verticillium longisporum* ile ilişkili olarak konukçu uzmanlaşması. *Fitopatoloji Dergisi*, 150(3), 112-119.
- Zhang, Y., Liu, H., Chen, X., Wang, J., Zhao, Y. (2023). Suppression of *Verticillium* wilt through organic amendments and soil microbiome modulation. *Applied Soil Ecology*, 186, 104736.
- Wang, K., Liu, Y., Zhang, X., Li, Y., Chen, F. (2020). Biological control of *Verticillium dahliae* using beneficial microbes: Mechanisms and field applications. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(4), 871–880.
- Wang, M.C., Keen, N.T. (1970). Purification and characterization of endopolygalacturonase from *Verticillium albo-atrum*. *Archives Biochemistry and Biophysic*. 141, 749–757.
- Wheeler, T. A., Woodward, J. E. (2016). Field assesment of commercial cotton cultivars for *Verticillium* wilt resistance and yield. *Crop Protection*, 88, 1-6.
- Xiao, C. L., Subbaro, K. V., Schulbach, K. F., Koike, S. T. (1998). Effect of crop rotation and irrigation on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and wilt in cauliflower. *Phytopathology*, 88, 1046-1055.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Nilüfer BAYBAS

Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite :

Fakülte : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Bölüm : Ziraat Fakültesi

Mezuniyet Yılı : Bitki Koruma 2021





VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih 18/07/2025

Tez Başlığı: **ZEYTİN KARASUYU, AHIR GÜBRESİ VE *Trichoderma harzianum* 'um BİBER (*Capsicum annuum* L.) GELİŞİMİNE VE *Verticillium dahliae* Kleb.' YE ETKİSİ**

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 35 (Otuz beş) sayfalık kısmına ilişkin, 16/07/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı **%5 (yüzde beş)** tir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

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

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; 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.

Tarih ve İmza
18/07/2025

Adı Soyadı: Nilüfer BAYBAS
Öğrenci No: 22910001045
Anabilim Dalı: Bitki Koruma
Programı: Fitopatoloji
Statüsü: (X) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

