



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAVUN FUSARIUM SOLGUNLUĞU ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'e KARŞI BAZI BİTKİSEL TEMELLİ UYGULAMALARIN *in vitro* ANTİFUNGAL ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

AYTEKİN AKBAŞ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
EYLÜL-2024



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAVUN FUSARIUM SOLGUNLUĞU ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'e KARŞI BAZI BİTKİSEL TEMELLİ UYGULAMALARIN *in vitro* ANTİFUNGAL ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

AYTEKİN AKBAŞ
ORCID:0000-0002-7876-7346

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. EMİNE MİNE SOYLU
ORCID:0000-0001-5961-0848

HATAY
EYLÜL-2024

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAVUN FUSARIUM SOLGUNLUĞU ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'e KARŞI BAZI BİTKİSEL TEMELLİ UYGULAMALARIN *in vitro* ANTİFUNGAL ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

AYTEKİN AKBAŞ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Emine Mine SOYLU danışmanlığında hazırlanan bu tez 11/09/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Emine Mine SOYLU
Başkan

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Merve KARA OĞUZ
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 21.YL.064

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

11/09/2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Aytekin AKBAS

ÖZET

KAVUN *FUSARIUM* SOLGUNLUĞU ETMENİ *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'E KARŞI BAZI BİTKİSEL TEMELLİ UYGULAMALARIN *in vitro* ANTİFUNGAL ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Fusarium solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) kavun (*Cucumis melo* L.) bitkilerinde fide döneminde olduğu kadar ileri dönemlerinde de ortaya çıkan ve erken infeksiyonlarda bitki ölümlerine neden olan önemli toprak kökenli fungal hastalık etmenlerinin başında gelir. Hastalık etmenine karşı etkin bir kimyasal mücadele imkânı bulunmamaktadır. Bu çalışmada İzmir kekiği (*Origanum onites* L.), karabaş kekiği (*Thymbra spicata* L.), rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.), yabani kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve limon otu (*Lippia citriodora* L.) gibi tıbbi ve aromatik bitki “uçucu yağlar”ı ile odunun kömüre dönüştürüldüğü fırınlardan, proliz aşamasında ortaya çıkan yan ürünlerden biri olan “odun sirkesi”nin kimyasal bileşenleri ve *F. oxysporum* f. sp. *melonis*’in MFO34 ve FOM1 izolatlarının misel gelişimi ile konidi çimlenmesinin engellenmesi üzerine olan antifungal etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

GC-MS analizleri sonucunda, carvacrol *T. spicata*, *O. onites* ve *T. vulgaris*’in, trans-anethole *F. vulgare*’nin, α -limonene ise *L. citriodora* uçucu yağlarının ana bileşenleri olarak belirlenmiştir. O-guaiacol odun sirkesinin ana bileşeni olarak tespit edilmiştir. Test edilen uygulamalar arasında *T. spicata* ve *O. onites* uçucu yağları 4.0 μ l/ml, *T. vulgaris* ise 6.0 μ l/ml dozlarında fungal etmenin iki farklı izolatının misel gelişimini %100 engellemek suretiyle en yüksek antifungal etkinlik gösteren uçucu yağlar olarak belirlenmiştir. *F. vulgare* ve *L. citriodora* uçucu yağları diğer yağlara kıyasla nispeten daha yüksek dozda (15.0 μ l/ml) antifungal etkinlik göstermiştir. Odun sirkesinin 5.0 μ l/ml değme dozu her iki fungal izolatın misel gelişimini tamamen engelleyen doz olarak belirlenmiştir. Fungal izolatlarının konidi çimlenmesini en etkili engelleyen uçucu yağ uygulaması *O. onites*’in 0.25 μ l/ml dozunda tespit edilmiştir. Bu uygulamayı sırasıyla 0.75 μ l/ml dozunda *T. spicata*, 2.0 μ l/ml dozunda *T. vulgaris*, 4.0 μ l/ml dozunda, *F. vulgare* ve 8.0 μ l/ml dozunda *L. citriodora* uçucu yağlar izlemiştir. Odun sirkesinin 0.75 μ l/ml dozu her iki izolatın konidi çimlenmesini tamamen engelleyen minimum engelleme dozu (MIC) olarak belirlenmiştir.

Yapılan istatistik analiz sonucunda uçucu yağlar ve odun sirkesinin dozlarındaki artışa paralel olarak fungal izolatların misel gelişimi ve konidi çimlenmesi önemli oranlarda engellenmiştir. Test edilen uçucu yağlar ve odun sirkesinin fungal izolatların misel gelişimini ve konidi çimlenmesini tamamen engelledikleri MIC dozlarındaki antifungal etkinliğinin “fungisidal” özellikte olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak kavun solgunluk hastalığına karşı düşük dozlarda güçlü antifungal etkinlik gösteren bitki uçucu yağ ve odun sirkesinin biyofungisit olarak geliştirilebilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma İzmir kekiği (*O. onites*), rezene (*F. vulgare*), yabani kekik (*T. vulgaris*) ve limon otu (*L. citriodora* L.) bitki uçucu yağlarının ve odun sirkesinin kavun *Fusarium* solgunluk hastalığı etmenine karşı antifungal etkinliğinin araştırıldığı ilk çalışma niteliğindedir.

2024, 68 sayfa

Anahtar kelimeler: *Cucumis melo*, uçucu yağ, pirolignöz asit, odun sirkesi, alternatif mücadele

ABSTRACT

DETERMINATION of *in vitro* ANTIFUNGAL EFFECTIVENESS of SOME PLANT-BASED APPLICATIONS AGAINST *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*, the CAUSAL AGENT of FUSARIUM WILT of MELON

Fusarium oxysporum f. sp. melonis (Fom), the causal agent of Fusarium wilt disease of melon (*Cucumis melo* L.), is one of the most important soilborne fungal disease agents that occur in the seedling stage as well as in the later stages of the plant and causes plant death in early infections. In this study, chemical constituents of essential oils of Izmir thyme (*Origanum onites*), black thyme (*Thymbra spicata* L.), fennel (*Foeniculum vulgare*), wild thyme (*Thymus vulgaris*), lemongrass (*Lippia citriodora* L.) plants and wood vinegar which is one of the by-products produced during the prolysis process in kilns where wood is converted into charcoal, and their antifungal activities on the inhibition of mycelial growth and conidial germination of MFO34 and FOM1 isolates of *F. oxysporum f. sp. melonis* were investigated under *in vitro* conditions.

As a result of GC-MS analysis, carvacrol was determined as the main component of *T. spicata*, *O. onites* and *T. vulgaris*, *trans*-anethole of *F. vulgare* and α -limonene of *L. citriodora* essential oils. O-guaiacol was identified as the main component of wood vinegar. Among the tested treatments, *T. spicata* and *O. onites* essential oils were found to possess the highest antifungal activity with 100% inhibition of mycelial growth of both isolates of fungus at 4.0 μ l/petri and *T. vulgaris* at 6.0 μ l/petri doses. *F. vulgare* and *L. citriodora* essential oils showed antifungal activity at relatively higher doses (15.0 μ l/petri) compared to other essential oils. Wood vinegar at 5.0 μ l/ml dose completely inhibited mycelial growth of fungal isolates. Complete inhibition of conidial germination of fungal isolates was determined at 0.25 μ l/petri dose of *O. onites* essential oil. This treatment was followed by *T. spicata* at 0.75 μ l/petri, *T. vulgaris* at 2.0 μ l/petri, *F. vulgare* at 4.0 μ l/petri and *L. citriodora* at 8.0 μ l/petri doses. The minimum inhibition concentration (MIC) of wood vinegar that completely inhibited conidia germination of both isolates was 0.75 μ l/ml.

As a result of the statistical analysis, mycelial growth and conidia germination of fungal isolates were significantly inhibited in parallel with the increase in the doses of essential oils and wood vinegar. It was determined that the antifungal activity of the tested essential oils and wood vinegar was “fungicidal” at the MIC values where they completely inhibited the mycelial growth and conidia germination of fungal isolates.

As a result, it was determined that plant essential oil and wood vinegar, which showed strong antifungal activity at low doses against melon wilt disease, have the potential to be developed as biofungicides. This is the first study investigating the antifungal activity of Izmir thyme (*O. onites*), fennel (*F. vulgare*), wild thyme (*T. vulgaris*) and lemongrass (*L. citriodora*) essential oils and wood vinegar against melon Fusarium wilt disease agent.

2024, 68 pages

Key Words: *Cucumis melo*, essential oil, pyroligneous acid, wood vinegar, alternative control

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan, gerek yüksek lisans tez konumunun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Emine Mine SOYLU'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takibinde profesyonel yaklaşımları ve öngörülleri ile yüksek lisans çalışmalarımı zenginleştiren ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Soner SOYLU, Dr.Öğr. Üyesi Merve KARA OĞUZ ve Arş. Gör. Yusuf GÜMÜŞ'e, tez çalışmalarım sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKÜ) Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm Başkanlığı'na, tez çalışmamı destekleyen HMKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne ve HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın her aşamasında bana yol gösteren, eleştirileriyle ufkumu genişleten, hep daha iyisini yapmam için beni motive eden ve deneyimlerini paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. E. Mine SOYLU ve Prof. Dr. Soner SOYLU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan aileme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium</i> spp.'ye Karşı Antifungal Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	9
2.2. Odun Sirkesinin (OS) Bitki Fungal Hastalık Etmenlerine Karşı Antifungal Etkinliği Konusunda Yapılmış Çalışmalar	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Fungal İzolatların Patojenisite Testi.....	20
3.2.2. Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi	22
3.2.3. Bitki Uçucu Yağlarının Elde Edilmesi.....	23
3.2.4. Uçucu Yağ ve Odun Sirkesinin Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi.....	23
3.2.5. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin <i>in vitro</i> Koşullarda Belirlenmesi	23
3.2.6. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Fungisidal ve Fungistatik Özelliklerinin Belirlenmesi	24
3.2.7. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Yapılarında Neden Olduğu Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi.....	25
3.2.8. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri.....	26
3.2.9. Odun Sirkesinin <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin <i>in vitro</i> Koşullarda Belirlenmesi	27
3.2.10. Odun Sirkesinin <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri.....	28
3.3. Deneme Deseni ve İstatistik Analizler	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	30
4.1. Fungal İzolatların Patojenisite Testi.....	30
4.2. Bitki Uçucu Yağlarının ve Odun Sirkesinin Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi	31
4.3. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin <i>in vitro</i> Koşullarda Belirlenmesi.....	32
4.4. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Fungisidal ve Fungistatik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	40

4.5. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom) Hifleri Üzerinde Neden Olduğu Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi.....	42
4.6. Bitki Uçucu Yağlarının <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri	45
4.7. Odun Sirkesinin <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'e Karşı <i>in vitro</i> Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi	50
4.8. Odun Sirkesinin <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri	53
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	68



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya genelinde 2022 yılında gerçekleşen kavun üretim alanları ve üretim miktarları (FAO, 2022)	1
Çizelge 1.2. Türkiye'nin farklı illerinde 2022 yılında gerçekleşen kavun üretim alanları ve üretim miktarları (TÜİK, 2022).....	2
Çizelge 4.1. Farklı bitki uçucu yağları ve kayısı çekirdeğinden elde edilen odun sirkesinin kimyasal içeriğinin GC-MS ile belirlenmesi.....	31
Çizelge 4.2. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> MFO34 izolatının misel gelişimi (mm) ^a üzerine antifungal etkisi	33
Çizelge 4.3. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> MFO34 izolatının misel gelişiminin engellenmesi (%) üzerine antifungal etkisi	34
Çizelge 4.4. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> FOM1 izolatının misel gelişimi (mm) ^a üzerine antifungal etkisi	36
Çizelge 4.5. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> FOM1 izolatının misel gelişiminin engellenmesi (%) üzerine antifungal etkisi	37
Çizelge 4.6. Farklı dozlarda kullanılan uçucu yağların konidi çimlenmesi (adet) ^a üzerine antifungal etkisi	46
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda kullanılan odun sirkesinin fungal izolatların misel gelişiminin (mm) ^a engellenmesi üzerine antifungal etkisi	51
Çizelge 4.8. Farklı dozlarda kullanılan odun sirkesinin fungal izolatların konidi çimlenmesinin (adet) ^a engellenmesi üzerine antifungal etkisi	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 3.1. (A) PDA ortamında kültüre alınmış izolatların inokulum için hazırlanması, (B) Fide köklerinin fungal spor süspansiyu ile inokulasyonu, (C) Fungusla inokule edilmiş fidelerin viyollere aktarılması.....21
- Şekil 3.2. Hastalık etmeni ile inokule edilmiş kavun fideleri22
- Şekil 4.1. Çalışmalarda kullanılmak üzere seçimi yapılan izolatların patojenisite testleri ile belirlenmesi. Yapılan patojenisite testlerinde (A) MFO34 ve (B) FOM1 izolatları yüksek düzeyde virülenslik gösterirken, (C) FOM2 izolatu nispeten düşük virülenslik göstermiştir. (D) Kontrol ve hastalıkla enfekteli (ok) kavun fideleri30
- Şekil 4.2. Farklı uçucu yağlarının buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in MFO34 izolatının misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkileri. (A) *O. onites*, (B) *T. spicata* ve (C) *T. vulgaris* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilerde MFO34 izolatının misel gelişimini engellenmesi üzerine antifungal etkinlikleri35
- Şekil 4.3. Farklı uçucu yağlarının buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in FOM1 izolatının misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkileri. (A) *O. onites*, (B) *T. spicata* ve (C) *T. vulgaris* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilerde FOM1 izolatının misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinlikleri38
- Şekil 4.4. *F. vulgare* ve *L. citridora* uçucu yağların buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in MFO34 (A ve B) ve FOM 1 (C ve D) izolatlarının misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antifungal etkinlikleri39
- Şekil 4.5. Çalışmada kullanılan uçucu yağların buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in FOM1 ve MFO34 izolatlarının misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) FOM1 izolatına karşı *F. vulgare*'nin 15.0-20.0 µl/petri, (B) MFO34 izolatına karşı *L. citridora*'nın 15.0-20.0 µl/petri dozlarındaki fungisidal etkinliğini (ok) göstermektedir..41
- Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan uçucu yağın buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in FOM1 ve MFO34 izolatlarının misel gelişimini tamamen durduran 6.0 µl/petri dozunda fungisidal etkinliği. Kontrol petrilerindeki (üstte) gelişimlerin aksine *T. vulgaris*'nin 6.0 µl/petri dozunun eklendiği (altta) petrilerde FOM1 (A) ve MFO34 izolatlarının (B) misel gelişimi (ok) gözlenmemiştir41
- Şekil 4.7. (A) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan MFO34 izolatının sağlıklı hifleri. (B) *T. spicata*, (C) *T. vulgaris* ve (D) *F. vulgare* uçucu yağlarının MIC dozlarında fungal etmenin hiflerinin sitoplazmik yapılarında neden olduğu koagülasyon, hiflerin uç kısımlarında görülen sitoplazmik boşalmalar şeklindeki şiddetli yapısal morfolojik değişiklikler (ok).....43
- Şekil 4.8. (A) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan FOM1 izolatının sağlıklı hifleri. (B) *T. spicata*, (C) *T. vulgaris* ve (D) *F. vulgare* uçucu yağlarının MIC dozlarında fungal etmenin hiflerinin sitoplazmik yapılarında neden olduğu koagülasyon, hiflerin uç kısımlarında görülen sitoplazmik boşalmalar şeklindeki şiddetli yapısal morfolojik değişiklikler (ok).....44
- Şekil 4.9. *T. spicata* uçucu yağının buhar fazında FOM1 izolatının konidi çimlenmesi üzerine fungisidal etkinliği. (A) Kontrol, (B) *T. spicata*'nın 0.25 µl/petri, (C)

<i>T. spicata</i> 'nın 0.50 µl/petri, (D) <i>T. spicata</i> 'nın 0.75 µl/petri dozunun eklendiği petrilere konidi çimlenmesinin (ok) engellenme durumları	47
Şekil 4.10. Odun sirkesinin <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> 'in (A) MFO34 ve (B) FOM1 izolatları üzerine antifungal etkinlikleri ve misel gelişiminin engellenmesi.....	52



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Celsius (derece)
ha	: hektar
cm	: santimetre
mm	: milimetre
mM	: milimolar
gr	: gram
mg	: miligram
µg	: mikrogram
ml	: mililitre
µl	: mikrolitre
rpm	: rotation per minute (dakikadaki dönme sayısı)

KISALTMALAR

DMSO	: dimethylsulfoxide
EO	: Uçucu Yağ (Essential Oil)
EC	: Efficient Concentration (Etkili Konsantrasyon)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organisation of The United Nations)
Fom	: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i>
FOM1	: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> FOM1 izolatu
GC-MS	: Gaz Kromatografi ve Kütle Spektroskopisi
HMKÜ	: Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
MFO34	: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> MFO34 izolatu
MIC	: Minimum Inhibition Concentration (Minimum Engelleme Konsantrasyonu)
MGI	: Mycelial Growth Inhibition (Misel Gelişimin Engellenmesi)
MGk	: Kontrol petrideki Misel Gelişimi (Mycelial Growth)
MGu	: Uygulanmış petrideki Misel Gelişimi (Mycelial Growth)
OS	: Odun Sirkesi
PDA	: Patates Dekstroz Agar - Besi yeri
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WA	: Water Agar (Su Agar Besi yeri)

1. GİRİŞ

Kavun (*Cucumis melo* L.), Cucurbitaceae familyasına ait olup kabak, hıyar ve karpuz gibi ekonomik değeri yüksek sebze türleri arasında yer almaktadır. (Kirkbride, 1993; Pitrat ve ark., 2000). Kavun bitkisinin kesin bir gen merkezi bilinmemekle birlikte, genel kabul gören görüş, Afrika'nın bu bitkinin gen merkezi olduğudur. Detaylı genetik analizler sonucunda Türkiye, İran, Hindistan, Afganistan ve Çin gibi Asya kıtasında bulunan ülkeler kavunun ikincil gen merkezlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, özellikle Van yöresi, Türkiye'nin kavun bitkisi açısından önemli bir mikro gen merkezlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Robinson ve Decker-Walters, 1997).

Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2022 bitkisel üretim verilerine göre dünya genelinde 10.625.000 dekarlık alanda yaklaşık 28.558.068 ton kavun üretilmiştir (FAO, 2022). Çin 391.783 hektar alanda 14.252.671 ton üretim ile ilk sırada yer alırken Türkiye 62.724 hektar alanda yaklaşık 1.587.230 ton kavun üretimi ile ikinci, Hindistan 68.000 hektar alanda 1.498.000 ton üretim ile üçüncü sırada yer almıştır (Çizelge 1.1.)

Çizelge 1.1. Dünya genelinde 2022 yılında gerçekleşen kavun üretim alanları ve üretim miktarları (FAO, 2022)

Ülkeler	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
Çin	391.783	14.252.671
Türkiye	62.724	1.587.230
Hindistan	68.000	1.498.000
Kazakistan	49.383	1.214.412
Afganistan	75.884	809.194
Guatemala	33.437	736.656
İran	32.000	700.000
Brezilya	27.457	699.281
Ürdün	1.272	642.693
Honduras	5.100	607.540

Çizelge 1.2. Türkiye’nin farklı illerinde 2022 yılında gerçekleşen kavun üretim alanları ve üretim miktarları (TÜİK, 2022)

İl	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
Denizli	38.821	126.433
Konya	26.708	117.159
Adana	26.191	116.101
Antalya	25.111	115.114
Hatay	10.742	25.942

Türkiye’de kavun yetiştiriciliği genellikle iç Anadolu bölgesinde yoğunlaşmakla birlikte, Ege, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde de önemli kavun yetiştiriciliğinin yapıldığı iller yer almaktadır (TÜİK, 2022). Türkiye’de 2022 yılında en fazla kavun üretimi 38.821 da alanda 126.433 ton üretim ile Denizli ilinde gerçekleşmiş olup bu ili 26.708 da alanda 117.159 ton üretim ile Konya, 26.191 da alanda 116.101 ton ile Adana, 25.111 da alanda 115.114 ton ile Antalya takip etmektedir. (TÜİK, 2022). Hatay ilinde ise 10742 da alanda toplam 25.942 ton kavun üretilmiştir ve bu üretimin büyük bir kısmı Kırıkhan ilçesinde gerçekleşmiştir.

Türkiye’nin önemli kavun yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde üretimi en fazla yapılan kavun grupları (i) kışlık (*Cucumis melo* var. *inodorus*) ve (ii) erkenci kokulu yazlık kavunlar (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) dır. Meyve şekli ve boyutu yönünden çeşitlilik gösteren kışlık kavunlar, şeker oranı yüksek, dış aroması olmayan, olgunlaşmamış meyvelerin kabukların zemin rengi yeşil, olgunlaşmış meyvenin ise sarı-yeşil renkli noktalar ve lekeler şeklinde ikincil renkleri bulundurur. Yazlık kavun çeşitleri ise ince, yüzeyinde ağ şeklinde görülen kabuk yapıları bulunan, şekerli ve aromalı tatları ile sevilerek tüketilir. Kışlık kavun meyvelerin uzun süreli raf ömürlerine kıyasla yazlık kavunların raf ömürlerinin kısa olması taşımacılık ve ihracat olanaklarını sınırlandırmaktadır.

Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan kavunların büyük çoğunluğunu *Cucumis melo* var. *inodorus* grubundaki kışlık kavunlar oluşturmaktadır (Şensoy, 2005; Sarı ve ark., 2008). Bu kavun genotipleri içerisinde Kırkağaç Altınbaş, Yuva-Hasanbey en önemli geneotipler olup genelde Ege ve Orta Anadolu bölgelerinde yetiştiriciliği yapılır. Türkiye’de yetiştirilen kavun genotiplerinin %85’ini “Kırkağaç”, “Hasanbey”, “Yuva” ve “Kışlık Sarı (Kuşçular)” gibi “inodorus” grubu kavun çeşitleri, geriye kalan kısmını

ise “Ananas” ve “Galia” gibi cantalupensis grubu kavun genotipleri oluşturur (Abak, 2001).

Farklı tüketim şekilleri olan kavun meyveleri besin içeriği ve kendine özgü aroması ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Taze olarak tüketilebilmesinin yanı sıra, son yıllarda meyve suyu sanayisinde kullanımı da yaygınlaşmaktadır (Lester, 1997; Lester, 2006). Dünya genelinde kavun meyvesi gıda sanayinin pek çok kolunda (pasta, reçel, dondurma, meyveli yoğurt vb.) yaygın olarak kullanılmasına rağmen, ülkemizde genellikle taze meyve olarak tüketilmektedir. Uzak Doğu’da olgunlaşmamış meyveleri çorba ve turşu gibi oldukça farklı amaçlarla da kullanılabilir. Bazı kavun çeşitleri süs bitkisi olarak, bazıları ise sahip oldukları güzel kokularından dolayı parfüm yapımında ve kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır (Wien, 1997).

Farklı bitki türlerinde olduğu gibi Cucurbitaceae familyasında yer alan sebze ve meyve üretimini sınırlandıran en önemli faktörler zararlılar ve hastalıklardır. Hastalık ve zararlılar, üretilen ürünlerde verim miktarının azalmasına, kalite kaybına ve bazı çeşitlerin kaybolma tehlikesine neden olmaktadır (Şensoy, 2005). Kavunda kalite ve verim kayıplarına neden olan pek çok fungal, viral ve bakteriyel hastalık etmenleri bulunmaktadır. Kavun bitkisinde solgunluk hastalığına farklı toprak kökenli fungus ve bakterilerin neden olduğu bildirilmiştir (Bruton ve Miller, 1997; Keinath ve ark., 2017; Aegerter ve ark., 2000). Kavunlarda solgunluk hastalığı bazı fungal etmenin iletim demetlerini tıkaması ya da bazı fungal etmenlerin kök ve kök boğazında çürüklüğü neden olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır (Koike ve ark., 2006). Yapılan araştırmalar, kavunda solgunluk hastalığının daha çok fungal etmenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu etmenler arasında, *Fusarium* spp. (Palti ve Joffe, 1971; Tuwardzhieva, 1974), *Macrophomina phaseolina* (Reuveni ve ark., 1982; Cohen ve ark., 2022), *Pythium* spp. (Al-Mawaali ve ark., 2012), *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae* (Pivonia ve ark., 1997) ve *Acremonium* spp. ve bulunmaktadır. (Martínez-Culebras ve ark., 2004).

Kavunda yaygın solgunluk hastalığı *Fusarium* spp. tarafından neden olmaktadır. *Fusarium* solgunluk hastalığının bitkilerdeki belirtileri, kavunun kök boğazını ve köklerini enfekte edip su alımını engelleyip solgunluğa neden olmasıdır. Bu durumda yapraklarda sararma, gövdenin köke yakın yerlerinde kahverengi- siyah lezyonlar, iletim

demetlerinde kahverengileşme, hastalık ilerlediğinde ise kuruma ve çökmeler oluşmaktadır.

Kavunlarda solgunluk hastalığı fungal etmenlerin iletim demetlerini tıkaması ya da kök ve kök boğazında çürüklüğüne neden olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır (Ünlü ve ark., 2014). Kavun bitkilerinde en yaygın görülen fungal kökenli solgunluk hastalığı *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *melonis* Leach and Currenceemend. Snyd. and Hans., (**Fom**) tarafından neden olunur (Sabahi ve ark., 2021). Hastalık etmeninin kavun bitkilerinde solgunluk hastalığına neden olduğu ilk kez 1974 yılında ABD'nin Riverside eyaletinde bir pazar bahçesinde kayıt edilmiştir. O zamandan beri *Fusarium* solgunluğu giderek daha yaygın hale geçerek, ABD'nin diğer eyaletlerin yanı sıra dünyanın farklı ülkelerinde kavun bitkilerinde ciddi kayıplara neden olmuştur. Günümüzde *Fom*, kavun yetiştiriciliğini etkileyen ve tehdit eden en önemli toprak kaynaklı hastalıktır (Zink ve Gubler, 1985).

Fom hastalık etmeninin ülkemizde varlığı ilk kez 1939 yılında Manisa'da yetiştirilen kavun ekim alanlarında bildirilmiştir (Bremer, 1944). Hastalığın etmeninin daha sonra yapılan sörvey çalışmaları sonucunda Trakya (Soran, 1975), Orta Anadolu ve Marmara (Akdoğan, 1969; Erzurum ve ark., 1999; Erzurum, 2000), Ege (Evcil ve Yalçın, 1977; Yıldız 1977), Güneydoğu Anadolu (Sağır, 1988; Kurt ve ark., 2002), Doğu Akdeniz (Yücel ve ark., 1994) ve Batı Akdeniz bölgelerinde (Ünlü ve ark., 2014; Sarıca ve Karaca, 2024) yetiştirilen kavun bitkilerinde varlığı değişen yaygınlık oranları ile kaydedilmiştir.

Hastalık etmeninin tarafından neden olunan ağır bir toprak istilası, kavun fidelerinin ortaya çıkmadan önce ölmesine neden olabileceği gibi, genç bitkilerde gövde hasarı ile birlikte kök çürümelerine ve sonuçta solgunluk gelişmesine neden olabilir. Çok genç bitkilerde *Fusarium*, diğer fungusların neden olduğu sönümlenme biçimleriyle karıştırılabilir. Daha yaşlı bitkilerde ilk gözle görülür belirti, bir veya daha fazla yan yaprakların solması veya sararmasıdır. Solgunluk hızlı bir şekilde meydana gelir; ilk başta yalnızca tek bir yan etkilenebilir, ancak sonunda bitkinin tamamı ölür. Etkilenen gövdenin bir tarafında zemin çizgisine yakın nekrotik lezyonlar belirir ve uzun, dar kahverengi çizgiler halinde bir miktar uzanır. Ağır hasarlı olmayan enfekteli bitkiler genellikle bodur kalır. Hastalıktan etkilenen bitkilerin toprağa bağlandığı kök boğazı ve

yakınındaki gövdeler üzerinde koyu kahverengi-amber renginde sakız akıntısı görülür (Zink ve Gubler, 1985).

Fusarium, bitki gelişiminin herhangi bir aşamasında köklerden enfeksiyon ile bitkiye giriş yapar. Genelde hastalık kendini geç dönemde gösterdiği için kavun meyvelerinde kalite ve verim kayıpları oluşturur. Türkiye'deki kavun arazilerinde görülen solgunluk hastalığının %85'i kavun kök çürüklüğüne neden olan fungal etmenlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Hastalık etmenlerin enfekteli tarlalarda bulunuş oranları ise %17-95 arasında değişmektedir (Şensoy, 2005).

Fusarium solgunluk hastalığı etmeni *Fom* toprakta yıllarca yaşayabildiği gibi, tohumla da taşınabilmektedir. Fungal etmenin toprakta uzun süre canlı kalmasını, misellerinin kalınlaşmasıyla oluşan dayanıklı sporlar olan klamidiosporlar sağlar. Tohumda yüzeysel ya da kabuk altındaki dokularda taşınır. Lokal bulaşmaların sebebi ise toprak ya da bitki kalıntılarıdır. Enfeksiyonun oluşmasında özellikle yaralanmış kökler önemli yer almaktadır. Enfeksiyon ve hastalığın oluşmasında toprak ve çevre koşulları önemlidir. Hastalığın oluşması için ideal toprak sıcaklığı 20°C ila 25°C'dir. Daha yüksek sıcaklıklarda hastalık şiddeti azalırken daha düşük toprak sıcaklığında ise hastalık belirtileri daha hızlı ortaya çıkmaktadır. Kumlu hafif asidik topraklar, yüksek amonyum formunda azot ve ışık gibi abiyotik çevresel faktörler hastalığın çıkışını ve yayılmasını hızlandırdığı bildirilmiştir (Altuğ, 2001).

Kavun fusarium solgunluk hastalığı ile mücadele konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Hastalığı kontrol altına alabilmek için yapılan mücadele çalışmalarında, sertifikalı tohum, dayanıklı çeşit, düzenli ve yeterli sulama, yabancı otlarla mücadele, konukçusu olmayan bitkisel ürünlerle 2 ila 5 yıl münavebe, bitki artıklarını toplayıp yok etmek, fumigasyon ve solarizasyon gibi yöntemlerin etkinlikleri araştırılmıştır (Elmer ve Ferrandino, 1994; Yücel ve ark., 1994; Altınok ve ark., 2012).

FOM ile mücadelede en çok tercih edilen yöntem kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadelenin yaygın kullanılmasından dolayıda dayanıklılık problemi ile karşılaşmıştır. Bundan dolayıda mücadelede yeterli başarı sağlanamamıştır. Kimyasal mücadelenin bir diğer dezavantajı ise, ürünlerde pestisit kalıntısının olması ve ekolojik dengeyi olumsuz engellemesiyle çevre sağlığında sorunlara neden olmasıdır. Kimyasal mücadelenin dezavantajlarından dolayı alternatif mücadele yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır (Yücel ve ark., 2007). Hastalıkla kimyasallara alternatif mücadelede genelde ürün

rotasyonu önerilmekte olup, son yıllarda hastalık etmeninin genetik yapısında sıkça değişikliklerin gözlenmesi ile sonuçlanmıştır. Hastalık etmenin dünya genelinde race0, race1, race2 ve race1,2 olmak üzere 4 tane ırkı bulunmaktadır (Risser ve ark., 1976). Race1,2'nin daha sonra race1,2y (sararma) ve race1,2w (solgunluk) gibi 2 farklı yeni ırkları belirlenmiştir. Hastalık etmeninin ırklarına karşı bitkilerde dayanıklılıkların kısa sürede kırılması nedeniyle “ürün rotasyonu” hastalıkla mücadelede beklenen etkiyi önemli düzeyde kısıtlamıştır (Ramos ve ark., 2015).

Toprak patojenlerinin neden olduğu hastalıkların mücadelesinde mikrobiyal veya bitkisel kökenli “biyolojik mücadele” çalışmaları önem kazanmıştır. Biyolojik mücadelenin bitki hastalık ve zararlılarına karşı uygulama alanları giderek genişlemekte ve bu kapsamda farklı orijinli “biyolojik preparatlar” farklı formülasyonlarda üretilerek satışa sunulmaktadır (Oksal, 2005).

Bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılan “biyolojik mücadele” yöntemi kapsamında bitki uçucu yağları, biyolojik mücadele etmeni fungal, bakteriyel ve viral mikroorganizmalar ve bitkilerde hastalığı teşvik eden kimyasallar önem kazanmıştır. Son yıllarda bu yöntemlerden bir veya birkaçının teksele veya kombinasyonlar şeklinde kullanıldığı çalışmalara ağırlık verilmiştir. Yapılan araştırmalar, alternatif mücadele yöntemlerinin fungal etmeni tarafından neden olan hastalığı ya antibiosis ya da bitkide var olan dayanıklılıktan sorumlu kimyasal bileşikler teşvik ederek engellemek suretiyle önlediği bildirilmiştir (Azcón-Aguilar ve ark., 1996; Benhamou ve Bélanger, 1998; Chen ve ark., 1998; Howell, 2003; Delisoy ve Altınok, 2019).

Bitkisel esaslı, çevresel olarak güvenli mücadele yöntemleri arasında en yaygın olanı bitkisel kökenli uçucu yağların kullanılmasıdır. Bitkilerde sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerinin mücadelesinde tıbbi bitkilerden ekstrakte edilen uçucu yağların kimyasal bileşenleri ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine kurgulanan çalışmalara olan ilgi son yıllarda oldukça artmıştır. Türkiye’de ve dünya genelinde tıbbi bitkilerden elde edilen uçucu yağ ve ekstraktlarının bitki patojeni fungus ve bakterilerin *in vitro* ve *in vivo* gelişimini engelleyebilecek potansiyele sahip olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Tripathi ve Dubey, 2004; Cabral ve ark., 2013; Sivakumar ve Bautista-Baños, 2014; Borges ve ark., 2018; Palfi ve ark., 2019; Abbey ve ark., 2019; Gonçalves ve ark., 2021; Teixeira ve ark., 2022; El Khetabi ve ark., 2022; Greff ve ark., 2023).

Bitki hastalık etmenlerine karşı kimyasllara alternatif olarak kullanılan bir diğer bitkisel kaynaklı ürün “pirolignöz asit”dir. Pirolignöz asit aynı zamanda “odun sirkesi” olarak da yaygın bir şekilde bilinir. Odun sirkesi (OS) orman ağaçları ve tarım ürünleri (mısır koçanı, çam kozalağı, meyve kabukları vb.) ve her türlü ahşabın işlenerek imbik adı verilen fırınlarda kömür haline getirildiği pirolizin yan ürünlerinden biridir (Fengel ve Wegener 1984). Odun sirkesinin kimyasal içeriği, kalitesi ve antifungal etkinlikleri, piroliz kaynağına (bitki materyali) ve koşullara bağlı olarak farklılık gösterir (Kara ve ark., 2024). Yapılan kimyasal analizler odun sirkesinin kimyasal yapısında asetik asit, formik asit, metanol, formaldehit, fenol ve keton gibi 200'den fazla bileşiğin olduğunu göstermiştir (Mu ve ark., 2003; Kadota ve Niimi 2004; Pimenta ve ark., 2018). Odun sirkesinin antifungal etkinliğinin yanısıra uygulandığı alanlardaki toprak kalitesini düzenlediği, bitki büyümesini artırdığı, hastalıkları ve zararlıları baskıladığına yönelik bir çok çalışma yapılmıştır (Apai ve Thongdeethae 2002; Kadota ve ark., 2002; Mu ve ark., 2003; Yin, 2008; Chen ve ark., 2020; Birol ve Günal, 2022; Uysal ve ark., 2024). Daha önceden yapılmış çalışmalarda odun sirkesinin farklı konukçu bitkilerde sorun olan *Fusarium* spp., *Pythium* spp. gibi toprak kökenli hastalık etmenlerinin gelişimlerini *in vitro* ve *in vivo* koşullarda engellediği bildirilmiştir (Numata ve ark. 1995; Yagi ve Tsukamoto, 2002; Baimark ve Niamsa 2009; Chalermnan ve Peerapan 2009; Namlı ve ark. 2014; Koç ve ark., 2018; Kara ve ark., 2024).

Pestisitlerin insan sağlığına ve çevreye olan zararlı etkileri göz önüne alındığında, bitki uçucu yağları ile odun sirkesinin sürdürülebilir tarımda kullanımına yönelik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan literatür taramasında kavunda *Fom* hastalık etmenine karşı bitki uçucu yağlarının antifungal etkisi konusunda sınırlı sayıda çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmada kullanılan bazı bitki uçucu yağlar ve odun sirkesinin antifungal etkinliğinin belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada farklı bitki türlerine ait tıbbi ve aromatik bitkilerden İzmir kekiği (*Origanum onites*), karabaş kekik (*Thymbra spicata* L.), rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.), yabani kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve limon otu (*Lippia citriodora* L.) “bitki uçucu yağları” ile “odun sirkesi”nin kavunlarda solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*’in (*Fom*) misel gelişiminin ve konidi çimlenmesinin

engellenmesi üzerine olan antifungal etkinliklerinin *in vitro* koşullarda belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium* spp.'ye Karşı Antifungal Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Özcan (1999), tarafından yapılan çalışmada boğumlu çay (*Micromeria myrtifolia*) ve deli çakşır (*Prangos uechtritzi*) bitki ekstraktlarının *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Botrytis cinerea* ve *Penicillium digitatum* gibi depo hastalık etmenlerinin yanısıra toprak kökenli *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'e karşı antifungal etkinliği araştırılmıştır. Test edilen ekstraktlardan *P. uechtritzi* *A. alternata*, *B. cinerea* ve *P. digitatum*'un misel gelişimini kısmen engellemiştir. *P. uechtritzi* misel gelişimi üzerinde *M. myrtifolia*'dan daha yüksek antifungal etkiye sahiptir. *M. myrtifolia* bitki ekstraktı *A. alternata* ve *A. niger*'in misel gelişimini kısmen etkilemiştir. Ancak *F. oxysporum*'un misel gelişimi inkübasyon sırasında *M. myrtifolia* tarafından engellenmemiştir. Ayrıca *P. uechtritzi* en hassas mikroorganizma olan *P. digitatum*'un inkübasyonu sırasında *A. niger*'in misel gelişimi üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmamıştır.

Abou-Jawdah ve ark. (2002), tarafından yapılan çalışmada dokuz yabancı bitki türünün petrol eteri (PE) ve metanolik ekstraktlarının, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ve *Verticillium dahliae* funguslara karşı antifungal etkileri açısından *in vitro* olarak araştırılmıştır. PE ekstraktlarının incelenen tüm patojenlere karşı etkinliği metanolik ekstraktlardan daha yüksek düzeylerde gerçekleşmiştir. Yabancı mercanköşkü (*Origanum syriacum*) PE ekstresi incelenen sekiz fungus türünün altısının misel gelişimini tamamen engellenmesini sağlamış ve aynı zamanda *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ve *Verticillium dahliae* olmak üzere araştırılan altı fungusun spor çimlenmesini neredeyse tamamen engellenmesini sağlayarak en yüksek ve en geniş antifungal etkinlik göstermiştir. Diğer bitki ekstraktları spor çimlenmesi çalışmalarında farklı etki göstermiş, ancak hiçbirisi misel gelişimini karşı yüksek derecede aktif olmamıştır. *Inula viscosa* ve *Mentha longifolia* incelenen altı fungal etmenin beşine karşı spor çimlenme çalışmalarında oldukça etkili (>%88) olurken, *Centaurea pallezens*, *Cichorium intybus*, *Eryngium creticum*, *Salvia fruticosa* ve *Melia azedarach* en az iki fungal türün spor çimlenmesini >%95 oranında engellendiği

gözlenmiştir. *Foeniculum vulgare* en az antifungal etki göstermiştir. Test organizması olarak *Cladosporium* sp. kullanılarak TLC plakaları üzerinde otobiyografi ile takip edilen fraksiyonlama (etkili maddelerin ayrıştırılması) işlemi, *O. syriacum* PE ekstraktlarının üç, *Inula viscosa* ve *Cichorium intybus* ekstraktlarının iki engelleme bölgesi içerdiğini, diğer bitkilerin PE ekstraktlarının ise birer engelleme bölgesi gösterdiğini ortaya koymuştur.

Chang ve ark. (2008), tarafından yapılan çalışmada *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* bitki uçucu yağı ve bileşenlerinin antifungal etkileri *R. solani*, *F. oxysporum*, *C. gloeosporioides*, *P. funerea*, *G. australe* ve *F. solani* funguslarına karşı *in vitro* koşullarda değerlendirilmiştir. Bitki uçucu yağının GC-MS ile kimyasal analizi sonucunda, α -pinene (%44.2), limonene (%21.6), b-myrcene (%8.9), β -caryophyllene (%8.2), caryophyllene oxide (%2.4), α -cadinol (%1.6), β -pinene (%1.2) ve T-muurolol (%1.1) gibi kimyasallar uçucu yağın ana bileşenleri olarak tanımlanmıştır. Uçucu yağın seskiterpen özellikli kimyasal bileşenleri, monoterpen özellikli bileşenlerinden daha yüksek antifungal etkinlik göstermiştir. Özellikle, T-muurolol ve α -cadinol $IC_{50} < 50 \mu g ml^{-1}$ değerleri ile *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimini güçlü bir şekilde engellemiştir. Bu bileşikler ayrıca *Colletotrichum gloeosporioides*, *P. funerea*, *Ganoderma australe* ve *F. solani*'nin misel gelişimlerini etkili bir şekilde inhibe etmiştir. Bu sonuçlar, T-muurolol ve α -cadinol'ün incelenen çeşitli bitki patojeni funguslara karşı antifungal etkiye sahip olduğunu ve bitkilerde fungal hastalıkların mücadelesinde potansiyel olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Gümrükçü ve ark. (2012), *In vitro* koşullarda *F. oxysporum* f. sp. *melonis*'in farklı ırklarına (race0, race1, race2, ve race1-2) karşı kimyon (*Cuminum cyminum*), kekik (*Thymus vulgaris*) ve tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*) uçucu yağlarının antifungal etkinliklerini belirlemişlerdir. Uçucu yağların (kimyon, kekik ve tarçın) üç farklı konsantrasyonu dört ırkın misel gelişimini önemli ölçüde engellemiştir. Sonuçlar, pratik kullanım için uygun formülasyonu oluşturmayı gerekse de bu uçucu yağların sorunlu alanlarda *Fusarium* solgunluğunu kontrol eden alternatif bir yöntem olduğunu göstermiştir. Uçucu yağ kullanımının doğru formülasyon ve uygulama yöntemi belirlenirse, toprak kaynaklı patojenlerin çevre dostu bir şekilde kontrol altına alınmasında etkili fungusitler olarak mümkün görüldüğü ortaya konulmuştur.

Onaran ve Yılar (2012), Kaldırık otu (*Trachystemon orientalis*) bitkisinin yaprak, kök ve çiçek gibi farklı kısımlarından hazırlanan sulu ekstraktlarının nohut, kavun,

domates gibi bitkilerde sorun olan *Ascochyta rabiei*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Verticillium dahliae* ve *Rhizoctonia solani* hastalık etmenlerine karşı *in vitro* antifungal etkinliğini araştırmışlardır. Bitki ekstraktlarının %1, 3, 5, 7, 10 ve 20 konstrasyonlardaki etkinlikleri göz önünde bulundurulduğunda, çiçek sulu ekstraktı bitki patojenlerinin misel gelişimine karşı maksimum engelleme etkisi göstermiş, bunu sırasıyla yaprak ve kök ekstraktları izlemiştir. Çiçek ekstraktı, uygulanan tüm dozlarda *A. rabiei*, *V. dahliae* ve *R. solani*'nin misel gelişimini tamamen engellemiştir. Çalışma sonucuna göre, *T. orientalis* sulu ekstraktlarının test edildikleri bitki hastalık etmenlerine karşı yüksek düzeyde antifungal etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Hatamleh ve ark. (2014), *Cinnamomum zeylanicum*, *Trigonella foenum-graecum*, *Eucalyptus globulus*, *Eruca sativa* ve *Allium sativum* ekstraktlarının toprak kaynaklı fungal hastalık etmeni *F. verticillioides* ve *F. oxysporum* f. sp. *melonis*'e karşı antifungal etkinliklerini araştırmışlardır. Bitki ekstraktlarının fungal etmenlerin misel gelişimi ve spor çimlenmesi üzerinde engelleyici etki göstermiştir. Sonuçlar, *C. zeylanicum* ve *E. globulus*'un 1000 ppm'de, *Fusarium verticillioides* (Sacc.) hariç, incelenen tüm fungusların misel gelişimi üzerinde sırasıyla %48,5 ve %54,4 engelleme oranları ile en yüksek etkinlik göstermiştir. *A. sativum* ise *F. verticillioides*'e (Syn. *F. moniliforme*) karşı etkili olan en iyi ekstrakt olup misel gelişiminde %55,9 azalma sağlamıştır. *C. zeylanicum* ekstraktı test edilen üç *Fusarium* türünün spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. Ayrıca, *E. globulus*, *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (Leach. and Currence) Snyd. and Hans'ın spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. *A. sativum* ise 1000 ppm konsantrasyonda *F. solani*'nin spor çimlenmesini %100 oranında engellemiştir.

Stević ve ark. (2014), sentetik fungusitlere alternatif olarak fungal hastalık etmenlerine karşı doğal kaynaklı koruyucu ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların şu anda gündemde olduğunu ifade etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında 16 farklı bitki uçucu yağının kalitatif ve kantitatif kimyasal analizi yapılmıştır. Daha sonra bitkisel uçucu yağlardan izole edilen maddelerin antifungal etkinliği 21 farklı fungusa karşı *in vitro* koşullarda mikrodilüsyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Test edilen tüm yağlar, fungal türlerin tamamına karşı değişen oranlarda antifungal etkinlik göstermiştir. Carvacrol ve timol gibi fenollerin varlığı ile karakterize edilen kekik ve *Origanum* yağları ile monoterpen alkoller (citronellol ve geraniol) içeren gül yağının test edilen tüm

funguslara en etkili antifungal bileşenler olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, belirli yağların kombinasyonu en düşük engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerini düşürmüş, pratikte potansiyel uygulama için faydalı karışımlar olarak değerlendirilmiştir. Dahası, toplam fungus sayısının azaltılması ile seçilen uçucu yağların etkileri *in situ* koşullarda da belirlenmiştir.

Elgorban ve ark. (2015), okaliptus (*Eucalyptus globulus* Labill), çörek otu (*Nigella sativa* L.) ve allium soğanı (*Allium cepa* L.) bitki uçucu yağlarının antifungal etkinliği *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*, *Fusarium solani*, *Fusarium verticillioides*, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Rhizoctonia solani* gibi beş farklı toprak kökenli fungal hastalık etmenine karşı antifungal etkinliği araştırılmıştır. *Allium cepa* uçucu yağı 500 ppm konsantrasyonda *F. oxysporum* f.sp. *melonis*, *F. solani* ve *S. sclerotiorum*'un misel gelişimini tamamen engellemiştir. *E. globulus* yağı ise *F. solani*, *S. Sclerotiorum* ve *R. solani*'nin misel gelişimini tamamen engellemiştir. Öte yandan, çörek otu yağının 500 ppm konsantrasyonda *Fusarium* türlerini (*F. oxysporum* f.sp. *melonis*, *F. verticillioides*) engelleme oranlarının %28.6-73.9 arasında değiştiği gözlenmiştir. *F. oxysporum* f.sp. *melonis* ve *F. solani*'nin spor çimlenmesi *A. cepa* uçucu yağı uygulaması ile tamamen engellenirken, okaliptus yağı *F. solani*'nin spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. *Allium cepa* uçucu yağının 500 ppm konsantrasyonda *F. oxysporum* f.sp. *melonis* ve *F. verticillioides*'in spor çimlenmesine karşı sırasıyla %98 ve %93 ile oldukça etkili olmuştur. Misel gelişimi ve spor çimlenmesindeki engelleme oranları göz önüne alındığında, soğan ve okaliptus uçucu yağlarının fitopatojenik funguslara karşı sentetik fungusitlere alternatif olası biyo-fungusitler olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Davari ve Ezazi (2017), tıbbi bitki uçucu yağlarının bitkileri patojenik mikroorganizmalardan korumada güvenli ve kabul edilebilir bir “bitki hastalık mücadele yöntemi” olduğunu belirtmiştir. *Zhumeria majdae* ve *Heracleum persicum* gibi İran ülkesine spesifik iki endemik bitkinin yanısıra, *Eucalyptus* spp'den elde edilen uçucu yağların antifungal potansiyelleri *Fusarium graminearum*, *Fusarium asiaticum*, *Fusarium redolens* f.sp. *dianthus*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lentis*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus tubingensis*, *Botrytis cinerea* ve *Cladosporium cladosporioides* gibi farklı bitki patojeni fungal hastalık etmenlerine karşı antifungal potansiyelleri araştırılmıştır. Uçucu yağların kimyasal bileşimi ayrıca GC-MS analizi ile belirlenmiştir. *Z. majdae* uçucu yağı, beş fungus

türünün misel gelişimini tamamen engelleyerek incelenen uçucu yağlar arasında en etkili antifungal etkiyi göstermiştir. *Eucalyptus* sp. ve *H. persicum* uçucu yağları sırasıyla orta ve zayıf antifungal etkinlik göstermiştir. GC-MS analizi linalool ve kafurun *Z. majdae*'nin uçucu yağlarının ana bileşenleri olduğunu göstermiştir. Kimyasal bileşenler arasından 1,8-cineole ve hexyl ester ise *Eucalyptus* sp. ve *H. persicum* uçucu yağlarının ana bileşenleri olarak belirlenmiştir. Bazı uçucu yağların önemli ölçüde antifungal özelliği nedeniyle, bu fungusların neden olduğu bitki hastalıklarının kontrolü için kullanımları hakkında ek araştırmalar yapılması tavsiye edilmiştir.

Park ve ark. (2017), dört bitki uçucu yağının (tarçın, rezene, Origanum ve kekik yağları) çilek bitkilerinde *Fusarium solgunluğuna* neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*'nin misel gelişimini engellenmesi üzerindeki *in vitro* antifungal etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan uçucu yağların doza bağlı bir şekilde *F. oxysporum* f.sp. *fragariae*'nin *in vitro* konidi çimlenmesini ve misel gelişimini engellediğini gözlenmiştir. Konidi çimlenmesini engellemede benzer seviyelerde rezene yağı, origanum yağı ve kekik yağının orta derecede engellediği, en etkili olanın tarçın yağı olduğu gözlenmiştir. Misel gelişiminin engellenmesinde ise tarçın, Origanum ve kekik uçucu yağları orta derecede antifungal etkinlik gösterirken, rezene yağının nispeten daha düşük antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu dört bitki uçucu yağının farklı kombinasyonlarda *in vitro* koşullarda fungus gelişimi üzerinde antifungal etkileri de değerlendirilmiştir. Bu uçucu yağlar *F. oxysporum* f. sp. *fragariae*'nin konidi çimlenmesinin ve misel gelişiminin *in vitro* koşullarda engellenmesinde sinerjik etkinlik göstermiştir. Origanum ve kekik uçucu yağının eş zamanlı uygulamasının konidi çimlenmesi ve misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antimikrobiyal etkinliği arttırdığını bildirmişlerdir.

Bayan (2018), kekik (*Thymbra spicata* L.) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitki uçucu yağlarının 5 farklı dozunun (0.5, 1, 2, 4, 8 µl/petri) *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (*Foc*) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*) üzerindeki antifungal etkinliğini belirlemiştir. *T. spicata* uçucu yağının 8 µl/petri dozu *Foc* ve *Fom* 'un miselyum gelişimini %100, *R. officinalis* uçucu yağının 8 µl/petri dozunun *Foc* ve *Fom* 'un miselyum gelişimini sırasıyla %61.32 ve %71.97 oranında engellediği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca uçucu yağların LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri hesaplanmıştır. *T. spicata* uçucu yağı için *Fom* ve *Foc*'un LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri sırasıyla 0.58-1.26 µl ve

0.46-1.07 µl olarak hesaplanırken, *R. officinalis* uçucu yağı için *Fom* ve *Foc*'un LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri sırasıyla 4.04-37.56 µl ve 3.92-95.84 µl olarak hesaplanmıştır. *T. spicata* ve *R. officinalis* uçucu yağlarının *Foc* ve *Fom* hastalıkları ile mücadelede fungusitlere alternatif olma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Dhaouadi ve ark. (2018), tarafından yapılan çalışmada mercanköşkü (*Origanum majorana*) ve lavanta (*Lavanta angustifolia*) uçucu yağlarının *Fusarium* solgunluğuna neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'nin 11 ve kavunun kök çürüklüğü hastalığına neden olan *Fusarium solani*'nin 10 izolatına karşı antifungal etkisi araştırılmıştır. Uçucu yağların *in vivo* koşullarda hastalık gelişimi üzerindeki etkisi de test edilmiştir. Mercanköşkü uçucu yağının GC-MS analizi, terpinen-4-ol'ün (%34.94) ana bileşen olduğunu, ardından γ-terpinen (%24.66), α-terpinen (%13.22), β-terpinene (%5.84), α-terpineol (%3.98) ve β-phellandrene (%3.16)'in izlediğini göstermiştir. Lavanta uçucu yağının kimyasal analizinde, α-terpinenin (%48.76) ana bileşen olduğunu, ardından linalool (%16.79), γ-terpinen (%7.00), β-trans-ocimen (%6.47), β-karyofillen (%5.83), ve lavandulol (%3.23)'ün izlediği ortaya çıkmıştır. Disk difüzyon yöntemi kullanılarak yapılan *in vitro* testlerde, tüm uçucu yağların *F. oxysporum* f. sp. *melonis* ve *F. solani* izolatlarının misel gelişimi üzerine önemli bir antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir. Uçucu yağların uçucu bileşikleri, her iki patojenin de spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. *In vivo*, biyofumigant olarak uygulanan uçucu yağlar, inkübasyondan 20 gün sonra kavun bitkilerinde hastalık şiddetini önemli ölçüde azaltmıştır. Lavanta uçucu yağı, kontrol kavun bitkilerine kıyasla hastalık şiddetini neredeyse %60 oranında azaltırken, mercanköşkü uçucu yağı kontrollü koşullar altında hastalık şiddetini neredeyse %23 oranında azaltmıştır. Bu sonuçlar, lavanta uçucu yağının kavun bitkilerini *Fusarium* solgunluğu ve kök çürüklüğü hastalığından korumak için yeni fungus önleyici bileşiklerin geliştirilmesine katkıda bulunabileceğini göstermiştir.

Zefzoufi ve ark. (2020), Fas'ta yetiştirilen *Dysphania ambrosioides*'in uçucu yağının kimyasal bileşenlerini, fungal (*Verticillium dahlia*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ve *Fusarium culmorum*) ve bakteriyel (*Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *P. syringae* pv. *syringae* ve *Erwinia amlovora*) fitopatogenlere karşı antimikrobiyal etkinliklerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Uçucu yağ içeriği gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ile analiz edilmiştir. Elde edilen GC-MS analiz sonuçlarına göre *D. ambrosioides*'in uçucu yağının “ascaridole”

kemotipinde olduğunu göstermiştir. Antifungal etkinlik çalışma sonuçlarına göre ise uçucu yağların *in vitro* koşullarda yüksek antifungal etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir. Uçucu yağının kullanıldığı 500 µg ml⁻¹ dozunda *F. oxysporum* f .sp *melonis*, *F. culmorum* ve *V. dahliae*'nin misel gelişimini %78 ile %90 aralığında değişen oranlarda engellemiştir. Uçucu yağ ve saflaştırılmış “ascaridole” bileşiğinin *P. syringae* pv. *syringae*'ye karşı yüksek düzeyde, *P.syringae* pv. *tabaci*, *E. amylovora* ve *A. tumefaciens*'e karşı orta düzeyde antibakteriyel etkinlik sergilemiştir. Ayrıca, uçucu yağ 100 µg ml⁻¹ dozunda kullanıldığında *Nicotiana benthamiana* üzerinde *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* 'nin neden olduğu vahşi ateş yanıklık hastalığına karşı yüksek koruma sağladığını ortaya çıkarmıştır. Daha yüksek konsantrasyonlara ihtiyaç duyulmakla beraber patates bitkilerini *A. tumefaciens* tarafından neden olunan taç gali hastalığına karşı korumuştur. Bu sonuçlar, *D. ambrosioides* uçucu yağının fungal ve bakteri hastalıklarına karşı korumak için çevre dostu antimikrobiyal madde olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Majewska ve ark. (2022), limon otu uçucu yağı, *Lippia citriodora* (syn. *Aloysia citriodora*) bitkilerinden elde edilir. Limon otu bitkisi yüzyıllar boyunca halk tarafından gastrointestinal ve solunum rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmıştır. Limon otu uçucu yağı genellikle hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilir. Verimi ve kimyasal bileşimi coğrafi konuma, kurutma yöntemlerine, hasat dönemine, izolasyon ve paketlenme yöntemlerine ve depolama süresine bağlı olarak değişir. Başlıca bileşenleri sitral (neral ve geranial karışımı) ve limonendir. Dünyanın farklı yerlerinden elde edilen limon mine çiçeği uçucu yağlarında limonen veya 1,8-cineol diğer bileşiklere göre baskın olabilir. Çiçeklenme dönemi, hasat için bitkinin en iyi fenolojik aşamasıdır ve bu dönemde yüksek sitral içerikli uçucu yağ yüksek verimle elde edilebilir. Çok sayıda bilimsel çalışma, *L. citriodora* uçucu yağının antimikrobiyal, antioksidan ve böcek kovucu özellikler gibi geniş bir biyolojik aktivite spektrumu sergilediğini doğrulamıştır.

Abd El-Kareem ve ark. (2024), uçucu yağların antifungal etkisi, *Fusarium oxysporum* MW854649 ve *Alternaria solani* MT279570'in misel gelişimine etkisi araştırılmıştır. Rezene yaprak ve tohumlarından elde edilen uçucu yağların ana kimyasal bileşiklerinin sırasıyla %37.94, 35.56, 17.46, 1.53 ve 1.49 oranları ile anethole, estragole, D-limonene, trans-beta-ocimene ve fenchone olduğunu bildirmişlerdir. Çiçek ve yaprak uçucu yağları 5000 mg/L dozunda, pozitif kontrole kıyasla *Alternaria solani*'ye karşı

sırasıyla %87.78 ve %79.63 oranında engelleme göstermiştir. Diğer yandan çiçek ve yaprak uçucu yağları 5000 mg/L dozunda, pozitif kontrole kıyasla *Fusarium oxysporium*'a karşı sırasıyla %77,77 ve %72,96 oranında engelleme göstermiştir.

2.2. Odun Sirkesinin (OS) Bitki Fungal Hastalık Etmenlerine Karşı Antifungal Etkinliği Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Numata ve ark. (1994 ve 1995) tarafından yapılan çalışmada OS'nin Patates Dekstroza Agar (PDA) besi ortamına %10 oranında eklenmesiyle *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Penicillium* spp., *Sclerotium homoeocarpa*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Phytophthora capsici*, *Pythium aphanidermatum* gibi bazı bitki patojeni fungusları etkili bir şekilde engellendiği bildirilmiştir.

Yagi ve Tsukamoto (2002), OS'nin *in vitro* koşullar altında *Fusarium* spp., *Pythium* spp. ve *Rhizoctonia* spp. gibi toprak kaynaklı fungal hastalık etmenlerinin misel gelişimini oldukça etkili şekilde engellediğini bildirmiştir.

Baimark ve Niamsa (2009), OS'nin antifungal etkisinin kimyasal yapısındaki fenolik bileşiklere bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, PDA besi ortamında *Penicillium griseofulvum*'a karşı yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Chalermisan ve Peerapan (2009), tarafından yapılan çalışmada OS'nin antifungal etkinliği *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium oryzae*, *Helminthosporium maydis*, *Pythium* sp., *Colletotrichum gloeosporioides* ve *Choanephora cucurbitarum* gibi altı önemli bitki fungal hastalık etmenine karşı OS'nin antifungal etkinliği araştırılmıştır. Yapılan *in vitro* etkinlik çalışmasında, OS'nin PDA besi ortamına %3 ve %4 oranında karıştırılan dozlarının test edilen tüm patojen fungusları tamamen engellediği bildirilmiştir.

Oramahi ve Yoshimura (2013), beyaz çürüklük hastalık etmeni *Trametes versicolor* ile kahverengi çürüklük hastalık etmeni *Fomitopsis palustris*'e karşı *Vitex pubescens*'den 350, 400 ve 450°C olmak üzere üç farklı proliz sıcaklığında elde edilen OS'nin antifungal etkisini *in vitro* koşullarda PDA besi yerinde “seyreltme metodu” kullanmak suretiyle araştırmışlardır. Denemede kullanılan tüm sirkeler her iki fungusa karşı antifungal etki göstermiştir. 450°C'de üretilen OS, 350 ve 400°C'de üretilenlerden daha yüksek etki göstermiştir. OS'nin asit bileşenlerinin fungal gelişiminin kontrol edilmesine katkıda bulunduğunu bildirilmiştir.

Namlı ve ark. (2014), tarafından yapılan çalışmada, şeker pancarı yaprak lekesi hastalığı etmeni *Cercospora beticola*'nın farklı izolatlarına karşı OS'nin % 0.5, 1, 1.5, 2, 3 ve 4 gibi farklı dozlarının *in vitro* antifungal etkinliği araştırılmıştır. OS'nin %0.5 dozu hariç kullanılan dozları *C. beticola* gelişimini *in vitro* koşullarda tamamen engellemiştir. OS'nin en düşük uygulama dozunda *C. beticola* izolatlarının gelişimini %77.4 ve %91.1 oranında engellemiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar OS'nin *in vivo* koşullarda hastalık etmenine karşı antifungal bileşik olarak denenmesinin yararlı sonuçlar verebileceği bildirilmiştir.

Koç ve ark. (2017), tarafından yapılan çalışmada, Broyler tavuk yetiştiriciliğinin yapıldığı kümeslerden toplanan "atıklardan" elde edilen OS'nin *Aspergillus niger* ve *Penicillium digitatum* gibi mikrofunguslar üzerinde antifungal etkisi *in vitro* koşullarda araştırılmıştır. OS'nin %1, %3, %5, %7 ve %10 gibi 5 farklı konsantrasyonunun PDA besiyerlerinde değme (kontakt) etkinliği belirlenmiştir. Yapılan istatistik analizlerde, fungus tür x odun sirkesi dozu interaksiyonu ($P=0.000$) ile test edilen odun sirkesi dozunda, *A. niger* ile *P. digitatum*'un misel gelişimleri arasındaki farkların önemli olduğu ($P\leq 0.05$), OS'nin *P. digitatum*'a karşı %10 mL'lik doz uygulamasının fungisidal etki gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla, *A. niger* ve *P. digitatum*'un misel gelişimlerini engelleyen odun sirkesinin diğer bitki patojeni hastalık etmenlerine karşı denenmesinin faydalı olabileceğini tavsiye etmiştir.

Koç ve ark. (2018), tarafından yapılan bir diğer çalışmada fındık kabuklarından elde edilmiş olan OS'nin *in vitro* koşullarda *Aspergillus niger* ve *Penicillium digitatum*'a karşı antifungal etkisi araştırılmıştır. OS'nin %1, %3, %5, %7 ve %10 konsantrasyonlardaki antifungal etkinlikleri (PDA) besi ortamında $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de uygulamadan 7 gün sonra değerlendirilmiştir. *A. niger*'in misel gelişimi %10 OS dozunda 9.33 mm, *P. digitatum*'un misel gelişimi %10 OS dozunda 7.17 mm olarak belirlenmiştir.

Chen ve ark. (2020), sofralık üzümlerde kurşuni küf hastalık etmeni *Botrytis cinerea*'ya karşı OS'nin antifungal etkisini araştırmışlardır. Üzüm tanelerine 200, 400 ve 600 kez seyreltilmiş OS uygulanmış ve 24 saat sonra *B. cinerea* süspansiyonuyla inokulasyon yapılmıştır. *B. cinerea* enfeksiyonu süresince; hastalık oranı, hastalık şiddeti, malondialdehide ve hidrojen peroksit içeriği, peroksidaz, askorbat peroksidaz, süperoksit dismutaz, polifenol oksidaz, kitinaz ve β -1,3-glukanaz aktivitesi her iki günde belirlenmiştir. Pozitif kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, OS uygulaması kurşuni küfle

enfekteli üzümelerde hastalık oranı ve şiddetini önemli ölçüde azaltmıştır. OS, hidrojen peroksit ve malondialdehide miktarını azaltmış ve üzümelerde antioksidan enzim birikimini ve ekspresyonunu teşvik etmiştir. Elde edilen sonuçlar, “Red Globe” üzümelerde kurşuni küfe dayanıklılığı geliştirmede ve oksidatif stresin sebep olduğu zararı azaltmada OS uygulamasının etkisini ortaya koymuştur.

Gao ve ark. (2020), sürdürülebilir buğday tarımı için kimyasal fungusitlerden daha uygun maliyetli bir çözüm olarak “buğday sapı”ndan üretilmiş OS’nin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Buğday sapı OS’nin buğdayda sorun *Fusarium graminearum*’a karşı fungusit olabileceği öngörülmüştür. Buğday sapı OS’nin organik ve mineral madde bileşimi GC-MS ile analiz edilmiştir. GC-MS analizleri sonucunda, buğday sapı OS’de başlıca organik bileşiklerin fenolikler ve asetik asit olduğu belirlenmiştir. Buğday sapı OS ile yapılan biyoetkinlik çalışmalarında, odun sirkesinin $3.1 \mu\text{l ml}^{-1}$ EC₅₀ değeriyle *F. graminearum*’un misel gelişimi ve mikotoksin “deoxynivalenol (DON)” üretimi üzerine önemli antifungal etki göstermiştir. Arazi denemelerinde, 200 kat seyreltilmiş buğday sapı OS’nin, buğdayda *F. graminearum* enfeksiyon oranını %66, ürünler içerisinde DON birikimini ise %69 oranı gibi önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Çalışmalarda 200 kat seyreltilmiş buğday sapı OS’nin etkinliği, tipik bir kimyasal fungusit uygulamasıyla benzer sonuçlar göstermiştir. Buğday sapı OS kullanımının, fungusit maliyetini azaltarak çiftçilerin gelirini artırabileceği kanısına varılmıştır. Buğday sapı OS’nin, *F. graminearum*’un mücadelesinde doğal bir fungusit olarak yüksek potansiyele sahip olmakla birlikte sentetik fungusitlere bağımlılığı azaltabileceği bildirilmiştir.

Zhou (2024), tarafından yapılan çalışmada farklı ham maddelerden (ZM) ve tek bir ham maddeden (SM) hazırlanan OS’nin farklı konsantrasyonlarının (%0.3, 0.6, 0.9, 1.2 ve 1.5) domates *Fusarium solgunluğu*’na karşı fungisidal ve etki mekanizmaları araştırılmıştır. Sonuçlar ZM-OS ve SM-OS’nin aynı büyüme döngüsünde farklı konsantrasyonlarda domates *Fusarium solgunluğu* üzerinde önemli antifungal etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir. Biyotik stres altında, iki çeşit OS’nin %0.3, 0.6, 0.9, 1.2 konsantrasyonlarının domates bitki boyunu, gövde çapını, yaprak alanını ve verimini önemli ölçüde artırırken, domates yapraklarında malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Uygulanan dozlar arasında en etkili OS dozu %0.9 olarak belirlenmiştir. Bu dozda uygulanan bitkilerde kontrol ile karşılaştırıldığında domates veriminde sırasıyla %122 ve %74 gibi önemli ölçüde artış

göstermiştir. Bununla birlikte, OS'nin %1.5 dozunda uygulandığı domates bitkilerinde bitki boyu, gövde çapı ve yaprak alanı önemli ölçüde azalmış, ancak domates meyvesindeki çözünebilir şeker, çözünebilir protein ve C vitamini içeriği en iyi sonucu vermiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında ZM-OS sırasıyla %14, %193 ve %67 oranında, SM-OS ise sırasıyla %28, %300 ve %159 oranında artış sağlamıştır. Her iki OS'nin %0.3 doz uygulaması dışındaki uygulama dozları domates yapraklarında katalaz (CAT), peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerini önemli ölçüde artırmıştır. İki tür OS'nin fizyolojik ve biyokimyasal olarak domates hastalıklarına karşı dayanıklılık, büyüme ve gelişmeye tepki yoğunluğu ZM-OS>SM-OS olarak belirlenmiştir. Domatesin hastalık indeksi, bitki boyu, gövde kalınlığı, yaprak alanı ve antioksidan fizyolojisi CAT ile oldukça anlamlı “negatif korelasyon” gösterirken, MDA ve H₂O₂ içeriği oldukça anlamlı “pozitif korelasyon” göstermiştir. Sonuç olarak ZM-OS, orta konsantrasyonlarda domatesin büyüme ve gelişmesini teşvik ederek, yaprak MDA ve H₂O₂ içeriğini azaltarak ve yapraklarda antioksidan enzim aktivitesini uyararak domates hastalıklarına karşı direnci arttırmada SM-OS'den daha etkili olmuştur.

Kara ve ark. (2024), yapmış oldukları çalışmalarında kayısı çekirdeği (AKPA-OS), fındık kabuğu (HSPA-OS) ve kermes meşesinin (OPA-OS) pirolizinden elde edilen üç farklı odun sirkesinin (OS) kimyasal bileşimleri ve *Fusarium proliferatum*'a karşı antifungal etkinlikleri belirlenmiştir. Test edilen 3 farklı PA'nin kimyasal bileşenleri GC-MS analizi sonucunda o-guaiacol (18.98-26.18%), creosol (11.08-16.38%), syringol (6.35-8.67%), p-ethylguaiacol (5.53-10.04%), o-creosol (4.0-10.33%) ve phenol (2.34-7.90%) olarak belirlenmiştir. *F. proliferatum*'un misel gelişiminin engellenmesinde en etkili antifungal etkinlik AKPA-OS tarafından gösterilmiştir. AKPA-OS için misel gelişimini engellemede minimum engelleme konsantrasyonu (MIC) 3.5 µl ml⁻¹, konidial çimlenme için ise 1.0 µl ml⁻¹ olarak belirlenmiştir. *In vivo* koşullar altında test edilen uygulamalardan AKPA-OS 7.5 µl g⁻¹ toprak konsantrasyonunda hastalık oluşumunu tamamen engellemiştir. HSPA-OS ve OPA-OS ise sırasıyla 10.0 µl g⁻¹ ve 12.5 µl g⁻¹ konsantrasyonlarında hastalık çıkışını önemli ölçüde baskılamıştır. MIC değerlerine sahip tüm OS örnekleri fungal hiflerin morfolojik yapılarında önemli bozulmalara neden olmuştur. OS'nin *F. proliferatum*'a karşı hem *in vitro* hem de *in vivo* umut verici antifungal etki gösterdiğinden, sentetik fungisitlere çevre dostu bir alternatif olarak uygun maliyetli doğal bir ürün olarak kullanılabileceği önerilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapılan çalışmada kullanılan *Fom* izolatları (MFO 30, MFO 33, MFO 34, FOM 1, FOM 0, FOM 2, FOM1-2) Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) Mikoloji Laboratuvarlarından Dr. Abdullah ÜNLÜ tarafından sağlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan “odun sirkesi” 450 °C’de çalıştırılan gazlaştırma makinesi içerisinde “kayısı çekirdeği” kullanmak suretiyle biyokömür ve odun sirkesi ürünleri üreten yerel bir firmadan (Mersin, Türkiye) sağlanmıştır. Bitki uçucu yağları, Bitki Koruma Bölümü, Mikoloji Laboratuvarlarında daha önceden hasat edilmiş ve kurumaya bırakılmış bitki materyallerinden elde edilmiştir.

Çalışmanın diğer materyallerini Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Labaratuvarı’nda bulunan alet-ekipmanlar, çeşitli cam ve plastik labaratuvar malzemeleri, besi ortamları, kimyasal maddeler oluşturmuştur. *In vitro* denemeleri için gerekli olan Patates Dekstroz Agar (PDA) ticari olarak (Merck, Darmstad, Germany) satın alınarak denemelerde kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Fungal İzolatların Patojenisite Testi

BATEM’den temin edilen *Fom* izolatlarının virülensliğini belirlemek için hassas Kırkağaç- 637 kavun çeşidi kullanılarak patojenisite denemesi yürütülmüştür. Sağlıklı kavun fideleri (2 haftalık) söküldükten sonra kökleri musluk suyunda yıkanıp daha sonra makas ile traşlanmıştır. Patojenisite testlerinde fide inokulasyonları “kök daldırma” tekniği ile yapılmıştır (Şekil 3.1). İnokulum olarak 7 günlük PDA ortamında gelişen kültürlerden elde edilen 10^6 spor/ml konsantrasyonundaki spor süspansiyonları kullanılmıştır (Zink ve Gubler, 1986). Fide kökleri inokulum süspansiyonuna 2 dakika daldırıldıktan (Şekil 3.1C) sonra torf ve perlit içeren 24’ lü viyollere 12 adet olacak şekilde dikilmiştir (Şekil 3.2). Kontrol bitkilerinin ise kökleri çeşme suyunda yıkandıktan sonra saksıya şaşırtılmıştır. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3

tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir izolat için 24'lü viyölü 3 bölüme ayırıp, her bir viyöl için de 12 bitki kullanılmıştır. Kontrol ve inokule edilen bitkiler, bitki büyütme odasında 25°C sıcaklık, %50-60 nem ve 10 saat karanlık 14 saat aydınlık olacak şekilde ayarlandıktan sonra gelişmeye bırakılmıştır. Tüm fidelerde hastalık şiddeti haftalık olarak kontrol edilmiş ve son değerlendirmeler inokulasyondan 30 gün sonra yapılmıştır. (Erzurum ve ark., 1999).



Şekil 3.1. (A) PDA ortamında kültüre alınmış izolatların inokulum için hazırlanması, (B) Fide köklerinin fungal spor süspansiyu ile inokulasyonu, (C) Fungusla inokule edilmiş fidelerin viyollere aktarılması



Şekil 3.2. Hastalık etmeni ile inokule edilmiş kavun fideleri

3.2.2. Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi

Patojenisite denemesinden sonra enfekteli fidelerde ortaya çıkan hastalık şiddeti inokulasyondan 30 gün sonra Altınok ve ark. (2013) tarafından bildirilen 0-4 skalasının modifiye edilmiş haline göre değerlendirilmiştir [(0)= Hastalık belirtisi yok (1)= Hafif kloroz ve hafif solgunluk (2)= Solgunluk ve iletim demetlerinde hafif renklenme, gelişme geriliği (3)= Şiddetli solgunluk ve iletim demetlerinde kahverengi renklenme (4)= Tamamen solmuş veya ölü bitkiler] Bitkilerde ortaya çıkan % hastalık şiddeti, Townsend-Heuberger formülü (Townsend ve Heuberger, 1943) kullanılarak (Formül 3.1) Tinivella ve ark. (2009) tarafından tarif edildiği gibi hesaplanmıştır:

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

3.2.3. Bitki Uçucu Yağlarının Elde Edilmesi

Çalışmalarda biyoetkinlikleri araştırılan uçucu yağlar Hatay ili florasında farklı bitki türlerine ait tıbbi ve aromatik bitkilerden olan İzmir kekiği (*O. onites*), karabaş kekği (*T. spicata*), yabani kekik (*T. vulgaris*) ve limon otu (*L. citriodora*)'na ait kurutulmuş bitki yaprakları ve rezene (*F. vulgare*) bitkisinin tohumlarından daha önceden bildirildiği şekilde Clevenger tipi uçucu yağ çıkartma aletinin yardımı ile 3 saatlik buhar distilasyonu ile elde edilmiş (Soylu ve ark., 2010). Elde edilen uçucu yağlar etkinlikleri araştırılncaya kadar içerisinde anhydrous sodyum sülfat bulunan koyu renkli cam şişelerde 4 °C de saklanmıştır.

3.2.4. Uçucu Yağ ve Odun Sirkesinin Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi

Çalışmalarda kullanılan ve daha önce yapılan çalışmalarda kimyasal içeriği belirlenmiş bitki uçucu yağ (Demirkol, 2021) ve odun sirkesi (Kara ve ark., 2024) denemelerde kullanılmadan önce Gaz Kromatografisi ve Kütle spektroskopisi (GC-MS, Thermo Scientific Trace Ultra) ile tekrar analizleri yapılarak kimyasal bileşenlerinin varlıkları teyit edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak 1.0 ml min⁻¹ akış hızına sahip saf helyum gazı (%99) kullanılmıştır. Gaz Kromatografi cihazının fırın sıcaklığı 2 dakika boyunca 50° C'de tutulmuş, daha sonra 3°C/dk artışla 210°C'ye çıkarılmış ve son olarak 5 dakika boyunca bu sıcaklıkta tutulacak şekilde programlanmıştır. İyonizasyon voltajı 70 eV ve iç sıcaklık 250°C olarak ayarlanmıştır (Kara ve ark. 2022). OS'nin kimyasal bileşimi, tanımlanması ve oranları (%) GC-MS veri sisteminin Wiley Kütüphanesinde depolanan kayıtlı kütle spektrumlarından belirlenmiştir (Adams 2007). Tutma indeksi (RI) değerleri, aynı sıcaklık programında n-alkan serisinin (C₈-C₂₀) MS değerleri karşılaştırılarak hesaplanmıştır (Adams, 2007; Babushok ve ark. 2011).

3.2.5. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin *in vitro* Koşullarda Belirlenmesi

Bitki uçucu yağların fungal etmeni *Fom*'in iki farklı izolatının misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinliği buhar fazında, 100 ml hacimli steril petri

kaplarında (90 mm çapında) genel fungus besiyeri PDA ortamı üzerinde araştırılmıştır (Soylu ve ark., 2010). PDA besi yeri içeren steril petri kabının orta noktasına 5 günlük taze *Fom* kültüründen alınan 6 mm çapındaki misel diskler, miselli yüzeyleri PDA ile temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra petri kapaklarına çalışmalarda antifungal etkinlikleri araştırılacak olan uçucu yağların farklı konsantrasyonları (0.50-20.0 l/petri) steril dimethylsulfoxide (DMSO) içerisinde çözdürülmüş (1:1 v/v) mikro pipet yardımı ile damlatılmıştır. Uygulama sonrası uçucu yağın petrilerden buharlaşarak kaybolmasını engellemek amacıyla kapakların kenarları 2 kat parafilm ile çevrilmiş, st kapak altta kalacak şekilde ters çevrilerek 25 C’de karanlıkta inkübatörler (VELP, Spain) içerisinde inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol olarak aynı şekilde inoküle edilmiş petrilerin kapaklarına uçucu yağ yerine aynı miktarda steril dimethylsulfoxide (DMSO) damlatılarak benzer işlemler uygulanmıştır. Uçucu yağların antifungal etkinliklerinin değerlendirmeleri, kontrol olarak kabul edilen petrilerde fungus gelişimi petriyi tamamen kapladığı zaman, uygulama yapılmış tüm petrilerdeki fungal koloni çaplarının ölçülmesiyle hesaplanmıştır. Her bir uçucu yağın farklı konsantrasyonlarında fungal izolatların misel gelişim apı (MGu) llerek kontrol petrilerdeki misel (MGk) gelişim çapına (mm) kıyaslanmak suretiyle engelleme oranları % abbot formülüne göre (Formül 3.2) hesaplanmıştır (Soylu ve ark. 2021).

$$\text{Misel Gelişimini Engellenme (MGE)Oranı (\%)} = \left(\frac{MGk - MGu}{MGk} \right) * 100 \quad (3.2)$$

Denemelerde her petri 1 tekerrür ve her uçucu yağının farklı konsantrasyonları 3 tekerrür olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulmuş, her deneme 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

3.2.6. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*)’in Misel Gelişiminin Engellenmesi zerine Olan Fungisidal ve Fungistatik zelliklerinin Belirlenmesi

Antifungal etkinliği araştırılan uçucu yağların misel gelişimi üzerine buhar fazında antifungal etkilerinin belirlendiği çalışmalarda, misel gelişimini tamamen engelleyen en düşük dozdaki (MIC) antifungal etkinliğin fungisidal veya fungistatik özellikte olup

olmadığı 2 farklı şekilde belirlenmiştir. Uçucu yağın misel gelişimini tamamen durduran minimum engelleme dozunun (MIC) bulunduğu petrilerin kapağı steril başka bir petri kapağı ile değiştirilerek parafilm sarılmadan 25°C’ de tekrar 3-4 gün inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme göstermeyen misel diskleri kapak değişimini müteakiben PDA besiyeri üzerinde, misel gelişiminin hala görülmediği konsantrasyonlarda uçucu yağın antifungal etkisi **fungisidal** (öldürücü), misel gelişiminin tekrar başladığı konsantrasyonlarda ise uçucu yağın antifungal etkisi **fungistatik** (geçici) olarak değerlendirilmiştir.

İkinci yöntemde fungal diskler uçucu yağ içermeyen PDA besi yerine konulduktan sonra ön gelişimi için 25°C’ de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra yaklaşık 30 mm çapına gelince petri kapaklarına MIC dozları kapağa eklenmiş ve 25°C’ de tekrar 3-4 gün inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme göstermeyen misel diskleri test edilen konsantrasyonlarda uçucu yağın antifungal etkisi **fungisidal**, misel gelişiminin tekrar başladığı konsantrasyonlarda ise uçucu yağın antifungal etkisi **fungistatik** olarak değerlendirilmiştir.

3.2.7. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum f. Sp. melonis* (Fom)’in Misel Yapılarında Neden Olduğu Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi

Uçucu yağların hastalık etmeninin her iki farklı izolatlarının misel gelişimini tamamen engelleyen MIC dozlarının buhar fazında hifler üzerinde meydana getirdiği morfolojik değişiklikler, Nomarski DIC ataçmanlı ışık mikroskobu (OLYMPUS BX – 51) ile incelenmiştir (Soylu ve ark., 2010).

Sağlıklı fungus izolatları uçucu yağlar eklenmeden PDA besi yeri üzerine aktarılmış ve 48 saat süre ile ön gelişmeye bırakılmıştır. Fungus kültürü yaklaşık 2-3 cm geliştiğinde uçucu yağların misel gelişimini tamamen engelleyen fungisidal dozları kapaklara eklenmiş, parafilmelenmiş ve 25 °C’de 48 saat tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Uçucu yağların etkinliği, petrilere eklendikten 48 saat sonra doğrudan besi ortamı üzerinde gelişen miseller üzerinde gözlemlenmiştir. Uçucu yağların misellerin morfolojik yapılarında olası etkilerini görselleştirmek için, uç kısımlardaki PDA kesitlerinden alınan misellerin %50 glycerol içinde yarı süreli preparatları hazırlanmıştır. Uygulama yapılmış petrilere misellerdeki morfolojik değişiklikler Nomarski ataçmanlı ışık mikroskobu altında incelenerek görüntülenmiştir.

3.2.8. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum f. Sp. melonis* (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri

Çalışmada kullanılan bitki uçucu yağlarının farklı konsantrasyonlarda fungal etmenin konidilerinin çimlenmesini engellemeleri üzerine olan antifungal etkinlikleri buhar fazında araştırılmıştır (Soylu ve ark., 2010). Fungal izolatların 7 günlük misel-konidi içeren kültürleri üzerine steril distile su ilave edildikten sonra konidi süspansiyonu elde edilmiştir. Elde edilen konidi süspansiyonun konsantrasyonu 10^4 spor/ml olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan konidi süspansiyonu daha sonra %2 lik Su Agar (Water Agar, WA) besi yeri içeren cam petrilerin 3 farklı noktasına 100 µl olarak konulduktan sonra agar yüzeyine steril cam baget yardımıyla yayılmıştır. Uçucu yağların farklı konsantrasyonları (0.25-20.0 µl/petri) steril dimethylsulfoxide (DMSO) içerisinde çözdürdükten sonra mikropipet yardımıyla petri kapaklarına damlatılmıştır. Uygulama sonrası uçucu yağların petrilere buharlaşarak kaybolmasını engellemek amacıyla kapakların kenarları 2 kat parafilm ile çevrilmiş, üst kapak altta kalacak şekilde ters çevrilerek 25°C'de karanlıkta inkübatörler (VELP, Spain) içerisinde 10 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol olarak aynı şekilde inoküle edilmiş petrilerin kapaklarına uçucu yağ yerine aynı miktarda steril dimethylsulfoxide (DMSO) damlatılarak benzer işlemler uygulanmıştır. Konidilerin çimlenme durumları ışık mikroskobu (Olympus BX51, Japan) altında belirlenmiştir. Besi yeri üzerindeki konidilerden gelişen çim tüpünün uzunluğu, konidi çapının 1.5 katı olduğunda konidiler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlenme oranını belirlemek için, her uçucu yağ konsantrasyonunda 3 farklı bölgede 100'er konidinin çimlenme durumu kayıt edilmiştir.

Uçucu yağların konidi çimlenmesi üzerine olan antifungal etkinliğinin fungisidal veya fungistatik özelliğini belirlemek için, üzerinde herhangi bir çimlenmenin gözlenmediği petrilere konidiler, uçucu yağ içermeyen taze %2'lik Su Agar (WA) ortamına aktarılmış ve daha sonra 25°C'de en az 48 saat boyunca tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Transfer edilen konidiler WA ortamında çimlenmediğinde, uçucu yağın bu konsantrasyondaki antifungal etkisi fungisidal, konidilerin yeniden çimlendiği konsantrasyonlardaki antifungal etkisi ise fungistatik olarak kabul edilmiştir (Atay ve Soylu 2022). Denemeler 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

3.2.9. Odun Sirkesinin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)’in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin *in vitro* Koşullarda Belirlenmesi

Odun sirkesinin (OS) fungal etmeni *Fom*’in iki farklı izolatının misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinliği değme (kontakt) fazında, steril petri kaplarında (90 mm çapında) genel fungus besiyeri PDA ortamı üzerinde araştırılmıştır (Kara ve ark., 2024). Öncelikle OS’nin steril saf su ile seyreltilen farklı konsantrasyonları (%0.5, %1, %1.5, %2.0, %2.5 ve %3), otoklavda 121°C’de 15 dak. steril edilmiştir. Steril edilen OS’nin farklı dozları 45-50°C’ye kadar soğutulan PDA besi ortamlarına ilave edilmiştir. PDA besi ortamında 7 gün süreyle gelişen fungus kültürünün uç kısımlarından mantar delici yardımıyla diskler alınarak, OS eklenmiş 90 mm çapındaki PDA içeren petrilerin orta kısmına aktarılmıştır. Petriler, 25°C’de 5-7 gün süre ile inkübe edilmiştir. Kontrol olarak ise OS içermeyen sadece PDA besi ortamı bulunan petrilere fungus aktarımı yapılmıştır.

İnkübasyon süresi sonunda kontrol petrilerinde patojenin petriyi kaplamasıyla birlikte OS’nin farklı konsantrasyonlarının bulunduğu tüm petrilere fungal etmenlerin misel gelişim çapları (MGu) ölçülerek kontrol petrilerdeki misel (MGk) gelişim çaplarına (mm) kıyaslanmak suretiyle engelleme oranları % abbot formülüne göre (Formül 3.3) hesaplanmıştır (Soylu ve ark. 2021).

$$\text{Misel Gelişimini Engellenme (MGE)Oranı (\%)} = \left(\frac{MGk - MGu}{MGk} \right) * 100 \quad (3.3)$$

Denemelerde her petri 1 tekerrür ve her OS’nin farklı konsantrasyonları 3 tekerrür olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulmuş, her deneme 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

Odun sirkesinin misel gelişimi üzerine olan antifungal etkinliğinin fungisidal veya fungistatik özelliğini belirlemek için, herhangi misel gelişiminin gözlenmediği petrilerdeki diskler, odun sirkesi içermeyen taze PDA besi ortamına aktarılmış ve daha sonra 25°C’de en az 48 saat süresince tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Transfer edilen misel disklerinden PDA ortamında gelişimin görünmemesi durumunda, odun sirkesinin bu konsantrasyondaki antifungal etkisi “fungisidal”, misel disklerinden yeniden gelişimin

görüldüğü konsantrasyonlardaki antifungal etkisi “fungistatik” olarak kabul edilmiştir (Atay ve Soylu 2022). Denemeler 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

3.2.10. Odun Sirkesinin *Fusarium oxysporum f. Sp. melonis* (Fom)’in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri

Çalışmada kullanılan odun sirkesinin farklı konsantrasyonlarda fungal etmenin konidilerinin çimlenmesini engellemeleri üzerine olan antifungal etkinlikleri değme fazında araştırılmıştır (Kara ve ark., 2024). Farklı dozlarda (%0.125, %0.250, %0.5, %0.75, %1.0, %1.5, %2.0) hazırlanan steril odun sirkesi süspansiyonu steril edilmiş ılık %2 lik Su Agarı (Water Agar, WA) besi yerlerine eklendikten sonra petriler ince bir tabaka halinde (10 ml/petri) dökülmüş ve katılaşmaya bırakılmıştır.

Bölüm 3.2.7’de belirtildiği şekilde hazırlanan konidi süspansiyonu farklı dozlarda odun sirkesi içeren %2 lik Su Agar (Water Agar, WA) besi yerlerinin 3 farklı noktasına 100 µl olarak konulduktan sonra agar yüzeyine steril cam baget yardımıyla yayılmıştır. Uygulama sonrası petriler 25°C’de karanlıkta inkübatörler (VELP, Spain) içerisinde 10 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol olarak odun sirkesi içermeyen %2’ lik Su Agar besi yerine yayılan konidiler değerlendirilmiştir. Konidilerin çimlenme durumları ışık mikroskobu (Olympus BX51, Japan) altında belirlenmiştir. Besi yeri üzerindeki konidilerden gelişen çim tüpünün uzunluğu, konidi çapının 1.5 katı olduğunda konidiler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlenme oranını belirlemek için, her odun sirkesi konsantrasyonunda 3 farklı bölgede 100’er konidinin çimlenme durumları kayıt edilmiştir.

Odun sirkesinin konidi çimlenmesi üzerine olan antifungal etkinliğinin fungisidal veya fungistatik özelliğini belirlemek için, üzerinde herhangi bir çimlenmenin gözlenmediği petrilerdeki konidiler, odun sirkesi içermeyen taze %2’lik Su Agarı (WA) ortamına aktarılmış ve daha sonra 25°C’de en az 48 saat süresince tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Transfer edilen konidiler WA ortamında çimlenmediğinde, odun sirkesinin bu konsantrasyondaki antifungal etkisi fungisidal (tamamen inhibitör, öldürücü) iken, konidilerin yeniden çimlendiği konsantrasyonlardaki antifungal etkisi fungistatik olarak kabul edilmiştir (Atay ve Soylu 2022). Denemeler 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

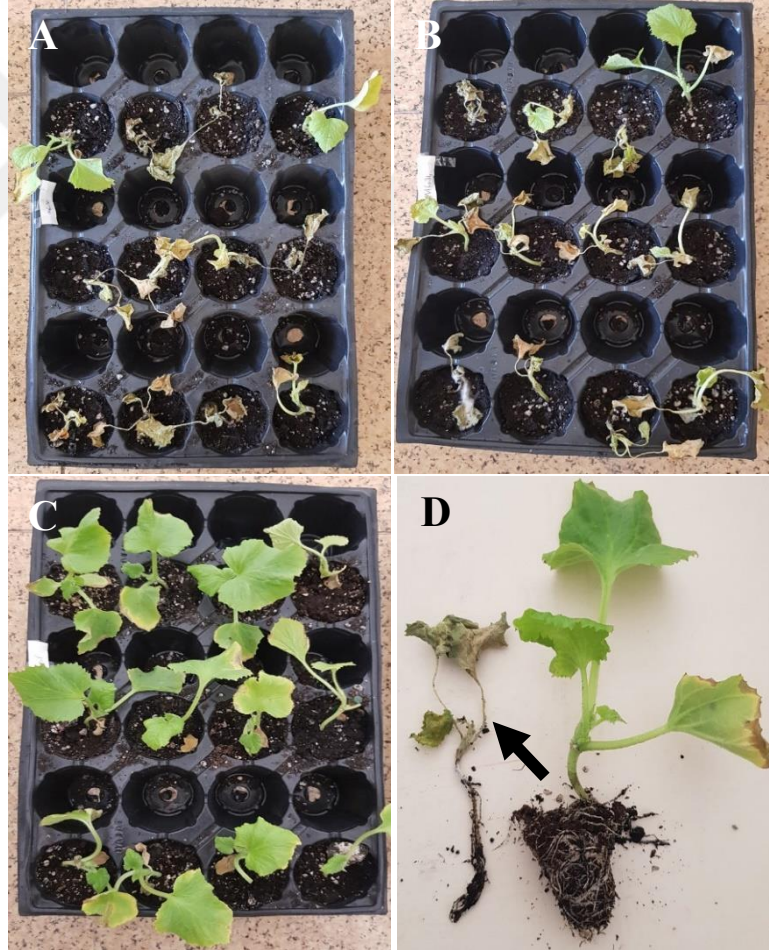
3.3. Deneme Deseni ve İstatistik Analizler

Fungal hastalık etmeninin misel gelişimi ve spor çimlenmesi üzerine yapılan *in vitro* etkinlik çalışmaları tesadüf parselleri deneme desenine göre kurgulanmıştır. Çalışmada bitki uçucu yağ ve odun sirkesinin misel gelişimini engellenme değerleri SPSS istatistik programı (SPSS Statistics 17.0) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile varyans analizine tabi tutulmuş, uçucu yağ ve odun sirkesinin farklı dozları tarafından gösterilen antifungal etkinlikler arasındaki farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Uçucu yağ ve odun sirkesinin misel gelişimini ve konidi çimlenmesini %50 düzeyinde engelleyen etkili konsantrasyonları (EC_{50}) her bir kimyasal için farklı konsantrasyonlarda elde edilen değerleri kullanılarak SPSS istatistik programı (Versiyon 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yardımı ile Probit analizi yapılarak belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Fungal İzolatların Patojenisite Testi

BATEM'den temin edilen fungal izolatların çalışmalarda kullanılmak üzere seçimi, patojenisite testleri ile belirlenmiştir. Yapılan patojenisite çalışmalarında 7 farklı *Fom* izolatı (MFO30, MFO33, MFO34, FOM1, FOM0, FOM2, FOM1-2) kullanılmıştır. İnokulasyondan 3-4 hafta sonra yapılan gözlemlerde en yüksek hastalık belirtileri 3.8 hastalık skala değeri ile MFO34 ve 3.6 hastalık skala değeri ile FOM1 izolatları ile inokule edilen fidelerde kayıt edilmiştir (Şekil 4.1). Bitki uçucu yağları ve odun sirkesinin antifungal etkinliği çalışmalarında bu iki virulent izolatlar ile çalışılmaya karar verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışmalarda kullanılmak üzere seçimi yapılan izolatların patojenisite testleri ile belirlenmesi. Yapılan patojenisite testlerinde (A) MFO34 ve (B) FOM1 izolatları yüksek düzeyde virülenslik gösterirken, (C) FOM2 izolatı nispeten düşük virülenslik göstermiştir. (D) Kontrol ve hastalıkla enfekteli (ok) kavun fideleri

4.2. Bitki Uçucu Yağlarının ve Odun Sirkesinin Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi

Fom'in farklı izolatlarına karşı antifungal etkinliği belirlenen bitki uçucu yağları ile odun sirkesinin kimyasal bileşenleri, Gaz Kromatografi/kütle spektrometresi (GC-MS) ile belirlenmiştir (Çizelge 4.1). GC-MS analizine göre, test edilen bitki uçucu yağlarından *O. onites* uçucu yağında 37, *T. spicata* uçucu yağında 34, *T. vulgaris* uçucu yağında 27, *F. vulgare* uçucu yağında 44 ve *L. citriodora* uçucu yağında ise toplam 35 ana bileşen belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Carvacrol (%75.9), *p*-cymene (%7.6) ve γ -terpinene (%4.1) *O. onites* uçucu yağında; carvacrol (%61.3), γ -terpinene (%28.5) ve *o*-cymene (%5.2) *T. spicata* uçucu yağında; carvacrol (%68.3), γ -terpinene (%11.9) ve *trans*-caryophyllene (%4.2) *T. vulgaris* uçucu yağında; *trans*-anethole (%67.2), estragole (%10.3) ve limonene (%9.1) *F. vulgare* uçucu yağında; limonene (%24.6), *e*-citral (%23.1) ve *z*-citral (%18.6) *L. citriodora* uçucu yağında en yüksek oranlarda tespit edilen ilk 3 kimyasal bileşikler olarak tanımlanmışlardır (Çizelge 4.1).

Kaysı çekirdeğinden yapılmış olan odun sirkesinin kimyasal yapısında toplam 39 farklı bileşen tanımlanmıştır (Çizelge 4.1). *O*-guaiakol (%19.0), kreozol (%11.1) ve siringol (%8.7) odun sirkesinde en yüksek oranlarda tespit edilen ilk 3 kimyasal bileşikler olarak tanımlanmışlardır (Kara ve ark., 2024).

Çizelge 4.1. Farklı bitki uçucu yağları ve kaysı çekirdeğinden elde edilen odun sirkesinin kimyasal içeriğinin GC-MS ile belirlenmesi

Uçucu Yağlar	Tanımlanan Bileşik Sayısı ^a	GC-MS analizi ile belirlenen ana bileşikler ^b
<i>O. onites</i>	37	carvacrol (%75.9), <i>p</i> -cymene (%7.6), γ -terpinene (%4.1)
<i>T. spicata</i>	34	carvacrol (%61.3), γ -terpinene (%28.5), <i>o</i> -cymene (%5.2)
<i>T. vulgaris</i>	27	carvacrol (%68.3), γ -terpinene (%11.9), <i>trans</i> -caryophyllene (%4.2)
<i>F. vulgare</i>	44	<i>trans</i> -anethole (%67.2), estragole (%10.3), limonene (%9.1)
<i>L. citriodora</i>	35	limonene (%24.6), <i>e</i> -citral (%23.1), <i>z</i> -citral (%18.6)
Odun Sirkesi	39	<i>O</i> -guaiacol (%19.0), cresol (%11.1), siringol (%8.7)

^a GC-MS analizi sonucunda belirlenen toplam bileşen sayısı

^b GC-MS analizi sonucunda en yüksek % oranlarında belirlenen ilk 3 ana bileşenler.

Bitki uçucu yağları ve odun sirkesinin kimyasal bileşenleri daha önceden yapılmış bir çok çalışmada GC-MS analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Carvacrol, p-cymene, γ -terpinene ve *trans*-caryophyllene gibi fenolik özellikteki kimyasalların özellikle *Origanum* (Canli ve ark., 2023; Stefanakisve ark., 2024), *Thymbra* (Eliuz ve ark., 2023; Yuca ve ark., 2023) ve *Thymus* (Kulbat-Warycha ve ark., 2024; Ridaoui ve ark., 2024) gibi farklı kekik türlerinin ana bileşenleri olduğu gerek ülkemizde gerekse bu bitki türlerinin yetiştiği diğer ülkelerde yapılan araştırmalarda da bildirilmiştir. Benzer durum rezene (Abd El-Kareem ve ark., 2024; Akbari ve ark., 2024) ve limon otu (Kaskoos, 2019; Majewska ve ark., 2023; Recio-Cázares ve ark., 2024) uçucu yağlarında tespit edilen *trans*-anethole, estragole, limonene ve citral gibi ana bileşenler içinde bildirilmiştir.

Guaiacol, cresol ve syringoller gibi fenolik bileşenlerin odun sirkesine duman kokusunu veren bileşikler olduğu rapor edilmiştir (Mathew ve Zakaria 2015; Grewal ve ark. 2018). Çalışmamızda kullanılan odun sirkesinin kimyasal bileşenleri yakın zamanda yapılan çalışmada bildirilmiştir (Kara ve ark., 2024). Kaysı çekirdeğinden elde edilen odun sirkesinin ana bileşenlerini belirleyen GC-MS sonuçları önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırdığımızda, bileşenlerin oranları az farklılık gösterebilir genelde benzerlik göstermiştir. Yang ve ark. (2016), *Litchi chinensis*'ten elde edilen odun sirkesinin ana bileşenlerinin syringol, guaiacol ve 3,5-dimetoksi-4-hidroksitoluen olduğunu bildirmiştir.

4.3. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Antifungal Etkilerinin *in vitro* Koşullarda Belirlenmesi

Farklı bitki uçucu yağlarının buhar fazında *Fom*'in MFO34 izolatının misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlik sonuçları Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.2 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Test edilen tüm uçucu yağlarda antifungal etkinliğin kullanılan dozlara bağlı olarak artış gösterdiği gözlenmiştir. Uçucu yağların test edilen fungal etmenin MFO34 izolatına karşı elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerine bakıldığında en etkili uçucu yağlar 4.0 μ l/petri dozla *O. onites* ve *T. spicata* olduğu, bu yağları sırasıyla 6.0 μ l/petri dozla *T. vulgaris*, 15.0 μ l/petri dozla *F. vulgare* ve *L. citridora* bitkilerin yapraklarından elde edilen uçucu yağlarının izlediği belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda aynı uçucu yağa ait farklı

konsantrasyonların yanı sıra aynı dozda kullanılan farklı uçucu yağlar arasında kayıt edilen antifungal etkinliklerin istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* MFO34 izolatının misel gelişimi (mm)^a üzerine antifungal etkisi

Dozlar (µl/petri)	<i>O. onites</i>	<i>T. spicata</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>L. citridora</i>	<i>F. vulgare</i>
0.00	86.67 ^{eA}	90.00 ^{fA}	90.00 ^{gA}	90.00 ^{iA}	89.33 ^{hA}
0.50	64.67 ^{dA}	65.00 ^{eA}	63.33 ^{fA}	71.67 ^{iB}	82.00 ^{gC}
0.75	53.33 ^{cB}	49.00 ^{dA}	56.00 ^{eC}	63.67 ^{hD}	76.33 ^{fE}
1.00	41.33 ^{bC}	34.00 ^{cA}	37.67 ^{dB}	56.33 ^{gD}	71.00 ^{eE}
2.00	17.90 ^{aB}	13.00 ^{bA}	21.67 ^{cC}	49.33 ^{fD}	66.67 ^{deE}
4.00	0.00 ^{aA}	0.00 ^{aA}	13.00 ^{dB}	31.00 ^{eC}	64.67 ^{dD}
6.00	0.00 ^{aA}	0.00 ^{aA}	0.00 ^{aA}	26.00 ^{dB}	50.67 ^{cC}
8.00	nt	nt	0.00 ^{aA}	22.33 ^{cC}	16.67 ^{bB}
10.00	nt	nt	nt	15.67 ^b	12.67 ^b
15.00	nt	nt	nt	0.00 ^a	0.00 ^a
20.00	nt	nt	nt	0.00 ^a	0.00 ^a
EC ₅₀	0.921	0.803	0.925	1.981	3.795

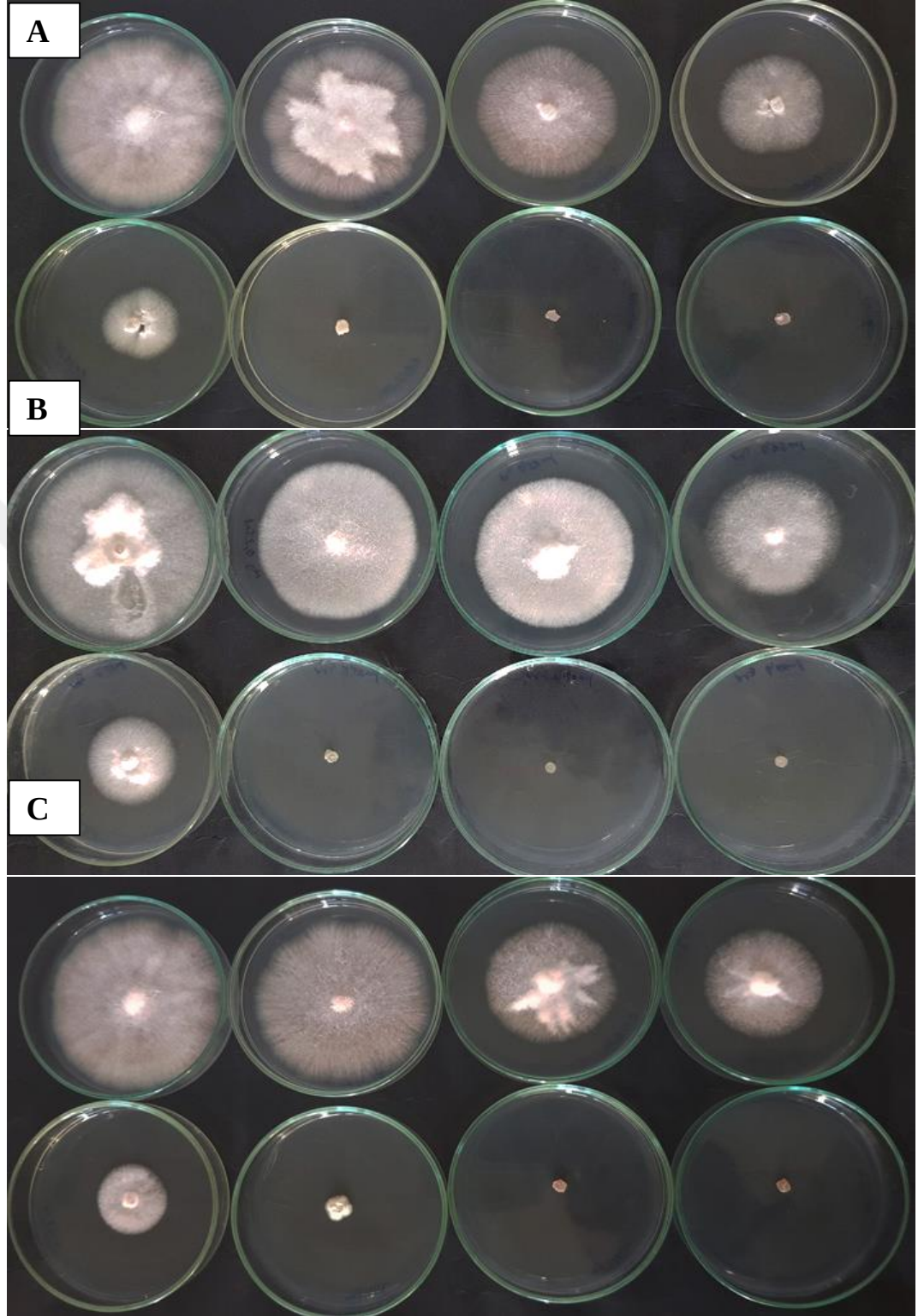
^a Sütun içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler ile satır içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı büyük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05). **nt**: bu dozda test edilmemiştir.

Çizelge 4.3. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* MFO34 izolatının misel gelişiminin engellenmesi (%) üzerine antifungal etkisi

Dozlar (µl/petri)	<i>O. onites</i>	<i>T. spicata</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>L. citridora</i>	<i>F. vulgare</i>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	25.38	27.78	29.63	20.37	8.21
0.75	38.47	45.56	37.78	29.26	14.55
1.00	52.31	62.22	58.14	37.41	20.52
2.00	79.35	85.56	75.92	45.19	25.37
4.00	100.00	100.00	85.56	65.56	27.61
6.00	100.00	100.00	100.00	71.11	43.28
8.00	nt	nt	100.00	75.19	81.34
10.00	nt	nt	nt	82.59	85.82
15.00	nt	nt	nt	100.00	100.00
20.00	nt	nt	nt	100.00	100.00

nt: bu dozda test edilmemiştir.

Söz konusu uçucu yağların kullanıldıkları dozlardaki misel gelişimini engelleme oranları kullanılarak yapılan Probit analiz sonucunda uçucu yağların fungus misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri MFO34 izolatı açısından değerlendirildiğinde; en düşük EC₅₀ değeri *T. spicata* için 0.803 µl/petri dozu olarak tahmin edilmiş olup, bunu 0.921 µl/petri dozla *O. onites*, 0.925 µl/petri dozla *T. Vulgaris* ve 1.981 µl/petri dozla *L. citridora* izlemiştir. En yüksek EC₅₀ değeri ise 3.795 µl/petri dozunda *F. vulgare* için tahmin edilmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.2. Farklı uçucu yağlarının buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in MFO34 izolatının misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkileri. (A) *O. onites*, (B) *T. spicata* ve (C) *T. vulgaris* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilere MFO34 izolatının misel gelişimini engellenmesi üzerine antifungal etkinlikleri

Fom'in MFO34 izolatının yanısıra bir diğer önemli izolatu olan FOM1 izolatına karşı gösterdiği antifungal etkinlik sonuçları Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Diğer izolatta olduğu gibi uçucu yağların antifungal etkinlik değerleri kullanılan uçucu yağ dozlarına bağlı olarak artış göstermiştir. Uçucu yağların test edilen fungal etmenin FOM1 izolatına karşı elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerine bakıldığında en etkili uçucu yağın, 4.0 µl/petri dozla *O. onites* ve *T. spicata* olduğu, bu yağı sırasıyla 6.0 µl/petri dozla *T. vulgaris*, 15.0 µl/petri dozla *F. vulgare* ve *L. citridora* bitkilerinin yapraklarından elde edilen uçucu yağlarının izlediği belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda aynı uçucu yağa ait farklı konsantrasyonların yanı sıra aynı dozda kullanılan farklı uçucu yağlar arasında kayıt edilen antifungal etkinliklerin istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* FOM1 izolatının misel gelişimi (mm)^a üzerine antifungal etkisi

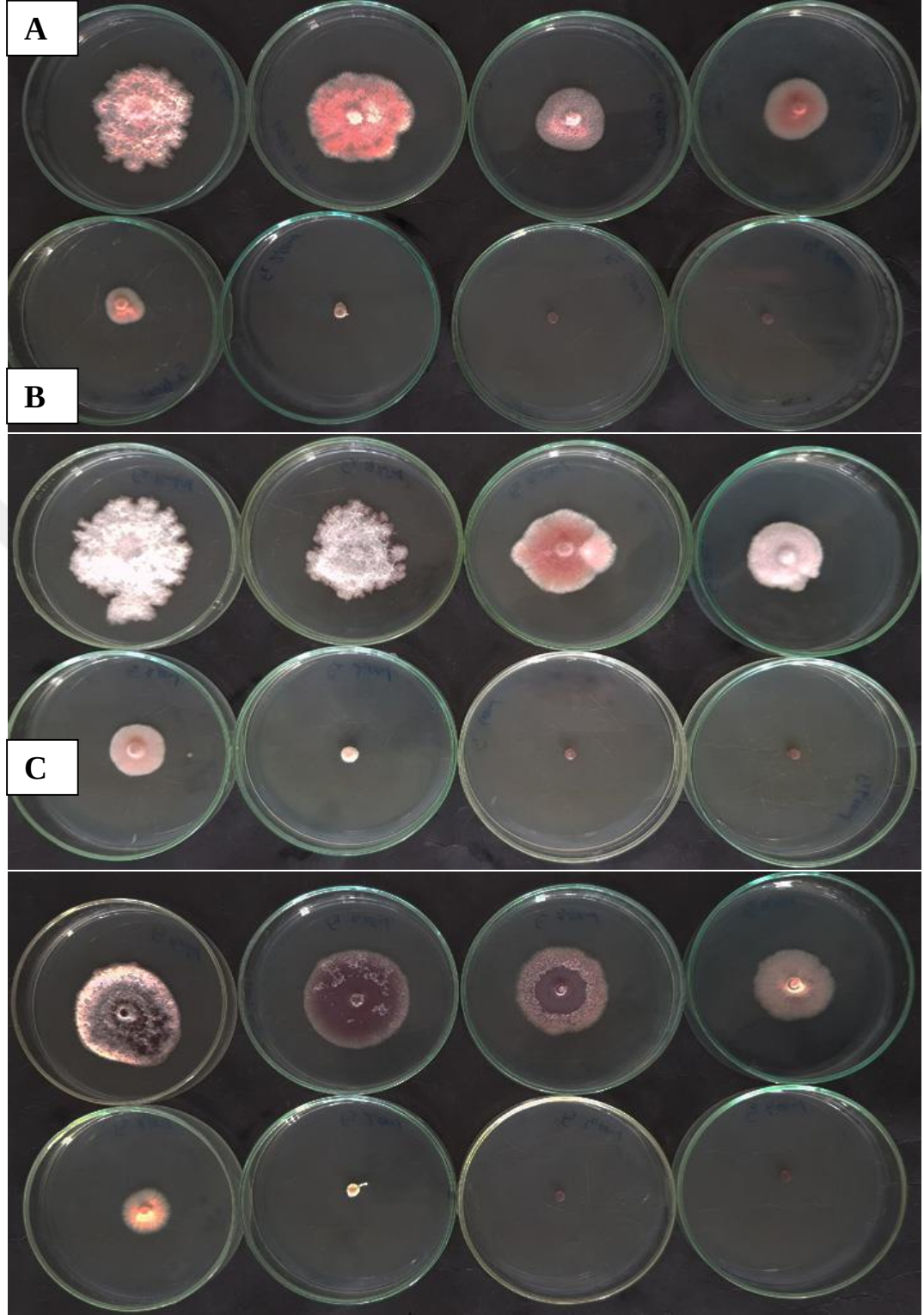
Dozlar (µl/petri)	<i>O. onites</i>	<i>T. spicata</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>F. vulgare</i>	<i>L. citridora</i>
0.00	53.33 ^{fA}	48.00 ^{fA}	63.33 ^{gA}	53.00 ^{ghA}	55.33 ^{hA}
0.50	32.33 ^{eA}	29.33 ^{eA}	36.67 ^{fB}	50.33 ^{gC}	51.33 ^{gC}
0.75	23.67 ^{dA}	26.00 ^{dAB}	27.00 ^{eB}	48.67 ^{gC}	50.00 ^{gCD}
1.00	16.67 ^{cA}	19.67 ^{cAB}	22.33 ^{dC}	47.67 ^{gD}	49.33 ^{gD}
2.00	7.33 ^{bA}	6.67 ^{bA}	19.00 ^{cB}	43.33 ^{fC}	43.00 ^{fC}
4.00	0.00^{aA}	0.00^{aA}	7.67 ^{bB}	37.00 ^{eC}	37.33 ^{eC}
6.00	0.00 ^{aA}	0.00 ^{aA}	0.00^{aA}	33.33 ^{dB}	31.33 ^{dB}
8.00	nt	nt	0.00 ^{aA}	17.00 ^{cB}	25.00 ^{cC}
10.00	nt	nt	nt	12.67 ^b	21.00 ^b
15.00	nt	nt	nt	0.00^a	0.00^a
20.00	nt	nt	nt	0.00 ^a	0.00 ^a
EC₅₀	0.657	0.756	0.658	4.953	5.358

^a Sütun içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler ile satır içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı büyük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05).

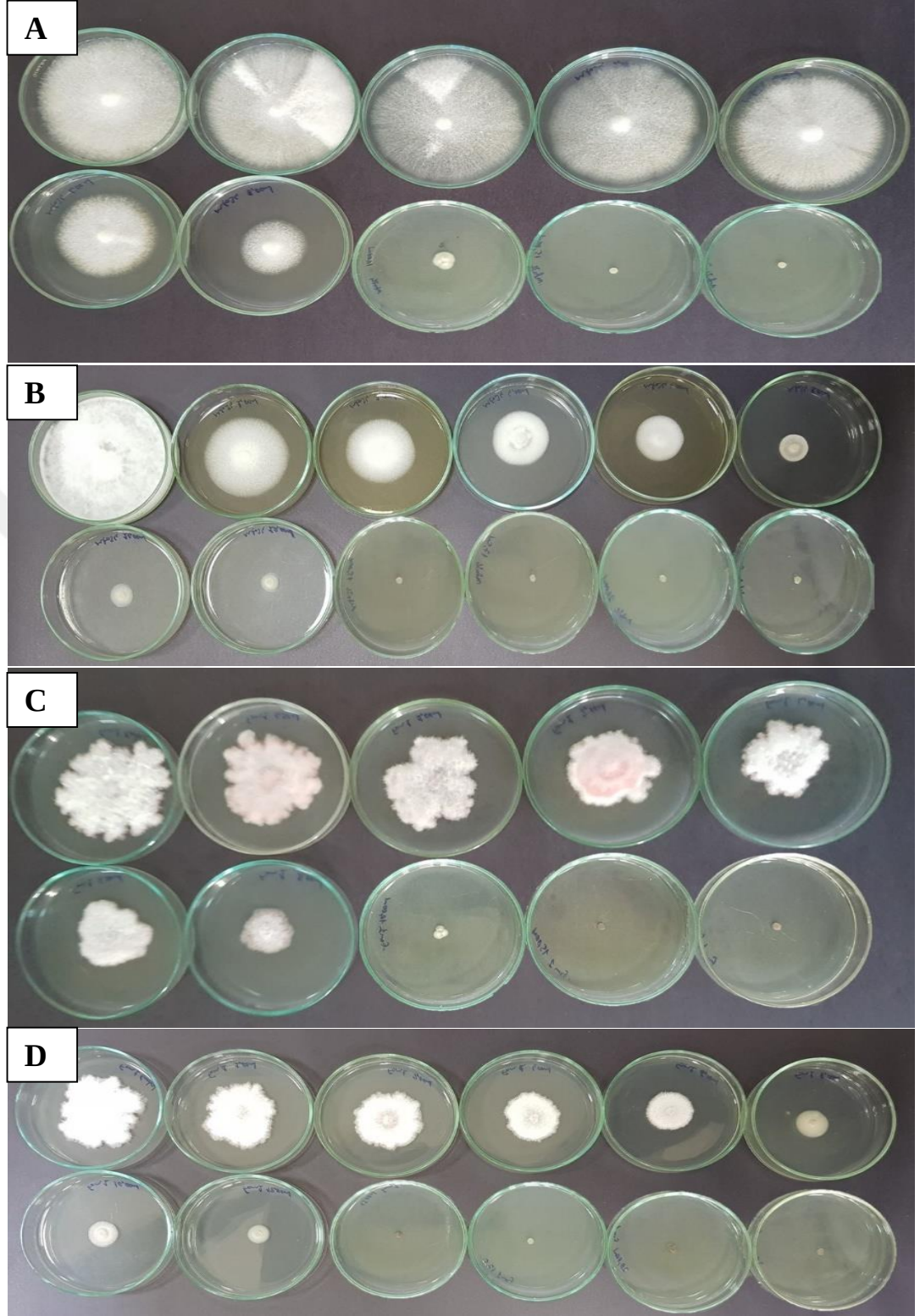
Söz konusu uçucu yağların kullanıldıkları dozlardaki misel gelişimini engelleme oranları kullanılarak yapılan Probit analiz sonucunda uçucu yağların fungus misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri FOM1 izolatu açısından değerlendirildiğinde; en düşük EC₅₀ değeri *O. onites* için 0.657 µl/petri dozu olarak tahmin edilmiş olup, bunu 0.657 µl/petri dozla *T. vulgaris*, 0.756 µl/petri dozla *T. spicata* ve 4.953 µl/petri dozla *F. vulgare* izlemiştir. En yüksek EC₅₀ değeri ise 5.358 µl/petri dozunda MFO34 izolatında elde edilen sonucun aksine *L. citridora* uçucu yağı için tahmin edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. Bitki uçucu yağlarının kullanıldıkları farklı dozlarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* FOM1 izolatının misel gelişiminin engellenmesi (%) üzerine antifungal etkisi

Dozlar (µl/petri)	<i>O. onites</i>	<i>T. spicata</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>F. vulgare</i>	<i>L. citridora</i>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	39.38	38.90	42.10	5.04	7.23
0.75	55.62	45.83	57.37	8.17	9.63
1.00	68.74	59.02	64.74	10.06	10.84
2.00	86.26	86.10	70.00	18.25	22.28
4.00	100.00	100.00	87.89	30.19	32.53
6.00	100.00	100.00	100.00	37.11	43.38
8.00	nt	nt	100.00	67.92	54.82
10.00	nt	nt	nt	76.09	62.05
15.00	nt	nt	nt	100.00	100.00
20.00	nt	nt	nt	100.00	100.00



Şekil 4.3. Farklı uçucu yağlarının buhar fazında *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'in FOM1 izolatının misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkileri. (A) *O. onites*, (B) *T. spicata* ve (C) *T. vulgaris* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilere FOM1 izolatının misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinlikleri

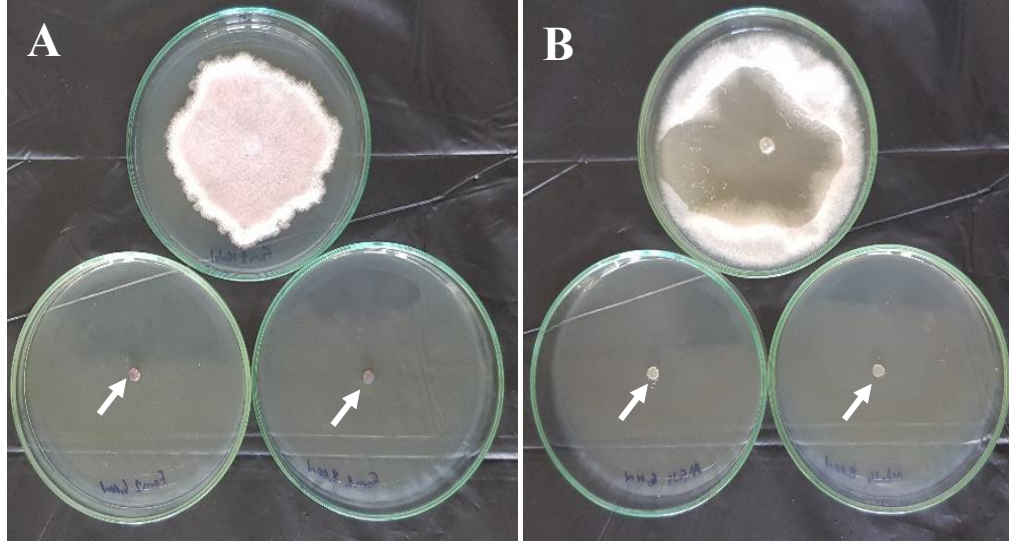


Şekil 4.4. *F. vulgare* ve *L. citridora* uçucu yağların buhar fazında *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'in MFO34 (A ve B) ve FOM 1 (C ve D) izolatlarının misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antifungal etkinlikleri

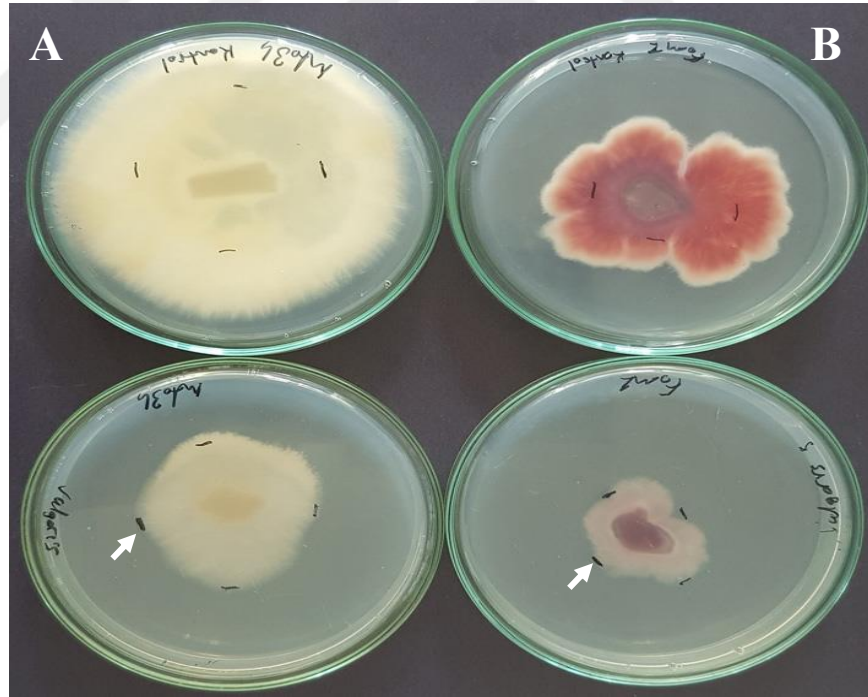
4.4. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)'in Misel Gelişiminin Engellenmesi Üzerine Olan Fungisidal ve Fungistatik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmalarda kullanılan uçucu yağların fungal etmenin FOM1 ve MFO34 izolatlarının misel gelişimlerini tamamen engelleyen MIC değerlerinin fungisidal/fungistatik özelliği, fungus misellerinin hiç gelişme göstermediği konsantrasyonların (MIC) bulunduğu petrilerin üst kapakları yeni kapaklar ile değiştirilmesiyle belirlenmiştir. MIC değerlerinin kayıtlı edildiği petrilerin kapakları değiştirildikten sonra petrilerdeki misel diskleri 3 günlüğüne inkübasyona bırakılmış ve misel gelişimi tekrar kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar uçucu yağların tamamı fungal izolatların misel gelişimini engelledikleri minimum konsantrasyon değerlerindeki antifungal etkinliğinin “fungisidal” özellikte olduğunu göstermiştir (Şekil 4.5).

MIC değerlerinin fungisidal etkinliği ayrıca ön gelişmeye bırakılan fungal miseller üzerinde de test edilmiştir. Fungal izolatlar 3 gün ön inkübasyona bırakıldıktan sonra MIC konsantrasyonları petri kapaklarına damlatılmış, petriler tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Test edilen uçucu yağların MIC dozlarının eklendiği petrilerde fungal etmenlerin misel gelişiminin dozların eklenmesinden sonra ilerlemediği, dolayısıyla antifungal etkinliğinin fungisidal özellikte olduğu bu çalışma ile bir kez daha teyit edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Çalışmada kullanılan uçucu yağların buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in FOM1 ve MFO34 izolatlarının misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) FOM1 izolatına karşı *F. vulgare*'nin 15.0-20.0 µl/petri, (B) MFO34 izolatına karşı *L. citridora*'nın 15.0-20.0 µl/petri dozlarındaki fungisidal etkinliğini (ok) göstermektedir

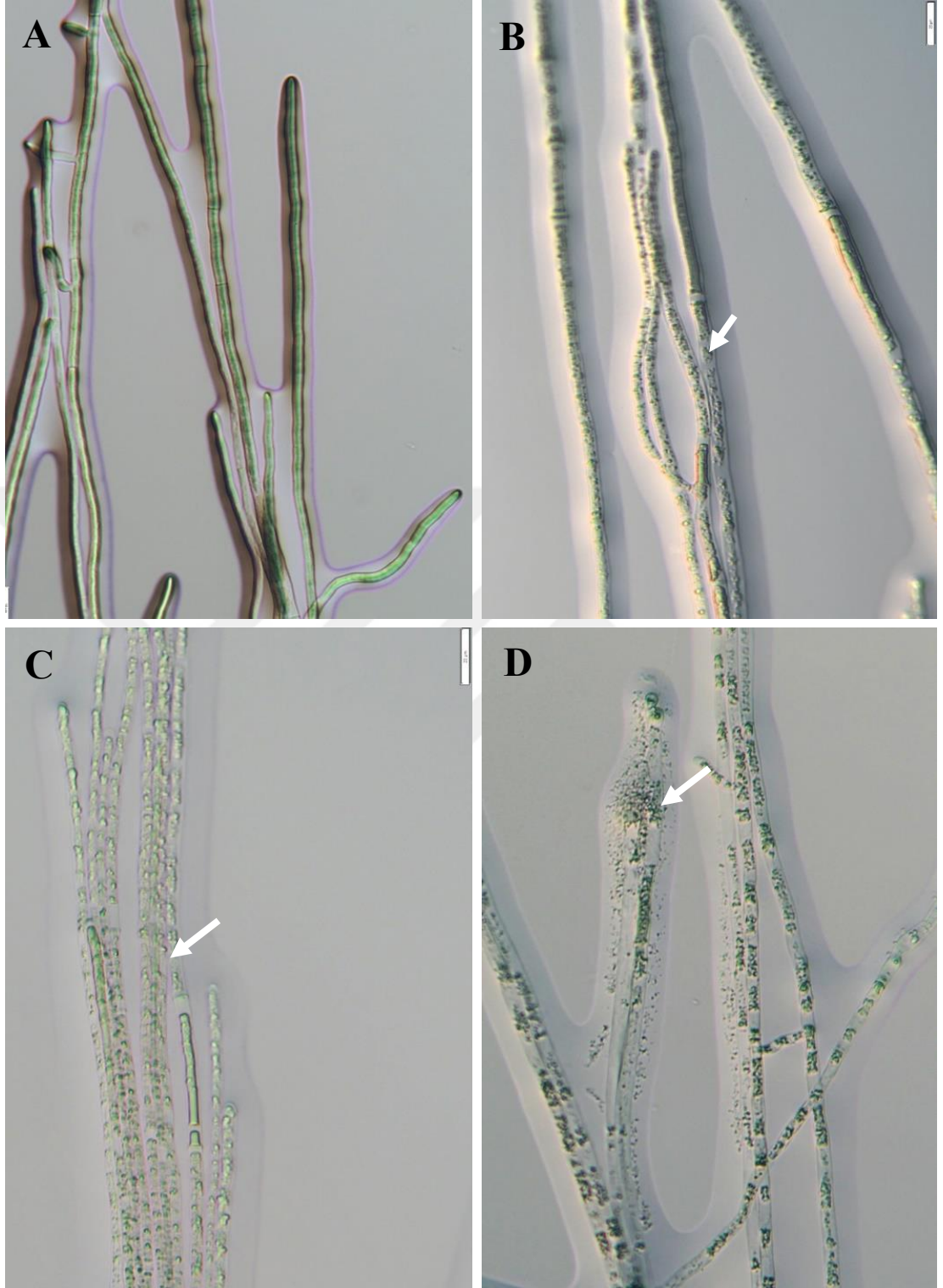


Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan uçucu yağın buhar fazında *Fusarium oxysporum f.sp. melonis*'in FOM1 ve MFO34 izolatlarının misel gelişimini tamamen durduran 6.0 µl/petri dozunda fungisidal etkinliği. Kontrol petrilerindeki (üstte) gelişimlerin aksine *T. vulgaris*'nin 6.0 µl/petri dozunun eklendiği (altta) petrilerde FOM1 (A) ve MFO34 izolatlarının (B) misel gelişimi (ok) gözlenmemiştir

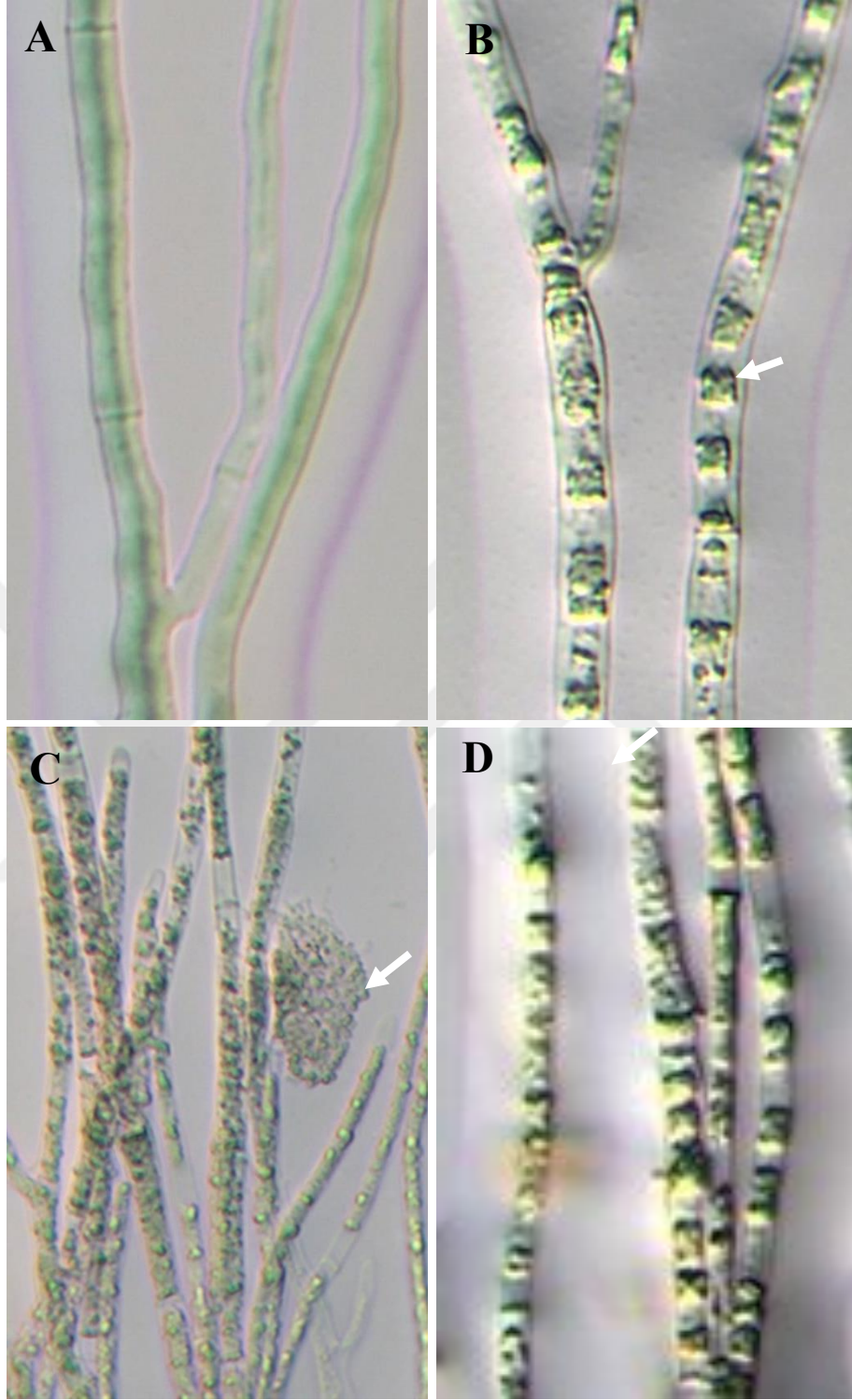
4.5. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) Hifleri Üzerinde Neden Olduğu Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi

Çalışmada yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösteren karabaş kekiği (*T. spicata*), yabani kekik (*T. vulgaris*) ve rezene (*F. vulgare*) uçucu yağlarının buhar fazında misel gelişimini tamamen engelledikleri fungisidal MIC dozlarının (4.0, 6.0 ve 15.0 µl/petri) her iki izolatın hifleri üzerinde neden oldukları morfolojik değişiklikler ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Yapılan mikroskop gözlemlerinde 3 farklı uçucu yağın buhar fazlarındaki MIC dozlarının izolatların hifleri üzerinde kontrol petrileredeki sağlıklı hif gelişimleriyle kıyaslandıklarında oldukça şiddetli morfolojik bozulmalara sebep olduğu tespit edilmiştir. Kontrol petrilereinde oldukça kalın, pürüzsüz hücre duvarına sahip hifler dallanarak boyuna uzamaya devam ederken (Şekil 4.7A, Şekil 4.8A), petrilere kekik ve rezene uçucu yağlarının fungisidal MIC dozları (6.0 µl/petri) eklenmesinden 48 saat sonra yapılan gözlemlerde uçucu yağlar, sağlıklı miseller üzerinde morfolojik deformasyonlara neden olmuştur. Söz konusu deformasyonlar genelde hiflerin sitoplazmalarında vakuolleşme, pıhtılaşma (koagülasyon), hiflerin uç kısımlarında hücre duvarlarının erimesi sonucu sitoplazmik içeriğin dışarıya doğru boşalması şeklinde karakterize edilmiş şiddetli morfolojik anormallikler gözlenmiştir (Şekil 4.7B-D, Şekil 4.8B-D).

Bitki uçucu yağları ve özellikle carvacrol, anethole gibi fenolik yapılı ana bileşenlerin *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinereae*, gibi farklı fungal türler üzerinde morfolojik değişikliklere neden olduğu daha önceden ışık ve taramalı elektron mikroskopları altında yapılmış bir çok çalışmada bildirilmiştir (Soylu ve ark., 2006; Soylu ve ark., 2007; Soylu ve ark., 2010). Perina ve ark. (2015) tarafından yapılan bir diğer çalışmada *T. vulgaris* uçucu yağı ve ana bileşeni thymol'ün *Alternaria alternata* hiflerinin hücre duvarı ve mebranınin geçirgenliğinde yapısal değişikliklere neden olduğu, bu değişiklik sonucunda *A. alternata* hiflerinde ve konidileri üzerinde çalışmalarımızda gözlenen morfolojik anormalliklere benzer şiddetli morfolojik deformasyonlara, hiflerde erimelere ve sitoplazmik bozulmalara neden olduğu bildirilmiştir.



Şekil 4.7. (A) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan MFO34 izolatının sağlıklı hifleri. (B) *T. spicata*, (C) *T. vulgaris* ve (D) *F. vulgare* uçucu yağlarının MIC dozlarında fungal etmenin hiflerinin sitoplazmik yapılarında neden olduğu koagülasyon, hiflerin uç kısımlarında görülen sitoplazmik boşalmalar şeklindeki şiddetli yapısal morfolojik değişiklikler (ok)



Şekil 4.8. (A) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan FOM1 izolatının sağlıklı hifleri. (B) *T. spicata*, (C) *T. vulgaris* ve (D) *F. vulgare* uçucu yağlarının MIC dozlarında fungal etmenin hiflerinin sitoplasmik yapılarında neden olduğu koagülasyon, hiflerin uç kısımlarında görülen sitoplasmik boşalmalar şeklindeki şiddetli yapısal morfolojik değişiklikler (ok)

Benzer morfolojik değişiklikler Rasooli ve ark., (2006) tarafından *Thymus eriocalyx* ve *T. x-porlock* tarafından *Aspergillus niger* hiflerinde, kekik uçucu yağı tarafından *Geotrichum candida* (Liu ve ark., 2009)) etmenlerinin miselleri üzerinde de kayıt edilmiştir. Demirkol (2021) tarafından yapılan çalışmada *F. vulgare* uçucu yağının domates fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum* hifleri üzerinde boğumlaşma, sitoplazmik koagölasyon ve hiflerde sitoplazmik boşalmalar şeklinde gözlenen morfolojik deformasyonlara neden olduğu bildirilmiştir. Güloğlu (2023) tarafından yapılan çalışmada *T. spicata* var. *spicata* (karabaş kekik), *Origanum syriacum* (Suriye kekiği), *F. vulgare* (rezene) ve *L. citriodora* (limon otu) uçucu yağlarının turunęil antraknoz hastalığı etmeni *Colletotrichum karstii*'nin misel gelişimini tamamen engelledikleri fungisidal MIC dozları (4.0, 6.0 ve 10.0 µl/petri) petrilere ilave edildikten 3 gün sonra yapılan incelemelerde, kontrol petrillerdeki sağlıklı fungal hif gelişimleriyle karşılaştırıldığında hiflerin sitoplazmalarında koagölasyon, vakuolleşme ve hücre duvarlarının erimesi sonucu sitoplazmik içeriğin dışarıya akması şeklinde karakterize edilmiş oldukça şiddetli morfolojik değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir.

Bitki uçucu yağları içinde bulunan ana ve sekonder bileşiklerin (özellikle fenolikler) sahip oldukları enzimatik aktiviteleri sonucunda fungal etmenlerin hiflerinin hücre duvarında ve mebranında neden olduğu değişikliklerin misel içerisinde gözlenen morfolojik ve sitoplazmik değişikliklerden sorumlu olduğu daha önceden yapılan mrofo kimyasal çalışmalarda bildirilmiştir (Knobloch ve ark., 1989; Rasooli ve ark., 2006).

4.6. Bitki Uçucu Yağlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri

Farklı uçucu yağların MFO34 ve FOM1 izlotlarının konidi çimlenmesinin engellenmesi üzerindeki antifungal etkinlikleri ışıık mikroskobu altında belirlenmiştir (Şekil 4.9). Kullanılan tüm uçucu yağların artan konsantrasyonlarına bağlı olarak fungal izolatların konidi çimlenmesini giderek artan oranlarda engellenmiştir. *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* MFO34 ve FOM1 izolatlarının konidi çimlenmesini en etkili şekilde engelleyen uçucu yağ uygulaması *O. onites*'in 0.25 µl/petri dozunda gözlenmiştir. Bu uygulamayı sırasıyla 0.75 µl/petri dozunda *T. spicata*, 2.00 µl/petri dozunda *T. vulgaris*, 4.00 µl/petri dozunda *F. vulgare* ve 8.00 µl/petri dozunda *L. citridora* uygulamaları izlemiştir (Çizelge 4.6).

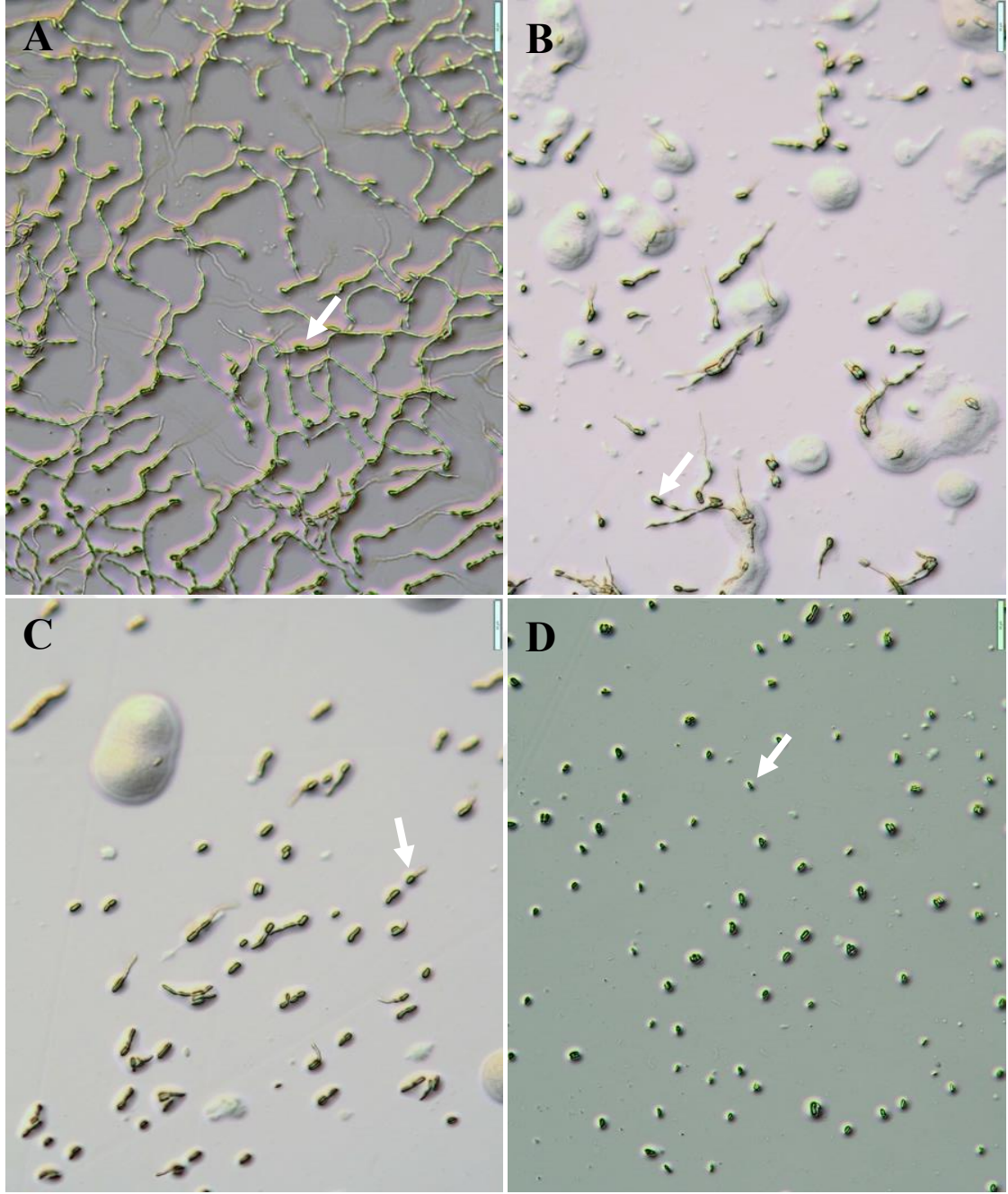
Söz konusu uçucu yağların kullanıldıkları dozlardaki konidi çimlenmesini engelleme oranları kullanılarak yapılan Probit analiz sonucunda uçucu yağların fungus konidi çimlenmesini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri FOM1 ve MFO34 izolatları açısından değerlendirildiğinde; en düşük EC₅₀ değeri *T. spicata* için 0.268-0.309 µl/petri dozu olarak tahmin edilmiş olup, bunu 0.506-0.627 µl/petri dozla *T. vulgaris*, 0.584-0.834 µl/petri dozla *F. vulgare* izlemiştir. En yüksek EC₅₀ değeri ise 1.050-1.349 µl/petri dozunda *L. citridora* uçucu yağı için tahmin edilmiştir (Çizelge 4.6).

Test edilen tüm uçucu yağların MIC değerlerinin gözlendiği petri kaplarından çimlenmemiş konidiler taze WA besiyeri üzerine aktarıldığında konidilerin yeniden çimlenmemesi, uçucu yağların test edildikleri MIC değerlerindeki antifungal etkinliğin fungisidal özellikte olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.6. Farklı dozlarda kullanılan uçucu yağların konidi çimlenmesi (adet)^a üzerine antifungal etkisi

Konsantrasyonlar µl/petri	Uçucu yağlar, Fungal izolatlar ve çimlenen konidi sayıları									
	<i>O. onites</i>		<i>T. spicata</i>		<i>T. vulgaris</i>		<i>F. vulgare</i>		<i>L. citridora</i>	
	MFO3	FOM	MFO3	FOM	MFO3	FOM	MFO3	FOM	MFO3	FOM
	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1
0.00	100.0 ^b	100.0 ^b	100.0 ^d	100.0 ^d	100.0 ^g	100.0 ^g	100.0 ^h	100.0 ^h	100.0 ^j	100.0 ^j
0.25	0.0 ^a	0.0 ^a	68.4 ^c	54.6 ^c	82.6 ^f	76.2 ^f	91.6 ^g	78.4 ^g	91.9 ⁱ	89.0 ⁱ
0.50	0.0 ^a	0.0 ^a	15.2 ^b	11.8 ^b	65.0 ^e	54.4 ^e	78.1 ^f	60.3 ^f	80.7 ^h	75.4 ^h
0.75	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	46.4 ^d	39.3 ^d	58.5 ^e	41.8 ^e	72.6 ^g	64.1 ^g
1.00	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	31.0 ^c	19.1 ^c	39.3 ^d	28.6 ^d	59.2 ^f	52.6 ^f
1.50	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	15.1 ^b	5.9 ^b	25.6 ^c	14.8 ^c	45.4 ^e	39.1 ^e
2.00	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	10.3 ^b	8.2 ^b	32.7 ^d	21.0 ^d
4.00	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	23.9 ^c	15.8 ^c
6.00	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	13.3 ^b	7.9 ^b
8.00	nt	nt	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
10.00	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a
15.00	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	0.0 ^a	0.0 ^a
20.00	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt
EC ₅₀	-	-	0.309	0.268	0.627	0.506	0.834	0.584	1.349	1.050

^a Sütun içinde yer alan ortalama çimlenen konidi sayılarının yanındaki farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05). nt: Bu dozda test edilmemiştir.



Şekil 4.9. *T. spicata* uçucu yağının buhar fazında FOM1 izolatının konidi çimlenmesi üzerine fungusidal etkinliği. (A) Kontrol, (B) *T. spicata*'nın 0.25 µl/petri, (C) *T. spicata*'nın 0.50 µl/petri, (D) *T. spicata*'nın 0.75 µl/petri dozunun eklendiği petrilere konidi çimlenmesinin (ok) engellenme durumları

Fusarium kaynaklı hastalıkların mücadele yönetim stratejileri genellikle tüm toprak kökenli hastalıklarda olduğu gibi zararlı ve etkisiz sentetik kimyasal fungusit ürünlerle sınırlıdır. Bu nedenle, kimyasal olmayan mücadele stratejilerinin araştırılması, bu tür hastalık etmenlerine karşı pestisit kullanımının azaltılması ve bazı patojenler tarafından

fungisitlere karşı dirençli genlerin geliştirilmesi, sentetik kimyasalların uygulanmasını sınırlandırmıştır. Dayanıklı anaçlar ve çeşitler (Nelson 1981), ürün rotasyonu ve ekim öncesi toprak ilaçlamaları (Baker 1981) solgunluk hastalıklarının kontrolü için en etkili kontrol yöntemleridir. Antagonistik bakteri ve fungal izolatlar, biyo-organik gübreler, doğal bitki özütleri ve uçucu yağları içeren kimyasal olmayan ek stratejilerin *Fusarium* hastalığını kontrol etmede etkili olduğu yakın zamanlarda yapılan önceki çalışmalarla da kanıtlanmıştır (De Cal ve ark., 1995; Larkin ve Fravel, 1998). Uçucu yağların antifungal özelliklerinden sorumlu başlıca aktif bileşiklerinin antifungal ve hastalık kontrol etkileri dünyada birçok çalışma tarafından rapor edilmiştir (Silva ve ark. 2011; Tserennadmid ve ark. 2011).

Uçucu yağların kavunda sorun *Fom*'e karşı antifungal etkinliğe sahip olduğu yapılan bu çalışmada bir kez daha ortaya konulmuştur. Bitki uçucu yağlarının antifungal etkinlik çalışmaları her iki izolat için birlikte değerlendirildiğinde, uçucu yağlar tarafından gösterilen antifungal etkinliğin her iki izolata karşı benzer düzeyde olduğu, uçucu yağların artan dozlarına paralel olarak antifungal etkinliğin arttığı belirlenmiştir. Uçucu yağlar arasında yüksek oranda carvacrol içeren *O. onites*, *T. spicata* ve *T. vulgaris* gibi bitki uçucu yağlarının nispeten daha düşük dozlarda yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan literatür taramasında çalışmalarımızda kullanılan bitki uçucu yağlarının hastalık etmeni *Fom*'e karşı antifungal etkinliğinin oldukça kısıtlı sayıdaki çalışmalarda araştırıldığı görülmüştür. Bayan (2018) tarafından yapılan çalışmada *T. spicata* uçucu yağının 8.0 µl ml⁻¹ dozunda *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (*Foc*) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*) misel gelişimini %100 oranında engellediği, LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerinin *Fom* ve *Foc* için sırasıyla 0.58-1.26 µl ve 0.46-1.07 µl olduğu bildirilmiştir. Çalışmalarımızda kullanılan *O. onites*, *T. vulgaris*, *F. vulgare* ve *L. citriodora* gibi bitki uçucu yağlarının hastalık etmeni *Fom*'e karşı antifungal etkinliğe sahip olduğu ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Hastalık etmenine karşı *Origanum majorana* gibi farklı *Origanum* spp. antifungal etkinliğine sahip olduğu daha önceden yapılmış çalışmalarda da bildirilmiştir (Boyras ve Özcan, 1997; Dhaouadi ve ark., 2018). Zefzoufi ve ark. (2020) Fas'ta yetişen *Dysphania ambrosioides* bitki uçucu yağının *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, *Fusarium culmorum*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *P. syringae* pv. *syringae* ve *Erwinia amlovora* gibi bitki patojeni fungal ve

bakteriyel hastalık etmenlerine karşı antimikrobiyal etkinliğini araştırdığı çalışmalarında uçucu yağın 500 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda fungal etmenleri %78-90 oranında engellediğini bildirmiştir. Elgorban ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada soğan (*Allium cepa* L.), çörek otu (*Nigella sativa* L.) ve okaliptus (*Eucalyptus globulus* Labill) uçucu yağlarının antifungal etkinliğini *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*, *Fusarium solani*, *Fusarium verticillioides*, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Rhizoctonia solani* olmak üzere 5 farklı fungal hastalık etmenine karşı araştırmışlardır. Çalışma sonucunda soğan uçucu yağının 500 ppm dozunda *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, *F. solani* ve *S. sclerotiorum* misel gelişimini tamamen engellediğini, *Nigella sativa* uçucu yağının ise aynı dozda hastalık etmenlerini % 28.6-73.9 oranında engelleyebildiğini belirlemişlerdir. Okaliptus uçucu yağı *F. solani*, *S. sclerotiorum* ve *R. solani*'ye karşı yüksek etkinlik gösterdiği, test edilen uçucu yağların tamamının fungal türlerin konidi çimlenmesini de önemli düzeyde engellediği bildirilmiştir.

Bitki uçucu yağlar dışında bazı bitki özütlerinin fungal etmene karşı antifungal etkiye sahip olduğu ayrıca bildirilmiştir. Abou-Jawdah ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada Lübnan'da yabani olarak yetişen *Origanum syriacum*, *Foeniculum vulgare*, *Inula viscosa*, *Mentha longifolia*, *Centaurea pallascens*, *Cichorium intybus*, *Eryngium creticum*, *Salvia fruticosa* ve *Melia azedarach* gibi farklı bitkilerin petrol eteri ve metanol özütlerinin antifungal etkinlikleri önemli bitki patojeni fungal hastalık etmenlere karşı araştırılmıştır. *Origanum syriacum* petrol eter ekstraktının metanol ekstraktına kıyasla *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ve *Verticillium dahliae* etmenlerinin misel gelişimini daha yüksek şekilde engellerken, diğer özütlerin fungal etkinliğinin düşük düzeyde olduğu bildirilmiştir. Rezene (*Foeniculum vulgare*) bitki özütü en düşük etkinlik gösteren uygulama olarak belirlenmiştir.

Hatamleh ve ark. (2014) tarafından yapılan bir diğer çalışmada *Cinnamomum zeylanicum* Blume, *Trigonella foenum-graecum* L., *Eucalyptus globulus* Labill, *Eruca sativa* L. ve *Allium sativum* özütlerinin *F. verticillioides*, *F. oxysporum* f. sp. *melonis* ve *F. solani*'nin misel gelişimi ve konidi çimlenmesinin engellenmesi üzerine olan antifungal etkinlikleri araştırılmıştır. *C. zeylanicum* ve *E. globulus* özütlerinin 1000 ppm dozunda *Fusarium verticillioides* dışında kalan test edilen tüm fungal izolatlarla karşı

yüksek düzeyde antifungal etkinliğe sahip olduğu, ancak *F. Verticillioidea*’e karşı %48.5-54.4 oranında etki gösterdiği bildirilmiştir.

Du ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada 10 farklı Lamiaceae familyasına dahil bitki özütünün *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*’ye karşı antifungal etkinliği araştırılmıştır. *Origanum vulgare* L., *Melissa officinalis* L., *Hyssopus officinalis* L. ve *Salvia officinalis* L. bitki özütlerinin diğer bitki özütlerine kıyasla daha yüksek etkinliğe sahip olduğu, *Ocimum basilicum* özütünün *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dışında etkili olmadığı, *Mentha piperita* L. ve *Stachys byzantina* özütlerinin ise test edilen fungal etmenlere karşı antifungal etkinliğe sahip olmadığı bildirilmiştir.

4.7. Odun Sirkesinin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)’e Karşı *in vitro* Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi

Fusarium oxysporum f. sp. *melonis* (Fom)’in MFO34 ve FOM1 izolatlarının misel gelişiminin engellenmesi üzerine odun sirkesinin farklı dozlardaki antifungal etkinlik sonuçları Çizelge 4.7 ile Şekil 4.10’da verilmiştir. Odun sirkesinin minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerinin fungal etmenin MFO34 ve FOM1 izolatlarına karşı 5 µl/ml konsantrasyonunda olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda dozların artış oranına paralel olarak fungal etmenin misel gelişiminin doğrusal oranda azaldığı görülmüştür. Her iki izolatın 3.0 µl/ml konsantrasyona kadar misel gelişimlerinin engellenmesi açısından büyük bir farklılık gözlenmezken, 3.5 µl/ml konsantrasyonunda iki izolatın odun sirkesine karşı duyarlılığı arasında ciddi farklılık gözlenmiştir. Söz konusu konsantrasyon değerinde (3.5 µl/ml) MFO34 izolatının misel gelişimi %30.74 oranında engellenirken, FOM izolatının misel gelişimi %57.60 oranında engellenmiştir. Her iki izolatın misel gelişimi bu dozdan itibaren benzer şekilde duyarlılık göstermiştir (Çizelge 4.7).

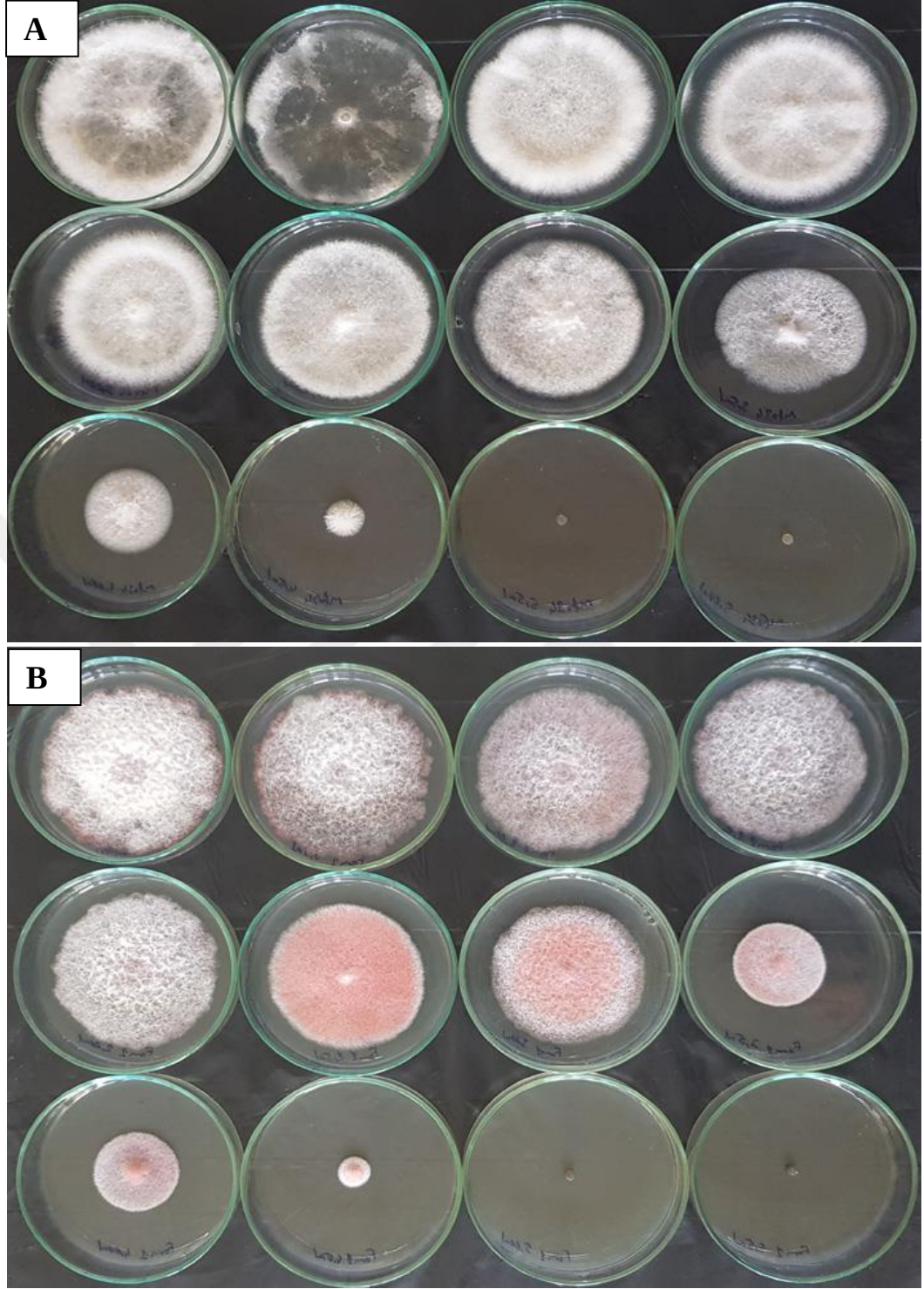
Uçucu yağlarda olduğu gibi fungus misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri her iki izolat açısından değerlendirildiğinde FOM1 izolatı için EC₅₀ değeri 3.18 µl/ml dozu olarak tahmin edilirken bu değerin MFO34 izolatı için 3.45 µl/ml dozda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı dozlarda kullanılan odun sirkesinin fungal izolatların misel gelişiminin (mm)^a engellenmesi üzerine antifungal etkisi

Fungal izolatlar, misel gelişim çapları (mm) ve engellenme oranları (%)				
Dozlar µl/ml	MFO34		FOM1	
	MG (mm)	MGE (%)	MG (mm)	MGE (%)
0.00	90.00 ^j	0.00	83.33 ^j	0.00
0.50	81.00 ⁱ	10.00	77.67 ^h	6.80
1.00	77.67 ^h	13.70	75.00 ⁱ	10.00
1.50	75.33 ^g	16.30	72.00 ^g	13.60
2.00	73.33 ^{fg}	18.52	69.67 ^f	16.40
2.50	71.33 ^{ef}	20.74	67.67 ^f	18.80
3.00	69.67 ^e	22.59	64.33 ^e	22.80
3.50	62.33 ^d	30.74	35.33 ^d	57.60
4.00	40.67 ^c	54.81	30.67 ^c	63.20
4.50	20.00 ^b	77.78	21.33 ^b	74.40
5.00	0.00 ^a	100.00	0.00 ^a	100.00
5.50	0.00 ^a	100.00	0.00 ^a	100.00
LD ₅₀	3.45		3.18	

MG: Misel Gelişim (mm); **MGE:** Misel Gelişiminin Engellenmesi (%)

^a Sütun içinde yer alan ortalama misel gelişim (MG) değerlerin yanındaki farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05).



Şekil 4.10. Odun sirkesinin *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'in (A) MFO34 ve (B) FOM1 izolatları üzerine antifungal etkinlikleri ve misel gelişiminin engellenmesi

4.8. Odun Sirkesinin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom)'in Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi Üzerindeki Antifungal Etkileri

Odun sirkesinin MFO34 ve FOM1 izolatlarının fungal etmenin konidi çimlenmesinin engellenmesi üzerindeki antifungal etkinlikleri uçucu yağ denemelerinde olduğu gibi ışık mikroskobu altında belirlenmiştir. Çalışmada odun sirkesinin fungal izolatların konidi çimlenmesi üzerine besi yerine eklenen değme etkinliği belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Kullanılan odun sirkesi, artan konsantrasyonlarına bağlı olarak fungal izolatların konidi çimlenmesini giderek daha fazla engellenmiştir. Kullanılan odun sirkesi *F. oxysporum* f.sp. *melonis* MFO34 ve FOM1 izolatlarının konidi çimlenmesi üzerine aynı dozlarda benzer oranlarda antifungal etkinlik göstermiştir. Her iki izolatın konidi çimlenmesini tamamen engelleyen minimum engelleme dozu 0.75 µl ml⁻¹ olarak belirlenmiştir. Her iki izolata karşı kullanılan dozlar arasında gözlenen antifungal etkinliklerin istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Uçucu yağlarda olduğu gibi fungusun konidi çimlenmesini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri her iki izolat açısından değerlendirildiğinde FOM1 izolatu için EC₅₀ değeri 0.218 µl/ml dozu olarak tahmin edilirken bu değer MFO34 izolatu için 0.232 µl/ml dozda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı dozlarda kullanılan odun sirkesinin fungal izolatların konidi çimlenmesinin (adet)^a engellenmesi üzerine antifungal etkisi

Dozlar µl/ml	MFO34		FOM1	
	ÇKS (adet)	KÇE (%)	MG (mm)	MGE (%)
0.0	100.0 ^e	0.00	100.0e	0.00
0.125	74.5 ^d	25.5	71.8d	28.2
0.25	52.3 ^c	47.7	48.6c	51.4
0.5	23.5 ^b	76.5	20.4b	79.6
0.75	0.0 ^a	100.0	0.0 ^a	100.0
1.00	0.0 ^a	100.0	0.0 ^a	100.0
1.50	0.0 ^a	100.0	0.0 ^a	100.0
LD ₅₀	0.232		0.218	

ÇKS: Çimlenen Konidi Sayısı (adet); KÇE: Konidi Çimlenmesinin Engellenmesi (%)

^a Sütun içinde yer alan ortalama çimlenen konidi sayıları (ÇKS) değerlerinin yanındaki farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05).

Test edilen tüm uçucu yağların MIC değerlerinin gözlendiği petri kaplarından çimlenmemiş konidiler taze PDA'ya aktarıldığında konidilerin yeniden çimlenmemesi, uçucu yağların test edildikleri MIC değerlerindeki antifungal etkinliğinin fungisidal özellikte olduğunu göstermiştir.

Odun kömürü biyokütle pirolizinin bir yan ürünü olan “odun sirkesi”, son yıllarda sahip olduğu antimikrobiyal özellikleri nedeniyle bitki hastalıkları yönetiminde biyofungusit olarak kullanılmaktadır (Birol ve Günal, 2022; Kara ve ark., 2024). Kaysı çekirdeğinden imal edilmiş odun sirkesinin Fom'in her iki izolatına karşı 5.0 µl/ml dozunda misel gelişimini tamamen önleyerek antifungal etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Odun sirkesinin son yıllarda birçok fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerine karşı antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğu bildirilmekle birlikte, literatür araştırmasına göre Fom'in misel gelişimini engellenmesi üzerine olan antifungal etkinliğine yönelik bir bildirim bulunmamaktadır. Bu çalışma bu kapsamda odun sirkesinin hastalık etmenine karşı antifungal etkinliğine sahip olduğunu gösteren ilk çalışma niteliğindedir.

Daha önceden yapılan çalışmalarda farklı bitkisel kaynaklı odun sirkesinin farklı dozları domates *Fusarium solgunluk* hastalığı etmenine karşı antifungal etkiye sahip olduğu gibi, %0.9 konsantrasyonda kullanıldığı bitkilerde bitki gelişimi, verimi ve domates meyvelerinin besin içeriğini önemli düzeyde artırdığı bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2024).

Benzer şekilde Kara ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada 3 farklı bitkiden hazırlanan odun sirkesinin kimyasal bileşenleri ve soğan dip çürüklüğü hastalığı etmeni *Fusarium proliferatum*'a karşı antifungal etkinliği in vitro ve in vivo koşullarda araştırılmıştır. Çalışma sonucunda odun sirkesinin en önemli 3 kimyasal bileşeninin o-guaiacol (18.98-26.18%), creosol (11.08-16.38%) ve syringol (6.35-8.67%) olduğu belirlenmiştir. Yapılan in vitro ve in vivo antifungal etkinlik çalışmalarında kaysı çekirdeğinden hazırlanan odun sirkesinin en yüksek antifungal etkinlik gösteren uygulama olduğu, odun sirkesinin misel gelişimini tamamen engelleyen dozunun 3.5 µl ml⁻¹, konidi çimlenmesini engelleyen dozun ise 1.0 µl ml⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Odun sirkesi uygulamalarının yapıldığı fungal hifler üzerinde oldukça önemli morfolojik bozulmaların görülmesi, odun sirkesinin sentetik fungusitlere çevre dostu bir alternatif olarak uygun maliyetli doğal bir ürün olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Farklı bitki orijinli odun sirkelerin *Fusarium culmorum* (Korkalo ve ark., 2022), *Aspergillus niger* ve *Fusarium oxysporum* (Zulkifli ve ark., 2023), *Podosphaera xanthii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, ve *Botrytis cinerea* (Maliang ve ark., 2021), *Rhizoctonia solani* (Kuhn), *Verticillium dahliae* (Kleb.), ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Turp ve ark., 2021), *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gleosporoides*, ve *Pestalotiopsis microspora* (Baharom ve ark., 2020), *Fusarium graminearum* (Gao ve ark., 2020), *Ralstonia solanacearum*, *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* ve *Pythium splendens* (Hwang ve ark., 2005) gibi hastalık etmenlerine karşı antifungal, *Meloidogyne incognita* karşı ise nematoduna (Iacomino ve ark., 2024) etkinliğe sahip olduğu yapılan önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemizde olduğu kadar diğer ülkelerde de mücadelesine yönelik oldukça kısıtlı sayıda çalışma bulunan kavun *Fusarium* solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) ile kimyasal mücadeleye alternatif bitkisel temelli yöntemlerden olan “bitki uçucu yağları” ve “odun sirkesinin” antifungal etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında, ülkemizde olduğu kadar hastalığın bildirildiği diğer ülkelerde farklı *Fusarium* solgunluk hastalığı türlerine karşı bitki uçucu yağlarının antifungal etkinliği araştırılmış olmakla birlikte, çalışmalarda kullanılan *O. onites*, *T. vulgaris*, *F. vulgare*, *L. citridora* gibi uçucu yağlar ile odun sirkesinin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*’e karşı antifungal etkinliği konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda, çalışma kavun bitkilerinde son yıllarda sıkça bildirimi yapılan ekonomik öneme sahip hastalık etmenine karşı kimyasallara alternatif mücadele olanaklarının araştırıldığı ilk çalışma niteliğindedir.

Elde edilen sonuçlara göre, farklı bitki uçucu yağlarının buhar fazında Fom’in MFO34 ve FOM1 izolatlarına karşı elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerine bakıldığında en etkili uçucu yağın, 4.0 µl/petri dozla *O. onites* ve *T. spicata* olduğu, bu yağı sırasıyla 6.0 µl/petri dozla *T. vulgaris*, 15.0 µl/petri dozla *F. vulgare* ve *L. citridora* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlarının izlediği belirlenmiştir.

Söz konusu uçucu yağların kullanıldıkları dozlardaki misel gelişimini engelleme oranları kullanılarak yapılan Probit analiz sonucunda uçucu yağların fungusun misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri MFO34 ve FOM1 izolatları açısından değerlendirildiğinde; en düşük EC₅₀ değeri *T. spicata* için 0.803-0.756 µl/petri dozu olarak tahmin edilmiştir. Bu yağı 0.921-0.657 µl/petri dozla *O. onites*; 0.925-0.658 µl/petri dozla *T. vulgare*; 1.981-5.358 µl/petri dozla *L. citridora* izlemiştir. En yüksek EC₅₀ değeri ise 3.795-4.953 µl/petri dozunda *F. vulgare* için tahmin edilmiştir.

Yapılan istatistik analiz sonucunda aynı uçucu yağ a ait farklı konsantrasyonların yanı sıra aynı dozda kullanılan farklı uçucu yağlar arasında kayıt edilen antifungal etkinliklerin istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklı olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar uçucu yağların tamamının fungal izolatların misel gelişimini tamamen engelledikleri (MIC) konsantrasyon değerlerindeki antifungal etkinliğinin “fungisidal” özellikte olduğunu göstermiştir.

Uçucu yağların MIC değerlerinde fungus hifleri üzerinde vakuolleşme, sitoplazmik koagülasyon (pıhtılaşma), hücre duvarında erimeye ve sitoplazmik içeriğin boşalması şeklinde karakterize edilen morfolojik anormalliklere neden olduğu yapılan ışık mikroskobu çalışmalarıyla belirlenmiştir.

Uçucu yağlar, fungusun misel gelişimini tamamen engelleyen MIC değerinden daha düşük dozlarda konidi çimlenmesini engellemiştir. Test edilen uçucu yağlar arasında en yüksek antifungal etkinlik 0.25 µl/petri dozunda *O. onites* uçucu yağı tarafından gösterilmiş, bu yağı 0.75 µl/petri dozunda *T. spicata*, 2.0 µl/petri dozunda *T. vulgaris*, 4.0 µl/petri dozla *F. vulgare*, 8.0 µl/petri dozla *L. citriodora* uçucu yağ uygulamaları izlemiştir. Konidi çimlenmesini engelleyen en düşük EC₅₀ değeri 0.268 µl/petri dozuyla *T. spicata*, en yüksek EC₅₀ değeri ise 1.349 µl/petri dozuyla *F. vulgare* uçucu yağı için belirlenmiştir. Misel gelişiminde olduğu gibi konidi çimlenmesini tamamen engelleyen MIC değerlerinin fungisidal etkinliğe sahip olduğu görülmüştür..

Uçucu yağların yanı sıra hastalık etmeninin misel gelişimi ve konidi çimlenmesinin engellenmesi üzerine odun sirkesinin farklı konsantrasyonlarının antifungal etkinliğe sahip olduğu gözlenmiştir. Odun sirkesinin fungusun MFO34 ve FOM1 izolatlarının misel gelişimini tamamen engelleyen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değeri 5 µl/ml olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda dozların artış oranına paralel olarak fungal etmenin misel gelişiminin doğrusal oranda azaldığı görülmüştür. Her iki izolatın 3.0 µl/ml konsantrasyona kadar misel gelişimlerinin engellenmesi açısından büyük bir farklılık gözlenmezken, 3.5 µl/ml konsantrasyonunda iki izolatın odun sirkesine karşı duyarlılığı arasında ciddi farklılık gözlenmiştir. Söz konusu konsantrasyon değerinde (3.5 µl/ml) MFO34 izolatının misel gelişimi %30.74 oranında engellenirken, FOM izolatının misel gelişimi %57.60 oranında engellenmiştir. Her iki izolatın misel gelişimi bu dozdan itibaren benzer şekilde duyarlılık göstermiştir. Uçucu yağlarda olduğu gibi fungusun misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri FOM1 ve MFO34 izolatları açısından değerlendirildiğinde EC₅₀ değeri FOM1 izolatı için 3.18 µl/ml, MFO34 izolatı için 3.45 µl/ml olarak tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak bitki uçucu yağlarının ve odun sirkesinin suda çözünen uygun formülasyonlarının toprak kökenli hastalık etmeni ile mücadelede etkili olabileceği kanaatine varılmıştır. Bu çalışma bitki uçucu yağların ve odun sirkesinin ekonomik öneme sahip kavun bitkilerinde sorun olan toprak kökenli hastalık etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM)'in MFO34 ve FOM1 izolatlarına karşı antifungal etkinliğinin araştırıldığı ilk çalışma niteliğindedir.



KAYNAKLAR

- Abak, K., 2001. Melon Growing in Turkey. **Proceedings of the 23rd Geisenheim Meeting**. Frankfurt, Germany.
- Abbey, J.A., Percival, D., Abbey, L., Asiedu, S.K., Prithiviraj, B. and Schilder, A., 2019. Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) prospects and challenges. **Biocontrol Science and Technology**, 29(3), 207-228.
- Abd El-Kareem, M.S.M., Rabbih, M.A., Rashad, A.M., and EL-Hefny, M. 2024. Essential oils from fennel plants as valuable chemical products: gas chromatography-mass spectrometry, FTIR, quantum mechanical investigation, and antifungal activity. **Biomass Conversion and Biorefinery**, (in press), 10.1007/s13399-024-05675-2
- Abou-Jawdah, Y., Sobh, H., and Salameh, A. 2002. Antimycotic activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50, 3208-3213.
- Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oils by Gas Chromatography / Mass Spectrometry. **Allured Publ. Corp. Carol Stream**
- Aegerter, B.J., Gordon, T.R., and Davis, R.M. 2000. Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and vine decline in California. **Plant Disease**, 84(3), 224-230.
- Akbari, A., Bahmani, K., Kafkas, N.E., Bilgin, O.F., Hamijo, T., Darbandi, A.I., and Farhadpour, M. 2024. Evaluation of seed yield, essential oil compositions, and fatty acid profiles in advanced fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) breeding populations. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 57-103-118
- Akdoğan, M. 1969. Research on the chemical control method against wilt disease (*Fusarium* spp.) occurring in melons and watermelons. **Plant Protection Bulletin**, (9), 123-128.
- Al-Mawaali, Q. S., Al-Sadi, A. M., Khan, A. J., Al-Hasani, H. D., and Deadman, M. L. 2012. Response of cucurbit root stocks to *Pythium aphanidermatum*. **Crop Protection**, 42, 64-68.
- Altınok, H. H., Can, C., and Çolak, H., 2013. Vegetative compatibility, pathogenicity and virulence diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* recovered from eggplant. **Journal of Phytopathology**, 161 (9), 651-660.
- Altınok, H., Boyacı, H. ve Topçu, V., 2012, Prevalence of *Fusarium* and *Verticillium* wilts in greenhouse eggplant production areas of Antalya, Mersin and Samsun provinces and geographical distribution of the virulence of the isolates, **Ziraat Fakültesi Dergisi, Atatürk Üniversitesi**, 43 (2), 107-115.
- Altuğ, S. 2001. Orta Anadolu Bölgesinde Kavunlarda Solgunluk oluşumunda Bazı *Fusarium* Türlerinin Rolü. Yüksek Lisans Tezi (Tez Numarası: 104342), **Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bitki Koruma ABD, Ankara, s 52.
- Apai W., and Thongdeethae S., 2002. Wood vinegar: new organic for Thai Agriculture. The 4th Toxicity Division Conference. **Department of Agriculture**, pp. 166-169
- Atay, M. ve Soylu, S., 2022. Biber meyvelerinde hasat sonrası çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı Isothiocyanate bileşiklerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 26: 290-302.

- Azcón-Aguilar, C., and Barea J.M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil borne plant pathogens, an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza**, 6, 457- 464.
- Babushok, V.I., Linstrom, P.J., and Zenkevich I.G. 2011. Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. **Journal of Physical and Chemical Reference Data**, 40, 1-47.
- Baimark, Y., and Niamsa, N. 2009. Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets. **Biomass and Bioenerg**, 33, 994-998.
- Bayan, Y. 2018. Investigation of the antifungal effect of *Thymbra Spicata* L. and *Rosmarinus Officinalis* L. essential oils on *Fusarium oxysporum* f.sp. *Cucumerinum* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. **Black Sea Journal of Agriculture**, 1(2), 34-37
- Benhamou, N. and Bélanger, R. R., 1998. Induction of systemic resistance to *Pythium* damping-off in cucumber plants by benzothiadiazole: ultrastructure and cytochemistry of the host response, **The Plant Journal**, 14 (1), 13-21.
- Birol, M, ve Günel, E. 2022. Odun sirkesinin tarımda kullanımı. Agricultural use of wood vinegar. **B.Ş.E.Ü Fen Bilimleri Dergisi**, 9(1), 596-608.
- Boyraz, N., ve Baştaş, K. K. 2005. Kavun *Fusarium* solgunluğuna bazı biyotik ve abiyotik uyarıcıların etkileri. **S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi** 19 (37):106-112.
- Bremer, H. 1944. **Über VVelkekrankheiten in Südwest Anatolien**. Istanbul Schriften 18, 39 p.
- Bruton, B., and Miller, M. 1997. Occurrence of vine decline diseases of melons in Honduras. **Plant Disease**, 81(6), 696-696.
- Canlı, K., Bozyel, M.E., Turu, D., Benek, A., Simsek, O., and Altuner, E.M. 2023. Biochemical, antioxidant properties and antimicrobial activity of steno-endemic *Origanum onites*. **Microorganisms**, 11 (8), 1987
- Chalermisan, Y. and Peerapan, S., 2009. Wood vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, 2, S189-S195
- Chang., H., C. Ying-Hung, Wu., C., Chang S., Chang T., Su Y., 2008. Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi. **Bioresource Technology**, 99, 6266–6270.
- Chen Y.H., Li, Y.F., Wei, H., Li, X.X., Zheng H.T., Dong, X.Y., Xu, T.F. and Meng, J.F., 2020. Inhibition efficiency of wood vinegar on grey mould of table grapes. **Food Bioscience**, 38, 100755.
- Chen, C., Bélanger, R. R., Benhamou, N. and Paulitz, T. C., 1998. Induced systemic resistance (ISR) by *Pseudomonas* spp. impairs pre-and post-infection development of *Pythium aphanidermatum* on cucumber roots. **European Journal of Plant Pathology**, 104 (9), 877-886.
- Cohen, R., Elkabetz, M., Paris, H. S., Gur, A., Dai, N., Rabinovitz, O., & Freeman, S., (2022). Occurrence of *Macrophomina phaseolina* in Israel: Challenges for disease management and crop germplasm enhancement. **Plant Disease**, 106(1), 15-25.
- Cohen, R., Elkabetz, M., Paris, H.S., et al., 2022. Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) across melon diversity: evaluating the interaction between the pathogen, plant age and environmental conditions as a step towards breeding for resistance. **European Journal of Plant Pathology**, 163, 601–613.

- Davari, M., and Ezazi, R., 2017. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Zhumeria majdae*, *Heracleum persicum* and *Eucalyptus* sp. against some important phytopathogenic fungi. **Journal de Mycologie Médicale**, 27, 463-468.
- De Cal A., Pascual S., and Melgarejo P., 1995. Biological control of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. **Plant Pathology**, 44, 909-14.
- Delisoy, K., ve Altınok, H.H. 2019. Kavunda *Fusarium* solgunluk hastalığına karşı bazı bitki aktivatörlerinin ve rizobakterlerin etkinliklerinin belirlenmesi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 34, 135-145.
- Demirkol., F. 2021. Bitki uçucu yağ ve ana bileşenlerinin domates fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum*'a karşı *in vitro* koşullarda antifungal etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (Tez Numarası: 704551), **Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri, Enstitüsü**, Bitki Koruma ABD.
- Dhaouadi, S., Rouissi, W., Mougou-Hamdane, A., Hannachi, I., and Nasraoui, B., 2018. Antifungal activity of essential oils of *Origanum majorana* and *Lavender angustifolia* against *Fusarium* wilt and root rot disease of melon plants. **Tunisian Journal of Plant Protection** 13 (1), 39-55.
- Du Y., Doi M., and Son J.E. 2018. Fungistasis effect of Lamiaceae herbs on several *Fusaria* causing horticultural plant diseases. **II Asian Horticultural Congress Book Series: Acta Horticulturae**, 1208, 375-378
- El Khetabi, A., Lahlali, R., Ezrârî, S., Radouane, N., Lyousfi, N., Banani, H., Askarne, L., Tahiri, A., El Ghadraoui, L., Belmalha, S., and Barka, E.A. 2022. Examining the role of plant extracts and essential oils in the fight against post-harvest fruit pathogens and fruit shelf extension. **Trends in Food Science and Technology**, 120, 402-417
- Elgorban, A.M., Bahkali, A.H., El-Metwally, M.A., Elsheshtawi, M., and Abdel-Wahab, M.A. 2015. Antifungal Activity of Some Plant Essential Oils. **International Journal of Pharmacology**, 11(1), 56-61.
- Eliuz, E.E., and Bahadırli, N.P., 2023. Investigation of antibacterial activity and mechanism of *T. spicata* essential oil, and activation of the hydrosol formed as a by-product with UV. **Biologia**, 78 (4), 1161-1170
- Elmer, W. H., and Ferrandino, F. J., 1994. Comparison of ammonium sulfate and calcium nitrate fertilization effects on *Verticillium* wilt of eggplant. **Plant Disease**, 78 (8), 811-816.
- Erzurum, K. 2000. Orta Anadolu Bölgesindeki kavun solgunluk nedenleri üzerinde araştırmalar. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 6 (3): 9-12.
- Erzurum, K., Taner, Y., Seçer, E., Yanmaz, R. and Maden, S. 1999. Occurrence of races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* causing wilt on melon in Central Anatolia. **The Journal of Phytopathology**, 28 (3), 87-97.
- Evcil, F., ve Yalçın, O. 1977. **Ege Bölgesinde kavunlarda görülen solgunluk etmeni fungusların tespiti üzerinde ön araştırmalar**. Ziraî Mücadele Araştırma Yıllığı, 11:78
- FAO, 2022. FAOSTAT, **Word Production data**. Accessed 10 March, 2024 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Fengel, D. and Wegener, G., 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. **Walter de Gruyter**, Berlin.
- Gao, T., Bian, R., Joseph, S., Taherymoosavi, S., Mitchell, D.R.G., Munroe, P., Xu, J. and Shi, J., 2020. Wheat straw vinegar: A more cost-effective solution than

- chemical fungicides for sustainable wheat plant protection. **Science of the Total Environment**, 725, 138359.
- Güloğlu, K. 2023. Turunçgil ve Avokado’da görülen antraknoz hastalık etmeni *Colletotrichum karstii*’ye karşı antagonist bakteri izolatları ve bitki uçucu yağlarının antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (Tez Numarası: 768378), **Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri, Enstitüsü, Bitki Koruma ABD.**
- Gümrükcü, E., Baysal, Ö., Ünlü, A. Yılmaz, M. and Karatekin, N., 2012. Investigations on inhibitory effects of some essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*’ races on melon. **Xth Eucarpia Meeting On Genetic and Breeding of Cucurbitaceae Congress**. 15-18 October, Antalya /TURKEY (POST)
- Hatamleh, AA., Bahkali, A.H., El-Sheshtawi, M., Elgorban, A.M., and El-Metwally, M.A. 2014. Inhibitory influence of plant extracts on soil borne fungi infecting muskmelon. **International Journal of Pharmacology**, 10(6), 322-327.
- Howell, C., 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, 87 (1), 4-10.
- Hwang, Y.H., Matsushita, Y.I., Sugamoto, K., and Matsui, T. 2005. Antimicrobial effect of the wood vinegar from *Cryptomeria japonica* sapwood on plant pathogenic microorganisms. **Journal of Microbiology And Biotechnology**, 15 (5), 1106-1109.
- Iacomino, G., Idbella, M., Staropoli, A., Nanni, B., Bertoli, T., Vinale, F., and Bonanomi, G. 2024. Exploring the potential of wood vinegar: chemical composition and biological effects on crops and pests. **Agronomy**, 14(1), 114.
- Kadota M., Hirano T., and Imizu K., 2002. Pyroligneous acid improves *in vitro* rooting of Japanese Pear cultivars. **HortScience**, 37, 194-195.
- Kadota, M., and Niimi, Y., 2004. Effects of cytokinin types and their concentrations on shoot proliferation and hyperhydricity in *in vitro* pear cultivar shoots. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, 72, 261-265
- Kara, M. and Soylu, S., 2022. Isolation of endophytic bacterial isolates from healthy banana trees and determination of their *in vitro* antagonistic activities against crown rot disease agent *Fusarium verticillioides*. **Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 27(1), 36-46.
- Kara, M., Soylu, S., Soylu, E.M. Uysal, A., Kurt, S., Türkmen, M. 2024. Determination of the chemical composition and antifungal activity of wood vinegar (Pyroligneous Acid) against the onion bulb rot disease caused by *Fusarium proliferatum*. **Journal of Crop Health**, 76 (1), 75-85.
- Keinath, A.P., Wintermantel, W.M., Zitter, T.A., 2017. **Compendium of Cucurbit Diseases and Pests, 2nd Edition**, American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA
- Kirkbride, J. H. 1993. Biosystematic monograph of the genus *Cucumis* (Cucurbitaceae). **NC, USA: Parkway Publishers.**
- Knobloch K., Pauli P., Iberl B., Weigand H., and Weiss N. 1989. Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. **Journal of Essential Oil Research**, 1, 119–128
- Koç, İ., Yardım, E.N., Çelik, A., Mendeş, M., Mirtağioğlu, H. ve Namlı, A., 2018. Fındık kabuklarından elde edilmiş odun sirkesi’nin *in-vitro* şartlarında antifungal etkisinin belirlenmesi. **B.E.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 7(2), 296-300.

- Koç, İ., Yardım, E.N., Yıldız, Ş., 2017. *In vitro* Şartlarında Küf Etmenlerine Karşı Tavuk Gübresinden Elde Edilmiş Odun Sirkesinin Antifungal Etkisi. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 27(4), 516-520
- Koike, S.T., Gladders, P. and Paulus, A.O., 2006. **Vegetable Diseases: A Colour Handbook**. Taylor & Francis, pp 95-115.
- Korkalo, P., Hagner, M., Jänis, J., Mäkinen, M., Kaseva, J., Lassi, U., Rasa, K., and Jyske, T. 2022. Pyroligneous acids of differently pre-treated hybrid aspen biomass: herbicide and fungicide performance. **Frontiers in Chemistry**, 9, 821806.
- Kulbat-Warycha, K., Nawrocka, J., Kozłowska, L., and Zyzelewicz, D. 2024. Effect of light conditions, *Trichoderma* fungi and food polymers on growth and profile of biologically active compounds in *Thymus vulgaris* and *Thymus serpyllum*. **International Journal of Molecular Sciences**, 25(9), 48-46
- Kurt, S., Baran, B., Sarı, N., and Yetişir, H. 2002. Physiologic races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* in the Southeastern Anatolia Region of Turkey and varietal reactions to races of the pathogen. **Phytoparasitica**, 30(4), 395-402.
- Larkin, R.P., and Fravel, D.R., 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. **Plant Disease**, 82, 1022-1028.
- Lester, G. 1997. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Nutritional Quality and Health Functionality. **Horttechnology**, 7, 222-227.
- Lester, G., 2006. Consumer preference quality attributes of melon fruits. **Acta Horticulture**, 712, 175-182.
- Liu, X., Wang, L.P., Li, Y.C., Li, H.Y., Yu, T., Zheng, X.D., 2009. Antifungal activity of thyme oil against *Geotrichum citri-aurantii* *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Applied Microbiology**, 107, 1450–1456
- Majewska, E., Kozłowska, M., Tarnowska, K., Gruczynska-Sekowska, E., Kowalska, D. 2022. Chemical composition and biological activity of lemon verbena *Lippia citriodora* essential oil - A Review. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, 25(4), 796-810
- Maliang, H.D., Wang, P.W., Chen, A.L., Liu, H.B., Lin, H.P., and Ma, J.Y. 2021. Bamboo tar as a novel fungicide: its chemical components, laboratory evaluation, and field efficacy against false smut and sheath blight of rice and powdery mildew and *Fusarium* wilt of cucumber. **Plant Disease**, 105(2), 331-338.
- Martínez-Culebras, P., Abad-campos, P. and García-jiménez, J. 2004. Molecular characterization and PCR detection of the melon pathogen *Acremonium cucurbitacearum*. **European Journal of Plant Pathology**, 110, 801–809.
- Mu, J., Uehara, T., and Furuno T., 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. **Journal of Wood Sciences**, 49, 262-270
- Namlı A., Akça M.O., Turgay E.B., ve Soba, M.R., 2014. Odun şirketinin tarımsal kullanım potansiyelinin araştırılması. **Toprak Su Dergisi**, 3:44-52
- Nelson P.E., Toussoun T.A., and Marasas W.F.O. 1983. **Fusarium species: an illustrated manual for identification**. Pennsylvania State University. University Park,
- Numata, K., Ogawa, T. and Tanaka, K., 1994. Effect of pyroligneous acid (Wood Vinegar) on several soilborne diseases. **Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society**, 107-110.
- Numata, K., Ogawa, T., and Tanaka, K., 1995. Effect of pyroligneous acid (wood vinegar) on several soilborne diseases. **Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society**, 42, 75-77

- Oksal, E., 2005. Kavun Rizosferinden Elde Edilen *Floresan Pseudomonas* ve *Bacillus* spp.' nin Kavun Fusarium Solgunluğu Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi (Tez Numarası: 170165), **Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bitki Koruma/Fitopatoloji.
- Onaran, A., and Yilar, M. 2012. Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens **Journal Of Food Agriculture & Environment**, 10 (3-4), 287-291.
- Oramahi, H.A. and Yoshimura, T., 2013. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from *Vitex pubescens* Vahl. **Journal of Wood Sciences**, 59, 344-350.
- Özcan, M. and Boyraz, N., 2000. Antifungal Properties of some Herb Decoctions. **European Food Research Technology**, 212, 86-88
- Palti, J. and Joffe, A. 1971, Causes of the Fusarium wilts of Cucurbits in Israel and conditions favoring their development, **Phytopathologische Zeitschrift**, 70 (1), 31-42.
- Park, J.Y., Kim, S. H., Kim, N. H., Lee, S.W., Jeun, Y-C., and Hong, J.K. 2017. Differential inhibitory activities of four plant essential oils on *in vitro* growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* causing fusarium wilt in strawberry plants. **Plant Pathology Journal**, 33(6), 582-588
- Perina, F.J., Amaral, D.C., Fernandes, R.S., Labory, C.R.G., Teixeira, G.A., and Alves, E. 2015. *Thymus vulgaris* essential oil and thymol against *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler: effects on growth, viability, early infection and cellular mode of action. **Pest Management Science**, 71, 1371-1378
- Pimenta, A.S., Fasciotti, M., Monteiro, T.V.C., Lima K.M.G. 2018. Chemical composition of pyroligneous acid obtained from eucalyptus GG100 clone. **Molecules**, 23, 426.
- Pitrat, M., Chauvet, M., and Foury, C., 2000. Diversity, History and Production of Cultivated Cucurbits. **Acta Horticulture**, 492, 21-28.
- Pivonia, S., Cohen, R., Kafkafi, U., Ze'ev, I.B. and Katan, J. 1997. Sudden wilt of melons in southern Israel: fungal agents and relationship with plant development. **Plant Disease**, 81 (11), 1264-1268.
- Ramos, B., Lopez, G., and Molina, A. 2015. Development of a *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* functional GFP fluorescence tool to assist melon resistance breeding programmes. **Plant Pathology**, 64, 1349-1357.
- Rasooli, I., Rezaei, M.B., and Allameh, A. 2006. Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. **Food Control**, 17, 359-364.
- Recio-Cázares, S.L, Jiménez-González, O., López-Malo, A., Palou, E., and Ramdírez-Corona, N. 2024. Enhancing the extraction of essential oil from Mexican lippia (*Aloysia citriodora*) leaves obtained by hydro-distillation aided by natural deep eutectic solvents (NADES). **Chemical Engineering and Processing-Process Intensification**, 195, Number 109623.
- Reuveni, R., Krikun, J., Nachmias, A., and Shlevin, E. 1982. The role of *Macrophomina phaseolina* in collapse of melon plants in Israel. **Phytoparasitica**, 10, 51-56.
- Ridaoui, K., Ziyadi, S., Abdou, A., Ousaid, F.E.Z., Moutaouakkil, A., Elamrani, A., Dakir, M., and Kabine, M. 2024. Purification, chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of carvacrol from *Thymus vulgaris*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, 27 (1), 251-262.

- Risser, G., Banihashemi, Z., and Davis, D.W. 1976. A proposed nomenclature of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* races and resistance genes in *Cucumis melo*. **Phytopathology**, 66, 1105–1106.
- Robinson, R. W. and Decker-Walters, D. S. 1997. Cucurbits. In: **Crop Production Science in Horticultures Series**. 226 pages
- Sabahi, F., Sain, M., Banihashemi, Z., and Rep, M. 2021. Comparative genomics of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* strains reveals nine lineages and a new sequence type of AvrFom2. **Environmental Microbiology**, 23, 2035-2053.
- Sağır, A. 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kavun ve karpuzlarda solgunluk yapan fungal etmenlerin saptanması üzerinde çalışmalar, **Bitki Koruma Bülteni**, 28 (3-4), 141-150.
- Sarı, N., Tan, A., Yanmaz, R., Yetişir, H., Baklaya, A., Solmaz, I., and Aykas, L. 2008. General status of Cucurbit genetic resources in Turkey. (M. Pitrat, Editor). In: Cucurbitaceae 2008. **Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae** INRA. Avignon, France, 21-32s.
- Sarıca, F.K. and Karaca, G. 2024. Determination of fungal root and stem rot agents of melons grown in Kumluca/Antalya. **Mediterranean Agricultural Sciences**, 37(1), 15-21
- Şensoy, S. 2005. Türkiye Kavunlarındaki genetik Varyasyonun ve Fusarium Solgunluğuna Dayanıklılığın Fenotipik ve Moleküler Yöntemlerle Araştırılması. Doktora Tezi (Tez No: 168579), **Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bahçe Bitkileri ABD, Van. 164 sayfa
- Silva, F., Ferreira, S., Duarte, A., Mendonça, D.I., and Domingues, F.C., 2011. Antifungal activity of *Coriandrum sativum* essential oil, its mode of action against *Candida* species and potential synergism with amphotericin B. **Journal of Phytomedicine**, 19, 42-47.
- Soran, H. 1975. Ankara, Edirne, Sakarya illerinde kavun solgunluk hastalığı, fungal etmenlerinin tesbiti, dağılımları, bunlardan *Fusarium* türlerinin tanımı ve patojenisiteleri üzerinde araştırmalar. Doçentlik Tezi, **Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi** (Basılmamış).
- Soylu, E.M., Kurt, Ş., and Soylu, S. 2010. *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. **International Journal of Food Microbiology**, 143, 183–189.
- Soylu, E.M., Soylu, S., and Kurt, Ş. 2006. Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. **Mycopathologia**, 161, 119-128.
- Soylu, E.M., Soylu, S., Kara, M. ve Kurt, Ş., 2020. Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, 23(1): 7- 18.
- Soylu, E.M., Tok, M.F., Soylu, S., Kaya, A.D., Evrendilek, G.A., 2005. Antifungal activities of the essential oil on post-harvest disease agent *Penicillium digitatum*. **Pakistan J. Biol Sci**, 8: 25-29.
- Soylu, E.M., Yiğitbaş, H., Tok, M.F., Soylu, S., Baysal, O., and Kaya, A.D., 2005. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Artemisia annua* L. against foliar and soilborne fungal pathogens. **Z. Pflanzenk Pflanze**, 112, 229-239.

- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş. and Soyly, E.M. 2021. Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Zemdirbyste-Agriculture**, 108, 303-312.
- Soylu, S., Yiğitbaş, H., Soyly, E.M., and Kurt, Ş. 2007. Antifungal effects of the essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Applied Microbiology**, 103, 1021-1030.
- SPSS, 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. **Chicago: SPSS Inc.**
- Stević T., T. Šavikin, K., Soković M. Godevac., D., Dimkić. I., and Stanković S., 2014. Antifungal activity of selected essential oils against fungi isolated from medicinal plant. **Industrial Crops and Products Volume**, 55, 116-122.
- Tinivella, F., Hirata, L. M., Celan, M. A., Wright, S. A., Amein, T., Schmitt, A., and Gullino, M. L. 2009. Control of seed-borne pathogens on legumes by microbial and other alternative seed treatments. **European Journal of Plant Pathology**, 123, 139-151.
- Townsend, G.K., Heuberger ve W., J., 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. **Plant Disease Reporters**, 27, 340-343.
- Tserennadmid, R., Takó, M., Galgóczy, L., Papp, T., Pesti, M., Vágvölgyi, C., Almássy, K., and Krisch, J. 2011. Antiyeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. **International Journal of Food Microbiology**, 144, 480-486.
- TÜİK (2022) TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim tarihi 10 Mart, 2024 <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Turp, G.A., Turp, S.M., and Ozdemir, S. 2021. The role of pyroligneous acid for *in vitro* propagation of *Phormiumtenax variegatum* (j. r. forst & g. forst). **Propagation of Ornamental Plants**, 21 (4), 116-122.
- Tuwardzhieva, L. V., 1974, Species composition of causal agents of Fusarium Wilt of melon. **Review of Plant Pathology**, 41, 72-73.
- Ünlü, M., Kurum, R., Polat, İ., Ünlü, A., ve Sülü, G. 2014. Kavun ıslah programında geliştirilen aday hibritlerin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'e moleküler olarak dayanıklılık durumlarının tespiti ve verim değerlerinin belirlenmesi. **Derim**, 31 (2), 1-10.
- Uysal, A., Kurt, Ş., Kara, M., Soyly, E.M. ve Soyly, S. (2024). Turunçgil bahçelerinde meyve dökümüne neden olan fungal patojenlerin tanısı ve bazı bileşiklerinin antifungal etkileri. **KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi**, 27, 1401-1413.
- Wien, H.C., 1997. The Cucurbits: Cucumber, Melon, Squash and Pumpkin. **The Physiology of Vegetable Crops**. CAB International, Wallingford, Oxon, 9, 345-386.
- Yagi T., and Tsukamoto S. 2002. Influence of wood vinegar on phytopathogen. Development of phytopathogenic fungi on the media containing wood vinegar. **Proc Assoc Plant Prot**, 93-98.
- Yıldız, M. 1977. Ege Bölgesinde kavun solgunluk etmeninin patojenisitesi, ırkları ve yerli çeşitlerin dayanıklılıklarının saptanması üzerinde araştırmalar. Doçentlik Tezi, **E.Ü. Ziraat Fakültesi**, Fitopatoloji ve Zirai Botanik Kürsüsü (Basılmamış).
- Yin, A.L., 2008. Isolation and characterization of antioxidant compounds from pyroligneous acid of *Rhizophora apiculata*. PhD Thesis, **Sains University**, Malaysia.

- Yuca, H., Civas, A., Tekman, E., Nadiroglu, R., Karakas, S., Dürüster, S., Keçeci, E.B., Bona, M., Nobarirezaeyeh, M., Aydın, B., Öztürk, G., Sönmez, H.R., Karakaya, S., Demirci, B., and Güvenalp, Z. 2023. Qualitative and quantitative phytochemicals of essential oils and extracts of *Thymbra spicata* subsp. *spicata* L. as a spice for diabetes mellitus. **Flavour and Fragrance Journal**, 38 (5), 378-391.
- Yücel, S., Elekcioglu, İ.H., Can, C., Sogut, M.A., and Ozarslandan, A. 2007. Alternative treatments to methyl bromide in Eastern Mediterranean Region of Turkey. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 31, 47-53.
- Yücel, S., Pala, H., Sarı, N., and Abak, K. 1994. Determination of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* races in the East Mediterranean Region of Türkiye and response of some melon genotypes to the disease. **9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union**, Kuşadası-Türkiye. pp: 87-89.
- Zefzoufi, M., Smaili, A., Fdil, R., Rifai, L.A., Faize, L., Koussa, T., Makroum, K., Ali, A.B., Tabyaoui, M., Mouzdahir, A., Sraidi, K., and Faize, M. 2020. Composition of essential oil of Moroccan *Dysphania ambrosioides* and its antimicrobial activity against bacterial and fungal phytopathogens. **Journal of Plant Pathology**, 102, 47–58.
- Zhou, H., Fu, K., Shen, Y., Li, R., Su, Y. Deng, Y., Xia, Y., and Zhang, N. 2024. Physiological and biochemical mechanisms of wood vinegar-induced stress response against tomato Fusarium wilt disease. **Plants**, 13(2), Number 157.
- Zhou, HY. (Zhou, Hongyin); Fu, KJ. (Fu, Kejian); Shen, Y. (Shen, Yan); Li, RH. (Li, Runhe); Su, YB. (Su, Youbo); Deng, YS. (Deng, Yishu); Xia, YS. (Xia, Yunsheng); Zhang, NM. (Zhang, Naiming), 2024. Physiological and Biochemical Mechanisms of Wood Vinegar-Induced Stress Response against Tomato Fusarium Wilt Disease. **Plants-Basel**, 13(2), 157.
- Zink, F. and Gubler, W. 1986. Inheritance of resistance to races 0 and 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* in a gynoecious muskmelon. **Plant Disease**, 70, 676-678.
- Zulkifli, S.E., Hamzah, M.A.A.M., Yahayu, M., Abd Aziz, A., Hashim, N.M., and Zakaria, Z.A. 2023. Optimisation of microwave-assisted production of acid condensate from palm kernel shell and its biological activities. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 13, 12.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite öğrenimini Hatay ilinde tamamladı. 2015 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü’nü kazandı. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü’nü 2020 yılında mezun oldu. Aynı yılın Eylül ayında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2023 yılında TOBB’ne bağlı **“Tarım ürünleri eksperliği”**ni kazandı ve görevine devam etmektedir.

