



## Turunçgil Bahçelerinde Meyve Dökümüne Neden Olan Fungal Patojenlerin Tanısı ve Bazı Bileşiklerinin Antifungal Etkileri

Aysun UYSAL<sup>1</sup>, Şener KURT<sup>2</sup>, Soner SOYLU<sup>3</sup>, Merve KARA<sup>4</sup>, Emine Mine SOYLU<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi, 31034 Antakya-HATAY

<sup>3,4,5</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 31034 Antakya, Hatay, Türkiye,

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9067-285X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4545-5968>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1002-8958>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-7320-3376>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0001-5961-0848>

✉: aysun.uyosal@mku.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, Hatay ilinde turunçgil bahçelerinde meyve dökümüne neden olan fungal etmenlerin belirlenmesi ve bu patojenlere karşı bor bileşikleri ve pirolignöz asitin (PA) *in vitro* antifungal etkileri araştırılmıştır. Hatay'ın Erzincan, Dörtöyol, Arsuz ve Samandağ ilçelerinde yer alan portakal, mandarin, limon, greylift bahçelerinde yere dökülen meyvelerden toplam 30 adet izolat elde edilmiştir. Elde edilen izolatlardan PDA besi yerinde hastalık izolasyonu yapılmıştır. Sonra bu izolatlardan mikroskop incelemeleri, DNA izolasyonu, PCR ve sekanslama çalışmaları ile teşhisleri yapılmıştır. Morfolojik ve moleküler tanımlama çalışmaları sonucunda *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. karsti*, *Diaporthe foeniculina* meyve dökümlerinden sorumlu hastalık etmenleri olarak teşhis edilmiştir. Yapılan patojenisite denemeleri sonucunda tüm fungal izolatlar patojen olarak belirlenmiştir. Elde edilen fungal etmenler içerisinde en yüksek virülenslik %92.6-88.9 ile *Colletotrichum* spp., tarafından gösterilmiş olup bu türleri %66.7 ile *D. foeniculina*, %55.6 ile *F. oxysporum* ve %44.4 ile *A. alternata* türleri takip etmiştir. Bor bileşikleri ve PA'nın farklı konsantrasyonları (%0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.1, 0.12, 0.15, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5; w/v) elde edilen 5 fungal patojen izolatın misel gelişimi ve konidi çimlenmesi üzerindeki antifungal etkileri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır. Fungal türlerin misel gelişimi, farklı dozlarda borik asit (%0.12), boraks (%0.1), etidot-67 (%0.1) ve PA (%1.5) uygulamaları tarafından tamamen engellenmiştir. Öte yandan borik asit (%0.15), boraks (%0.12), Etidot-67 (%0.12) ve PA (%1.5) uygulamaları, izolatların konidi çimlenmesini önemli ölçüde engellemiştir. Elde edilen fungal türlere karşı EC<sub>50</sub> değerleri, misel gelişimi için %0.059-0.69 ve konidi çimlenme için %0.065-0.82 arasında bulunmuştur. Bu çalışma, Türkiye'de turunçgil meyve dökümlerine neden olan fungal hastalık etmenlerine karşı bor bileşikleri ve PA'nın antifungal etkinliğini araştıran ilk çalışmadır.

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 23.03.2024

Kabul Tarihi : 11.06.2024

### Anahtar Kelimeler

Citrus  
Alternatif mücadele  
Meyve dökümü  
Bor bileşikleri  
Pirolignöz asit

## Identification of Fungal Pathogens Causing Fruit Drop in Citrus Orchards and Antifungal Effects of Some Compounds

### ABSTRACT

This study identified the fungal agents causing fruit drop in citrus orchards in Hatay province and investigated the *in vitro* antifungal effects of boron compounds and pyroligneous acid (PA) against these pathogens. Thirty isolates were obtained from orange, mandarin, lemon, and grapefruit orchards in the Erzincan, Dörtöyol, Arsuz, and Samandağ districts of Hatay. Pathogen isolation was performed on the PDA medium. The isolates were then identified through microscopic examinations, DNA isolation, PCR, and sequencing studies. Morphological and molecular identification revealed *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum karsti*, and *Diaporthe foeniculina* as the disease agents responsible for fruit drop. Pathogenicity tests confirmed all isolates as

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 23.03.2024

Accepted : 11.06.2024

### Keywords

Citrus  
Alternative control  
Fruit drop  
Boron compounds  
Pyroligneous acid

pathogenic. *Colletotrichum* spp. exhibited the highest virulence with 92.6-88.9%, followed by *D. foeniculina* at 66.7%, *F. oxysporum* at 55.6%, and *A. alternata* at 44.4%. The antifungal effects of boron compounds and various concentrations of PA (0.03%, 0.05%, 0.07%, 0.09%, 0.1%, 0.12%, 0.15%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%; w/v) on the mycelial growth and conidial germination of five fungal pathogen isolates were investigated in vitro. Mycelial growth was completely inhibited by boric acid (0.12%), borax (0.1%), ethidote-67 (0.1%), and PA (1.5%). Additionally, boric acid (0.15%), borax (0.12%), Etidot-67 (0.12%), and PA (1.5%) significantly inhibited conidial germination. The EC<sub>50</sub> values for mycelial growth ranged from 0.059% to 0.69%, and for conidial germination, from 0.065% to 0.82%. This is the first study investigating the antifungal activity of boron compounds and PA against fungal pathogens causing citrus fruit drop in Türkiye.

**Atıf İçin :** Uysal, A. Kurt, Ş. Soylu, S., Kara, M. & Soylu E.M. (2024). Turunçgil Bahçelerinde Meyve Dökümüne Neden Olan Fungal Patojenlerin Tanısı ve Bazı Bileşiklerinin Antifungal Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (6) , 1401-1413. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1457700.  
**To Cite:** Uysal, A. Kurt, Ş. Soylu, S., Kara, M. & Soylu E.M. (2024). Identification of Fungal Pathogens Causing Fruit Drop in Citrus Orchards and Antifungal Effects of Some Compounds. *KSU J. Agric Nat* 27 (6) , 1401-1413. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1457700.

## GİRİŞ

Türkiye'de tarım ve kırsal kalkınma planlarında stratejik bir ürün olarak kabul edilen turunçgiller (*Citrus* spp.), ekonomik ihracat değerleri ve yerel tüketimleri göz önüne alındığında, önemli bir meyve grubunu oluşturmaktadır (Uysal ve ark., 2022). Türkiye turunçgil üretiminin türlere göre dağılımı, %41' i mandarin, % 28' i portakal, %24' ü limon, %7' si altıntop şeklinde gerçekleşmiştir. Türkiye'de son yıllarda turunçgil üretimi, 2 milyon 311 bin ton portakal, 2 milyon 953 bin ton mandarin, 2 milyon 325 bin ton limon, yaklaşık 285 bin ton altıntop ve 3 bin 500 ton turunç olmak üzere yaklaşık 7 milyon 878 bin ton olarak kaydedilmiştir. Turunçgil meyve türlerinin üretiminde bir önceki yıla göre mandarinde %58.3, portakalda %74.8 ve limonda %75.8 oranında bir artış sağlanmıştır (Anonim, 2023).

Turunçgil üretim alanlarında verim, kalite ve ihracatı sınırlayan en önemli faktörlerden birisi, bitki hastalıklarından kaynaklanan ekonomik kayıplardır. Dünya genelinde ve Türkiye'de turunçgil üretim sürecinde, fungus ve fungus benzeri organizmalar tarafından oluşturulan çeşitli hastalıklar arasında öne çıkanlar; kahverengi leke (*Alternaria alternata* f.sp. *citri*), uçkurutan (*Plenodomus tracheiphilus* (Petri) L.A. Gruyter, Aveskamp&Verkley.), kahverengi çürüklük ve gövde zamklanması (*Phytophthora citrophthora* (Smith and Smith) Leonian ve son yıllarda artan öneme sahip olan *Colletotrichum* türlerinin neden olduğu antraknoz hastalığıdır (Guarnaccia ve ark., 2017a; Avcı, 2018; Uysal ve ark., 2019; Uysal ve ark., 2022a). Son zamanlarda, turunçgillerde *Diaportheaceae* ve *Botryosphaeriaceae* familyasında yer alan türlerin neden olduğu sakızlanma, geriye doğru ölüm ve kanser hastalıkları ön plana çıkmakta ve ciddi ağaç kayıplarının yaşandığı bildirilmektedir (Batista ve ark., 2021; Bezerra ve ark.,

2021). Türkiye'de limonda meyve çürüklüğüne neden olan *Diaporthe foeniculina*'nın ilk kaydı Tekiner ve ark., (2020) tarafından bildirmiştir.

Turunçgil ağaçlarında meyve dökümü hem iç hem de dış birçok faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu faktörler arasında büyüme düzenleyicilerinin dengesizliği, hastalık ve zararlılar, aşırı sıcak hava, rüzgâr, su stresi, yüksek nem, sel vb. unsurlar sayılabilir. Genel olarak turunçgil ağaçları ilkbaharda bol çiçek açarken, açan çiçeklerin çok azı meyveye dönüşmekte ve hasada kadar olgunluğa erişmektedir. Meyveye dönüşen çiçeklerin dökülmesi büyümenin farklı aşamalarında oluşmaktadır. Turunçgilde dökümler çiçeklenme sonrası döküm (i), Haziran dökümü (ii), ve hasat öncesi dökümü (iii), olmak üzere üç farklı dönemde meydana gelmektedir (Sezer ve ark., 2019).

Meyve dökümü çiçeklenmeden hemen sonra başlar ve çok küçük meyvelerin düşmesine neden olur. Bu dökümün, aşırı tutumdan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu meyve dökümü çiçeklenmeden aylar sonra, haziran ayında aşırı meyve tutumu sırasında oluşur. Toplam döküm, meyvelerin yaklaşık yüzde 10'unu oluşturmaktadır. iii) Olgunlaşma öncesi ve hasat öncesi meyveleri içeren üçüncü döküm neredeyse olgunlaşmış ve hasat edilebilir meyvelerin dökülmesidir. Ağustos ayından olgunlaşma öncesi meyve dökümü olarak başlar ve hasat öncesine kadar devam eder. Bu döküm üretici için ekonomik öneme sahiptir. Çünkü, bu dökümde tamamen büyümüş meyveler dökülmekte ve ağır kayıplara neden olmaktadır (Bishnoi ve ark., 2023).

Dökümlerin en önemli sebeplerinden biri patojenlerden kaynaklı meyve dökümü, genellikle ağustos ayında başlar, hasada kadar devam eder ve eylül ortasından ekim ortasına kadar zirveye ulaşır.

Patojen kaynaklı meyve dökülmesine, farklı fungal etmenler sebep olmaktadır. Bunlardan bilinen en yaygın olanları *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. karsti*, *Diplodia* sp., *Alternaria* sp. ve *Botrytis cinerea* türleri olarak bildirilmektedir (Rattanpal ve ark., 2019).

Turunçgillerin patolojik meyve dökümünün mücadelesinde; hastalıklı, ölü, çürüyen dalların çıkarılarak ağaçların budanması sonrası bordo bulamacı veya bakır oksiklorür 50 WP (3g litre<sup>-1</sup> su) uygulaması ayrıca, ağaçlardaki mumyalanmış hastalık etmeni taşıyan meyvelerin toplanıp toprağa gömülerek imha edilmesi önerilmektedir (Rattanpal ve ark., 2019; Uysal ve ark., 2022b).

Fungisitlerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerinin bilinmesi ve söz konusu sentetik fungisitlere karşı bitki fungal etmenlerinin direnç geliştirme sorunu, bitki hastalıklarının yönetiminde daha güvenli, kalıcı ve çevre dostu alternatiflerin araştırılmasını zorunlu kılmıştır (Conway ve ark., 2005).

Odunun kömüre dönüştürülmesinde kullanılan Retort adı verilen fırınlarda, proliz sürecinde ortaya çıkan yan ürünlerden biri, aynı zamanda “odun sirkesi” olarak da bilinen Pirolognoz asittir (Fengel & Wegener, 1984). Pirolognoz asit (PA), asetik asit, formik asit, metanol, fenol, keton gibi 200’den fazla bileşik içermektedir (Mu ve ark., 2003; Kadota & Nimii, 2004). Son yıllarda yapılan çalışmalar ile PA’nın toprak kalitesini iyileştirdiği, bitki büyümesini düzenleyici etkisinin bulunduğu, hastalık ve zararlıları kontrol ettiği bildirilmiştir (Apai & Thongdeethae, 2002; Mu ve ark., 2003; Chen ve ark., 2020; Uysal, 2024; Kara ve ark., 2024). Bu ürünün, *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *P. aphanidermatum*, *S. homoeocarpa*, *Penicillium* spp., *Phytophthora capsici*, (Numata ve ark., 1994), *Penicillium griseofulvum* (Baimark & Niamsa, 2009); *Sclerotium oryzae*, *Helminthosporium maydis*, *R. solani*, *Colletotrichum gloeosporioides* *Choanephora cucurbitarum* (Chalermnan & Peerapan, 2009); *Pestalotiopsis microspore*, *F. oxysporum*, *R. solanacearum* (Baharom ve ark. 2020), *Trametes versicolor*, *Fomitopsis palustris* (Oramahi & Yoshimura, 2013) ve *Botrytis cinerea* (Chen ve ark. 2020), gibi çeşitli fungal etmenlere karşı etkili olduğu bildirilmiştir.

Pirolognoz asit, Uzakdoğu Asya ülkelerinde temel doğal tarım girdisi olarak hızla kabul görmektedir. Çevre dostu ve bitkilerde büyümeyi teşvik eden bir madde olarak kullanımı ile pek çok fungal hastalıklara karşı biyosit olarak kullanılmasından dolayı tarımsal üretimde fungal hastalıklarla mücadelede pestisitlere karşı alternatif olması önem arz etmektedir. Bunun yanında en önemli özelliklerinden biri, üreticiler açısından kullanım kolaylığı ve girdi maliyetinin düşük olması ürünü cazip kılmaktadır.

Bor, doğada her yerde bulunan, az miktarda bile olsa bitki büyümesini destekleyen ve eksikliği durumunda bitkilerde çeşitli belirtilere ve bozukluklara neden olabilen temel bir mikro elementtir (Lieten, 2002; Shi ve ark., 2011; Dibek ve ark., 2020). Türkiye, 3.3 milyon tonluk üretimle dünyanın en yüksek bor rezervine sahip olup, ülkemizi Rusya, Güney Amerika ve ABD takip etmektedir (Eti Maden, 2021). Bor bileşikleri arasında boraks veya sodyum tetraborat dekahidrat, disodyum oktaborat tetrahidrat, borik asit, bor oksit, bor karbür, bor nitrür, bor triklorür, bor tribromür ve bor triflorür (Tenmak-Boren) bulunmaktadır. Bor, çeşitli formlarda (borik asit, boraks, etidot vb.), şeftalilerde kahverengi çürüklüğün (*M. laxa*) neden olduğu meyve çürüklüğü (Thomidis & Exadaktylo, 2010) ve nektarin gibi sert çekirdekli meyve türlerinde fungal meyve hastalıklarına (Thomidis ve ark. 2015), elmada mavi küfe neden olan *Penicillium expansum*’a (Erper ve ark. 2019a), kabaklarda kök ve kök boğazı çürüklüğü oluşturan *R. solani*’ye (Erper ve ark., 2019b), bor ürünlerinin ve pirolignöz asit bileşiğinin kayısı ve bademde çiçek ve sürgün yanıklığı etmeni *Monilinia laxa*’ya karşı etkili olduğu saptanmıştır (Uysal, 2024).

Türkiye’de yetiştirilen turunçgil ağaçlarında zaman zaman şiddetli verim kayıplarına ve meyve dökümlerine sebep olan biyotik faktörler konusunda yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu faktörler arasında fungal enfeksiyonlara bağlı meyve dökümlerinin nedeni ve etmenleri ile bunların çözümü noktasında yapılacak olan bir çalışma, kaliteli ve verimli bir turunçgil üretimi için kaçınılmaz bir durum arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, turunçgil üretim alanlarında gözlenen patolojik meyve dökümlerine sebep olan fungal etmenler, morfolojik ve moleküler yöntemlerle belirlendikten sonra patojen olan fungal türler ile mücadelede alternatif yöntemlerden PA ve bor bileşiklerinin etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOD

### Fungal izolatlar

**Fungal izolasyon:** Hatay’ın Erzin, Dörtöyol, Arsuz ve Samandağ ilçelerindeki turunçgil bahçelerindeki portakal, mandarin ve altıntop (greyfurt) türlerinde Ekim-Kasım 2021 ve Mart-Ağustos 2022 aylarında ağaçlar, çiçek ve meyve dökümleri yönünden kontrol edilerek toplam 30 meyve bahçesinde tesadüfi örneklemeler yapılmıştır (Uysal ve ark., 2022). Enfeksiyon nedeni ile oluşmuş klorotik veya nekrotik dokuları içeren bitki parçaları, steril bir bistüri ile kesilmiştir. 1-2 mm büyüklüğündeki doku parçaları, %75’lik etanol içerisinde 1 dakika yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır (Uysal & Kurt, 2019). Bu doku parçaları, steril distile suda çalkalanıp steril kurutma kağıtlarında 15-30 dk kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan parçalar, genel besi ortamı



olan Patates Dekstroz Agar (PDA, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) içeren Petri kaplarına (90 mm) transfer edilmiştir. Besi ortamlarına bakteriyel bulaşmaları önlemek için streptomisin sülfat ( $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) eklenmiştir. Petri kapları,  $25^\circ\text{C}$ 'de 5 gün boyunca inkübe edilmiş ve gelişen kolonilerden PDA ortamına saflaştırmalar yapılmıştır (Uysal, 2019; Uysal & Kurt, 2019; Kurt ve ark., 2020a).

**Morfolojik tanılama:** Morfolojik özellikler kullanılarak hastalıklara neden olduğu düşünülen fungal izolatların ön teşhisleri yapılmıştır. Bu amaçla, inkübasyondan 10 gün sonra koloni özellikleri (misel gelişiminin üst ve alt yüzeylerinin renkleri), büyüme hızı (mm), konidial boyutlar ve PDA üzerindeki pigment oluşumları değerlendirilmiştir (Guarnaccia & Crous, 2017; Uysal ve ark., 2022; Güler Güney ve ark., 2023; Soylu ve ark., 2024).

**Moleküler tanılama:** Tek sporlu kültürlerden geliştirilen temsili 10 izolatın 5-7 günlük fungus kültürlerinden QIAGEN DNeasy (50) Plant mini kit (Qiagen Inc., Valencia, CA) kullanılarak genomik DNA ekstraksiyonu yapılmıştır. Tüm DNA çözeltilerinin konsantrasyonları Qubit 2.0 Florometre (Thermo Fisher Scientific, Witham, MA, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. ITS-rDNA bölgesi, evrensel primerler ITS1 (CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA) ve ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) kullanılarak (White ve ark., 1990; Soylu ve ark., 2024) termal döngü işlemleriyle desteklenmiştir. PCR, 25  $\mu\text{L}$  reaksiyon toplam hacmi, 1,25 U Taq DNA polimeraz (Thermo Fisher Scientific), 5  $\mu\text{L}$  10x tampon, 0,5  $\mu\text{L}$  50 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,75  $\mu\text{L}$  10 mM dNTP, her primerden 10 pmol, 10-20 ng genomik DNA ile gerçekleştirilmiştir. Amplifikasyonlar 3 dak. süreyle  $95^\circ\text{C}$ , ardından 30 sn. süreyle  $95^\circ\text{C}$ 'lik 35 döngü,  $55^\circ\text{C}$  ve  $72^\circ\text{C}$ 'de 1 dak. süreyle 45 sn. ve 10 dak. süreyle  $72^\circ\text{C}$ 'lik son uzama aşaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. PCR ürünlerinden gen dizilemesi yaptırılmış ve nükleotid dizileri elde edilmiştir. Tüm diziler, standart nükleotid Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) programı (Boratyn ve ark. 2013) kullanılarak National Centre for Biotechnology Information (NCBI) tarafından alınan GenBank Nükleotid Veri Tabanında saklanan dizilerle karşılaştırılarak tür tanıları gerçekleştirilmiştir. Bu fungal izolatlar, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde kullanılıncaya kadar daha uzun süreli depolama için gliserollü PDA içeren 1,5 mL'lik tüplerde  $-80^\circ\text{C}$ 'de üç seri halinde muhafaza edilmiştir (Kurt ve ark., 2020b).

### Patojenisite testleri

Fungal izolatların patojenisitesi için, portakal (washington çeşidi) mandarin (satsuma çeşidi) ve limon (interdonato çeşidi) meyveleri kullanılmıştır. Meyve dökümüne neden olduğundan kuşkulanan fungus türlerini temsil eden 5 izolat (MFo15, OAa11,

OCg8, MCk6, LDf5), Hatay turuncgil bahçelerinden toplanan meyveler, Aiello ve ark. (2015) ve Guarnaccia ve ark. (2017)'dan uyarlanmış yara/damla yöntemine göre ve her bir izolat için 9 meyve olacak şekilde inokule edilmiştir. Meyveler %70'lik etanole daldırılarak dezenfekte edilmiş ve iki kez steril suyla durulanmıştır. Steril bir pipet ucu ile meyvelerin ekvatorial bölgesinden 3'er adet (2-3 mm çap) yaralar açılmıştır. Fungal izolatların PDA ortamında  $25^\circ\text{C}$ 'de 10 gün boyunca geliştirilen kültürlerinden  $1 \times 10^6$  konidi  $\text{mL}^{-1}$  konsantrasyonda spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Meyvedeki her bir inokülasyon noktasına, hazırlanan spor süspansiyonundan 10  $\mu\text{L}$  enjekte edilmiştir. Kontrol grubu meyvelere ise sadece saf su uygulaması yapılmıştır. İnoküle edilmiş ve kontrol meyveleri, plastik kaplara yerleştirilmiş ve plastik polietilen torbalar içerisinde inkübe edilmiştir. Hastalık değerlendirilmesi, inokülasyondan 10 gün sonra gerçekleştirilen hastalık değerlendirmelerinde, her izolat için enfekteli inokülasyon noktalarının yüzdesi hesaplanmıştır (Tekiner ve ark., 2020). Bu yüzde değer  $[(\%) = (\text{enfekte olmuş inokülasyon noktaları} / \text{inokülasyon noktaları}) \times \%100]$  formülü ile değerlendirilmiştir

### Bor ve PA bileşiklerinin fungal patojenlerin misel gelişimi üzerine etkileri

Bor bileşikleri (Borik asit-  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , Boraks-disodyum tetraborat dekahidrat-  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ve Etidot 67 disodyum oktaborat tetrahidrat-  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) Eti Maden işletmesinden temin edilmiştir. PA (Pirolognoz asit-odun sirkesi), okaliptüs ağacı odunlarının  $450^\circ\text{C}$ 'de gazlaştırma teknolojisi ile fırınlarda yakılmasıyla biyokömür ve pirolignöz asit ürünleri özel bir firmadan (Düzce, Türkiye) temin edilmiştir (Uysal, 2024; Kara ve ark., 2024). Bor bileşikleri borik asit, boraks-disodyum tetraborat dekahidrat, Etidot-disodyum oktaborat tetrahidratın ve PA tekli ve kombinasyon halinde farklı tür, lokasyon ve konukçuyu temsil eden fungal patojenlerin misel gelişimi üzerine etkileri, PDA besisi yerinde *in vitro* koşullardan incelenmiştir. Misel büyümesi çeşitli konsantrasyonlarda, borik asit (0.03, 0.05, 0.07, 0.1 ve 0.12 w/v), boraks (0.03, 0.05, 0.07, 0.09 ve 0.1), Etidot (0.03, 0.05, 0.07, 0.09 ve 0.1 w/v), PA (0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) (Spiegel & Stammler 2006; Hrustić ve ark. 2018; Durak ve ark. 2021) ve BA+Borax (0.07+0.05) BA+PA (0.08+0.8), Boraks+PA (0.05+0.8), Etidot+PA (0.06+0.8) kombinasyonlarını içeren PDA besisi yerinde fungusların radyal büyümesinin ölçülmesiyle belirlenmiştir (Uysal, 2024). Bu bileşikler, otoklav edilmiş ve  $50^\circ\text{C}$ 'ye soğutulmuş PDA ortamına eklenmiş ve Petri kaplarına (15x90mm) dökülmüştür. Bileşik eklenmeyen PDA kontrol olarak kullanılmıştır. PDA üzerinde 5 gün boyunca aktif olarak gelişen fungus kolonilerinin kenarlarından mantar delici yardımıyla kesilerek çıkarılan misel diskleri (5 mm

çapında) yaklaşık 10 mL PDA içeren Petri kaplarının ortasına miseliyal kısım üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Farklı fungal izolatlarla ait olan kültürler, karanlıkta 25°C'de 7 -10 gün boyunca inkübe edilmiştir. Deneme her bir konsantrasyon ve izolat kombinasyonu için 3 tekrerrür oluşturulmuş ve her bir Petri kabı bir tekrerrür olarak kabul edilmiştir. Denemeye alınan bileşiklerin etkinliğini belirlemek için fungus kolonilerinin gelişim çapları (mm) cetvel yardımıyla ölçülmüş ve aritmetik ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Uysal, 2024).

### Bor ve PA bileşiklerinin fungal patojenlerin konidial çimlenme üzerine etkileri

Ele alınan Bor ve PA bileşiklerinin fungal izolatların konidial çimlenmesine etkileri, borik asit (0.05, 0.07, 0.1, 0.12 ve 0.15 w/v), boraks (0.05, 0.07, 0.09, 0.1 ve 0.12), Etidot (0.05, 0.07, 0.09, 0.1 ve 0.12 w/v), PA (0.5, 0.7, 0.9, 1.2, 1.5 µg mL<sup>-1</sup>) tekli ve BA+Borax (0.07+0.07) BA+PA (0.09+0.8), Boraks+PA (0.07+0.8), Etidot 67+PA (0.07+0.8) kombinasyonlarını içeren PDA ortamındaki fungal konidi sayımları yapılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, thoma lamı kullanılarak 7-10 günlük kültürlerden steril distile su içinde 1x10<sup>6</sup> konidi ml<sup>-1</sup> konsantrasyonda spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Daha sonra farklı ürünler içeren 5 mL WA besi yerine 50 µL spor süspansiyonu aktarılmıştır. Her bir uygulama, tekli ve kombinasyon halinde üç kez

tekrarlanmıştır. Fungal izolatların, 25°C'de karanlıkta 20 saat inkübasyondan sonra, konidial çimlenme yüzdesi (her tedavi için ortalama 100 konidi) ışık mikroskobu (Nikon Eclipse Ni-U, Japonya) altında sayılarak hesaplanmıştır.

### Veri analizi

*In vitro* koşullarda elde edilen veriler, SPSS istatistik programı for Windows Version 17 (SPSS, 2008) kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farklılık düzeyi, Duncan Çoklu Aralık Testi (P≤0.05) ile belirlenmiştir. Bor ve PA bileşiklerinin farklı dozlarının misel gelişimini % 50 düzeyinde engelleyen etkili konsantrasyonları (EC<sub>50</sub>) farklı konsantrasyonlarda elde edilen engelleme değerleri kullanılarak SPSS paket istatistik programı Windows Version 17 (SPSS, 2008) yardımı ile Probit analizi yapılarak belirlenmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Fungal izolatlar

Hatay ili turunçgil üretim alanlarında yürütülen sorveyler sırasında ağaçlardan toplanan meyvelerin sapa bağlanan kısımlarda kahverengileşme-siyahlaşma şeklinde renk değişimleri ve meyve sapında kurumalar şeklinde belirtilerin ortaya çıktığı gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Turunçgil bahçelerinde gözlenen meyve dökümleri ve enfeksiyon belirtileri  
Figure 1. Fruit drops and infection symptoms observed in the citrus orchards

Hatay ili Erzin, Dörtüyl, Arsuz ve Samandağ ilçelerinden hastalık belirtisi gösteren portakal, mandarin, limon ağaçlarından alınan meyve örneklerinden toplam 30 izolat elde edilmiştir. İlçeler bazında incelendiğinde, en fazla izolatin Dörtüyl (10 izolat) ve Arsuz (9 izolat)'da en az izolat Samandağ (4 izolat)'da olduğu belirlenmiştir. Bu izolatlardan 6'sı çiçek dökümlerinden 24'ü ise meyve dökümlerinden elde edilmiştir (Çizelge 1). Ayrıca hastalık etmeni

patojen elde edilemeyen çiçek ve meyvelerde fizyolojik sebeplerden ya da böcek zararlarından dolayı döküm gerçekleştiği saptanmıştır (Çizelge 1).

#### Morfolojik tanılama

Hastalık izolasyonları sonrasında elde edilen funguslar PDA besi yerinde 10 gün boyunca gelişmeleri sağlanarak ön teşhisleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Hatay ilindeki meyve dökümüne neden olan fungal izolatların turunçgil tür ve çeşitleri ile ilişkili bitki dokularına göre dağılımları

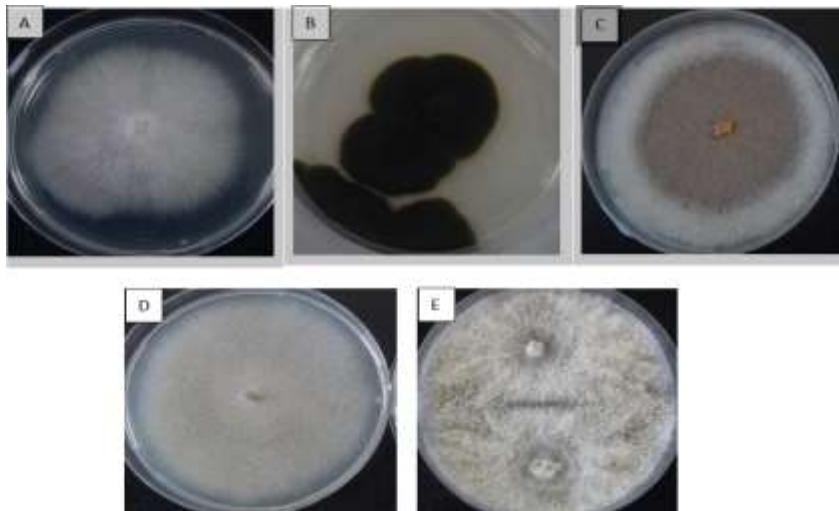
Table 1. Distribution of plant tissues associated citrus species and varieties and of isolates causing fruit drop in Hatay province

| Lokasyon      | Turunçgil türleri | İzolat    | Bitki dokusu |           | Toplam |
|---------------|-------------------|-----------|--------------|-----------|--------|
|               |                   |           | Çiçek        | Meyve     |        |
| Erzin         | Portakal          | 3         |              | 3         | 7      |
|               | Mandarin          | 4         | 1            | 3         |        |
| Dörtyol       | Portakal          | 3         |              | 3         | 10     |
|               | Altıntop          | 4         | 2            | 2         |        |
|               | Mandarin          | 3         | 1            | 2         |        |
| Arsuz         | Portakal          | 4         |              | 4         | 9      |
|               | Mandarin          | 2         |              | 2         |        |
|               | Limon             | 3         | 1            | 2         |        |
| Samandağ      | Mandarin          | 4         | 1            | 3         | 4      |
| <b>Toplam</b> |                   | <b>30</b> | <b>6</b>     | <b>24</b> |        |

Yapılan gözlemler neticesinde, *Fusarium*'un genellikle seyrek bir yapıda olduğu ve krem beyaz renkte miselyal gelişim sergilediği belirlenmiştir. *Alternaria*'nın hifleri kalın ve pamuksu bir yapıda olup miseller ilk başta renksizken daha sonra soluk griden koyu renk yeşile dönmüştür. Konidioforlar tek tek ayrılıp soluk kahverengi olarak gözlemlenmiştir. *Colletotrichum* türleri arasında morfolojik farklılıklar olsa da genel olarak, PDA üzerinde beyaz bir hif gelişimi gözlemlenmiş, ardından gri renge dönüşerek havai miselyumlar oluşturmuştur. Bu miselyumlar arasında turuncu renkli konidiomata yapıları ve siyah renkte eşeysiz üreme organları olan aservuluslar tespit edilmiştir (Uysal ve ark., 2022). *Diaporthe*

olarak tanımlanan koloniler, PDA ortamında beyazdan açık kahverengiye dönüşen bir miselyum meydana getirmiş ve zamanla koyu kahverengiye evrilmiştir. Bununla birlikte, koloni kenarlarında belirgin büyüme halkaları oluşmuş ve koloniler yaşlandıkça siyah renge dönüşmüştür (Tekiner ve ark., 2020).

Bu amaçla, fungusların koloni gelişimleri ve mikroskop altında gözlenen eşeyli ve eşeysiz üreme yapılarının değerlendirilmesi sonucunda bu fungal etmenlerin, *Fusarium*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Diaporthe* cinsine ait türler olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Fungal patojenler: *F. oxysporum* (A), *A. alternata* (B), *C. gloeosporioides* (C), *C. karsti* (D), *D. foeniculina* (E)  
Figure 2. Fungal pathogens: *F. oxysporum* (A), *A. alternata* (B), *C. gloeosporioides* (C), *C. karsti* (D), *D. foeniculina* (E)

### Moleküler tanılama

Fungal DNA izolasyonları sonucunda, genomik DNA miktarları 20-30 ng  $\mu\text{L}^{-1}$  arasında değişkenlik göstermiştir. ITS (Internal Transcribed Spacer) evrensel primer çiftleri kullanılarak yapılan PCR

amplifikasyonu sonucunda, genellikle 450-550 baz çifti büyüklüğünde bantlar elde edilmiştir. Farklı fungal izolatlar arasında %98-100 arasında değişen bir nükleotid benzerlik oranı tespit edilmiş ve bu izolatlar için NCBI GenBank'ta erişim numaraları alınmıştır. (Çizelge 2).

Çizelge 2. Hatay ili turunçgil bahçelerinde meyve dökümüne neden olan temsili fungal izolatlar  
Table 2. Representative fungal isolates causing fruit drop in citrus orchards of Hatay province

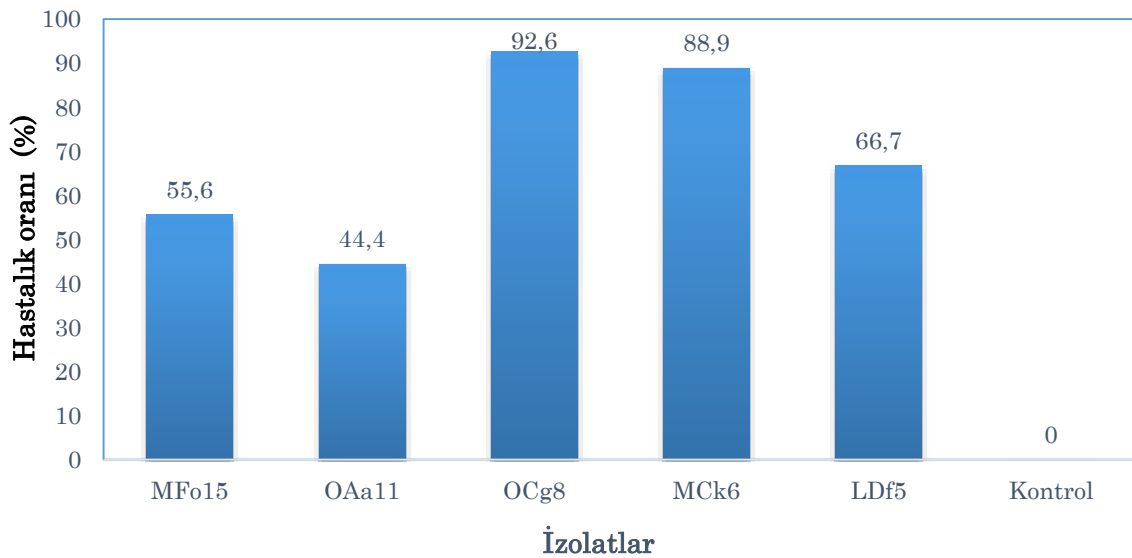
| Fungal izolatlar                      | İzolat No | Lokasyon | Yıl  | Konukçu  | Genbank Erişim numarası |
|---------------------------------------|-----------|----------|------|----------|-------------------------|
| <i>Fusarium oxysporum</i>             | MFo15     | Erzin    | 2021 | Portakal | PP109412                |
| <i>Alternaria alternata</i>           | OAA11     | Erzin    | 2021 | Portakal | PP109410                |
| <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | OCg8      | Dörtyol  | 2020 | Portakal | PP109411                |
| <i>Colletotrichum karsti</i>          | MCK6      | Dörtyol  | 2021 | Mandarin | MH156748                |
| <i>Diaporthe foeniculina</i>          | LDf5      | Arsuz    | 2021 | Limon    | PP109413                |

Moleküler çalışmalar sonucunda fungal izolatların, *F. oxysporum* tür kompleksi, *A. alternata* tür kompleksi, *C. gloeosporioides* tür kompleksi, *C. karsti* ve *D. foeniculina* türlerine ait olduğu kesin olarak tanımlanmıştır.

### Patojenisite testleri

Portakal (washington çeşidi) mandarin (satsuma çeşidi) ve limon (interdonat çeşidi) meyvelerinde gerçekleştirilen patojenisite testlerine göre, tüm fungusların meyvelerde enfeksiyon oluşturduğu gözlenmiştir. Kontrol olarak kullanılan meyvelerde ise herhangi bir enfeksiyon tespit edilmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en fazla hastalık oranı, *C. gloeosporioides* OCg8 ve *C. karsti* MCK6 türleri tarafından oluşturulmuştur. Uysal ve ark. (2022) tarafından yapılmış bir çalışmada, *Colletotrichum* türlerinin turunçgil meyve dökümlerinde en etkin

fungal türler olduğunu bildirmişlerdir. *D. foeniculina* LDf5 fungal etmeni, %66.7 hastalık oranı ile *Colletotrichum* türlerini takip etmiştir (Şekil 3). Benzer şekilde Tekiner ve ark., 2020' de *D. foeniculina*'nın limonda meyve çürüklüğüne neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, *Diaporthe* cinsine ait türlerinde turunçgil ağaçlarında sürgün yanıklığı, kanser, geriye doğru ölüm şeklinde farklı hastalık tipleri de oluşturduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Huang ve ark. 2013; Guarnaccia & Crous, 2017). Bu çalışma ile söz konusu tespit edilen fungal türlerin turunçgil ağaçlarının tüm aksamalarında enfeksiyona neden olmalarının yanı sıra, meyve sapında enfeksiyon oluşturarak meyve dökümüne neden olduğu bu çalışma ile bir kez daha desteklenmiştir. *F. oxysporum* MFo15 ve *A. alternata* OAA11 türlerinin en az hastalık oranı oluşturduğu saptanmıştır. (Şekil 3).



Şekil 3. Meyve dökümüne neden olan fungal türlerin patojenisite testi; meyvelerdeki inokulasyon noktaları yüzdesi [MFo15: *F. oxysporum*, OAA11: *A. alternata*, OCg8: *C. gloeosporioides*, MCK6: *C. karsti*, LDf5: *D. foeniculina*]  
Figure 3. Pathogenicity testing of fungal species that cause fruit drop; percentage of inoculation points on fruits [MFo15: *F. oxysporum*, OAA11: *A. alternata*, OCg8: *C. gloeosporioides*, MCK6: *C. karsti*, LDf5: *D. foeniculina*]

Bu türlerin, bitkiler zayıf düştüğü ve hasat geciktiği zaman enfeksiyon gerçekleştirdiği, yapılan arazi sörveyleri sonucundaki gözlemler ile örtüşmektedir.

### Bor ve PA bileşiklerinin fungal patojenlerinin misel gelişimi üzerine etkileri

Bu çalışmada, bor bileşiklerinin ve PA' nın tekli ve kombinasyonları, turunçgil ağaçlarında meyve dökümüne neden olan patojenlerin misel gelişimi



üzerindeki antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Kullanılan bileşiklerin patojenlerin miseliyal gelişimi (mm) üzerindeki antifungal etkileri Çizelge 3'te gösterilmiştir. Farklı dozlar içeren borik asit (%0.12), boraks (%0.1), Etidot 67 (%0.1) ve PA (%1.5) uygulamalarında patojenlerin miseliyal gelişiminin tamamen engellendiği tespit edilmiştir. Bor ürünlerinden Boraks ve Etidot 67, borik asit uygulamasına göre daha düşük konsantrasyonda fungal miseliyal gelişimi engellediği gözlenmiştir. Bor bileşiklerinin PA ile kombinasyonları incelendiğinde ise, her bir bileşiğin konsantrasyon değerleri daha düşük kullanılarak miseliyal gelişimin engellendiği bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, Etidot 67+PA ve Borax+PA kombinasyonları, en yüksek engelleme oranına sahip uygulamalar olarak belirlenmiştir. Bu durum, üzerinde çalışılan ürünleri bahçe koşullarında kullanırken kombinasyon şeklinde uygulamalara yer verilmesinin daha etkili sonuçlar doğurabileceğini ortaya koymaktadır. (Uysal, 2024). Bor bileşikleri için EC<sub>50</sub> değerleri incelendiğinde, temsili 5 farklı fungal izolatın, %0.059- 0.067 arasında değişen seviyelerde EC<sub>50</sub> değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. PA'nın fungal izolatlar için ortaya koyduğu EC<sub>50</sub> değerleri %0.62-0.69 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 3). Denemede, iki bağımsız deneyden elde edilen veriler ayrı ayrı analiz edilmiş ancak önemli ölçüde farklı değildir (P=0.041). Probit analizi kullanılarak her bileşik için EC<sub>50</sub> değeri (%50 inhibisyon için gereken konsantrasyon) hesaplanmıştır.

### Bor ve PA bileşiklerinin fungal patojenlerinin konidial çimlenme üzerine etkileri

Bor ürünleri ve PA'nın tekli ve kombinasyon halindeki uygulamaları, 5 farklı turuncgil meyve döküm patojeninin konidial çimlenmesine antimikrobiyal etkinliklerini araştırmak için gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4). Elde edilen bulgulara göre farklı konsantrasyonlardaki borik asit (%0.15), Boraks (%0.12) ve Etidot-67 (%0.12) bileşikleri yüksek konsantrasyonlarında, *C. karsti* (MCK6) ve *D. foeniculina* (LDf5)'yı tamamen engellemesine rağmen denemeye alınan diğer patojen fungusların konidial çimlenmesinde çok yüksek etki gözlenmemiştir. Öte yandan PA'nın en yüksek konsantrasyonunda (%1.5) tüm fungal türlerde tamamen engelleme saptanmıştır. Bor bileşiklerinin kombinasyon halinde kullanımı ile düşük konsantrasyonlar da bile yüksek engelleme oranı saptanmıştır. Bor bileşiklerde, 5 fungal patojen izolatın %0.065-0.095 arasında değişen EC<sub>50</sub> değerlerine sahip olduğu görülmüştür. PA'nın EC<sub>50</sub> değerleri %0.66-0.82 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 3). Çalışmada kullanılan alternatif bileşiklerde miseliyal gelişim için hesaplanan değerlere göre konidial çimlenmeyi engellemede belirlenen EC<sub>50</sub> değerlerinin daha yüksek olduğu

saptanmıştır. Elde edilen bu bulgular, Uysal, (2024) tarafından *Monilinia laxa*'ya karşı yapılan uygulamalardan elde edilen EC<sub>50</sub> değerleri ve diğer bulguları ile uyumluluk göstermektedir. Bununla birlikte kış kabaklarında kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan *R. solani*'ye karşı bazı bor bileşiklerinin belirgin bir şekilde yararlı olabileceğini ortaya koyan Erper ve ark. (2019b)'nın bulguları, bu çalışmada elde edilen verileri destekler niteliktedir. Benzer bir çalışmada (Baharom ve ark., 2020), hindistan cevizi kabuğu, karambola ve mangodan hazırlanan PA'nın, *F. oxysporum*, *C. gloeosporioides*, *Pestalotiopsis microspora* ve *Ralstonia solanacearum*'a karşı önemli antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının, PA'nın potansiyel yönü ile bağlantılı bir şekilde mevcut araştırmanın verilerini doğrulayarak uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Üç farklı üründen elde edilen PA'ların, soğan patojeni *Fusarium proliferatum*'a karşı yapılan antifungal etkinlik çalışmasında, kayısı çekirdeğinden üretilen PA'nın misel büyümesi için 3.5 µL mL<sup>-1</sup> ve konidial çimlenme için 1.0 µL mL<sup>-1</sup> konsantrasyon değerlerinde en etkili PA olarak bildirilmiştir (Kara ve ark., 2024). Denemede, iki bağımsız deneyden elde edilen veriler ayrı ayrı analiz edilmiş ancak önemli ölçüde farklılık görülmemiştir (P = 0.037). Probit analizi kullanılarak her bileşik için EC<sub>50</sub> değeri (%50 inhibisyon için gereken konsantrasyon) hesaplanmıştır.

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada kayısı çekirdeği, kermes meşe ağacı ve fındık kabuğu gibi 3 farklı bitki atıklarından elde edilen PA'nın antifungal etkinliği soğanlarda önemli toprak kökenli fungal hastalık etmeni *F. proliferatum*'a karşı araştırılmıştır (Kara ve ark., 2024). Yapılan GC-MS analizleri sonucunda farklı bitkilerden elde edilen PA'ların ana bileşenlerinin 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 fenol (%2.34–7.90) olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmalarda kullanılan okaliptüs PA'nın ana kimyasal bileşenlerinin ise yakın zamanda yapılmış bir diğer çalışmada 2-methoxy-4-methylphenol (%18.78), fenol, 2-methoxy (%27.68) ve kaempferol (%3.12) olduğu bildirilmiştir (Uysal, 2024). PA' lardaki isli durumun genelde içeriğinde yüksek oranda bulunan fenolik bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Grewal ve ark., 2018). Farklı bitkisel kaynaklı PA ve kimyasal ana bileşenlerinden farklı fenoliklerin bitki patojeni fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerine karşı *in vitro* ve *in vivo* antimikrobiyal etkinlikten sorumlu olduğu yapılmış önceki bir çok çalışmada bildirilmiştir (Gao ve ark., 2021; Bouket ve ark., 2022; Sivaram ve ark., 2022; Pertile & Frac, 2023; Kara ve ark., 2024).

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut çalışma, turuncgil ağaçlarında gözlenen



patolojik meyve dökümlerine sebep olan fungal etmenler, bunların morfolojik ve moleküler yöntemlerle tanısı ile mücadelede alternatif yöntemlerden PA ve bor bileşiklerinin fungal patojenlere karşı etkinlikleri ortaya koymaktadır. Tarımsal üretimde karşılaşılan bitki sağlığı sorunlarının çözümünde sıklıkla başvurulmuş yöntemlerin başında gelen kimyasal pestisit kullanımının insan sağlığına ve çevreye olan zararlı etkileri göz önüne alınarak çevre dostu ve organik kökenli PA ve bor bileşiklerinin sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak amacıyla kullanımına

yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda değerlendirildiğinde çalışmanın, turuncu patojenlerine karşı dünyada ve Türkiye’de ilk kez yürütülmesi sebebiyle özgün ve etkin nitelikler taşıdığı aşikardır. Kimyasal pestisitlerin tarımda yaygın kullanımı, halk sağlığı endişelerini artırırken, bazı funguslar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından tehlikeli olarak sınıflandırılmış ve Avrupa Birliği’nde yasaklanmıştır. Bu nedenle, organik ürünler, bitki hastalıklarını kontrol etmek için kimyasal olmayan, çevre dostu bir alternatif olarak önerilmektedir.

Çizelge 3. Farklı konsantrasyonlarda seçilmiş olan bileşiklerin, fungal izolatların miselyal gelişimi üzerine *in vitro* antifungal etkileri

Table 3. *In vitro* antifungal effects of compounds selected at different concentrations on mycelial growth of fungal isolates

| Bileşikler                    | Kons.            | Fungal patojenlerin miselyal gelişimi (mm)* |                             |                            |                            |                             |
|-------------------------------|------------------|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                               |                  | MFo15                                       | OAA11                       | OCg8                       | MCK6                       | LDF5                        |
| <b>Borik asit</b><br>(%, w/v) | <b>0.0</b>       | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>                    | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>    | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>    |
|                               | <b>0.03</b>      | 64.0 (±0.5) <sup>eB</sup>                   | 61.4 (±0.2) <sup>eA</sup>   | 61.5 (±0.2) <sup>eA</sup>  | 60.6 (±0.1) <sup>eA</sup>  | 57.5 (±0.2) <sup>eA</sup>   |
|                               | <b>0.05</b>      | 48.0 (±0.0) <sup>dA</sup>                   | 50.7 (±0.1) <sup>dA</sup>   | 50.7 (±0.3) <sup>dA</sup>  | 52.2 (±0.1) <sup>dB</sup>  | 48.7 (±0.1) <sup>dA</sup>   |
|                               | <b>0.07</b>      | 33.0 (±0.5) <sup>cB</sup>                   | 34.7 (±0.0) <sup>cC</sup>   | 29.5 (±0.1) <sup>cA</sup>  | 35.6 (±0.2) <sup>cC</sup>  | 25.5 (±0.1) <sup>cA</sup>   |
|                               | <b>0.1</b>       | 18.7 (±0.2) <sup>bC</sup>                   | 17.8 (±0.1) <sup>bC</sup>   | 13.6 (±0.2) <sup>bA</sup>  | 15.3 (±0.3) <sup>b</sup>   | 12.9 (±0.4) <sup>bA</sup>   |
|                               | <b>0.12</b>      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>                      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.062±0.5</b>                            | <b>0.062±0.5</b>            | <b>0.060±0.6</b>           | <b>0.062±0.5</b>           | <b>0.059±0.6</b>            |
| <b>Boraks</b><br>(%, w/v)     | <b>0.0</b>       | 80.0 (±0.0) <sup>f</sup>                    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    |
|                               | <b>0.03</b>      | 68.7 (±0.3) <sup>cC</sup>                   | 66.5 (±0.3) <sup>cdB</sup>  | 65.0 (±0.0) <sup>cdA</sup> | 69.4 (±0.3) <sup>cdD</sup> | 65.1 (±0.3) <sup>cdA</sup>  |
|                               | <b>0.05</b>      | 58.9 (±0.2) <sup>dD</sup>                   | 55.6 (±0.4) <sup>bcB</sup>  | 56.7 (±0.3) <sup>bcC</sup> | 52.6 (±0.5) <sup>cA</sup>  | 52.6 (±0.4) <sup>cA</sup>   |
|                               | <b>0.07</b>      | 35.3 (±0.3) <sup>cCD</sup>                  | 36.1 (±0.5) <sup>bcD</sup>  | 32.7 (±0.3) <sup>bcA</sup> | 34.0 (±0.5) <sup>bcB</sup> | 34.8 (±0.1) <sup>bcBC</sup> |
|                               | <b>0.09</b>      | 19.0 (±0.5) <sup>bB</sup>                   | 21.0 (±0.0) <sup>abC</sup>  | 19.3 (±0.2) <sup>abB</sup> | 11.3 (±0.2) <sup>abA</sup> | 11.9 (±0.3) <sup>abA</sup>  |
|                               | <b>0.1</b>       | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>                      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.064±0.7</b>                            | <b>0.063±0.5</b>            | <b>0.063±0.6</b>           | <b>0.060±0.7</b>           | <b>0.061±0.7</b>            |
| <b>Etidot-67</b><br>(%, w/v)  | <b>0.0</b>       | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>                    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    |
|                               | <b>0.03</b>      | 73.9 (±0.1) <sup>cdD</sup>                  | 70.7 (±0.8) <sup>cdC</sup>  | 70.1 (±0.0) <sup>cdC</sup> | 67.5 (±0.3) <sup>bcA</sup> | 68.6 (±0.5) <sup>bcB</sup>  |
|                               | <b>0.05</b>      | 57.3 (±0.5) <sup>bcdB</sup>                 | 58.3 (±0.2) <sup>bcB</sup>  | 58.6 (±0.4) <sup>bcB</sup> | 53.0 (±0.1) <sup>bA</sup>  | 54.2 (±0.5) <sup>bA</sup>   |
|                               | <b>0.07</b>      | 34.0 (±0.5) <sup>bcB</sup>                  | 37.9 (±0.5) <sup>bcC</sup>  | 34.9 (±0.5) <sup>bcB</sup> | 29.0 (±0.2) <sup>abA</sup> | 28.3 (±0.3) <sup>abA</sup>  |
|                               | <b>0.09</b>      | 19.0 (±0.0) <sup>abBC</sup>                 | 20.0 (±0.0) <sup>abC</sup>  | 18.3 (±0.2) <sup>abB</sup> | 13.6 (±0.1) <sup>aA</sup>  | 13.2 (±0.1) <sup>aA</sup>   |
|                               | <b>0.1</b>       | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>                      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.065±0.6</b>                            | <b>0.067±0.6</b>            | <b>0.066±0.6</b>           | <b>0.060±0.6</b>           | <b>0.061±0.6</b>            |
| <b>PA</b><br>(%, w/v)         | <b>0.0</b>       | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>                    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>   | 80.0 (±0.0) <sup>d</sup>    |
|                               | <b>0.3</b>       | 70.1 (±0.1) <sup>cdC</sup>                  | 73.9 (±0.3) <sup>cdD</sup>  | 67.0 (±0.5) <sup>cdA</sup> | 69.3 (±0.1) <sup>cdB</sup> | 67.0 (±0.3) <sup>cdA</sup>  |
|                               | <b>0.5</b>       | 57.0 (±0.1) <sup>bcB</sup>                  | 59.6 (±0.1) <sup>bcdC</sup> | 58.0 (±0.6) <sup>bcB</sup> | 54.7 (±0.3) <sup>bcA</sup> | 54.6 (±0.5) <sup>bcA</sup>  |
|                               | <b>0.7</b>       | 40.0 (±0.3) <sup>bcD</sup>                  | 39.0 (±0.5) <sup>bcD</sup>  | 36.7 (±0.3) <sup>bcC</sup> | 32.3 (±0.1) <sup>bcB</sup> | 31.0 (±0.7) <sup>bcA</sup>  |
|                               | <b>1.0</b>       | 22.6 (±0.1) <sup>abC</sup>                  | 23.0 (±0.0) <sup>abC</sup>  | 20.6 (±0.1) <sup>abB</sup> | 15.9 (±0.2) <sup>abA</sup> | 16.4 (±0.2) <sup>abA</sup>  |
|                               | <b>1.5</b>       | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>                      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>     | 0.0(±0.0) <sup>a</sup>      |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.68±0.5</b>                             | <b>0.69±0.5</b>             | <b>0.67±0.5</b>            | <b>0.63±0.5</b>            | <b>0.62±0.5</b>             |
| <b>BA+</b>                    | <b>0.07+0.05</b> | 5.0 (±0.0) <sup>BC</sup>                    | 7.3 (±1.4) <sup>C</sup>     | 6.0 (±1.0) <sup>C</sup>    | 1.6 (±1.5) <sup>AB</sup>   | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>     |
| <b>Boraks</b>                 |                  |   |                             |                            |                            |                             |
| <b>BA+PA</b>                  | <b>0.08+0.8</b>  | 7.3 (±1.4) <sup>B</sup>                     | 7.0 (±1.0) <sup>B</sup>     | 3.3 (±1.6) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.01) <sup>A</sup>    |
| <b>Boraks+</b>                | <b>0.05+0.8</b>  | 5.6 (±0.6) <sup>B</sup>                     | 4.6 (±2.0) <sup>B</sup>     | 5.0 (±0.0) <sup>B</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>     |
| <b>PA</b>                     |                  |   |                             |                            |                            |                             |
| <b>Etidot</b>                 | <b>0.06+0.8</b>  | 1.6 (±1.6) <sup>A</sup>                     | 3.6 (±1.8) <sup>A</sup>     | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>A</sup>     |
| <b>67+PA</b>                  |                  |   |                             |                            |                            |                             |

[MFo15: *F. oxysporum*, OAA11: *A. alternata*, OCg8: *C. gloeosporioides*, MCK6: *C. karsti*, LDF5: *D. foeniculina*]

Boraks (Disodium tetraborate decahydrate); Etidot-67 (Disodium octaborate tetrahydrate); BA (Borik asit); PA (Pirrolignöz asit)

\*Her sütun veya satırda sırasıyla farklı küçük veya büyük harflerle takip edilen ortalama değerler (n=3), Duncan Çoklu Aralık Testine göre anlamlı derecede farklıdır (P<0.05)

Çizelge 4 Farklı konsantrasyonlarda kullanılan bileşiklerin fungal izolatların konidi çimlenmesi üzerine *in vitro* etkileri

Table 4. *In vitro* effects of compounds used at different concentrations on conidial germination of fungal isolates

| Bileşikler                    | Kons.            | Fungal patojenlerin konidi çimlenmesi |                            |                            |                           |                           |
|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                               |                  | MFo15                                 | OAa11                      | OCg8                       | MCK6                      | LDf5                      |
| <b>Borik asit</b><br>(%. w/v) | <b>0.0</b>       | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>              | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  |
|                               | <b>0.05</b>      | 88.6 (±0.6) <sup>eD</sup>             | 90.0 (±0.9) <sup>eD</sup>  | 81.0 (±0.2) <sup>eC</sup>  | 77.0 (±0.8) <sup>eB</sup> | 71.6 (±1.4) <sup>eA</sup> |
|                               | <b>0.07</b>      | 70.0 (±0.0) <sup>dBC</sup>            | 72.6 (±0.6) <sup>dC</sup>  | 67.6 (±1.2) <sup>dB</sup>  | 62.6 (±1.2) <sup>dA</sup> | 60.3 (±0.3) <sup>dA</sup> |
|                               | <b>0.1</b>       | 50.3 (±0.3) <sup>cC</sup>             | 50.6 (±1.0) <sup>cC</sup>  | 48.3 (±0.3) <sup>cB</sup>  | 43.6 (±0.8) <sup>cA</sup> | 42.3 (±0.3) <sup>cA</sup> |
|                               | <b>0.12</b>      | 30.6 (±0.6) <sup>bB</sup>             | 32.0 (±0.0) <sup>bB</sup>  | 30.3 (±0.3) <sup>bB</sup>  | 24.6 (±0.5) <sup>bA</sup> | 23.0 (±1.5) <sup>bA</sup> |
|                               | <b>0.15</b>      | 13.3(±0.9) <sup>aC</sup>              | 15.0 (±0.0) <sup>aC</sup>  | 6.0(±1.2) <sup>aB</sup>    | 0.0(±0.0) <sup>aA</sup>   | 0.0(±0.0) <sup>aA</sup>   |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.093±0.4</b>                      | <b>0.095±0.4</b>           | <b>0.087±0.3</b>           | <b>0.080±0.4</b>          | <b>0.076±0.3</b>          |
| <b>Boraks</b><br>(%. w/v)     | <b>0.0</b>       | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>              | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  |
|                               | <b>0.05</b>      | 91.6 (±1.6) <sup>eC</sup>             | 91.6 (±1.6) <sup>eC</sup>  | 85.0 (±0.0) <sup>eB</sup>  | 75.3 (±0.3) <sup>eA</sup> | 75.0 (±0.0) <sup>eA</sup> |
|                               | <b>0.07</b>      | 76.3 (±0.6) <sup>dC</sup>             | 78.3 (±1.4) <sup>dC</sup>  | 70.0 (±0.0) <sup>dB</sup>  | 62.6 (±1.4) <sup>dA</sup> | 60.3 (±0.3) <sup>dA</sup> |
|                               | <b>0.09</b>      | 53.6 (±1.3) <sup>cC</sup>             | 50.3 (±0.3) <sup>cB</sup>  | 52.6 (±0.3) <sup>cC</sup>  | 48.3 (±0.3) <sup>cB</sup> | 40.3 (±0.3) <sup>cA</sup> |
|                               | <b>0.1</b>       | 31.6 (±0.8) <sup>bD</sup>             | 27.6 (±2.6) <sup>bCD</sup> | 24.0 (±0.5) <sup>bBC</sup> | 21.6 (±0.3) <sup>bB</sup> | 11.9 (±0.1) <sup>bA</sup> |
|                               | <b>0.12</b>      | 10.0 (±0.0) <sup>aB</sup>             | 11.6 (±1.6) <sup>aB</sup>  | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>   | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.086±0.5</b>                      | <b>0.085±0.5</b>           | <b>0.080±0.5</b>           | <b>0.074±0.5</b>          | <b>0.071±0.5</b>          |
| <b>Etidot-67</b><br>(%. w/v)  | <b>0.0</b>       | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>              | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  |
|                               | <b>0.05</b>      | 90.0 (±0.0) <sup>eD</sup>             | 89.3 (±0.8) <sup>eD</sup>  | 80.6 (±0.6) <sup>eC</sup>  | 75.3 (±0.3) <sup>eB</sup> | 70.0 (±0.0) <sup>eA</sup> |
|                               | <b>0.07</b>      | 70.6 (±0.6) <sup>dC</sup>             | 72.6 (±1.2) <sup>dC</sup>  | 63.0 (±1.5) <sup>dB</sup>  | 50.0 (±0.0) <sup>dA</sup> | 47.6 (±0.3) <sup>dA</sup> |
|                               | <b>0.09</b>      | 46.0 (±1.0) <sup>cD</sup>             | 45.3 (±0.3) <sup>cCD</sup> | 43.6 (±0.3) <sup>cC</sup>  | 30.0 (±0.0) <sup>cB</sup> | 24.3 (±0.6) <sup>cA</sup> |
|                               | <b>0.1</b>       | 23.6 (±0.3) <sup>bD</sup>             | 24.6 (±0.3) <sup>bD</sup>  | 17.6 (±1.3) <sup>bB</sup>  | 20.0 (±0.0) <sup>bC</sup> | 13.2 (±0.1) <sup>bA</sup> |
|                               | <b>0.12</b>      | 8.3 (±0.8) <sup>aC</sup>              | 8.3 (±0.8) <sup>aC</sup>   | 2.6 (±0.3) <sup>aB</sup>   | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.081±0.5</b>                      | <b>0.082±0.5</b>           | <b>0.075±0.5</b>           | <b>0.068±0.5</b>          | <b>0.065±0.5</b>          |
| <b>PA</b><br>(%. w/v)         | <b>0.0</b>       | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>              | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>   | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  | 100.0(±0.0) <sup>f</sup>  |
|                               | <b>0.5</b>       | 86.0 (±1.0) <sup>eD</sup>             | 79.6 (±0.8) <sup>eC</sup>  | 79.6 (±0.3) <sup>eC</sup>  | 75.3 (±1.4) <sup>eB</sup> | 68.0 (±0.9) <sup>eA</sup> |
|                               | <b>0.7</b>       | 65.3 (±0.3) <sup>dD</sup>             | 63.6 (±0.6) <sup>dD</sup>  | 60.0 (±0.0) <sup>dC</sup>  | 52.3 (±1.5) <sup>dB</sup> | 48.6 (±0.6) <sup>dA</sup> |
|                               | <b>1.0</b>       | 43.6 (±0.8) <sup>cC</sup>             | 46.0 (±1.0) <sup>cD</sup>  | 44.0 (±0.5) <sup>cC</sup>  | 30.0 (±0.0) <sup>cB</sup> | 27.3 (±0.6) <sup>cA</sup> |
|                               | <b>1.2</b>       | 16.6 (±1.6) <sup>bBC</sup>            | 19.3 (±0.3) <sup>bC</sup>  | 15.3 (±0.3) <sup>bB</sup>  | 7.6 (±1.3) <sup>bA</sup>  | 5.0 (±0.0) <sup>bA</sup>  |
|                               | <b>1.5</b>       | 0.0 (±0.8) <sup>a</sup>               | 0.0 (±0.0) <sup>a</sup>    | 5.3 (±2.8) <sup>a</sup>    | 0.0 (±0.8) <sup>a</sup>   | 0.0 (±0.0) <sup>a</sup>   |
| <b>EC<sub>50</sub></b>        | -                | <b>0.82±0.4</b>                       | <b>0.80±0.4</b>            | <b>0.78±0.4</b>            | <b>0.70±0.4</b>           | <b>0.66±0.4</b>           |
| <b>BA+</b><br><b>Boraks</b>   | <b>0.07+0.07</b> | 18.3 (±1.6) <sup>B</sup>              | 15.0 (±2.8) <sup>B</sup>   | 5.0 (±2.8) <sup>A</sup>    | 3.3 (±1.6) <sup>A</sup>   | 1.6 (±1.6) <sup>A</sup>   |
| <b>BA+PA</b>                  | <b>0.09+0.8</b>  | 6.6 (±1.6) <sup>AB</sup>              | 10.0 (±2.0) <sup>B</sup>   | 9.3 (±0.6) <sup>B</sup>    | 1.6 (±1.6) <sup>A</sup>   | 1.0 (±1.0) <sup>A</sup>   |
| <b>Boraks+PA</b>              | <b>0.07+0.8</b>  | 3.3 (±1.2) <sup>A</sup>               | 8.3 (±1.6) <sup>B</sup>    | 3.3 (±1.5) <sup>A</sup>    | 1.2 (±1.2) <sup>A</sup>   | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  |
| <b>Etidot</b><br><b>67+PA</b> | <b>0.07+0.8</b>  | 10.0 (±0.0) <sup>B</sup>              | 10.6 (±0.6) <sup>B</sup>   | 1.0 (±1.0) <sup>A</sup>    | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  | 0.0 (±0.0) <sup>aA</sup>  |

[MFo15: *F. oxysporum*, OAa11: *A. alternata*, OCg8: *C. gloeosporioides*, MCK6: *C. karsti*, LDf5: *D. foeniculina*]

Boraks (Disodium tetraborate decahydrate); Etidot-67 (Disodium octaborate tetrahydrate); BA (Borik asit); PA (Piroloignöz asit)

\*Her sütun veya satırda sırasıyla farklı küçük veya büyük harflerle takip edilen ortalama değerler (n=3), Duncan Çoklu Aralık Testine göre anlamlı derecede farklıdır (P<0.05)

Bu sebeple, turuncgillerde meyve dökümüne neden olan fungal hastalık etmenleri ve bunların mücadelesi üzerine araştırmaların sürdürülmesi kaçınılmaz bir durumdur. Bu bağlamda, turuncgil üreticiliğinde ciddi kayıplara sebep olan meyve döküm sorunları tespit edilerek buna neden olan fungal hastalık etmenlerinin kesin tanıları yapılmış ve bunlara karşı *in vitro* düzeyde organik içerikli ürünlerin etkinlikleri belirlenmiştir. Ayrıca bor elementi, bitki gelişimi için gerekli ve zorunlu bir mikroelement olup, yüksek miktarda kullanıldığında bitkilerde toksik etkilere yol açabilmektedir. Bu nedenle, PA ile kombine bor bileşikleri ile yapılan çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda araştırmanın, bahçe koşullarında

meyve dökümü yaşanan alanlarda geniş ölçekli olarak sürdürülmesi zorunluluk arz etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından finansal olarak desteklenmiş (Proje Numarası: 21.GAP.047), ve Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış

olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### KAYNAKLAR

- Aiello, D., Carrieri R., Guarnaccia V., Vitale, A., Lahoz, E., & Polizzi, G. (2015). Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. karsti* causing preharvest disease on *Citrus sinensis* in Italy. *Journal of Phytopathology*, *163*, 168–177. <https://doi.org/10.1111/jph.12299>
- Anonim, (2023). TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Alınma Tarihi: 30 Ocak 2024).
- Apai, W., & Thongdeethae, S. (2002). Wood vinegar: new organic for Thai Agriculture. *The 4th Toxicity Division Conference, Department of Agriculture*, pp. 166-169.
- Avcı, S.E. (2018). *Yeni Kurulan Turunçgil Bahçelerinde Fungal Patojenlerin Belirlenmesi ve Çeşit Duyarlılıklarının Saptanması (Tez no 528953)*. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Baharom, N.A., Rahman, M.H.A., Shahrin, M.S., Suherman, F.H.S., & Masdar, S.N.M. (2020). Chemical composition and antimicrobial activities of wood vinegars from carambola, coconut shells and mango against selected plant pathogenic microorganisms. *Malaysian Journal of Microbiology*, *16*(6), 438–445. <http://dx.doi.org/10.21161/mjm.190652>
- Baimark, Y., & Niamsa, N. (2009). Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets. *Biomass and Bioenergy*, *33*, 994-998. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.04.001>
- Batista, E., Lopes, A., & Alves, A. (2021). What Do We Know about *Botryosphaeriaceae* An Overview of a Worldwide Cured Dataset? *Forests*, *12*, 313. <https://doi.org/10.3390/f12030313>
- Bezerra, J.D.P., Crous, P.W., Aiello, D., Gullino, M.L. Polizzi, G., & Guarnaccia, V. (2021). Genetic Diversity and Pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* Species Associated with Symptomatic Citrus Plants in Europe. *Plants*, *10*, 492. <https://doi.org/10.3390/plants10030492>
- Bishnoi, M., Parkash, J., & Khan, A. (2023). Citrus Fruit Drop: Causes and Management. *Just Agriculture*. *3*(10), 115-120.
- Boratyn, G.M, Camacho, C., Cooper, P.S, Coulouris, G., Fong, A., Ma, N., Madden, T.L., Matten. W.T., McGinnis, S.D., Merezuk, Y., Raytselis, Y., Sayers, E.W., Tao, T., Ye, J., & Zaretskaya, I. (2013). BLAST: a more efficient report with usability improvements. *Nucleic Acids Research*, *41*, 29-33. <https://doi.org/10.1093/nar/gkt282>
- Bouket, A.C., Narmani, A., Tavasolee, A., Elyasi, G., Abdi, A., Naemi, S., Sharifi, K., Oszako, T., Alenezi, F.N., & Belbahri, L. (2022). *In vitro* evaluation of wood vinegar (Pyroligneous Acid) VOCs inhibitory effect against a fungus-like microorganism *Ovatisporangium (Phytophythium)* isolate recovered from tomato fields in Iran. *Agronomy*, *12*, 1609. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071609>
- Chalermisan, Y., & Peerapan, S. (2009). Wood vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. *Asian Journal of Food and Agro-Industry, Special Issue*, S189-S195. <http://www.pyroligneousacid.com.au/wp-content/uploads/2015/04/Wood-vinegar-a-by-product-from-rural-charcoal-kilns-and-its-role-in-plant-protection.pdf>
- Chen, Y.H, Li, YF, Wei, H., Li, X.X., Zheng, H.T., Dong, X.Y., Xu, T.F., & Meng J.F. (2020). Inhibition efficiency of wood vinegar on grey mould of table grapes. *Food Bioscience*, *38*, 100-755. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100755>
- Conway, W.S., Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Saftner, R.A., & Camp, M.J. (2005). Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *36*, 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.01.006>
- Dibek, E., Babayeva, A., Kürkcü, M.S., Akgüç Çöl, N.A., & Çöl, B. (2020). Bor içeren bazı biyoaktif bileşikler. *Boron*, *5* (1), 29- 39. <https://doi.org/10.30728/boron.604069>
- Durak, M. R., Arslan, K., Silan, E., Yıldız, G., & Ozkilinc H. (2021). A novel approach for in vitro fungicide screening and the sensitivity of *Monilinia* populations from peach orchards in Turkey to respiratory inhibitor fungicides. *Crop Protection*, *147*, 105688. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105688>
- Erper, İ., Kalkan, Ç., Kaçar, G., & Türkkın, M. (2019a). Elmada mavi küfe neden olan *Penicillium expansum*'a karşı bazı bor tuzlarının antifungal etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, *34*, 250-258. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.515031>
- Erper, I., Yıldırım, E., & Türkkın, M. (2019b). Antifungal Effect of Boron Compounds Against Three *Rhizoctonia solani* AG-4 Subgroups Causing Root and Crown Rot. *Gesunde Pflanzen*, *71*, 61–71. <https://doi.org/10.1007/s10343-019-00442-0>
- Eti Maden, (2021). Activity Reports. Eti Maden, Ankara <https://www.etimaden.gov.tr/storage/uploads/sunumlar/2022-en/EtiMadenEN/dergi.html> (Alınma Tarihi: 15 Şubat 2024).
- Fengel, D., & Wegener, G. (1984). Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. *Walter de Gruyter*, Berlin. 240-265.



- Gao, T., Zhang, Y., Shi, J., Mohamed, S.R., Xu, J., & Liu, X (2021) The antioxidant guaiacol exerts fungicidal activity against fungal growth and deoxynivalenol production in *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Microbiology*, 12, 762844. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.762844>
- Grewal, A., Abbey, L., & Gunupuru, L.R. (2018). Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- Guarnaccia, V. Groenewald, J.Z. Polizzi, G. & Crous, P.W. (2017). High species diversity in *Colletotrichum* associated with citrus diseases in Europe. *Persoonia- Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 39, 32-50(19). <https://doi.org/10.3767/persoonia.2017.39.02>
- Guarnaccia, V., & Crous, P.W. (2017). Emerging citrus diseases in Europe caused by *Diaporthe* spp. *IMA Fungus*, 8, 317– 334. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.02.07>
- Güler Güney, İ., Tekin, F., Günen, T.U., Özer, G. & Derviş, S. (2023). *Alternaria alternata* causing inner black rot of lemon (Citrus limon) fruits in Turkey: Genetic diversity and characterisation. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125, 101998.
- Hrustić, J., Mihajlović, M., Grahovac, M., Delibašić, G., & Tanović, B. (2018). Fungicide sensitivity, growth rate, aggressiveness and frost hardiness of *Monilinia fructicola* and *Monilinia laxa* isolates. *European Journal of Plant Pathology* 151, 389–400. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1380-9>
- Huang, F., Hou, X., Dewdney, M.M. Fu, Y. Chen, G. Hyde K.D., & Li, H. (2013). *Diaporthe* species occurring on citrus in China. *Fungal Diversity*, 61, 237–250. <https://doi.org/10.1007/s13225-013-0245-6>
- Kadota, M., & Niimi, Y. (2004). Effects of cytokinin types and their concentrations on shoot proliferation and hyperhydricity in vitro pear cultivar shoots. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 72, 261-265. <https://doi.org/10.1023/A:1022378511659>
- Kara, M., Soylu, S., Soylu, E. M. Uysal, A., Kurt, Ş., & 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*. *Gesunde Pflanzen*, 76, 75–85. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00931-3>
- Kurt, Ş., Uysal, A., Soylu, E. M., Kara, M., & Soylu, S. (2020a). Characterization and pathogenicity of *Fusarium solani* associated with dry root rot of citrus in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of General Plant Pathology*, 86, 326–332. <https://doi.org/10.1007/s10327-020-00922-6>
- Kurt, Ş., Soylu, S., Uysal, A., Soylu, E.M., & Kara, M. (2020b). Ceviz gövde kanseri hastalığı etmeni *Botryosphaeria dothidea*'nın tanımlanması ve bazı fungusitlerin hastalık etmenine karşı *in vitro* antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25, 46-56. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.686111>
- Lieten, P. (2002). Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Horticulturae*, 567, 451–454. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.94>
- Mu, J., Uehara, T., & Furuno, T. (2003). Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. *Journal of Wood Science*, 49, 262-270. <https://doi.org/10.1007/s10086-002-0472-z>
- Numata, K., Ogawa, T., & Tanaka, K. (1994). Effect of pyroligneous acid (Wood Vinegar) on several soilborne diseases. *Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society*, 401, 107-110.
- Oramahi, H.A., & Yoshimura, T. (2013). Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from *Vitex pubescens* Vahl. *Journal of Wood Science*, 59, 344-350. <https://doi.org/10.1007/s10086-013-1340-8>
- Pertile, G., & Frac, M. (2023). The Antifungal effect of pyroligneous acid on the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 3080. <https://doi.org/10.3390/ijms24043080>
- Rattanpal, H. S., Singh, G., Arora, A., & Singh, S., (2019). Management of Fruit Drop in Citrus. Department of Fruit Science Punjab Agricultural University- Ludhiana. ISBN: 9789386267757
- Sezer, G., Mısırlı, A., Şen, F., & Acarsoy Bilgin, N. (2019). Turunçgillerde Büyüme Düzenleyici Madde Uygulamalarının Meyve Dökümü ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29(1), 76-83. <https://doi.org/10.18615/anadolu.568879>
- Shi, X. Q, Li, B.Q., Qin, G.Z., & Tian, S.P. (2011). Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. *Plant Disease*, 95, 63–69. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-10-0437>
- Sivaram, A. K., Panneerselvan, L., Mukunthan, K., & Megharaj, M. (2022). Effect of pyroligneous acid on the microbial community composition and Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) in soils. *Soil Systems*, 6, 10. <https://doi.org/10.3390/soil systems6010010>
- Spiegel, J., & Stammer, G. (2006). Baseline sensitivity of *Monilinia laxa* and *M. fructigena* to pyraclostrobin and boscalid. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113(5),199–206.
- SPSS, (2008). SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Gümüş, Y., Soylu, E.M., Kurt, Ş., Üremiş, İ., & Sertkaya, E., (2024). Hatay

- İlinde Yetiştirilen Önemli *Brassicaceous* Sebze Türlerinde Fungal ve Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(4), 839-855. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1383042>
- Tekiner, N., Tozlu, E., & Guarnaccia, V. (2020). First report of *Diaporthe foeniculina* causing fruit rot of lemon in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102, 277. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00413-4>
- Thomidis, T., & Exadaktylou, E. (2010). Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia laxa*) on peaches. *Crop Protection*, 6, 572–576. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.023>
- Thomidis, T., Karagiannidis, N., Stefanou, S., Paresidou, M., & Prodromou, I. (2015) Influence of boron applications on preharvest and postharvest nectarine fruit rot caused by brown rot. *Australasian Plant Pathology*, 46, 177–181. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0474-3>
- Uysal, A. (2019). *Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Turunçgillerde Antraknoz Etmeni Colletotrichum Türlerinin Morfolojik, Patojenik, Moleküler Karakterizasyonu ve Fungisit Duyarlılıkları. (Tez no 547970)*. [Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Uysal, A. (2024). Control of *Monilinia* blossom and twig blight (*Monilinia laxa*) by boron, pyroligneous acid and boscalid. *Journal of Plant Pathology*, 106, 211–223. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01546-3>
- Uysal, A., & Kurt, Ş. (2019). First report of *Colletotrichum karsti* causing anthracnose on citrus in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 101, 753. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00215-0>
- Uysal, A., Kurt, Ş. & Guarnaccia, V. (2022a). Distribution and characterization of *Colletotrichum* species associated with Citrus anthracnose in eastern Mediterranean region of Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 163, 125–141. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02462-5>
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, S., Kara, M., & Soylu E.M. (2022b). Hatay ilinde yer alan turunçgil paketleme tesislerinde meyve ve hava kökenli mikrobiyaya içerisindeki fungal ve bakteriyel türler ile yoğunluklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 340–351. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1095692>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*. In PCR protocols a guide to methods and applications, Academic Press, San Diego. 315–322. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>