



**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**NEKTARİNDE ZAMKLANMA, GÖVDE VE DAL
KANSERİNE NEDEN OLAN *Lasiodiplodia theobromae*'ya
KARŞI FERULİK ASİDİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Seyide Gül TAMBOĞA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Ali ENDES

İkinci Danışman: Doç. Dr. Servet ARAS

ARALIK – 2025

YOZGAT

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

NEKTARİNDE ZAMKLANMA, GÖVDE VE DAL
KANSERİNE NEDEN OLAN *Lasiodiplodia theobromae*'ya
KARŞI FERULİK ASİDİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Seyide Gül TAMBOĞA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Ali ENDES

İkinci Danışman: Doç. Dr. Servet ARAS

ARALIK – 2025

YOZGAT



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Tarım Bilimleri Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı Seyide Gül TAMBOĞA'nın hazırladığı “**Nektarinde Zamklanma, Gövde Ve Dal Kanserine Neden Olan *Lasiodiplodia theobromae*'ya Karşı Ferulik Asidin Etkisinin Araştırılması**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 22/12/2025 pazartesi günü saat 11:00'da yapılmış, tezin onayına **oy birliği** ile karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ali ENDES

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Sümer HORUZ

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Zeliha KAYAASLAN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

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

Prof. Dr. Ümit BUDAK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiki yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğini beyan ederim.

22/12/2025

Seyide Gül TAMBOĞA

ÖN SÖZ

Prunus cinsi, badem, kayısı, kiraz, erik, şeftali ve nektarin gibi meyve ağaç türlerini içermektedir. Nektarin/şeftali, dünya genelinde en çok üretilen üçüncü meyve olup, Türkiye bu alanda önemli bir yere sahiptir; son 30 yılda üretimi iki kat artmıştır ve taze tüketim için %90'dan fazlası iç piyasada kullanılmaktadır. Nektarin, kolay yetiştirilebilirliği ve yüksek besin değeri nedeniyle dikkat çekmektedir. Ancak, iklim değişikliği ve fungal kökenli patojenler gibi faktörler verim kayıplarına yol açmakta, özellikle zamklanma, gövde ve dal kanseri gibi hastalıklar sorun oluşturmakta; mevcut fungusitler etkili olmamaktadır. Bu durum, çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bitkilerin stres faktörlerine karşı savunması, primer ve sekonder metabolitlerle sağlanmakta ve fenolik bileşikler önemli bir rol oynamaktadır. Bu tez çalışması, Türkiye'de yetiştirilen 'Bigtop' nektarin çeşidi üzerinde *Lasiodiplodia theobromae* patojeni ile mücadelede kimyasal kullanılmadan sağlıklı ve sürdürülebilir ürünlerin elde edilmesini hedeflemektedir.

Tez çalışmamın çalışma konusunun belirlenmesinde, denemenin kurulmasında, yürütülmesinde, emeğini esirgemeyen, kıymetli bilgilerini ve tecrübelerini paylaşan, danışman hocam Doç. Dr. Ali ENDES ve Doç. Dr. Servet ARAS'a teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca Yüksek Lisans Tezi Jüri üyelerinden Sayın Doç. Dr. Sümer HOROZ ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zeliha KAYAASLAN'a yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım. Son olarak çalışmama başlamamda beni yüreklendiren, tez dönemimde kaybettiğim rahmetli babama ve yaşamım boyunca bana destek olan, hayatı daha anlamlı kılan değerli eşim Ahmet TAMBOĞA'ya ve biricik kızıma tez çalışma döneminde de desteklerini sürdürdükleri için çok teşekkür ederim.

Seyide Gül TAMBOĞA

22/12/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NEKTARİNDE ZAMKLANMA, GÖVDE VE DAL KANSERİNE NEDEN OLAN *Lasiodyplodia theobromae*'ya KARŞI FERULİK ASİDİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Seyide Gül TAMBOĞA

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: Doç. Dr. Ali ENDES
İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. Servet ARAS

Prunus cinsi badem, kayısı, kiraz, erik, nektarin/şeftali gibi ekonomik öneme sahip ağaç türlerini kapsamaktadır. Türkiye'de nektarin önemli bir üretim artışı göstermiştir ve ülkemiz, dünya nektarin ihracatında ikinci sırada yer almaktadır. Ancak, nektarin ağaçlarında iklim değişikliği ve fungal patojenler zamklanma, gövde ve dal kanseri gibi hastalıklarla verim kaybına ve hatta ağaç ölümlerine sebep olmaktadır. Bu durum sürdürülebilir çözümler geliştirme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dünya ve Türkiye için ilk kez yapılan bu araştırma ile nektarin ağaçlarında zamklanma, gövde ve dal kanseri hastalığına neden olan *Lasiodyplodia theobromae*'ya karşı kimyasal kullanılmadan çevre dostu bir yöntem geliştirmek hedeflenmektedir. Bu çalışmada 'Bigtop' nektarin çeşidi ve Yozgat'tan elde edilen *L. theobromae* izolatu kullanılmıştır. Ferulik asidin 1, 20, 50 ve 100 ppm'lik derişimlerinin fidanlara topraktan uygulanması ile enfeksiyon kontrol edilmiştir. Ferulik asidin uygulanması, *L. theobromae* enfeksiyonunun bitki üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmiştir. Enfeksiyon, bitki büyümesini bozarken, ferulik asit hücre zarı hasarını azaltmış ve reaktif oksijen türlerinin birikimini engellemiştir. 100 ppm ferulik asit, malondialdehit birikimini en düşük seviyeye çekerek gövde kanserinin etkilerini azaltmıştır. Ayrıca, ferulik asit, lignin ve pektin sentezine katkıda bulunarak hücre duvarını güçlendirmiş ve patojenlere karşı bariyer sağlamıştır. Uygulama, ksilem çapını artırarak bitki gelişimini desteklemiş ve fotosentezi artırmıştır. Sonuçlar, ferulik asidin nektarinlerde morfolojik gelişimi desteklediğini ve savunma mekanizmasını tetiklediğini göstermektedir.

2025, xi + 55 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ferulik asit, *Lasiodyplodia theobromae*, Nektarin, Savunma mekanizması

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FERULIC ACID AGAINST *Lasiodiplodia theobromae* CAUSING GUMMOSIS, TRUNK AND BRANCH CANKER ON NECTARINE

Seyide Gül TAMBOĞA

YOZGAT BOZOK UNIVERSITY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL SCIENCES

SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Ali ENDES

CO-SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Servet ARAS

The *Prunus* genus includes economically important tree species such as almond, apricot, cherry, plum, and nectarine/peach. Nectarine production has increased significantly in Türkiye and this country ranks second in global nectarine exports. However, climate change and fungal pathogens cause diseases such as gummosis, trunk and branch canker in nectarine trees, leading to yield losses and even tree deaths. This situation highlights the need to develop sustainable solutions. This research, conducted for the first time in the world and Türkiye, aims to develop an environmentally friendly method without the use of chemicals against *Lasiodiplodia theobromae*, which causes gummosis, trunk, and branch canker in nectarine trees. The ‘Bigtop’ nectarine variety and *L. theobromae* isolate obtained from Yozgat were used in this study. Infection was controlled by applying ferulic acid concentrations of 1, 20, 50, and 100 ppm to seedlings through the soil. The application of ferulic acid minimized the adverse effects of *L. theobromae* infection on the plants. While the infection impaired plant growth, ferulic acid reduced cell membrane damage and prevented the accumulation of reactive oxygen species. 100 ppm ferulic acid reduced the effects of stem canker by lowering malondialdehyde accumulation to the lowest level. Additionally, ferulic acid strengthened the cell wall by contributing to the synthesis of lignin and pectin, thereby providing a barrier against pathogens. The application supported plant growth by increasing xylem diameter and enhanced photosynthesis. The results indicate that ferulic acid supports morphological development in nectarines and triggers the defense mechanism.

2025, xi + 55 Pages

Keywords: Defense mechanism, Ferulic acid, *Lasiodiplodia theobromae*, Nectarine

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU.....	ii
TEZ BEYANI.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Fungal İzolat.....	18
3.1.2. Bitki Materyali.....	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Nektarin Fidanlarının Dikimi	18
3.2.2. Fungal İzolasyon ve Tanılama.....	20
3.2.3. Bitkilere Ferulik Asit Uygulaması.....	21
3.2.4. İnokulum, İnokulasyon ve İnkübasyon	22
3.2.5. Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi.....	23
3.2.6. Morfolojik Tepkilerin Belirlenmesi.....	23
3.2.7. Fizyolojik Tepkilerin Belirlenmesi.....	23
3.2.8. Histolojik Tepkilerin Belirlenmesi	25

3.2.9. İstatistiksel Analiz	25
4. BULGULAR.....	26
4.1. Fungal tanılama	26
4.2. Ferulik Asit Uygulamasının Nektarin Fidelerinde <i>Lasiodiplodia theobromae</i> Patogenezi Üzerine Etkisi.....	27
4.3. Uygulamaların Bitki Morfolojisi Üzerine Etkileri	29
4.4. Uygulamaların Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri	30
4.5. Yaprak Histolojisine Etkileri	32
5. TARTIŞMA	35
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
7. KAYNAKLAR	41

TABLÖLER LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1.	Yıllara göre dünya şeftali/nektarin üretim miktarı (ton) ve bazı ülkelerin şeftali/nektarin üretimine sağladıkları katkı oranı (%)......	2
Tablo 1.2.	Türkiye 2024 yılı nektarin üretimi ve üretime katkı yapan ilk on şehir.....	3
Tablo 4.1.	<i>L. theobromae</i> 'nin nektarin fidelerinde odunsu doku nekrozuna etkisi üzerine varyans analizi.....	29
Tablo 4.2.	<i>L. theobromae</i> enfeksiyonuna karşı ferulik asidin etkisi.....	29
Tablo 4.3.	Uygulamaların Bitki Morfolojisi Üzerine Etkileri.....	30
Tablo 4.4.	Uygulamaların bitki fizyolojisi üzerine etkileri.....	31
Tablo 4.5.	Uygulamaların bitki fizyolojisi üzerine etkileri.....	32
Tablo 4.6.	<i>L. theobromae</i> ve ferulik asit uygulamaların nektarin fidanlarında yaprak histolojisine etkileri.....	34

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Türkiye 2024 yılı toplam sert çekirdekli meyve üretim miktarı.....	3
Şekil 1.2. Fenolik bileşiklerin üretim yolağı.....	7
Şekil 1.3. Şikimik asit bileşenleri	8
Şekil 1.4. Bitkilerde lignin üretim yolağı.....	9
Şekil 3.1. Nektarin fidanlarının siyah torbalara şaşırtılma işlemi.....	19
Şekil 3.2. Denemede kullanılan fidanların bakım işlemi.....	20
Şekil 3.3. Ferulik asit derişimlerinin hazırlanması ve bitkilere uygulanması.....	21
Şekil 3.4. <i>L. theobromae</i> (YBUPd16) izolatının bir yıl-yaşlı dallar üzerine inokulasyonu.....	22
Şekil 3.5. Spektrofotometre çalışmaları.....	24
Şekil 4.1. <i>L. theobromae</i> (YBUPd16) izolatının koloni gelişimi. a: 5, b: 7, c: 14 ve d: 30 gün-yaşlı koloniler.....	26
Şekil 4.2. <i>L. theobromae</i> (YBUPd16) izolatının mikromorfolojisi	26
Şekil 4.3. Farklı ferulik asit dozlarının <i>L. theobromae</i> tarafından neden olunan nektarin gummosis semptomlarının gelişimine ve odun dokuda nekroz oluşumuna etkileri. T0 = Kontrol (Ferulik asit ve <i>L. theobromae</i> ile muamele görmemiş fidanlar), T1= Sadece <i>L. theobrome</i> , T2= 1 ppm Ferulik asit ve <i>L. theobromae</i> , T3= 20 ppm Ferulik asit ve <i>L. theobromae</i> , T4= 50 ppm Ferulik asit ve <i>L. theobromae</i> , T5= 100 ppm Ferulik asit ve <i>L. theobromae</i> ile muamele görmüş fidanlar.	28
Şekil 4.4. Farklı dozlarda ferulik asit uygulamalarının <i>L. theobromae</i> enfeksiyonuna karşı etkisi.....	29
Şekil 4.5. Nektarin yaprağının eni kesiti. a, Yaprak ana damarı; b, Ksilem iletim demetleri; c, Korteks hücreleri.	33

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
m	: Metre
m ³	: Metraküp
m ²	: Metrekare
µm	: Mikrometre
L	: Litre
mL	: Mililitre
µL	: Mikrolitre
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
M	: Molar
mM	: Milimolar
µM	: Mikromolar
kg	: Kilogram
g	: Gram
mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
ppm	: Milyonda bir
°C	: Santigard derece

1. GİRİŞ

Prunus, Rosaceae familyasına ait bir cins olup, badem, kayısı, kiraz, erik, şeftali ve nektarin gibi ağaç ve çalıları kapsar. *Prunus* cinsi, basit mızrak şeklinde yapraklar ve beyaz, pembe veya bazen kırmızı olabilen, beş taç ve çanak yaprağın yanı sıra çok sayıda stament içeren çiçeklerle karakterizedir (Durul & Polat, 2022). *Prunus*'un meyveleri, sulu bir dış mezokarp ve tohumu koruyan sert bir endokarp ile karakterize edilen sert çekirdekli meyveler olarak sınıflandırılır. Dünya genelinde *Prunus* cinsi, çoğunlukla Kuzey Yarımküre'nin ılıman bölgelerinde bulunan yaklaşık 430 kabul görmüş türe sahiptir (Shikha vd., 2024). Bu meyve türlerinden şeftali (*Prunus persica* L.) ve şeftali mutantı nektarin (*Prunus persica* var. *nucipersica*: Tüysüz şeftali) küresel olarak en önemli ılıman sert çekirdekli meyveler arasındadır. Şeftali/nektarin, elma ve armuttan sonra en çok üretilen ılıman iklim meyve türüdür (Siddiq, 2006). Nektarin/şeftali yetiştirilen bölgeler genellikle ılıman ve subtropikal iklimlerde yer alır. Şeftalinin anavatanı Çin olup yaklaşık 3.000 yıl önce Çin'den Asya kıtasındaki tüm ılıman ve subtropikal iklimlere yayılan şeftali, 2.000 yıldan uzun bir süre önce İpek Yolu üzerinden İran'a ve oradan da tüm Avrupa'ya yayılmıştır (Eroğlu & Mısırlı, 2012). Avrupa'dan İspanyol ve Portekizli kâşifler tarafından Amerika kıtasına götürülmüştür. Günümüzde şeftali üreten ana ülkeler arasında Çin, Amerika, Türkiye, İtalya, Fransa, İspanya, Yunanistan, Japonya, Arjantin, Avustralya ve Almanya bulunmaktadır.

Nektarin, şeftalinin botanik bir çeşididir; ancak, nektarin genetiğinde resesif bir genin ifadesi nedeniyle tüysüz meyve kabukları ile ayırt edilirler (Joshi & Bhutani, 1995). Şeftaliler gibi nektarinler de ılıman iklimlerde yetiştirilir. Nektarin ilk olarak 1950'ler ve 1960'larda ABD'nin Kaliforniya eyaletinde geliştirilmiştir (Okie vd., 1985). Pakistan ve Yeni Zelanda çeşitleri (sırasıyla, Quetta ve Lippiat's) ile birkaç büyük meyveli şeftali çeşidinin melezlenmesinden elde edilen ilk ticari nektarin çeşidi 'Le Grand'dır (Ognjanov vd., 2018). Bunu takiben Kaliforniya'da Flavortop, Independence ve Fantasia gibi ilk önemli nektarin çeşitleri ıslah edilmiştir. Avrupa kıtasında nektarinin modern ıslahı, 1970'lerin sonunda, Floransa Üniversitesi'nde yaklaşık 20 yeni nektarin çeşidinin geliştirilmesi ile başlamıştır. Son 40 yılda, Amerika Birleşik Devletleri'nden (özellikle Kaliforniya'dan) çeşitlerin baskın olduğu 300'den fazla yeni nektarin çeşidi ıslah edilmiştir (Couvillon & Krewer, 2018). Şuanki, nektarin üretimi ABD ve Avrupa'daki şeftali üretim seviyesine yaklaşmaktadır. Dolayısıyla, dünya pazarı on yıllar içinde ağırlıklı olarak sarı etli asitli şeftalilerden, düşük veya yüksek asitli, beyaz veya sarı etli şeftali ve nektarinlerin bulunduğu bir pazara dönüşmektedir.

Nektarin/şeftali, elma ve armuttan sonra en önemli üçüncü ılıman iklim meyve türüdür. Toplam üretimi 27.0 milyon tonun üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Üretim, 1993'den bu yana iki katından fazla artarak 10.8 milyon tondan 27.1 milyon tona çıkmıştır (FAO, 2023). Bu artışın başlıca nedeni, Çin'de görülen hızlı üretim artışıdır (Tablo 1.1). Çin'deki üretim, 1993'den bu yana dikkate değer büyüklükteki artışlarla oldukça istikrarlı kalmıştır.

Tablo 1.1. Yıllara göre dünya şeftali/nektarin üretim miktarı (ton) ve bazı ülkelerin şeftali/nektarin üretimine sağladıkları katkı oranı (%)

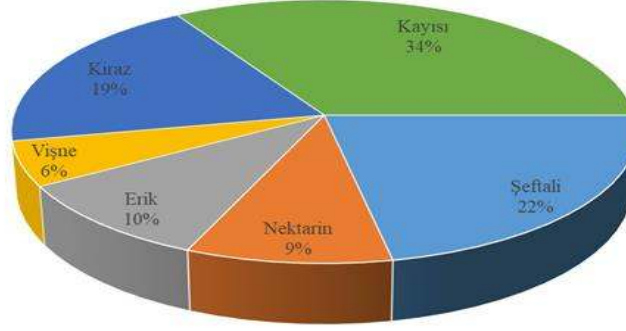
Ülke	Yıllara Göre Üretim Miktarı (Ton)				2023 yılı Şeftali/Nektarin Üretimine Sağlanan Katkı (%)
	1993	2003	2013	2023	
Çin	1.970.000	6.148.100	11.924.085	17.500.000	64,6
İspanya	856.900	1.270.820	1.329.800	1.381.780	5,1
Türkiye	370.000	470.000	637.543	1.076.852	4,0
İtalya	1.641.540	1.175.855	1.401.794	1.033.840	3,8
Amerika	1.385.000	1.341.001	967.059	665.910	2,5
İran	179.683	434.565	817.169	613.930	2,3
Yunanistan	1.168.727	787.186	736.224	574.780	2,1
Şili	237.000	304.000	371.110	304.036	1,1
Meksika	153.071	223.883	161.268	257.773	1,0
Dünya	10.874.281	15.433.862	21.794.070	27.077.873	-

Son 30 yılda üretimini iki katından fazla artıran diğer ülkeler Türkiye ve İran'dır. En büyük beş üretici ülke, dünya üretiminin yaklaşık %64,6'nı karşılayan Çin, ardından İspanya (%5,1), Türkiye (%4,0), İtalya (%3,8) ve Amerika (%2,5) gelmektedir. (Tablo 1.1.). Bu üretimin %90'ından fazlası taze pazar içindir. Bu ülkelerden ABD, Çin, İspanya ve İtalya işlenmiş nektarin/şeftali üretiminde önemli üreticilerdir. Bu ülkelerden İspanya üretiminin %45,5'i ihraç etmekte olup dünyada en fazla nektarin/şeftali ihraç eden ülke konumundadır. Türkiye, 225469 ton ihracat miktarı ile İspanyadan sonra en fazla nektarin/şeftali ihraç eden ikinci ülkedir (FAO, 2023).

Türkiye ve tüm dünyada bitki koruma mevzuatının geliştirilmesi, ticari amaçlı yeni bitkilerin araştırılması ve geliştirilmesini önemli ölçüde teşvik etmektedir. Nektarinlerin diploid kromozom yapısı, ıslah çalışmaları ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi için avantajlar sunmakla birlikte, bazı hassasiyetler de ortaya çıkarır. Bu durum, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığın artırılmasını hedefleyen ıslah çalışmalarının hız kazanmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla, verim, üretim bölgesindeki fungus, bakteri, nematod ve virüs gibi

biyotik veya toprak, sıcaklık ve nem gibi abiyotik stres faktörleri ile iç içe girmiştir, çünkü yüksek verimin ön koşulu, çevreye mükemmel uyum sağlamaktır.

Türkiye’de 2024 yılında Türkiye İstatistik Kurumu’na göre toplam 3.7 milyon ton sert çekirdekli meyve üretimi gerçekleşmiştir (Tüik, 2024). Bu meyve türlerinden en fazla üretileni kayısı (%34) olup bunu şeftali/nectarin türü takip etmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Türkiye 2024 yılı toplam sert çekirdekli meyve üretim miktarı

Her ne kadar nektarin Akdeniz Bölgesi gibi subtropik iklim kuşağında yetiştirilse de diğer ılıman iklim görülen illerde yaygın yetiştiriciliği yapılmaktadır (Tablo 1.2). Türkiye’de 2024 yılında toplam 356.419 ton nektarin üretilmiştir (Tüik, 2024). Bu üretimin yaklaşık %45’i Mersin ilinde olup bu ili Bursa (%19,9), Çanakkale (%14,7) ve Adana (%10,3) illeri takip etmiştir (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. Türkiye 2024 yılı nektarin üretimi ve üretime katkı yapan ilk on şehir

Şehir	Nektarin üretim miktarı (Ton)	Üretime katkı (%)
Mersin	157868	44,3
Bursa	71093	19,9
Çanakkale	52486	14,7
Adana	36866	10,3
Denizli	7987	2,2
Hatay	4699	1,3
İzmir	4407	1,2
Niğde	3775	1,1
Osmaniye	2208	0,6
Isparta	1945	0,5
Diğer	13085	3,7
Toplam	356419	-

Sert çekirdekli meyveler grubunda önemli yer tutan nektarin; yetiştiriciliği zahmetsiz ve insan beslenmesi açısından önemli bir tarım ürünüdür (Vural & Çakan, 2021). Taze olarak

tüketilebildiği gibi, meyve suyu konsantresi, kurutularak ya da dondurularak uzun süre saklanabilen nektarin; reçel ve marmelat gibi ürünler elde edilerek de kullanılabilir (Vural & Çakan, 2021).

Nektarinin erken dönemde meyveye yatması, yüksek oranda suda çözünebilir kuru madde miktarı içermesiyle beraber yüksek albenisi ile dünyada ve Türkiye’de yetiştiriciliği hızla artmıştır. Bu artışta en önemli faktörlerden biride ıslah çalışmalarıyla yeni çeşitler geliştirilmesi olmuştur. Türkiye’de farklı zamanlarda hasat edilebilen erken ve geç dönemde meyve veren çeşitlerin geliştirilmesiyle yılın beş ayı taze olarak üretilebilmektedir. Türkiye’de erkenci çeşitler genellikle Akdeniz Bölgesi’nde yetiştirilirken, geçici çeşitler Marmara ve Ege Bölgesi’nde yetiştirilir (Çalışkan, 2021; Ercişli, 2004).

Meyve yetiştiriciliği sırasında abiyotik ve biyotik birçok faktör verim kayıplarına ya da ağaç ölümlerine sebep olur. Dünyada toplam tarımsal üretimin %31-42’si hastalık, böcek ve yabancı otlar tarafından zarara uğrar (Agrios, 2005). Ortalama zarar %36.5 olup bunu sırasıyla hastalık (%14.1), yabancı ot (%12.2) ve böcek (%10.2) zararı takip eder (Agrios, 2005). Nektarin üretiminde genel olarak hastalıklar ve böcekler tarafından zarar oluşur. Ancak hastalıklar tarafından gerçekleşen zararlar daha şiddetli ve ekonomik önem sahiptir.

Nektarin üretiminde kök ve kök boğaz çürüklüğü, zamklanma, çiçek monilyası, külleme, pas, yaprak kıvrıcılığı, geriye ölüm, sürgün yanıklığı, gövde ve dal kanseri gibi fungal kaynaklı hastalıklar oldukça yaygın olarak görülmektedir (Adaskaveg vd., 2008). Ülkemizde ve dünyada son yıllarda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak, meyve ağaçlarında zamklanma, geriye ölüm, sürgün yanıklığı, gövde ve dal kanseri hastalıklarının yaygınlığı ile görülme sıklığında artışlar gerçekleşmektedir (Endes, 2017). Nektarin ağaçlarında gövde ve dal kanserinin, zamklanmanın, geriye ölümün, kök ve kök boğaz çürüklüğünün nedensel etmenleri arasında *Pythium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Diplodia*, *Neofusicoccum* ve *Lasioidiplodia* türleri bulunmaktadır. *Pythium*, *Fusarium* ve *Phytophthora* türleri zamklanma, kök, kök boğaz çürüklüğüne neden olan toprak kökenli fungal ya da fungal benzeri hastalık etmenleridir. Bunun aksine, Botryosphaeriaceae familyasına ait *Diplodia*, *Neofusicoccum* ve *Lasioidiplodia* türleri havai kökenli olup, zamklanmaya, sürgün yanıklığına, gövde ve dal kanserlerine neden olur. Botryosphaeriaceae familyasında yer alan fungal türlerinin neden olduğu gövde ve dal kanserleri badem, ceviz, kayısı, erik, şeftali ve nektarin gibi birçok meyve türünde önemli zararlara sebep olmaktadır (Endes vd., 2016; Endes, 2017; Endes, 2024; Endes & Kayım, 2022; Kaymaz, 2017; Kayım vd., 2025). Şeftali

ağaçlarında zamk hastalığı ilk olarak 1974 yılında Amerika'nın Georgia eyaletinde rapor edilmiştir (Weaver, 1974). Bu hastalığa *Botryosphaeria* cinsinin *Botryosphaeria rhidonia* (anamorf: *Lasiodiplodia theobromae*), *Botryosphaeria obtusa* (anamorf: *Diplodia seriata*) ve *Botryosphaeria dothidea* (anamorf: *Fusicoccum aesculi*) gibi patojenik fungal türler neden olmaktadır (Britton & Hendrix, 1982; Endes, 2017; Thomidis vd., 2011; Wang vd., 2011).

Fungal zamklanmanın yanı sıra gövde ve dal kanseriyle beraber tek taraflı dal ve sürgün yanıklığına neden olan *Lasiodiplodia* türleri kozmopolit bir dağılıma sahiptir. Tropikal ve subtropikal bölgelerde tür bakımından çeşitlidir ve çok çeşitli monokotiledon, dikotiledon ve gymnosperm bitki türlerinde hastalıklara neden olurlar. Her tür, asemptomatik bitki dokularında yaşayan endofitler, çeşitli konak bitkilerinde hastalıklara neden olan patojenler ve ölü odunsu bitki dokularında yaygın olarak bulunan saprofitler olarak çeşitli yaşam biçimleriyle kendini gösterirler (Abdollahzadeh vd., 2010; Alves vd., 2008; Chen vd., 2015; Dissanayake vd., 2015; Johnson vd., 1992; Slippers & Wingfield, 2007).

Lasiodiplodia theobromae diğer *Lasiodiplodia* türlere göre daha yıkıcı bir bitki patojenidir (Akgül vd., 2020). *L. theobromae* geriye ölüm, sürgün yanıklığı, tohum çürüklüğü, kök ve kök boğaz çürüklüğü ile gövde ve dal kanseri ya da hasat öncesi ve sonrası meyve çürüklüğüne neden olan yaklaşık 500 farklı konukçu bitkide ekonomik veya bitki ölümlerine neden olur (Qiao vd., 2022; Wang vd., 2011). Özellikle nektarin/şeftali ağaçlarında ilk görülmeye başladığı 1970'li yılların başından günümüze kadar nektarin ağaçlarında en yaygın ve en zararlı hastalıklardan biri olmuştur. *L. theobromae* etmeninin neden olduğu zamklanma, gövde ve dal kanseri hastalıkları Türkiye, Amerika, Japonya ve Çin'de nektarin ağaçlarının büyümesini ve verimini etkileyerek ciddi ürün kayıplarına sebep olur (Endes, 2017; Li vd., 1995; Reilly & Okie, 1982). *L. theobromae* ekonomik öneme sahip hastalıklara sebep olmakla birlikte, latent infeksiyonlara da sebep olmaktadır (Slippers ve Wingfield, 2007). Patojen ayrıca, çevresel koşullar ve konukçu fizyolojisinin yeniden aktif hale gelene ve hastalık semptomlarının gelişmesi için elverişli koşulların oluşumuna kadar konukçu bitki dokuları içinde kendisini gizler (Ventura vd. 2004). Dolayısıyla, latent infeksiyon sonucu meyvelerin uzun dönem muhafazası sırasında önemli miktarda ürün kayıplarına neden olur (Kim vd., 2001).

L. theobromae, bir önceki yıl enfekte olmuş ölü bitki organlarında, toprak yüzeyinde bırakılan bitki artıklarında ve toprakta çoğunlukla miselyum, askospor, konidiospor ve

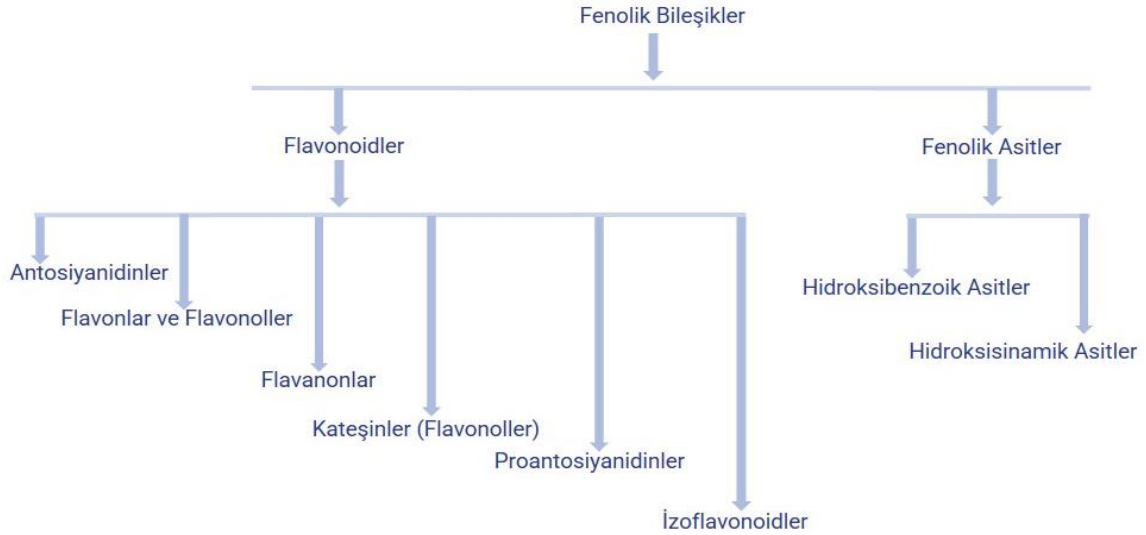
klamidosporlar şeklinde kışlar (Kuswinanti vd., 2019; Michereff vd., 2005; Ogundana, 1983). Nektarin ağaçlarında kuraklık, besin eksikliği, düşük ve yüksek sıcaklık, tuzluluk, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı gibi stres faktörleri altında *L. theobromae*'nin sporları stoma, lentisel, böcekler ve kültürel uygulamalardan dolayı oluşan yaralardan ya da doğal açıklıklardan bitkiye giriş yapmaktadır (Endes, 2017; Kranz vd., 1977; Ploetz, 2003). *L. theobromae*'nin askosporları ya da piknidiosporları hastalık oluşumunda inokulum kaynağı olarak görev yapar. Eşeyli spor olan askosporlar havai ile yayılır; ancak böcekler, kuşlar, yağmur ve sulama sistemlerinden gelen suyun piknidiosporlar yaydığı bildirilmiştir (Michailides & Morgan, 1993). *L. theobromae* ilk olarak gövde ve dalların kabuk dokusundaki lentisellerin çevresinde nekrotik yaralar, daha sonra enfeksiyonun ilerlemesine bağlı olarak kabukta yanıklıklarla birlikte zamklanmaya neden olmaktadır (Endes vd., 2016; Endes & Kayım, 2022; Endes, 2024; Kaymaz, 2017; Kayım vd., 2025). Kabuk ve odun dokuda oluşan nekrozlar ya da patojen iletim sistemine kolonize olarak bir tıkaç görevi yapması nedeni ile bitkide su ve madde transferi gerçekleşmeye bilir (Endes, 2024). Bu durumda bitkilerde önce solgunluk ve bunu takiben geriye ölüm ve tek taraflı dal yanıklığı gibi hastalık belirtileri, bitkilerin su ihtiyacının en fazla olduğu Haziran-Ağustos ayları içerisinde de ortaya çıkar (Endes, 2017).

Bu karmaşık hastalığın kontrolü zordur çünkü nektarinlerde sürgün yanıklığı, sakızlanma, gövde ve dal kanseri ile kök ve kök boğaz çürüklüğünü kontrol etmek için onlarca yıldır kullanılan fungusitlerin çoğu etkisizdir ve patojenler bunlara karşı direnç geliştirir (Karaoglanidis vd., 2003; Wang vd., 2021). Bununla birlikte, fungusitler kullanan çevre dostu bir yaklaşıma yönelik, zararlı etkileri giderek artan bir endişe kaynağı ve yüksek maliyetli ve düşük verimli istenmeyen bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Zhang vd., 2017). Bir çok araştırmacı, kimyasal işlemlere uygulanabilir alternatifler olarak biyolojik kontrol ajanlarının ve bitkilerin güçlü antimikrobiyal aktivitelerini savunmuştur (Rusin vd., 2021; Wang vd., 2021). Ancak, bu yöntemler geriye doğru kuruma ve sakızlanmaya neden olan *L. theobromae* popülasyonlarına karşı önemli etkiler göstermemiştir (Amponsah vd., 2012). Bu nedenle, böylesine yıkıcı bir hastalıkla mücadele etmek için sürdürülebilir çözümler geliştirmek zorunludur.

Günümüzde bitkilerin kendini savunması sürdürülebilir tarımda önemli bir uygulama olarak kabul edilmektedir. Bitkilerde dayanıklılık, başka bir deyişle, savunma mekanizması esasen primer ve sekonder metabolitler olmak üzere kendi bünyelerinde yer alan kimyasal bileşiklerden oluşur (Topcu & Çölgeçen, 2015). Primer metabolitler amino asit, organik asit

ve nükleotitleri içerir. Bitkinin büyüme, solunum, metabolizma ve üreme gibi yaşamsal faaliyetlerini doğrudan etkilidir ve tüm canlılar için hemen hemen aynıdır (Tiring vd., 2021; Topcu & Çölgeçen, 2015). Sekonder metabolitler bitkilerin büyüme ve gelişmesi gibi yaşamsal faaliyetleri için ihtiyaç duymadığı ancak bitkinin herhangi bir abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı savunma mekanizması olarak üretilen hücre metabolizmasının yan ürünü olan bileşiklerdir. Sekonder metabolitler düşük moleküler ağırlıklı olup oluşumları genellikle hücre, doku ve organa özgü bileşiklerdir ve genellikle miktarı ve türleri bakımından aynı bitki popülasyonunda farklılık göstermektedir (Bakır, 2020). Sekonder metabolit kavramı 1891 yılında Biyoloji alanında ilk kez Kossel tarafından kullanılmıştır. Çalışıldığı ilk yıllarda bu bileşiklerin işlevsiz ve atık maddeler olduğu düşünülse de sonraki yıllarda birçok bilim insanı tarafından bitkilerin savunma sistemi açısından çok önemli olduğu açıklanmıştır (Tiring vd., 2021; Topcu & Çölgeçen, 2015).

Sekonder metabolitler; ekonomik değerlerinin yüksek olması nedeniyle endüstriyel alanlarda, boy, aroma, parfüm, ilaç, elyaf, tutkal, böcek öldürücü gibi kimyasallar olarak kullanılmaktadır (Tiring vd., 2021). Sekonder metabolitler arasında yer alan fenolik bileşikler sahip oldukları fenol halkası ve halkaya bağlı hidrojen atom sayısına bağlı olarak, fenolik asitler (hidroksibenzoik asitler, hidroksisinnamik asitler) ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 1.2; Gürler, 2019).



Şekil 1.2. Fenolik bileşiklerin üretim yolağı

Fenolik bileşikler; bütün bitkilerde bulunan, ekolojik ve fizyolojik zararlanmalara karşı bitkide savunma mekanizması görevi görür (Tiring vd., 2021; Topcu & Çölgeçen, 2015). Ayrıca fenolik bileşikler bitki hücre duvarı ve lignin sentezinde önemli rol oynar (Srivastava

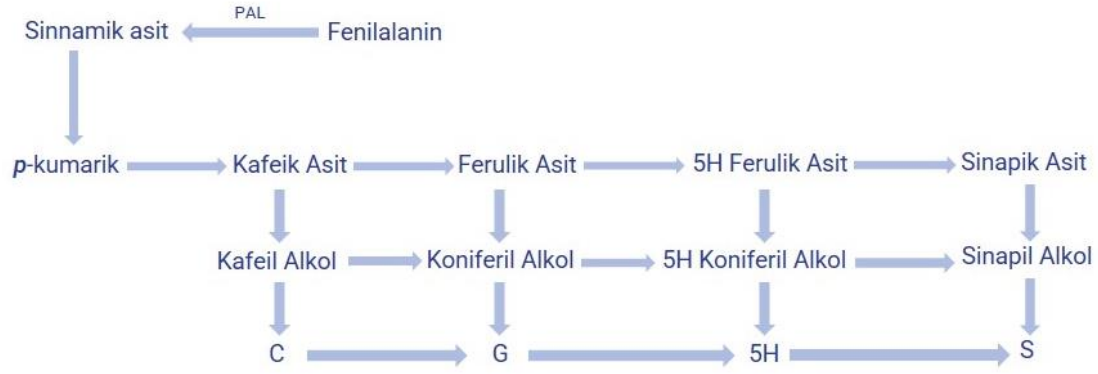
vd., 2013). Odunsu bitkilerde, fenolik bileşiklerin metabolik yolları patojen saldırısıyla aktive olur (Srivastava vd., 2013). Fenolik bileşikler aromatik amino asit metabolizması sırasında yan bileşik olarak oluşturuldukları düşünülerek ikincil bitki metaboliti sayılmaktadırlar (Acar & Gökmen, 1998; Nacz & Shahidi, 2004). Fenolik bileşikler bitkilerde şikimik asit ve malonik asit olmak üzere iki temel yolla sentezlenmektedir. Şikimik asit daha çok bitki fenoliklerinin biyosentezine katılır. Malonik asit ise bakteri ve funguslarda fenoliklerinin biyosentezi için önemlidir. Şikimik asit yolağı amonyak molekülünün giderilmesiyle fenilalaninin sinamik aside dönüştürülmesidir (Şekil 1.3; Özeker, 1999).



Şekil 1.3. Şikimik asit bileşenleri

Hidroksisinnamik asitler bitkiler âleminde geniş bir dağılım göstermektedir (Şekil 1.2). Basit kimyasal iskeletleri fenilpropanoidden türetilmiş olup C6-C3 karbon yapısına sahiplerdir. Çay yaprağı, kahve, kırmızı şarap, sebzelerde, tahıllarda ve özellikle kırmızı meyvelerde bolca bulunurlar. Bunlar arasında ferulik asit, kafeik asit, o-kumarik asit ve p-kumarik asit önem taşımaktadır (Gürler, 2019).

Ferulik asit (4-hidroksi-3-metoksi sinamik asit) sebze ve meyvelerde bulunan sağlık bakımından olumlu etkisi olan fenolik bir bileşiktir (Srinivasan vd., 2007). Ferulik asit fenilalanin ve tirozin metabolizması sonucu oluşur (Şekil 1.3 ve 1.4). Bitki yapısında yaprakta ve tohumlarda serbest formda bulunur (Bostanci ve Koca, 2017; Gürler, 2019). İlk olarak 1866'da adını aldığı bitkiden, *Ferula foetida*'dan izole edilmiştir. Şikimik yolağından amino asit (fenilalanin ve tirozin) metabolizmasından üretilir. Fenilalanin veya tirozinden p-kumarik asit üretimi, metilasyon reaksiyonundan sonra ferulik aside dönüştürülen kafeik asidin oluşumuna yol açar (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Bitkilerde lignin üretim yolağı

Pentosan zincirleri, arabinoksilanlar ve hemiselülozlarla birlikte ferulik asit, lignin polimerinin bir parçası haline gelerek hücre duvarına sertlik kazandırır (Bostancı ve Koca, 2017). Ferulik asit, bitkilerde bazı işlevlere sahiptir: bitki büyümesinin düzenlenmesi, rekabet eden bitkilerin inhibisyonu, su kullanımı, çimlenme sırasında hücrelerin hidrolitik enzimlere karşı korunması ve köklerdeki minerallerin ve suyun alınması. Ayrıca, bitkileri yaprak bitlerine, böceklerle, viral ve fungal enfeksiyonlara karşı korur. Ferulik asidin yüksek konsantrasyonları hem serbest hem de bağlı formlarda meyvelerde, sebzelerde, tahıllarda ve kahvede bulunur. Ferulik asit beslenme ve gıda endüstrisi açısından önemlidir. Ferulik asit birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak kullanılır. Ayrıca gıda endüstrisinde çeşitli içeceklerde, çikolata ve makarna endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan vanilin üretiminde kullanılır (Bostancı & Koca, 2017). Ferulik asit, kovalent olarak bağlı bulunduğu bitki hücresi duvar bileşenlerinde, sinamik asitin geniş bir yayılım gösteren fitokimyasal bir fenolik türevidir. Ferulik asit ve öncülleri, *p*-kumarik asit (*p*-hidroksisinnamik asit) ve kafeik asit (3,4-dihidroksisinnamik asit), ligninlerin biyosentezinde görev alır (Şekil 1.4; Gürler, 2019; Rosazza vd., 1995).

Lignin hücre duvarı içerisinde bulunur, selülozla birlikte bitkinin odunsu dokusunu ve dayanıklılığını sağlar. Lignin bitkilerde selülozdan sonra en çok bulunan organik maddedir. Fenilpropenoit grupların dallanmış bir polimeridir. Hem sekonder hem de primer olarak işlev görmektedir (Çetinkaya & Dinler, 2021). Bitkiye patojen saldırısı sonucu lignin tarafından hücre duvarında dayanıklılığı artırıcı savunmaya bağlı bileşikler üretilir ve depolanır (Çalışkan, 2007).

Bitki hücre duvarı, lignin ile dokulara bağlı olarak yapısal proteinlerle çapraz bağlanan sert bir matris duvar yapısı oluşturur. Bu duvar hem biyotik hem de abiyotik strese karşı direnç gösteren ilk engeldir. Bitkide hücre duvarı bitkinin yaşamsal faaliyetleri açısından oldukça

önemlidir. Buna ek olarak, bitki hücre duvarı, Bitkiyi stres faktörlerine karşı güçlendirmek, bitki hücresi ve çevre arasında uyumu sağlamak, hücrelerin büyümesi ve farklılaşması gibi görevleri üstlenmektedir (Çetinkaya & Dinler, 2021; Hematy vd., 2009).

Nektarin/şeftali ağaçlarında önemli verim kayıplarına neden olan fungal etmenlere ilişkin bugüne kadar Yozgat ilinde kapsamlı bir araştırma yapılmamıştır. Tarım il Müdürlükleri tarafından yapılmış olan arazi çalışmalarında ve tarafımızdan yapılan sörveylerde nektarin/şeftali ağaçlarında zamklanma, gövde ve dal kanseri, dallarda geriye ölüm ve sürgün yanıklık hastalığı görülmüş ve Fakültemize çiftçilerden de bu konuda şikâyetler gelmektedir.

Genel olarak, hastalıkların epidemiyolojisi üzerine çalışmalara odaklanmış olup hastalığın mücadelesi üzerine yapılmış çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri hastalığın bölgesel etiyolojisinin tam olarak ortaya konulamamasıdır. Kontrol stratejilerinin etkili olabilmesi isteniyor ise hedeflenen bireyler daha detaylı çalışılmalıdır. Bu sebeple, sadece patojenik etmen değil ayrıca konukçu bitki ve patojen×konukçu interaksiyonu da ayrıntılı çalışılması gerekmektedir.

Planlana bu tez çalışmasında, Türkiye’de en fazla yetiştirilen nektarinlerden biri olan ‘Bigtop’ çeşiti üzerinde çalışma yürütülmüştür. Bu araştırma, sadece Yozgat ili için değil aynı zamanda dünya ve Türkiye’nin farklı bölgelerinde üretim yapan nektarin yetiştiricileri için faydalı ve yeni bir mücadele yönteminin geliştirilmesini hedeflemektedir. Ayrıca, mevcut nektarin/şeftali üretim alanlarında ve daha sonra kurulacak olanlarda *L. theobromae*’nin neden olduğu zamklanma, gövde ve dal kanseri hastalıklarına karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Sonuç olarak, kimyasal kullanmadan bitkilerde savunma mekanizmasını etkileyerek bitkinin patojene karşı direnç kazanmasını sağlayan, daha sürdürülebilir bir üretim yöntemiyle beraber, hem çevreci hem de daha sağlıklı ürün elde edilmesine olanak sunan yeni bir mücadele stratejisinin geliştirmesini amaçlamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Dünyada ve ülkemizde nektarin/şeftali üzerine yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bitki koruma yönünden çalışmalar ele alındığında, genel olarak nektarin yetiştiriciliğinde sorun olan hastalıkların etiyolojisi ve epidemiyolojisi üzerine odaklanmıştır. Ancak hastalıkların etkin mücadelesine yönelik araştırmalar sınırlı kalmıştır. Özellikle ülkemizde nektarin ağaçlarında hastalıklara karşı uyarılmış dayanıklılık üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunsa da nektarin ağaçlarında, *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonu üzerine ferulik asidin etkisi ilk kez bu çalışma ile hem dünya hem de ülkemiz için ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile paralel olan ve daha önce yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Zhang vd. (2014) asmalarda *L. theobromae*'nin neden olduğu gövde kanseri hastalığının patojenisitesini daha iyi anlamak ve hastalığın mücadelesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada *L. theobromae*'nin genetik transformasyonunu gerçekleştirmiş ve patojenisite ile ilişkili genlerin belirlenerek mantarın hastalığı nasıl oluşturduğu ve bitki dokusunda nasıl bir yayılım gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada *L. theobromae* enfeksiyonu sonucunda patojenisite ile ilgili genlerin ortaya çıkarılması, gelecekte hastalığın kontrol altına alınabilmesi için bu genlerin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Srivastava vd. (2013) farklı bitki kökenli 10 farklı fenolik bileşik (Benzoik asit, Pirokatekol, p-Koumarik asit, 2,6- Dimetoksibenzoik asit (DMBA), 2,6- Dimetoksifenol (DMP), Ferulik asit, Guaiakol, Siringik asit, Vanilik asit, Salisilik asit) kullanarak yapmış oldukları bir çalışmada, farklı konukçu bitkilerden izole edilen dört *Botryosphaeria* türünü kullanmışlardır. *In vitro* koşullarda, *B. rhodinia*, *B. obtusa*, *B. dothidea* ve *B. ribis* izolatları içerisinde farklı türde ve dozda (1-25 mM) fenolik asit bulunan PDA ortamı üzerine transfer etmişlerdir. Petriler 4 gün boyunca 25°C'de, karanlıkta inkübe edilmiştir. Sonuç olarak; fenolik bileşikler hem miselyum büyümesini hem de laktaz ve pektinaz gibi lignin yıkıcı enzimlerinin üretimini büyük ölçüde baskıladığı saptamışlardır. Ancak bu durum fenolik bileşiğin çeşidine ve mantar türüne göre değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzoik asit, p-koumarik asit, salisilik asit ve pirokatekol bileşikleri mantarların büyümesini ciddi şekilde engellendiği ve bu bileşiklere, özellikle *B. dothidea* ve *B. obtusa* türlerinin belirgin biçimde hassasiyet gösterdiğini gözlemişlerdir. Ferulik asit, guaiakol ve vanilik asit diğer bileşiklere göre miselyal gelişimi daha baskılamakla beraber düşük konsantrasyonlarda (1-5 mM) neredeyse hiç etki göstermediklerini rapor etmişlerdir. Bunun aksine, yüksek doz uygulamalarında (20-25 mM) miselyal büyümeyi yaklaşık olarak %40-60 oranında

azalttıklarını saptamışlardır. Siringik asit, diğerlerine göre en az etki göstermiş olup araştırmacılar tarafından bu bileşik funguslar için zararsız fenoliklerden biri olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda fenolik bileşiklerin çoğu laktaz enzim aktivitesini düşürmüştür. Özellikle benzoik asit, salisilik asit ve p-kumarik asit laktaz üretimini tamamen durdurduğunu belirtmişlerdir. Benzoik asit bütün izolatlarda pektinaz aktivitesini önemli ölçüde azaltmıştır. Sonuç olarak laktaz ve pektinaz gibi enzimler, bitki hücre duvarını parçalayarak mantarın konukçuda yayılımını sağlamış olup bu enzimlerin aktivitelerinin düşmesi hastalık etmeninin virulansının azalmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Dekker vd. (2002) lignin bileşiğinin, *Botryosphaeria* türü mantarların miselyal büyümesine ve laktaz enzim üretimine olan etkisini araştırmışlardır. *Botryosphaeria* türü mantarları çeşitli lignin türevi olan abietik asit, benzoik asit, katekol, p-kumarik asit, 2,6 dimetoksibenzoik asit, 2,6- dimetoksifenol, ferulik ssit, guaiakol, siringik asit, vanilik asit ve veratraldehit (0-6,6 mM derişim aralığında ayrı test edilmiştir) içeren PDA ortamında yetiştirmişlerdir. Bu çalışmada her bir bileşiğin hangi derişimde mantarın büyümesini %50 azalttığı değerleri (EC_{50} değeri) hesaplamışlardır. Lignin türevi bileşikler *Botryosphaeria* türü mantarın büyüme hızını ve laktaz enzim üretimini farklı oranlarda etkilemiştir. Büyüme üzerindeki etkiler bileşiklerin metoksilasyon derecesi ve hidroksil gruplarının varlığı gibi kimyasal yapı özelliklerine bağlı kalmıştır. Sonuç olarak bu çalışma *Botryosphaeria* mantar türünün aromatik bileşiklerin biyolojik yıkımında potansiyel bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Khalid (2012) Mısır ülkesinde şeftali ağaçlarında görülen zamklanma ve dal kanseri hastalığı üzerine bir çalışma yapmıştır. İnfekte olmuş şeftali ağaçlarından *Botryosphaeria* türü olan *L. theobromae* etmenini izole etmiştir. Mısır'da yetiştirilen şeftali fidanlarından Late Sinai'nin (yerel çeşit) en hassas; Desert Red'in en dayanıklı şeftali çeşidi olduğunu bildirmiştir. Çalışmanın bir bölümünde, zamklanma hastalığının kontrol altına alınabilmesine yönelik hem biyolojik hem de kimyasal mücadele üzerine çalışma yürütmüştür. Biyolojik mücadelede toprak mantarı ve bir biyofungusit olan Bio-Cure-F (*Trichoderma viride*) ve Bio ARC (*Bacillus megaterium*) kullanmıştır. Bu biyofungusitler toprakta ve kök çevresinde çoğalarak kök yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturduğunu rapor etmiştir. Bu durumun ise hastalık etmeninin büyümesini ve spor oluşumunu engellediğini bildirmiştir. Ayrıca, bu biyofungusitlerin bitkinin bağışıklık sistemini uyararak strese karşı bitkileri daha dayanıklı hale getirdiklerini belirlemiştir. Bunun yanı sıra biyolojik ürünler, sera koşullarında zamklanma ve dal kanseri hastalığının şiddet oranını azalttığı ve

bitkilerin vejetatif gelişimini arttırdığını tespit etmiştir. Kimyasal mücadele için çalışmada 5 fungusit laboratuvar ortamında test edilmiştir. Şeftali ağaçlarına hastalığın bulaşması sonrası yapılan ilaçlamada en etkili Topsin-M 70, Rovral, Vacomil-plus 50% fungusitler hem zamklanma hem de dal kanserini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir.

Li vd. (2014) yaptıkları çalışmada şeftali ağaçlarında *Lasiodiplodia theobromae*'nın neden olduğu zamk hastalığının bitkilerdeki karbonhidrat metabolizmasındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Enfekte olan ağaçlarda yara bölgelerinden zamk akıntısı oluşmaktadır ve oluşan zamklanma bitkinin enfeksiyona karşı oluşturduğu bir tepki olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar oluşan bu zamklanmada karbonhidrat metabolizmasında nasıl bir değişiklik olduğunu araştırmışlardır. Araştırmada şeftali dalları kontrol (sadece yara açılmış fakat enfekte edilmemiş), enfekte olmuş bölge (*L. theobromae* ile müdahale edilmiş) ve enfekte bölgenin çevresi olarak üç gruba ayrılmıştır. Enfekte bölgede düzenli hücre ölümleri görülmüş olmakla birlikte çevre hücrelerde ise mRNA seviyelerinde düşüş, metabolik değişimler ve karbonhidrat değişimleri ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Enfeksiyondan sonra sükröz, glukoz ve fruktoz miktarlarında bir azalma görülmüş olmakla beraber çözünür şekerlerin toplam miktarında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun hücre duvarı yıkımı ve ölü hücrelerin çözünmesi ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Şeftalide zamkın bir polisakkarit olduğu ve bu polisakkaritin yapı taşlarının, arabinoz, ksiloz ve mannoz gibi monosakkarit türlerinden meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Araştırma sonucunda enfeksiyon sonrası monosakkaritlerin miktarında artış gözlenmiştir. Bu durum zamk oluşumuyla doğrudan ilişkili olduğunu ispatlamıştır. Özetle yapılan çalışmada araştırmacılar bitkinin mantar enfeksiyonuna karşı şeker metabolizmasını yeniden düzenleyerek oluşturduğu zamklanmanın bir savunma mekanizması olduğunu saptamışlardır. Bu süreçte monosakkarit üretimi artmış ve polisakkaritler yani zamk akıntısı oluşturmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar bu çalışma ile zamk oluşumu hastalığın bir belirtisi değil, aslında bitkinin kendini koruma mekanizması olduğunu ispatlamışlardır.

Numpaque vd. (2016) ferulik asitin (FA) mikrobiyal dönüşümü, aroma ve koku maddelerinin doğal üretimi için daha temiz ve daha ekonomik bir alternatif sunduğunu bildirmişlerdir. Bu amaçla, yapmış oldukları bu çalışmada, filamentli fitopatojenik mantarlar *Colletotrichum acutatum* ve *Lasiodiplodia theobromae* kullanılarak FA'nın biyotransformasyonu araştırmışlardır. İlk olarak, her iki mantara karşı FA'nın toksisitesi değerlendirilmiştir; FA, orta derecede toksisite ($\geq 2000 \text{ mg L}^{-1}$ konsantrasyonlarda toplam inhibisyon) göstermiş ve bir detoksifikasyon mekanizması mevcut olduğu araştırmacılar

tarafından rapor edilmiştir. Daha sonra, Mantarlar Czapek-Dox ortamında büyütülmüş, oda sıcaklığında ferulik asit eklenmiş ve metabolitlerin oluşum aşamaları değerlendirilmiştir. Ferulik asit her iki mantar tarafından da indirgendiği ve en baskın metabolit olarak ferulik asitten karboksil grubunun uzaklaştırılmasıyla 4-vinylguaiacol (4-VG) elde edildiği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. İndirgenme reaksiyonu sonucu Acetovanillone, Ethylguaiacol ve oksidatif yolla ise Vanilin gibi diğer metabolitler Ferulik asit verildikten ilk 48 saat sonra daha az oranda tespit edilmiştir. Oluşan bu fenolik bileşikler gıda, içecek ve kozmetik sektöründe doğal aroma olarak kullanılabileceği düşünülmüştür. Ferulik asitin toksik etkisine karşı mantarların yaşamını sürdürebilmesi mantarlarda detoksifikasyon mekanizması bulunduğunu göstermiştir. Sonuç olarak *Colletotrichum acutatum* ve *Lasiodiplodia theobromae* mantarları, ferulik asit gibi bitki kökenli bileşiklerden doğal koşullarda 4-vinylguaiacol, vanilin ve benzeri koku/aroma bileşiklerine dönüşebildikleri araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Araştırmacılar bu çalışma ile fitopatojen mantarların yalnızca zararlı mikroorganizma olarak değil aynı zamanda dönüşüm yetenekleri ile doğal aroma üretimi için temiz, ekonomik ve sürdürülebilir bir yöntem sunduğunu ortaya koymuşlardır.

Yildiztugay vd. (2019) ferulik asidin suda çözünürlüğü ve antioksidan aktiviteyi iyileştirerek bitkilerin stres koşullarına karşı toleransını artırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada buğday bitkisinde aşırı bor stresine karşı ferulik asidin bitkide dayanıklılığı artırıp artırmadığı araştırılmıştır. Çalışmada buğday fideleri hidroponik kültürde yetiştirilmiş olup bitkilere sadece ferulik asit (25 veya 75 μ M), sadece bor elementi (4- 8 mM) ve ferulik asit ve bor elementi birlikte uygulamışlardır. Fazla bor bitkilerin su içeriğini ve osmotik potansiyeli düşürüp prolin miktarını azaltmıştır. Bitkilere ferulik asit uygulamasından sonra bu olumsuz etkiler önlenmiş olup bitki su dengesini koruduğunu gözlemlemişlerdir. 8 mM bor, süperoksit dismutaz aktivitesini arttırmış ancak bor stresini altında bitkide zararlı moleküller de ($O_2^{\cdot-}$ ve H_2O) artmıştır. Ferulik asit uygulaması ile birlikte $O_2^{\cdot-}$ miktarı azalmıştır. Bor stresini tek başına askorbat (tAsA) veya dehidroaskorbat (DHA) miktarını arttırmamıştır. Fakat ferulik asit ve bor uygulaması ile birlikte bu bileşikler artmıştır. Özellikle 25 μ M ferulik asit uygulamasında bitkinin önemli antioksidan savunma sistemi (askorbat-gulutasyon) canlanmıştır. Sonuç olarak çalışma buğday bitkilerinde aşırı bor stresine karşı ferulik asitin koruyucu bir madde olarak görev yaptığını ispatlamışlardır. Ferulik asit bitkide su kaybını önlemiş, hücre içi dengeyi korumuş ve bitkide antioksidan

sistemleri aktif hale getirerek serbest radikal zararını önlediği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Shu vd. (2021) domates meyvelerinde *Botrytis cinerea* enfeksiyonuna karşı ferulik asit uygulamasının etkisini ve olası etki mekanizmalarını araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar 100 µM ferulik asit ile muamele edilen meyvelerin, hastalık şiddeti ve lezyon alanının azalması ve *B. cinerea*'ya karşı bitki direncinin arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, fenilalanin amonyak (PAL), polifenol oksidaz (PPO), kitinaz (CHI) ve β-1,3-glukanaz (GLU) aktiviteleri, 100 µM ferulik asit ile muamele edilen domates meyvelerinde yükselme eğilimi gösterdikleri tespit edilmiştir. Hastalık direncindeki artışa, salisilik asit ve jasmonik asit sinyal yolu ile ilişkili genlerin (PR1, NPR1, MYC2, LoxD) daha yüksek ekspresyonu eşlik etmiştir. Ayrıca, nitrik oksit sentez aktivitesi de ferulik asit uygulamasıyla artmış dolayısıyla nitrik oksit içeriğinde de bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, nitrik oksit sentezin spesifik bir inhibitörü olan 0,2 mM Nω-nitro-L-arginin (L-NNA)'in eş zamanlı olarak eklenmesiyle üretilen 100 µM ferulik asitin bu etkilerini ortadan kaldırmış ve ferulik asit biyosenteziyle ilgili genlerin (C3H, C4H, COMT, PAL) ekspresyonunu azaltmıştır. Bu bulgular, ferulik asit uygulamasının, nitrik oksit sinyal yolu ile ilişkili olan domates meyvesindeki *B. cinerea*'ya karşı direnci iyileştirmek için umut verici bir yaklaşım olabileceği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Gao vd. (2016) *Lasioidiplodia theobromae*'nın bitkilerde oluşturduğu moleküler değişim yani gen ekspresyonu üzerine yapılan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada infekte olmuş ve infekte olmamış şeftali sürgünlerinde tüm genlerin aynı anda ifadesini ölçen yüksek çözünürlüklü gen analizi (RNA-Seg) yaparak hangi genlerin enfeksiyon sonucu değiştiği ve hangi biyokimyasal yolların etkilenmiş olabileceğini incelemişlerdir. Toplamda 8 örnek analiz edilmiş ve enfeksiyondan sonraki farklı zaman noktalarında (12, 24, 48 ve 60 saat) 515 gen yukarı aktive edilmişken 405 gen baskılanmıştır. Bu farklı genlerin farklı biyolojik işlevlerle ilgili olduğunu belirlemişlerdir. Fenilpropanoid biyosentezinde bitki savunma bileşikler olan lignin, flavonoidler ve fenolikler üretilmiştir. Üretilen bileşikler bitkilerde hücre duvarının kalınlaşmasında rol oynamış olup patojenin yayılmasını engellemiştir. UDP-glukoziltransferaz aktivitesi ile birlikte şeker molekülleri fenoliklere veya hormonlara bağlayarak bitkide detoksifikasyon, savunma ve zamk sentezi oluşumuna neden olduğu bu çalışma ile belirlenmiştir. Fotosentez genlerinin çoğu enfeksiyon sırasında bitkinin büyümesini değil savunma mekanizmasına katkı sağladığı ve şeker metabolizması ile ilgili genlerde yaralarda oluşan zamklanmanın karbonhidrat metabolizmasından üretildiği

araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Etilen ve jasmonik asit bitkinin savunma mekanizmasını düzenleyen ana hormonlar olduğu ve patojene karşı bu hormonların bitki savunma sistemini tetiklediği ve aynı zamanda hormon dengesini değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacıların yaptığı çalışmada bu RNA-Seg verileri enfeksiyon sırasında çok kapsamlı bir gen ekspresyon değişimi oluşturduğunu ispatlanmışlardır.

Patzke ve Schieber tarafından (2018)' de ferulik asit gibi doğal fenolik bileşiklerin, özellikle bitki patojeni *Botrytis cinerea* mantarı üzerindeki antifungal etkisini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada phlorizin, resyeratrol, ferulik asit, 5-n-alkilresorsinoller ve kersetin olmak üzere 5 farklı fenolik bileşik aktif bir emülsiyon içinde birleştirilmiştir. Bu karışım *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* ve *Fusarium culmorum* olmak üzere dört önemli mantara karşı denenmiştir. Araştırmacılar bileşiklerin etkileşimini incelemişler ve sonuç olarak ferulik asitin özellikle *Botrytis cinerea*'nın büyümesini etkili bir şekilde durdurduğunu görmüşlerdir. Bu durum hem mantar gelişimini baskılamak hem de bitkiye zarar vermemek açısından önemli bir çalışma olarak literatürde yerini almıştır.

He vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada ferulik asidin hasat sonrası elma meyvelerinde *Botrytis cinerea* adlı mantarın neden olduğu gri küf hastalığına karşı etkisini araştırmışlardır. Çalışmada elma meyveleri 0,80 g/L konsantrasyonundaki ferulik asit çözeltisinde 20 dakika batırılıp 12 saat bekletilmiştir. Üzerine 20 µL'lik *Botrytis cinerea* spor süspansiyonu damlatılıp infekte edilmiştir. Kontrol grubunda ferulik asit yerine saf su ile müdahale edilmiştir. Belirli zaman aralıklarında alınan örneklerde hastalık görülme oranı ve lezyon çapını ölçmüşlerdir. Sonuçlar ferulik asidin elmalarda savunma sistemini güçlendirdiğini göstermiştir. Fenilpropanoid yolağında bitkisel savunma bileşikleri olan fenoller, flavonoidler, lignin toplam miktarı artmış ve lignin artması bitki hücre duvarının sertleşmesine ve mantarın meyveye girişini engellediğini göstermiştir. Bu sayede hastalık oranı ve lezyon çapı azalmıştır. Ayrıca elmalara uygulanan ferulik asit hidrojen peroksit (H_2O_2) ve Süperoksit radikalleri (O_2^-) miktarlarını azaltmıştır. Araştırmacılar tarafından bu durumun hücre hasarını engellediği ve hücre zarına koruma sağladığı rapor edilmiştir.

Zhang vd. (2020) yaptıkları çalışmada şeftali ağaçlarında zamklanma oluşturan en zararlı hastalık etmenlerinden *Lasiodiplodia theobromae* mantar türünün reaktif oksijen türleri (ROS) ile bitki savunma sistemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Oluşan zamklanma sırasında bitki dokularında reaktif oksijen türleri oluşmaktadır. Reaktif oksijen türleri aslında

bitki için bir savunma sinyali olarak görev yaparken fazla birikmesinde hücreye zarar vermektedir. Bitkide *L. theobromae* enfeksiyonu başladığında bitki hücrelerinde ani bir ROS miktarında artış meydana gelmiş bu durum bitkinin savunmaya ilk tepkisi olarak değerlendirilmiştir. Hastalık ilerledikçe bitkinin antioksidan sistemi zayıflamış ve enzim aktiviteleri azalmıştır. Bunun sonucunda ROS birikimi artmaya başlamıştır ROS birikimi malondialdehit (MDA) üretimini tetiklemiş olup bu durum bitki zararının zarar gördüğünü göstermiştir. Mantar bu ortamda yaşamak zorunda olduğundan kendi savunma sistemini geliştirmiş ve ROS üreten genlerin ekspresyonunu baskılamıştır. Antioksidan genler yüksek oranda aktive olmasıyla beraber mantar oksidatif strese karşı direnç kazandığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durum mantarın bitki dokusu içinde başarılı bir yerleşme ve çoğalma yapabilmesini sağladığını tespit etmişlerdir. Ayrıca bitkide enfeksiyon sırasında bitki hormonları ile ilişkili genler ve patojenle ilgili protein genleri arttığını ve bununla bitkinin patojene karşı savunmayı aktive etmeye çalıştığını göstermişlerdir. Ancak ROS dengesi bozulduğunda ise savunma sistemi etkin çalışmamıştır. Sonuç olarak, *Lasioidiplodia theobromae*, şeftali sürgünlerinde hücre içi oksidatif dengeyi bozarak bitki savunmasını çökertir ve bitki her ne kadar antioksidan savunmasını artırsa da etmen dokuda yerleşir. Bu süreçte bitkide zamklanma oluşur.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Fungal İzolat

Çalışmanın patojen materyali, Mayıs 2022 yılında Yozgat ili merkez ilçeye bağlı Azizli köyünde zamklama, gövde ve dal kanseri hastalık belirtisi gösteren badem ağacından izole edilmiştir. İzole edilen zamklama, gövde ve dal kanseri hastalık etmeni *Lasiodiplodia theobromae*'nin YBUPd16 numaralı izolatu tüm çalışmalarda kullanılmıştır. YBUPd16 morfolojik ve kültürel özelliklerinin yanı sıra moleküler olarak tanılanmış olup NCBI sitesine kayıtlıdır. YBUPd16 izolatu Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarında stok kültürleri şeklinde halen muhafazası sağlanmaktadır. Patojenik izolat YBUPd16'nın izolasyonu ve tanımlanmasıyla ilgili süreçler bu tezin yöntem kısmında daha ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

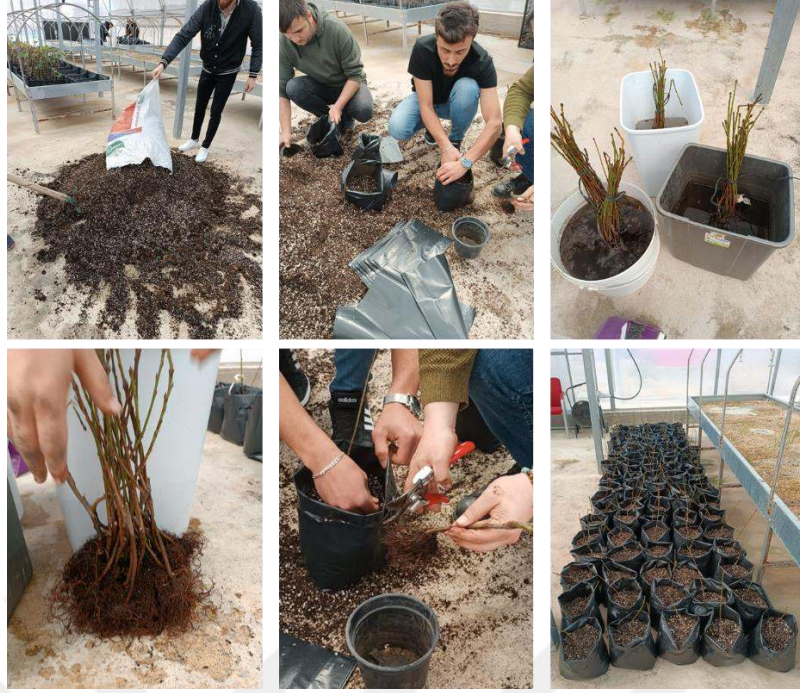
3.1.2. Bitki Materyali

Çalışmada bitki materyali olarak, Thomidis vd. (2011) tarafından nektarin ağaçlarında zamklanma, gövde ve dal kanserine hassas olduğu belirtilen ve Kaliforniya orijinli "Big Top" nektarin çeşitine ait fidanlar kullanılmıştır. "Big Top" nektarin çeşitinin ağaçları kuvvetli ve yarı dik gelişir. Oldukça verimli bir çeşittir. Güçlü ağaç yapısına sahiptir. Mart ayının sonlarına doğru çiçeklenir. Çiçek yoğunluğu çok iyi, meyveler turuncu zemin üzerine koyu kırmızı, hafif uzunumsu, orta irilikte, sert, sulu ve tatlı olup, hem taze tüketim hem de işleme için idealdir. Meyveler uzun raf ömrüne sahip, sarı etli ve yarı yarma özelliği gösterir. "Big Top", erken olgunlaşan bir tür olup (25 – 30 Haziran), ticari yetiştiricilikte yüksek verim ve pazar değeri ile öne çıkar. "Big Top" çeşiti sahip olduğu özellikler onu ihracat için ideal bir seçenek haline getirmektedir (İlgın & Yüce, 2019; Gündoğdu vd., 2024).

3.2. Yöntem

3.2.1. Nektarin Fidanlarının Dikimi

Nektarin fidanları Şubat 2024 yılında Adana'da bulunan ve meyve fidanı üretimi yapan bir firmadan temin edilmiştir. Fidanlar bir yıl-yaşlı olup yapraksız yani uyku döneminde Yozgat Bozok Üniversitesi'nin Ziraat Fakültesi araştırma seralarına transferi gerçekleştirilmiştir. Fidanlar içinde bahçe toprağı:torf:perlite (3:1:1 v/v/v %) bulunan 5 L hacimli siyah tüp poşetlere 24 Şubat 2024'te dikilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Nektarin fidanlarının siyah torbalara şaşırtılma işlemi

Fide dikiminde itibaren her 14 günde bir olmak üzere tüm bitkilere bütün elementlerin (makro ve mikro elementler) bulunduğu Hoagland gübresi takviye edilmiştir. Hoagland solüsyon içeriği 5 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 5 mM KNO_3 , 2 mM MgSO_4 , 1 mM KH_2PO_4 , 25 μM H_3BO_3 ; 2 μM MnSO_4 ; 2 μM ZnSO_4 ; 0.5 μM CuSO_4 ; 0.4 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ve 40 μM Fe-ethylenediamine-di-o-hydroxy-phenylacetic asitten (Fe-EDDHA) oluşturulmuştur (Aras & Endes, 2023). Fidanlar ilkbahar geç donundan korunmak için 24 Nisan 2024 tarihine kadar ısıtmalı araştırma seralarında tutulmuştur. Başka bir deyişle fidanlar şaşırtma işleminden yaklaşık 60 gün sonra arazi koşullarına çıkarılmıştır. Bunu takiben fidanlara 24 Nisan 2024 ve 24 Mayıs 2024 tarihlerinde içeriğinde %15 toplam azot, %15 üre azotu ve %5 suda çözünabilir çinko bulunan sıvı gübre ile uygulama yapılmıştır. 100 L suya 300 mL sıvı gübre preparatı konulmuş olup ardından her fidan torbasına 500 mL bu çözeltiden bir cam beher kullanılarak aktarılmıştır. Bu uygulamada esas amaç fidanların gövde veya dallarının kalınlaşmasının sağlanması olmuştur. Nitekim, odun dokunun kalınlaşması teşvik etmek için fidanlarda tepe vurma yapılmış ve fidan gövdeleri istenilen kalınlığa geldiğinde fungal inokulasyon gerçekleştirilmiştir. Bu süre içerisinde sulama esnasında torbalarda toprak;torf;perlit karışımında gerçekleşen eksilmeler dikkatli bir şekilde tamamlanarak çalışma yürütülmüştür. Fidanlar, haftada iki kez sulanmıştır (Şekil 3.2). Fidanların yabancı ot bakımları el ile yapılmış olup, hastalık ve zararlı mücadelesinde herhangi bir pestisit kullanılmamıştır.



Şekil 3.2. Denemede kullanılan fidanların bakım işlemi

3.2.2. Fungal İzolasyon ve Tanılama

Çalışmada kullanılan patojen, Mayıs 2022 yılında Yozgat ili merkez ilçeye bağlı Azizli köyünde gövde kanseri hastalık belirtisi gösteren 4-5 yaşlı badem fidanından izole edilmiştir. Fungal izolasyon çalışmaları geleneksel mikolojik prosedürler uygulanarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen izolatlar tek spor tekniği kullanılarak saflaştırılmıştır (Endes, 2017). Saf izolatlar, öncelikle morfolojik ve kültürel özelliklerine göre Phillips vd. (2013) tarafından açıklanan teşhis anahtarına göre *Lasiodiplodia theobromae* (YBUPd16) olarak tanımlanmıştır.

Virülans seviyesi oldukça yüksek olarak belirlenen YBUPd16 izolatının genomik DNA'sı Endes (2024) tarafından açıklanan yöntemle göre ekstrakte edilmiştir. YBUPd16 izolatının PCR analizleri ve elektroforezi Endes (2024) tarafından açıklanan protokoller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ribozomal DNA'nın internal transkripsiyonlu aralayıcı (ITS) bölgesi, Beta-tubulin (β -tubulin) geninin ve translasyon uzatma faktörü 1-alfa (EF1- α) geni kısmi bölgesi sırasıyla primer ITS4/ITS5 (White vd., 1990); Bt2a/Bt2b (Glass & Donaldson, 1995) ve EF1-728F/EF1-986R (Carbone ve Kohn, 1999) ile çoğaltılmıştır (Endes, 2024; Kayım vd., 2025). Genoks firması tarafından, *L. theobromae* izolatlarının ITS, EF1- α ve β -tubulin genlerinin baz dizileri sentezlenmiştir. Daha sonra, elde edilen baz dizilerinin sorunlu bölgeler BioEdit ve ClustalW programları kullanılarak belirlenmiştir. *L. theobromae*

izolatının sekansları, Blastn kullanılarak diğer Botryosphaeriaceae izolatlarıyla karşılaştırıldı ve tür düzeyinde tanımlandı. İzolatın üç farklı sekans bilgisi NCBI web sitesinde kayıt edilmiş ve kayıt numarası alınmıştır.

3.2.3. Bitkilere Ferulik Asit Uygulaması

Bitkilerde uyarılmış dayanıklılıkta oldukça kilit bir role sahip olan ve lignin üretim yolağında yer alan ferulik asit önce %95 etanolde çözünmüş, sonra istenen derişimde etanol–su karışımıyla seyreltilmiştir (Şekil 3.3). Her bir ferulik asit uygulaması (derişimi) için, her bir fidana 100 mL olarak hazırlanan ferulik asit çözeltisi verilmiştir. Aşağıda çalışmada kullanılan ferulik asit derişimleri ppm düzeyde ayrıntılı olarak verilmiştir.

T0 = Kontrol (Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmemiş fidanlar)

T1= Sadece *L. theobrome* ile muamele görmüş fidanlar

T2= 1 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmüş fidanlar

T3= 20 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmüş fidanlar

T4= 50 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmüş fidanlar

T5= 100 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmüş fidanlar

Ferulik asit uygulaması yapılmadan bir gün önce (30 Temmuz 2024) 0,5 L su ile sulanan bitkiler, bu sulama işleminden önce altı gün boyunca susuz bırakılmıştır. Ertesi gün (31 Temmuz 2024) bitkilere 0, 1, 20, 50 ve 100 ppm’lik derişimlere sahip ferulik asit çözeltisi fidanların kök boğazlarına yakın olacak şekilde dökülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ferulik asit derişimlerinin hazırlanması ve bitkilere uygulanması

3.2.4. İnokulum, İnokulasyon ve İnkübasyon

Fungal inokulasyon için, PDA'da gelişen 5 gün-yaşlı *L. theobromae* (YBUPd16) izolatu, bir yıl-yaşlı "Big Top" nektarin fidanlarına inoküle edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. *L. theobromae* (YBUPd16) izolatının bir yıl-yaşlı dallar üzerine inokulasyonu

Buna göre, 2024 yılı Şubat ayı sonlarında temin edilen nektarin fidanları 24 Nisan 2024 tarihine kadar ısıtmalı sera koşullarında yetiştirilmiş ve daha sonra 90 gün boyunca arazi koşullarında yetiştirilmiştir (24 Nisan-Temmuz 2024). Fungal inokulasyon 31 Temmuz 2024 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Fungal inokulasyona için yeterli kalınlığa gelen her fidanın, aşı noktasının 10 cm yukarısından 4 mm'lik mantar delici ile odun dokuya zarar vermeden, kabuk dokusu çıkarılmıştır. Mantar delici ile tam çıkarılamayan kabuk doku bisturi yardımı ile yerinden çıkarılmıştır (Şekil 3.4). Aynı büyüklükte mantar delici kullanılarak 5 gün-yaşlı, 4 mm çaplı ve aktif büyüyen *L. theobromae* inokulumu dallar üzerinde hazırlanan inokulasyon alanlarına özenle yerleştirilmiştir. İnokulasyon alanı parafilm ile sıkıca sarılmış ve ardından her bir fidan torbasına 0,5 L su verilmiştir. İnokulasyonu takip eden beşinci ve onuncu günlerde sulama işlemi tekrarlanmıştır. Nektarin fidanları arazi koşullarında 60 gün (30 Eylül 2024'e kadar) boyunca inkübe edilmiş ve bu süre boyunca rutin bakım işlemleri yapılmıştır.

3.2.5. Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi

Nektarin fidanlarında zamklanma, gövde ve dal kanseri hastalığının şiddet değerlendirilmesinde kabuk ve odun dokuda *L. theobromae*'nin neden olduğu nekroz uzunlukları esas alınmıştır (Endes vd., 2016). Bunun yanı sıra inokulasyon alanda oluşan zank miktarı da Endes ve Kayım (2022) tarafından belirtilen yöntemle göre gruplanmıştır.

3.2.6. Morfolojik Tepkilerin Belirlenmesi

Nektarin fidanlarındaki morfolojik ölçümler, fidanlara patojen aşılama ile birlikte 60 gün inkübasyon periyodu sonunda gerçekleştirilmiştir. Hangi morfolojik karakterlerin kullanıldığı ve nasıl elde edildikleri ayrıntılı olarak aşağıda açıklanmıştır.

Anaç Çapı: Toprak seviyesinin 5-10 cm üzerinden (aşı noktasının altında kalacak şekilde) kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

Kalem Çapı: Fidanların aşı noktalarından 5-10 cm üzerinden kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

Sürgün Çapı: Yıllık sürgünlerin gövde ile birleştiği yerin 5 -10 cm üzerinden sürgün çapı kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

Sürgün Uzunluğu: Yıllık sürgünlerin uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.7. Fizyolojik Tepkilerin Belirlenmesi

Membran Geçirgenliği Tayini: Her biri 1 cm² büyüklüğünde 3 yaprak diski alınmış ve cam tüpler içinde 3 kez deiyonize sudan geçirilmiştir. Bu işlemin ardından 10 mL su eklenip kapalı viyallerde 24 saat 25 °C' de çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Hemen ardından EC (C1) ölçülmüş olup bunu takiben, aynı örnekler 20 dakika 121 °C'de otoklavda bekledikten sonra 25 °C'de yine EC (C2) ölçümü yapılmıştır. Membran geçirgenliği aşağıdaki formülle belirlenmiştir (Lutts vd., 1996).

$$\text{Membran geçirgenliği} = C1/C2 \times 100$$

Yaprak Oransal Su içeriği (YOSİ): Bitkilerden yaprak örnekleri alınarak yaş ağırlıkları (YA), turgorlu ağırlıkları (TA) ve kuru ağırlıkları (KA) belirlenmiştir ve aşağıdaki formüle göre yaprak oransal su içeriği tespit edilmiştir (Smart ve Bingham, 1974).

$$\text{YOSİ (\%)} = [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100$$

Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi: Lipid peroksidasyonunun tiobarbutirik asit metoduna göre (TBA) belirlenmesi için Sreenivasulu vd. (1999) yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. 0.5 g yaprak alınarak 5 mL trikloroacetic asit (TCA) içinde homojenize edildikten sonra elde edilen homojenat $10.000 \times g$ 'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Tüpün süpernatant kısmından 4 mL alınarak üzerine 1 mL %0.5'lik TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Reaksiyon karışımı 95 °C'de, 30 dakika kaynar suda inkübe edilmiş ve reaksiyon, tüplerin buz banyosuna alınmasıyla durdurulmuştur. Örnekler tekrar $10000 \times g$ 'de 10 dakika santrifüj edilip ardından süpernatant kısmı alınarak 600 nm'de ve 532 nm'de absorbans okumaları yapılmıştır (Şekil 3.5). MDA içeriği $155 \text{ Mm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ekstinksiyon sabiti kullanılarak hesaplanmıştır. Nonspesifik turbiditenin değerlendirmemesi için 600 nm'de okunan absorbans değerinden 532 nm'de okunan değer çıkartılmıştır.



Şekil 3.5. Spektrofotometre çalışmaları

Toplam Klorofil ve Karotenoid Belirlenmesi: Yapraklarda klorofil ve karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesinde Inskeep ve Bloom (1985) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bunun için 0,5 g taze yaprak dokusu sıvı azot içerisinde ezilmiş ve üzerine +4 °C'de soğutulmuş %80'lik aseton çözeltisinden 5 mL ilave edilmiştir. Tüm hacim ağzı kapaklı tüplerde bir gece boyunca +4°C'de ve karanlıkta tutulmuştur. Tüpler bir gün sonra 3000 rpm'de 10°C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen supernatant kısım alınarak spektrofotometrede 663, 647, 470 nm'de absorbans ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.5). Kör olarak soğuk aseton kullanılmıştır. DeneySEL hataları önlemek için her örnek ikişerli gruplar halinde çalışılmıştır. Klorofil ve Karotenoid miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{Klorofil a} = 12.25 \times E663 - 2.79 \times E647$$

$$\text{Klorofil b} = 21.50 \times E647 - 5.10 \times E643$$

$$\text{Klorofil a+b} = 7.15 \times E663 + 18.71 \times E647$$

$$\text{Karotenoid} = (1000 \times E470 - 1.82 \times \text{Klorofil a} - 85.02 \times \text{Klorofil b})/198$$

3.2.8. Histolojik Tepkilerin Belirlenmesi

Nektarin fidanlarında histolojik değerlendirmeler için yapraklar FAA (Formaldehid: Asetik asit (Glasial): %70 etil alkol; 1:1:18; v:v:v) fiksasyon solüsyonu içinde saklanmıştır. Yaprak orta damarlarının enine kesitleri Toluidin Blue O (korteks hücreleri için) ve asit floroglusin (ksilem için) boyaları ile ayrı bir şekilde boyanmıştır. Boyandıktan sonra lam üzerine yerleştirilen örnekler ışık mikroskobu (Olympus CX21) ile dijital kameraya (Kameram 5) bağlı olarak görüntülenmiştir. Yaprak orta damarın korteksi ve ksilemi incelenmiştir. Hücre genişlemesi korteks hücre çapı adına açıklanmıştır (Aras vd., 2021).

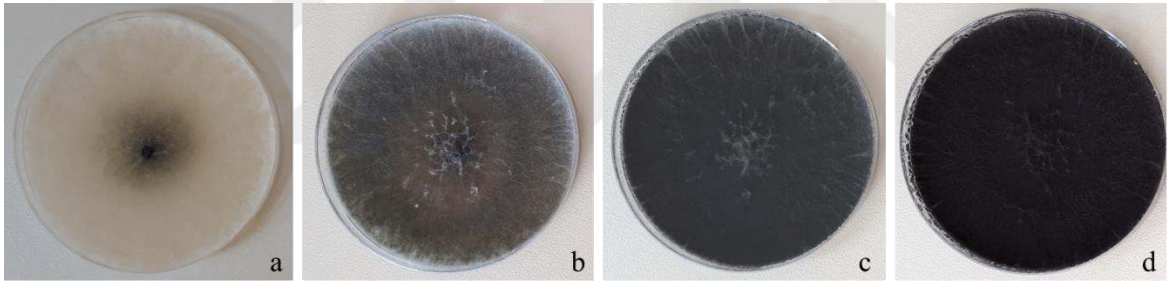
3.2.9. İstatistiksel Analiz

Çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre tasarlanmıştır. Çalışmada 3 tekerrürlü (her tekerrürde, her bir uygulama için beş (5) fidan olmak üzere denemenin tamamında toplam 90 fidan) olarak planlanmıştır. Bitki materyali olarak kullanılan "Big Top" nektarin fidanları, hızlı bir 5 L hacimli tüp poşetlere dikimi yapılmıştır. Fidanların rutin bakımları aksatılmamıştır. Çalışmada kontrolünde dâhil olduğu altı (6) farklı uygulama bulunmaktadır. Tüm uygulamalar tamamında 90 fidan kullanılmıştır. Bu sebeple, elde edilen verilere normalite testi için Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Uygulamalardan elde edilen veriler normal dağılım göstererek daha sonra Levene's testi ile verilerin varyansları arasında heterojenlik bulunmamış ve bundan dolayı uygulama ortalamaları arasındaki farkı belirlemek için, ortalamalar varyans analizi (ANOVA) işlemine tabi tutulmuştur. Verilerin istatistik analizi için SPSS 25.0 istatistik yazılım programı kullanılmıştır. Verilerin ortalamaları %5 önem seviyesinde Tukey HSD ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri ($\alpha=0.05$) ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca inokulasyon alandan aşağı ya da yukarı doğru nekroz oluşumunun önemini belirlemek için t testi ($\alpha=0.05$) yapılmıştır.

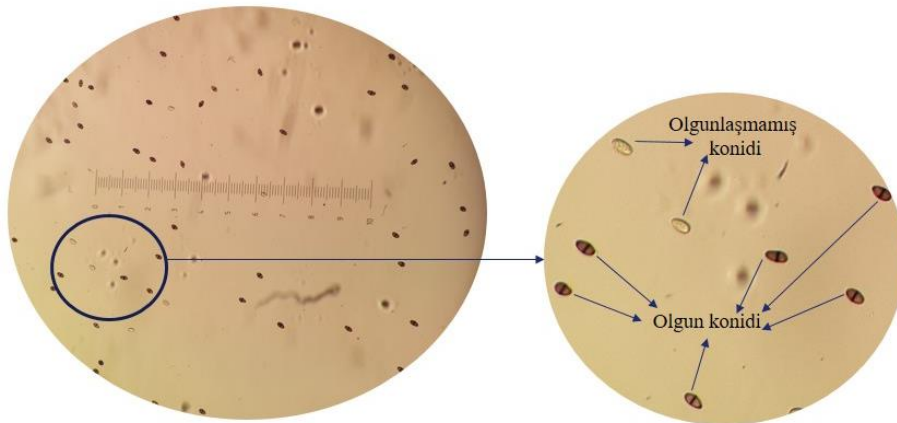
4. BULGULAR

4.1. Fungal tanılama

Lasioidiplodia theobromae (YBUPd16) izolatının kolonileri başlangıçta beyaz ve kabarık miselyum oluşturmuş, ancak zamanla koyu zeytin yeşili ve son olarak siyah renge dönüşmüştür (Şekil 4.1). Konidiler başlangıçta oval veya elips şeklinde, kalın duvarlı, renksiz ve bölmesiz olup büyüme ilerledikçe farklı kahverengi tonlarında renklenmiş, enine bir bölme ve uzunlamasına düz çizgiler içermiş ve ortalama boyutu $(19,3-22,2-27,3(-29,3) \times (10,8-12,5-15,2(-16,3) \mu\text{m})$ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.2). Etmenin nektarin ağaçlarında parazit olup olmadığını anlamak için patojenite testleri, Endes vd. (2016) tarafından açıklanan yöntemine göre iklim odası koşulları [(16 h:8 h floresan ışık: karanlık; ışık periyodunda) $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda, $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ile 65% nispi nem] altında gerçekleştirilmiştir. YBUPd16, Koch varsayımlarını karşılamak için tüm nektarin fidanlarının gövde ve dallarından yeniden izole edilmiştir. Böylece izole edilen etmenin nektarin ağaçlarında da patojenik özellik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.1. *L. theobromae* (YBUPd16) izolatının koloni gelişimi. a: 5, b: 7, c: 14 ve d: 30 gün-yaşlı koloniler



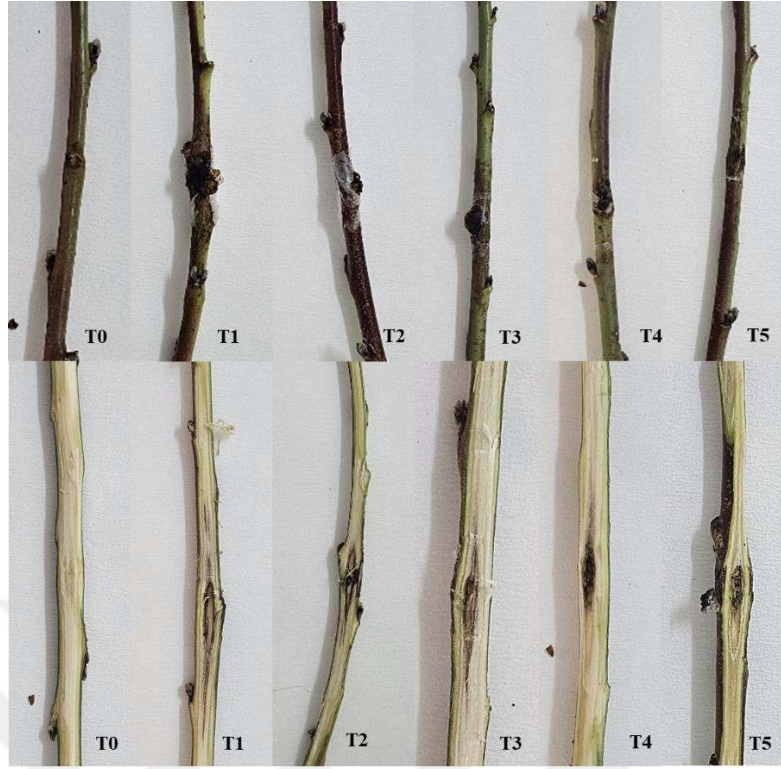
Şekil 4.2. *L. theobromae* (YBUPd16) izolatının mikromorfolojisi

Lasioidiplodia theobromae (YBUPd16) izolatının elde edilen sekansları NCBI GenBank veri tabanına kaydedilmiştir (ITS: OP419511 – β -tubulin: OP973780 – EF1- α : OQ053514) ve

Saf izolat kültürü, ileri çalışmalar için -80°C ve -20°C 'de, %30 gliserol içinde dondurularak muhafaza edilmektedir (Kayım vd., 2025).

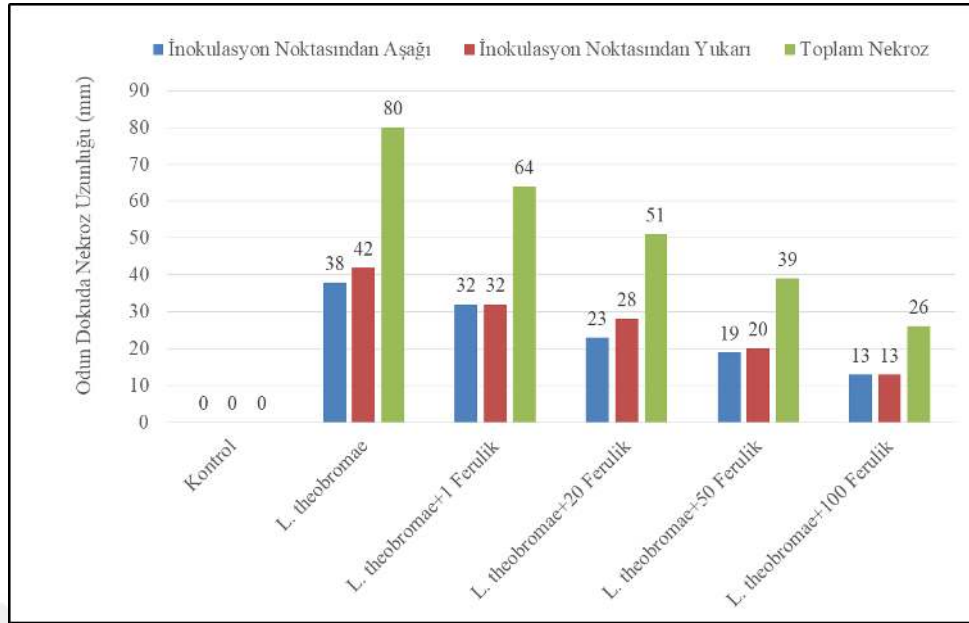
4.2. Ferulik Asit Uygulamasının Nektarin Fidelerinde *Lasiodiplodia theobromae* Patogenezi Üzerine Etkisi

L. theobromae ile muamele gören nektarin fidanlarında ilk olarak zamklanmanın ilerlemesi incelenmiştir. Zamklanma ilk olarak T1 (sadece *L. theobromae*) uygulamasında inokulasyonu takiben 4. günde ortaya çıkmış ve inokulasyon alanının 3 cm hem altında hemde üstünde zamklı alanlar görülmüştür. T2 (1 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*) ve T3 (20 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*) uygulamalarında zamklanma sırasıyla inokulasyondan sonra 9. ve 13. günlerde gözlemlenmiştir. T4 (50 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*) uygulamasına maruz kalan toplam 15 fidanın sadece 5'ünde az miktarda zamk oluşumu inokulasyondan sonra 18. günde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, T5 (100 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*) uygulamasına maruz kalan 2 fidanın inokulasyon alanı üzerinde oldukça az miktarda zamk oluşurken Şekil 4.3'te görüldüğü üzere kabuk dokusunda sınırlı bir lezyon oluşmuştur. Zamk oluşumu inokulyondan sonra 23. günde gözlemlenmiştir. İnokulasyon alanının çevresinde, Kontrol (T0), T4 ve T5 hariç, diğer uygulamalarda inokulasyondan bir hafta sonra kırmızimsı renk değişimi görülmüştür. Kontrol bitkilerinde *L. theobromae* tarafından neden olunan herhangi bir hastalık belirtisi gözlenmiş olup, T4 ve T5 uygulamalarında ise kısıda olsa kabuk dokusunda nekroz oluşmuştur. Ancak T1, T2 ve T3 uygulamalarına maruz kalan fidanların kabuk dokusunda nekrozlar belirgin bir şekilde oluşurken özellikle T1 uygulamasında inokulasyon alanı kanserli alanlara dönüşmüştür. Bu durum, *L. theobromae* enfeksiyonunun başlaması ve hastalığın gelişimi için inokulasyon öncesinde mevcut olan yaralara bağlı olduğunu göstermiştir, çünkü yaralanmamış sürgünler sağlıklı kalmıştır. Bu sonuç, nektarin ağaçlarındaki yaralanmaların enfeksiyon başlangıcında ve zamk oluşumunda önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, özellikle T1 uygulamasına maruz kalan fidanların inokulasyon alanının çevresinde gerçekleşen renk değişimi, *L. theobromae*'nin fidanlarda biyokimyasal değişiklikleri tetiklediğini göstermiştir. Ayrıca ferulik asit kullanımının zamk ve odun dokuda nekroz oluşumunu sınırladığı uygun dozda (2 yıllık fidan için 100 ppm doz) kullanıldığında hastalık şiddet oranını düşürmektedir.



Şekil 4.3. Farklı ferulik asit dozlarının *L. theobromae* tarafından neden olunan nektarin gummosis semptomlarının gelişimine ve odun dokuda nekroz oluşumuna etkileri. T0 = Kontrol (Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmemiş fidanlar), T1= Sadece *L. theobromae*, T2= 1 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*, T3= 20 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*, T4= 50 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae*, T5= 100 ppm Ferulik asit ve *L. theobromae* ile muamele görmüş fidanlar

Şekil 4.4’de inokulasyon alanının altında ve üzerinde oluşan nekroz uzunlukları karşılaştırıldığında; inokulasyon alanı altında oluşan nekroz uzunluğunun ortalaması ($24,85 \pm 9,67$), inokulasyon alanı üzerinde oluşan nekroz uzunluğunun ortalamasına ($27,15 \pm 11,31$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmamıştır [$t_{(38)} = -0.691$, $p = 0.494$]. Ancak, inokulasyon noktasının alt, üst ve toplam nekroz uzunluğu uygulamalar açısından istatistiksel olarak farklıdır (Tablo 4.1). Bununla beraber, *L. theobromae* enfeksiyonuna karşı ferulik asidin etkisi Tablo 4.2’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Fidanların gövde odun dokularında oluşan toplam nekroz uzunluğu esas alındığında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($F_{(4-19, 0.05)} = 30,7$; $p < 0.0001$). T4 ve T5 (*L. theobromae*+100 Ferulik asit) uygulamaları istatistiksel olarak aynı grub içerisinde yer almakla birlikte, *L. theobromae* enfeksiyonunun nekroz uzunluğu açısından, baskılanmasında en etkili uygulamalar olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2).



Şekil 4.4. Farklı dozlarda ferulik asit uygulamalarının *L. theobromae* enfeksiyonuna karşı etkisi

Tablo 4.1. *L. theobromae*'nin nektarin fidelerinde odunsu doku nekrozuna etkisi üzerine varyans analizi

Deneme	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
İnokulasyon Noktasından Aşağı	Uygulama	1580,8	4	395,2	30,0	0,000
	Hata	197,8	15	13,2		
	Toplam	1778,6	19			
İnokulasyon Noktasından Yukarı	Uygulama	2040,8	4	510,2	19,4	0,000
	Hata	393,8	15	26,3		
	Toplam	2434,6	19			
Toplam Nekroz	Uygulama	7142,0	4	1785,5	30,7	0,000
	Hata	872,0	15	58,1		
	Toplam	8014,0	19			

Tablo 4.2. *L. theobromae* enfeksiyonuna karşı ferulik asidin etkisi

Uygulama	İnokulasyon Noktasının Altı (mm)	İnokulasyon Noktasının Üstü (mm)	Toplam Nekroz Uzunluğu (mm)
<i>L. theobromae</i>	38 + 1,9 c	42 + 2,3 d	80 + 3,7 d
<i>L. theobromae</i> +1 Ferulik	32 + 1,6 c	32 + 3,8 cd	64 + 4,9 cd
<i>L. theobromae</i> +20 Ferulik	23 + 2,4 b	28 + 2,5 bc	51 + 3,8 bc
<i>L. theobromae</i> +50 Ferulik	19 + 1,9 ab	20 + 2,5 ab	39 + 4,3 ab
<i>L. theobromae</i> +100 Ferulik	13 + 0,9 a	13 + 0,9 a	26 + 1,2 a
LSD (%5)	5,5	7,7	11,5
Cv (%)	14,6	18,9	14,7

4.3. Uygulamaların Bitki Morfolojisi Üzerine Etkileri

L. theobromae enfeksiyonuna karşı fidan anaç çaplarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Rakamsal olarak, kontrole göre en fazla 50 ppm ferulik asit

uygulamasında anaç çapının artışı Tablo 4.3’de görülmektedir. Diğer taraftan, fidanların kalem çapları arasında, ferulik asit uygulanan bitkiler ile kontrol bitkileri aynı istatistik grup içerisinde yer alırken, sadece *L. theobromae* uygulanan bitkiler farklı istatistik grup arasında yer almıştır.

Tablo 4.3. Uygulamaların bitki morfolojisi üzerine etkileri

Uygulamalar	Anaç çapı (mm)	Kalem çapı (mm)	Sürgün çapı (mm)	Sürgün uzunluğu (mm)
Kontrol/Uygulamasız	8.82 ^{ÖD}	6.85 ab	4.87 ab	24.96 ab
<i>L. theobromae</i>	8.90	6.41 b	4.18 cd	19.83 b
<i>L. theobromae</i> 1 ppm Ferulik	9.05	7.18 a	3.88 d	21.11 ab
<i>L. theobromae</i> 20 ppm Ferulik	9.35	7.20 a	4.42 bd	24.98 ab
<i>L. theobromae</i> 50 ppm Ferulik	9.37	7.16 a	4.55 ac	26.74 a
<i>L. theobromae</i> 100 ppm Ferulik	9.08	7.29 a	5.07 a	26.81 a

Anaç çapı için *L. theobromae* enfeksiyonlarına karşı ferulik asit herhangi bir etki göstermemiş ancak kalem çapı üzerinde *L. theobromae* enfeksiyonuna karşı istatistiksel olarak etkili olmuştur. Fidanların sürgün çapı ve uzunluğu kontrol, *L. theobromae* + ferulik asit ve sadece *L. theobromae* uygulamaları arasında farklılık göstermiştir (Tablo 4.3). Kontrol bitkileri istatistiksel olarak *L. theobromae* + 50 ve 100 ppm ferulik asit uygulamaları ile aynı istatistik grup içerisinde yer almıştır. Bunun aksine, sadece *L. theobromae* uygulaması *L. theobromae* + 1 ve 20 ppm ferulik asit uygulaması ile aynı grup içerisinde gruplandırılmıştır. Fidanların sürgün uzunluğu uygulamalar açısından değerlendirildiğinde, sadece *L. theobromae* uygulaması sürgün uzunluğunu oldukça baskılamış olup ferulik asit uygulamaları ile bu strese karşı bir tepki oluşmuştur.

4.4. Uygulamaların Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Tablo 4.4 genel olarak incelendiğinde en iyi sonucun istatistiksel olarak, *L. theobromae*+20 ppm ferulik asit ve *L. theobromae*+50 ppm ferulik asit gruplarında olduğu gözlemlenmiştir. En hızlı yaprak oransal su içerik kaybı *L. theobromae*+1 ppm ferulik asit grubunda meydana geldiği belirlenmiştir. Tüm uygulamalar

L. theobromae uygulaması sonrasında kontrole bitkileri ile beraber yaprak oransal su içeriğini korumuştur (Tablo 4.4). Membran geçirgenliği hücre membran stabilitesi hakkında ve apoplastik bölgelerdeki (hücre duvarları, hücreler arası boşluklar ve ksilem damarları) nispi iyon içeriği hakkında da değerli bilgiler vermektedir. Ancak Tablo 4.4’de görüldüğü üzere nektarin fidanlarının membran geçirgenlikleri esas alındığında kontrol ve diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Malondialdehit (MDA) analizi, hastalık enfeksiyonları gibi stres faktörlerinin bitkide oluşturduğu zarar düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Başka bir deyişle, fitopatojenlere karşı bitkinin verdiği savunma ve zarar yanıtının ölçümünde önemlidir. Nitekim, bitkilere sadece *L. theobromae* uygulandığında bitki hücrelerinde oksidatif stres düzeyini istatistiksel olarak diğer tüm uygulamalardan farklı olduğu ortaya konulmuştur ($p < 0,05$). *L. theobromae*+100 ppm ferulik asit uygulaması ile sadece *L. theobromae* uygulaması karşılaştırıldığında bitki hücrelerinin maruz kaldığı oksidatif stresi yaklaşık %28 oranında azalmıştır. Bunu %22’i ile *L. theobromae*+50 ppm ferulik asit uygulaması takip etmiştir. Kontrol, *L. theobromae*+1 ppm ferulik asit ve *L. theobromae*+20 ppm ferulik asit uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 4.4. Uygulamaların bitki fizyolojisi üzerine etkileri

Uygulamalar	YOSİ (%)	Membran geçirgenliği (%)	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{fw}$)
Kontrol/Uygulamasız	83.4 bc	18.1 ^{ÖD}	0.8666 b
<i>L. theobromae</i>	85.0 ac	19.8	1.0107 a
<i>L. theobromae</i>	78.5 c	19.9	0.8709 b
1 ppm Ferulik			
<i>L. theobromae</i>	93.2 a	17.6	0.8215 bc
20 ppm Ferulik			
<i>L. theobromae</i>	88.3 ab	17.1	0.7871 bc
50 ppm Ferulik			
<i>L. theobromae</i> 100 ppm Ferulik	79.7 c	18.3	0.7258 c

İnfekteli nektarin bitkilerinde klorofil a içeriği kontrol bitkileri temel alındığında, *L. theobromae*+50 ppm ferulik asit uygulaması hariç, diğer tüm uygulamalarda bir düşüş göstermiştir (Tablo 4.5). Sadece *L. theobromae* uygulaması klorofil a içeriği temel alındığında kontrole göre yaklaşık %33.6’lık bir oranda azalma göstermiştir. Bunu sırasıyla *L. theobromae*+1 ppm Ferulik asit (%28,3) ve *L. theobromae*+20 ppm Ferulik asit (%19,6) uygulamaları takip etmiştir. Ancak, *L. theobromae*+100 ppm Ferulik asit uygulamasında klorofil a içeriği uygulama görmemiş bitkiler ile benzer seviyede iken, *L. theobromae*+50 ppm Ferulik asit uygulaması klorofil a içeriğinde yaklaşık %5 oranında artışa neden olmuştur. Klorofil b ve a+b içerikleri tüm uygulamalarda klorofil a içeriğine benzer sonuçlar

göstermiştir. Klorofil b içeriği sadece *L. theobromae* uygulamasında en düşük düzeydedir. Aksine *L. Theobromae* +50 ppm Ferulik asit uygulaması, tıpkı klorofil a içeriğindeki artış gibi, klorofil b içeriğinde en yüksek düzeyde artış göstermiştir. Diğer taraftan, toplam karotenoid içeriği uygulama görmemiş bitkiler ile sadece *L. theobromae* uygulamasına maruz kalmış bitkilerde sırasıyla 1.46 ve 1.80 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak saptanmıştır. *L. theobromae*+50 ppm Ferulik asit uygulaması toplam karotenoid açısından bitkilerde oluşan stresi diğer uygulamalara göre daha çok düşürdüğü tespit edilmiştir. Toplam karotenoid içeriği en fazla *L. theobromae*+20 ppm Ferulik asit uygulamasında (2,12 $\mu\text{g g}^{-1}$) belirlenirken, en düşük *L. theobromae*+1 ppm Ferulik asit uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Sonuç olarak, klorofil a, b, a+b ve toplam karotenoid içerikleri *L. theobromae* enfeksiyonu sebebiyle oluşan stresin azaltılmasında ferulik asit uygulamasının faydalı olduğunu göstermiştir.

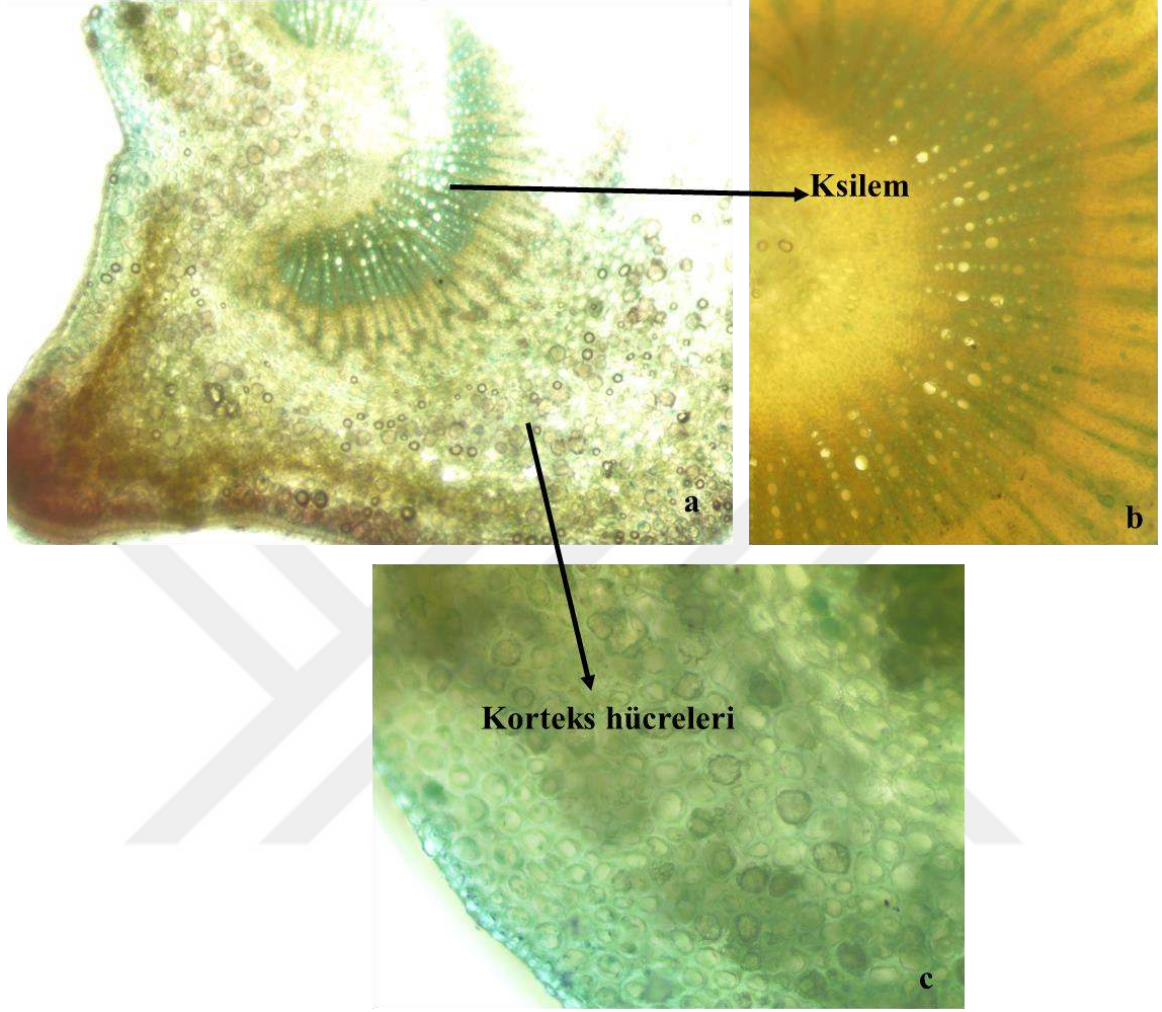
Tablo 4.5. Uygulamaların bitki fizyolojisi üzerine etkileri

Uygulamalar	Klorofil a ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Klorofil b ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Klorofil a+b ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Toplam karotenoid ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Kontrol/Uygulamasız	13.78 a	2.69 bc	16.48 a	1.46 b
<i>L. theobromae</i>	9.15 b	1.71 d	10.86 b	1.80 ab
<i>L. theobromae</i> 1 ppm Ferulik	9.88 b	2.04 cd	11.93 b	2.05 a
<i>L. theobromae</i> 20 ppm Ferulik	11.07 b	2.23 cd	13.31 b	2.12 a
<i>L. theobromae</i> 50 ppm Ferulik	14.46 a	3.56 a	18.02 a	1.77 ab
<i>L. theobromae</i> 100 ppm Ferulik	13.70 a	3.24 ab	16.94 a	2.09 a

4.5. Yaprak Histolojisine Etkileri

Bitkilerde korteks hücre çapı, fizyolojik ve anatomik olarak önemli bir özellik olup kök ve gövde organları arasında yer alan temel dokudur ve çeşitli kritik görevleri vardır (Şekil 4.5). Bu hücrelerin çapındaki değişimler, bitkinin çevresel koşullara yanıt verme yeteneğini ve dokusal işleyişini doğrudan etkiler. Bu sebeple de *L. theobromae* enfeksiyonu altında ferulik asitin nektarin fidanlarının korteks hücre çapını artırıcı yönde etki ettiği Tablo 4.6'da görülmektedir. Kontrol bitkilerde korteks hücre çapı 44,4 μm olarak tespit edilmiştir. Sadece *L. theobromae* enfeksiyonuna maruz kalmış fidanlarda 33,0 μm olarak saptanmıştır. Kontrole göre enfeksiyona maruz kalmış fidanların korteks hücre çaplarında ortalama %25

azalma gerçekleşmiştir. Kontrol fidanları esas alındığında en az hücrel daralma *L. theobromae*+100 ppm Ferulik asit uygulamasında tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Nektarin yaprağının eni kesiti. a, Yaprak ana damarı; b, Ksilem iletim demetleri; c, Korteks hücreleri

Ksilemin apı, su taşınımının hızını ve güvenliğini belirleyen ve dolayısıyla bitki büyümesi, stres toleransı, hidrolik performansını etkileyen önemli bir anatomik özelliktir. Bu sebeple de, *L. theobromae* enfeksiyonuna bağı olarak ksilem iletim demetlerinde oluşan zararı azaltmak için ferulik asit kullanılmıştır. Ferulik asit lignin yolağında yer alması sebebiyle ksilem iletim demetinin önce bileşikleri arasında yer almaktadır. Nitekim, uygulamasız bitkilerde ksilemin çapı ortalama 17.5 µm olarak belirlendi. Ancak odun dokuda nekrozlara neden olan *L. theobromae* etmeni tek uygulanması durumunda ksilem çapı ortalama 14.5 µm'ye kadar düşmüştür. Bunun aksine *L. theobromae* enfeksiyonunda ferulik asitin en düşük dozda (1 ppm) uygulansa dahi ksilem çapında iyileştirici yönde etki yaptığı Tablo 4.6'de görülmektedir. *L. theobromae*+20, 50 ve 100 ppm ferulik asit uygulamalarının kontrol bitkilerle aynı büyüklükte ksilem çapına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.6. *L. theobromae* ve ferulik asit uygulamaların nektarin fidanlarında yaprak histolojisine etkileri

Uygulamalar	Korteks hücre çapı (μm)	Ksilem çapı (μm)
Kontrol/Uygulamasız	44.4 a	17.5 a
<i>L. theobromae</i>	33.0 c	14.5 c
<i>L. theobromae</i> 1 ppm Ferulik	33.3 c	15.7 bc
<i>L. theobromae</i> 20 ppm Ferulik	33.5 c	17.2 ab
<i>L. theobromae</i> 50 ppm Ferulik	35.7 bc	17.2 ab
<i>L. theobromae</i> 100 ppm Ferulik	36.4 b	17.4 a

5. TARTIŞMA

Çalışmada, ferulik asit uygulamasının nektarin fidanında *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonuna karşı olumlu ekiler yaptığı belirlenmiştir. *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonu bitki büyümesinin gerilemesine ve klorofil kaybına sebep olmuş ve hücre büyümesini engellemiştir. Nektarin ağaçlarının gövde kanserine karşı oldukça hassas olduğu bilinmektedir (Endes vd., 2016). Bu sebeple, çalışmamızda hassas tür olarak nektarin fidanları kullanılmıştır.

Nektarinlerde zamklanmaya sebep olan funguslar yetiştiriciliği önemli düzeyde kısıtlamaktadır. Bu funguslardan en önemlilerinden biri Botryosphaeriaceae familyasında yer alan *Lasiodiplodia theobromae* türüdür (Zhang vd., 2020). Bu fungusun en önemli semptomları sürgün üzerindeki lentisellerin içeri doğru çökmesi, sürgünler su kabarcığı şeklinde şişiklikler, gövde ve sürgünlerde zamk oluşması ve sürgünlerin geriye doğru ölümü şeklinde gerçekleşmektedir (Slippers & Wingfield, 2007). Yaptığımız çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup sadece fungus uygulanan kontrol grubunun fidanlarında zamk oluşmuştur.

Ağaçların fungus enfeksiyona karşı en erken ve en iyi karakterize edilmiş tepkilerinden biri, enfeksiyon bölgesinde reaktif oksijen türlerinin (ROT), özellikle süperoksit ve ürünü H_2O_2 'nin oluşmasıdır (Apel & Hirt, 2004). Bu reaktif oksijen türleri, hücre zarlarındaki lipid tabakasına zarar vererek lipid tabakalarının parçalanmasına ve ara ürün olan malondialdehitin (MDA) birikmesine neden olur (Demidchik, 2017; Gill & Tuteja, 2010). Çalışmada, gövde kanserine maruz bırakılıp ferulik asit uygulanmayan fidanların (negatif kontrol grubu) MDA birikimi hastalık uygulanmayan kontrol grubuna göre oldukça artmıştır. En düşük MDA birikimi ise 100 ppm ferulik asit uygulamasında belirlenmiştir. Bu sonuç ferulik asit uygulaması sonucunda gövde kanserine karşı hücrelerdeki lipid tabakasının parçalanmadığını ve hücresel düzeydeki zararın minimum olduğunu sergilemektedir. Gövde kanseri sonucunda MDA birikiminin arttığı birçok türde belirlenmiştir (Dinis vd., 2022; Liv vd., 2014; Sun vd., 2023; Zhang vd., 2020). Srinivasan vd. (2007), ferulik asidin fenoksi ve hidroksil grupları ile serbest oksijen türlerinin yıkımını gerçekleştirebildiğini bildirmiştir. Bu mekanizma ile patojenlere karşı bir savunma sağlanabilmektedir.

Lasiodiplodia theobromae iletim demetlerinde ve parankimatik hücrelerde kolonize olan bir fungustur (Muniz vd., 2011). Bu fungus lignin ve pektini parçalayabilme yeteneğine sahiptir

(Alves da Cunha vd., 2003). Bitkiler birçok fungusa karşı hücre duvarlarında lignin adı verilen fenolik bir ürünü sentezleyerek bir bariyer oluşturur ve lignin birikimi sonucunda fungusların hücre içine penetrasyonunu engeller (Aras & Endes, 2023; Zúñiga vd., 2019). Şeftali türünde *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonu sonucunda hücre duvarlarının parçalandığı bildirilmiştir (Li vd., 2014). Hücre duvarında yer alan lignin hücre duvarının önemli bir bileşeni olup organik karbonun yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır (Boerjan vd., 2003). Lignin şikimik asit yolağının fenilproponoid alt yolağında, fenilalanin amino asidinden oluşmaktadır (Vanholme vd., 2010). Ayrıca ferulik asit, vanilik asit gibi fenolik bileşikler lignin öncül maddeleridir (Maeda & Dudareva, 2012). Hücre duvarında lignin birikimi sonucunda patojenlerin hücre içine girişinin engellendiği birçok çalışmada bildirilmiştir (Aras & Endes, 2023; El Modafar & Boustani, 2001; Lionetti vd., 2015). Lignin öncül maddesi olan ferulik asit de patojenlere karşı savunmada büyük bir rol oynamaktadır. Çilek bitkisinin kök bölgesinde ferulik asidin yüksek miktarda bulunmasından dolayı *Fusarium solgunluğunun* azaldığı bildirilmiştir (Tian vd., 2019). Ksilem ligninden oluşan bir iletim demeti olup lignin sentezinin artması ile ksilemin de geliştiği bildirilmiştir (Aras, 2022). Çalışmada, gövde kanserine maruz kalan kontrol grubunda ksilem çapı kontrol grubuna kıyasla %17 oranında azalmış olup ferulik asit uygulanan fidanların ksilem çapları artmıştır. 100 ppm ferulik asit uygulanan fidanların ksilem çapları hastalık uygulanmayan fidanların ksilem çaplarıyla aynı değere sahip olmuştur. Bu sonuç özellikle 100 ppm ferulik asit uygulamasının ksilem iyileşmesini sağladığını ortaya koymaktadır. Ksilem hem su hem de besin maddelerinin taşındığı iletim demetidir (Aras vd., 2021). Bu sebeple ksilem iletim demetlerinin zarar görmemesi bitki gelişimi bakımından büyük bir önem arz etmektedir.

Ksilem, şikimik asit yolağının fenilpropiyonid alt yolağında sentezlenen lignin adı verilen bir fenolik bileşikten oluşmaktadır. Ligninin öncül maddeleri bulunmakta olup bu öncüllerin önemlilerinden biri ferulik asittir (Adams vd., 2019). Bitkilere dışarıdan ferulik asit uygulanması sonucunda birçok olumlu sonuç elde edilmiştir. Çilek bitkisinin kök bölgesinde ferulik asidin yüksek miktarda bulunmasından dolayı *Fusarium solgunluğunun* azaldığı bildirilmiştir (Tian vd., 2019). Domates bitkilerine ferulik asit uygulanması sonucunda *Botrytis cinerea'* ye karşı dayanıklılığın arttığı belirlenmiştir (Shu vd., 2021). Ayrıca ferulik asidin abiyotik stres faktörlerine karşı bitkilerde dayanıklılığı arttırdığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Hura vd., 2009; Linić vd., 2021; Yildiztugay vd., 2019). Çalışmada, ferulik asidin ksilem iyileştirmesi üzerine olumlu etkilerinin belirlenmesi hem biyotik hem de abiyotik stress koşullarına karşı kullanılabileceğini sergilemektedir. Ferulik asit lignin

sentezini artırır (Yildiztugay vd., 2019) ve hücre duvarında lignin birikiminin artması patojenlere karşı bir engel olabilmektedir. Çünkü patojenlerin hücre düzeyinde ilk saldırdığı yer hücre duvarı ve bu duvardaki lignin, pektin bileşenlerdir (Chen vd., 2021). Hücrelerdeki lignin miktarının artması sonucunda hem patojenlere karşı bariyer hem de ksilemin iyileşmesinin sağlanması bakımından büyük bir önem arz etmektedir. Ayrıca ferulik asit bir fenolik bileşiktir ve fenolik bileşiklerin bitkilerde patojenlere karşı savunma mekanizmasını tetiklediği birçok çalışmada bildirilmiştir (Nagpala vd., 2016; Roy vd., 2018; Shalaby & Horwitz, 2015). Bostock vd. (1999) şeftali meyvesinin yüzeyinde fenolik bileşiklerin birikiminin artması ile meyvede patojenik fungusların gelişiminin engellendiğini belirlemiştir.

Gövde kanseri yaprakların korteks hücrelerinin büyümesini de olumsuz etkilemiştir. Gövde kanseri korteks hücre çapını kontrol grubuna kıyasla %25 oranında azaltmıştır. Korteks hücreler yaprakların büyümesini etkilemektedir. Yaprakların büyümesinde ilk aşamada korteks hücreler bölünür, ikinci aşamada ise büyüme yeteneğine sahip olup yaprakların da büyümesi gerçekleşir (Gonzalez vd., 2012). Ayrıca korteks hücreleri besin elementlerinin depolanmasında görev alır (Lechthaler vd., 2019). Bu sebeple korteks hücrelerin büyümesinin engellenmesi yaprakların küçük kalmasına, dolayısıyla fotosentezin az olmasına, bitkilerin küçük kalmasına ve meyve verim ve kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Ferulik asit uygulanması sonucunda korteks hücrelerin büyümesinde artış olmuştur. Kontrol grubu bitkilerinin dışında en yüksek hücre büyümesi 100 ppm ferulik asit uygulamasında belirlenmiştir. Korteks hücrelerin büyümesinin artması sonucunda bitkilerin büyümesinin arttığı birçok çalışmada belirlenmiştir (Aras, 2022; Gonzalez vd., 2012).

Klorofil miktarı gövde kanseri sonucunda oldukça azalmıştır. Klorofil fotosentezde anahtar rol üstlenen pigmenttir. Klorofil miktarındaki kayıplar fotosenteze olumsuz olarak yansımaktadır. *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonunun fotosenteze olumsuz etki ettiği belirlenmiştir (Dinis vd., 2022). Ayrıca birçok çalışmada bu enfeksiyonun klorofil miktarını azalttığı bildirilmiştir (Adetunji vd., 2020; Kaniyassery vd., 2024; Li vd., 2014). Ferulik asit uygulamaları klorofil kaybını önlemiş olup en yüksek değerler 50 ve 100 ppm dozlarında belirlenmiştir. Ferulik asidin fotosentez aygıtlarının korunmasında büyük bir rol oynadığı bildirilmiştir (Linić vd., 2021). Karotenoid miktarı da ferulik asit uygulamaları sonucunda etkilenmiştir. Karotenoid bitkileri streslerden koruyan bir pigmenttir (Havaux, 2014). *Lasiodiplodia theobromae* enfeksiyonuna maruz kalan kontrol grubunda karotenoid miktarı kontrole artması fidanların strese karşı savunma mekanizmasını tetiklediğini göstermektedir.

Ferulik asit uygulaması sonucunda ise karotenoid miktarı daha yüksek miktarlarda birikmiş olup 100 ppm dozu en yüksek seviyeyi göstermiştir. Ferulik asidin karotenoid miktarını arttırarak bitkileri stres faktörlerine karşı koruduğu bildirilmiştir (Gorni vd., 2021; Meier vd., 2011). Bu sonuçlar ferulik asidin hem klorofil kaybını önlediğini hem de strese karşı savunma mekanizmasını tetiklediğini göstermektedir.

Hücre düzeyindeki zararlar bitkilerin morfolojik gelişimine olumsuz olarak yansımaktadır. Çalışmada, gövde kanserine maruz bırakılıp ferulik asit uygulanmayan fidanların gelişimi hastalık uygulanmayan kontrol grubuna göre oldukça gerilemiştir. Kalem ve sürgün çap değerleri oldukça azalmış olup sürgün uzunluğunda %20 oranında bir düşüş kaydedilmiştir. Bitki gelişimindeki gerileme hücrel gelişim ile orantılı olup korteks hücrelerin büyümesinin engellenmesi sonucu olabilmektedir. Ayrıca klorofil gövde kanserinin klorofil miktarının düşmesine sebep olması da fotosentezde bir kayıp olacağını ve bunun da fidanların morfolojik gelişimine olumsuz yansıyacağını göstermektedir. Ferulik asidin bitkilerin morfolojik gelişimine katkıda bulunduğu önceden yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Shu vd., 2021; Yildiztugay vd., 2019).

Çalışmada sürgünde oluşan zamklanma da değerlendirilmiştir. Ağaçlarda zamk oluşumu patojen saldırısına karşı verilen önemli bir tepkidir (Miyamoto vd., 2010). Zamk akıntısı polisakkarit bir komplekstir (Simas vd., 2008). *Botryosphaeria* spp. enfeksiyonu genel olarak zamk şeklinde belirti ortaya koymaktadır (Wang vd., 2011). Çalışmamızda, gövde kanserine maruz bırakılan negatif kontrol grubundaki fidanlarda daha fazla zamk oluşumu gözlenmiş olup en az zamk oluşumu 100 ppm ferulik asit uygulamasında saptanmıştır. Bu gözlem, 100 ppm dozunun gövde kanserine karşı koruyucu bir etki yaptığını ve fidanların patojenlerden daha az etkilendiğinin önemli bir kanıtıdır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Prunus cinsi, badem ve şeftali/nektarin gibi ağaçları barındıran bir grup olup, dünya genelinde 430 tür içermektedir. Türkiye ve İran, son 30 yılda üretimlerini iki katına çıkarırken Türkiye, şeftali/nektarin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Nektarin üretiminde verim kayıpları iklim değişikliği nedeniyle artmaktadır. Fungal hastalıklar, önemli üretim kayıplarına yol açmakta; bununla başa çıkmak için sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışma ile, nektarini üzerine odaklanarak, *Lasiodiplodia theobromae*'nın neden olduğu hastalıklar için fenolik bileşiklerden biri olan ferulik asit ile lignin sentezinin arttırılarak bitki savunma sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Dünyada ve Türkiye'de ilk defa *L. thobromae* enfeksiyonuna karşı fungusit gibi kimyasal ilaç kullanmadan ferulik asit etkinliği ile bitkinin direnç kazanması sağlanmıştır. Araştırmamızda bitki materyali olarak nektarin ağaçlarında zamklanma, gövde ve dal kanserine hassas olduğu belirtilen ve Kaliforniya orjinli "Big Top" nektarin fidanı kullanılmış olup tesadüf blokları deneme desenine göre sera koşullarında 3 tekerrürlü olmak üzere 90 adet fidan üzerinde çalışma yürütülmüştür. Aşağıda çalışma sonucunda elde edilen veriler ve öneriler madde şeklinde özetlenmiştir.

1. *L. thobromae* enfeksiyonuna karşı fidan anaç çaplarında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Ancak kalem çapı üzerinde ferulik asit uygulaması *L. thobromae* enfeksiyonuna karşı istatistiksel olarak etkili olmuştur. Fidanların sürgün çapı ve uzunluğu kontrol, *L. thobromae* + ferulik asit ve sadece *L. thobromae* uygulamaları arasında farklılık göstermiştir. Fidanların sürgün uzunluğu değerlendirildiğinde sadece *L. thobromae* uygulaması sürgün uzunluğunu baskılamıştır.
2. Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) açısından en iyi sonucun istatistiksel olarak *L. thobromae*+20 ppm ferulik asit ve *L. thobromae*+ 50ppm ferulik asit gruplarında olduğu görülmüştür. Nektarin fidanlarının membran geçirgenlikleri esas alındığında istatistiksel olarak kontrol ve diğer uygulamalar arasında fark görülmemiştir.
3. Malondialdehit (MDA) uygulamasında bitkilere sadece *L. theobromae* uygulandığında bitki hücrelerinde oksidatif stres düzeyini istatistiksel olarak diğer tüm uygulamalardan farklı olduğu görülmüştür. *L. theobromae*+100 ppm ferulik asit uygulaması ile sadece *L. theobromae* uygulaması karşılaştırıldığında ise bitki hücrelerinin maruz kaldığı oksidatif stresi yaklaşık %28 oranında azalmıştır. Bunu %22'i ile *L. theobromae*+50 ppm ferulik asit uygulaması takip etmiştir. Kontrol, *L. theobromae*+1 ppm ferulik asit ve *L.*

theobromae+20 ppm ferulik asit uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

4. İnfekteli nektarin bitkilerinde klorofil a içeriği kontrol bitkileri temel alındığında, *L. theobromae*+50 ppm ferulik asit uygulaması hariç, diğer tüm uygulamalarda bir düşüş eğilimi göstermiştir. Klorofil b içeriği sadece *L. theobromae* uygulamasında en düşük düzeydedir. Aksine *L. Theobromae* +50 ppm Ferulik asit uygulaması en yüksek düzeyde artış göstermiştir. Sonuç olarak *L. theobromae* enfeksiyonu sebebiyle oluşan stresin azaltılmasında ferulik asit uygulamasının faydalı olduğunu göstermiştir.
5. Bitkilerde korteks hücre çapı *L. theobromae* enfeksiyonu altında ferulik asittin nektarin fidanlarının korteks hücre çapını artırıcı yönde etki ettiği görülmektedir. Kontrole göre enfeksiyona maruz kalmış fidanların korteks hücre çaplarında ortalama %25 azalma gerçekleşmiştir. Kontrol fidanları esas alındığında en az hücresel daralma *L. theobromae*+100 ppm Ferulik asit uygulamasında tespit edilmiştir.
6. *L. theobromae* enfeksiyonuna bağlı olarak ksilem iletim demetlerinde oluşan zararı azaltmak için ferulik asit kullanılmıştır. Uygulamasız bitkilerde ksilemin çapı ortalama 17.5 µm olarak belirlendi. Ancak odun dokuda nekrozlara neden olan *L. theobromae* etmeni tek uygulanması durumunda ksilem çapı ortalama 14.5 µm'ye kadar düşmüştür. Bunun aksine *L. theobromae* enfeksiyonunda ferulik asitin en düşük dozda (1 ppm) uygulansa dahi ksilem çapında iyileştirici yönde etki yaptığı tespit edilmiştir.
7. Çalışmada, gövde kanserine maruz bırakılan negatif kontrol grubundaki fidanlarda daha fazla zamk oluşumu gözlenmiş olup en az zamk oluşumu 100 ppm ferulik asit uygulamasında saptanmıştır. Bu gözlem, 100 ppm dozunun gövde kanserine karşı koruyucu bir etki yaptığını ve fidanların patojenlerden daha az etkilendiğinin önemli bir kanıtıdır.
8. Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen veriler konu ile ilgili daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Ayrıca mevcut nektarin dikili alanlarında ve daha sonra kurulacak olanlarda gerekli önlemlerin alınması bakımından faydalı olacaktır. Kimyasal ilaç kullanmadan bitkilerde savunma mekanizmasını etkileyerek bitkinin patojenlere karşı direnç kazanmasını amaçlayan bu çalışma hem çevreci hemde daha sağlıklı ürünler elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu çalışmada, ferulik asit *L. theobromae*'ya karşı hastalıklı meyve bahçelerinde, nektarin üreticileri tarafından belirlenen dozda kullanılabilir. Diğer meyve ağaçlarında ferulik asit uygulamasının sürdürülebilirliği için yapılacak çalışmalarla mevcut çalışma geliştirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Abdollahzadeh, J. E. A., Javadi, A., Goltapeh, E. M., Zare, R. & Phillips, A. J. L. (2010). Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. *Persoonia*, 25(1), 1-10.
- Ablormeti, F. K., Coleman, S. R., Honger, J. O., Owusu, E., Bedu, I., Aidoo, O. F., ... & Odamtten, G. T. (2021). Management of *Lasiodiplodia theobromae*, the causal agent of mango tree decline disease in Ghana. *African Crop Science Journal*, 29(2), 193-207.
- Acar, J., & Gökmen, V. (1998). *Fenolik Bileşikler ve Doğal Renk Maddeleri*. Hacettepe Üniversitesi Basımevi, 435-452.
- Adams, Z. P., Ehrling, J., & Edwards, R. (2019). The regulatory role of shikimate in plant phenylalanine metabolism. *Journal of Theoretical Biology*, 462, 158-170.
- Adaskaveg, J. E., Schnabel, G., & Förster, H. (2008). Diseases of peach caused by fungi and fungal-like organisms: Biology, epidemiology and management. In D. R. Layne & D. Bassi (Eds.) *The peach: Botany, Production And Uses* (pp. 352-406). CABI.
- Adetunji, C. O., Oloke, J. K., Phazang, P., & Sarin, N. B. (2020). Influence of eco-friendly phytotoxic metabolites from *Lasiodiplodia pseudotheobromae* C1136 on physiological, biochemical, and ultrastructural changes on tested weeds. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 9919-9934.
- Adil, İ. H. (2006). *Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from fruit pomaces*. (Yayın No. 11511/16497) [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Ulusal Tez Merkezi.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology (5th ed.)*. Elsevier Academic Press.
- Akgül, D. S., Özarslandan, M., & Erkıılıç, A. (2020). Türkiye'nin Güneyinde Asmada *Botryosphaeria* Geriye Ölüm Hastalığına Neden Olan Fungusların Filogenetik Ayrımı Ve Patojenisiteleri. *Plant Protection Bulletin*, 60(2), 63-72. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.646134>
- Alaca, F., & Arslan, N. (2012). Sekonder Metabolitlerin Bitkiler Açısından Önemi. *Ziraat Mühendisliği*, (358), 48-55.

- Alves da Cunha, M. A., Barbosa, A. M., Giese, E. C., & Dekker, R. F. (2003). The effect of carbohydrate carbon sources on the production of constitutive and inducible laccases by *Botryosphaeria* sp. *Journal of Basic Microbiology: An International Journal on Biochemistry, Physiology, Genetics, Morphology, and Ecology of Microorganisms*, 43(5), 385-392. <https://doi.org/10.1002/jobm.200310250>
- Alves, A., Crous, P. W., Correia, A. C. R. B., & Phillips, A. J. L. (2008). Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. *Fungal Diversity*, 28(1), 1-13.
- Amponsah, N. T., Jones, E., Ridgway, H. J., & Jaspers, M. V. (2012). Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria* dieback diseases of grapevines. *Pest Management Science*, 68(5), 676-683. <https://doi.org/10.1002/ps.2309>
- Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55(1), 373-399.
- Aras, S., Keles, H., & Bozkurt, E. (2021). Physiological and histological responses of peach plants grafted onto different rootstocks under calcium deficiency conditions. *Scientia Horticulturae*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109967>
- Aras, S. (2022). Cortical cells, xylem vessels, and chlorophyll biosynthesis improved by acetylsalicylic acid and sodium nitroprusside in peach leaves. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 59(3), 409-417.
- Aras, S., & Endes, A. (2023). Effect of *Fusarium oxysporum* infection on strawberry under calcium, iron, and zinc deficiency conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 110(1).
- Bakır, Ö. (2020). Sekonder Metabolitler Ve Roller. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(4), 39-45.
- Bayav, A., Dönmez, D., Comlekcioglu, S., Küden, A., & Kaçar, Y. A. (2025). Molecular characterization of some peach and nectarine hybrids by ISSR and SSR markers. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 12(3), 552-564. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1656992>
- Bi, C., Chen, F., Jackson, L., Gill, B. S., & Li, W. (2011). Expression Of Lignin Biosynthetic Genes In Wheat During Development And Upon Infection By Fungal Pathogens. *Plant Molecular Biology Reporter*, 29, 149-161.

- Boerjan, W., Ralph, J., & Baucher, M. (2003). Lignin biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology*, 54(1), 519-546.
- Bostanci, S., & Koca, I., (2017). Ferulic acid as a functional food compound and its importance. *Full Text Proceedings Book*.
- Bostock, R. M., Wilcox, S. M., Wang, G., & Adaskaveg, J. E. (1999). Suppression of Monilinia fructicolacutinase production by peach fruit surface phenolic acids. *Physiological And Molecular Plant Pathology*, 54(1-2), 37-50. <https://doi.org/10.1006/pmpp.1998.0189>
- Britton, K. O., & Hendrix, F. F. (1982). Three Species Of Botryosphaeria Cause Peach Tree Gummosis İn Georgia. *Plant Disease*, 66, 1120–1121. <https://doi.org/10.1094/PD-66-1120>
- Carver, T. L. W., Zeyen, R. J., Robbins, M. P., Vance, C. P., & Boyles, D. A. (1994). Suppression of host cinnamyl alcohol dehydrogenase and phenylalanine ammonia lyase increases oat epidermal cell susceptibility to powdery mildew penetration. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 44(4), 243-259.
- Chen, Y., Gao, Q., Huang, M., Liu, Y., Liu, Z., Liu, X., & Ma, Z. (2015). Characterization of RNA silencing components in the plant pathogenic fungus Fusarium graminearum. *Scientific Reports*, 5(1), 12500.
- Chen, Y., Zhang, S., Lin, H., Lu, W., Wang, H., Chen, Y., ... & Fan, Z. (2021). The role of cell wall polysaccharides disassembly in Lasiodiplodia theobromae-induced disease occurrence and softening of fresh longan fruit. *Food Chemistry*, 351, 129294.
- Çalışkan, A. (2021). Örgütsel Güven: Bir Ölçek Geliştirme Çalışması. *Antalya Bilim Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 42-59.
- Çalışkan, A. F. (2007). *Kabak sarı mozayik virüsü (Zucchini Yellow Mosaic Virus, ZYMV)'nün tanısı ve bitki aktivatörleri kullanılarak mücadele olanaklarının araştırılması*. (Yayın No. 212596) [Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 106].
- Çelik, S. (2022). *Antalya Merkez ve İlçelerinde Avokado Üretim Alanlarında Sorun Olan Fungal Hastalıkların Belirlenmesi*. (Yayın No. 548273) [Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53]. Ulusal Tez Merkezi.

- Çetinkaya, H., & Dınler, B. S. (2021). Bitkilerde Hücre Duvarı Mekanizmasında Strese Bağlı Meydana Gelen Savunma Cevapları. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 174-188.
- Dekker, R. F., Barbosa, A. M., & Sargent, K. (2002). The effect of lignin-related compounds on the growth and production of laccases by the ascomycete, *Botryosphaeria* sp. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(3), 374-380.
- Demidchik, V. (2017). Reactive oxygen species and their role in plant oxidative stress. In *Plant Stress Physiology* (pp. 64-96). Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780647296.00>
- Demirsoy, H. (1993). *Çarşamba Ovasının Şeftali Potansiyeli ve Şeftali Çeşitlerinin Pomolojik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma*. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 159.
- Dinis, L. T., Jesus, C., Amaral, J., Gómez-Cadenas, A., Correia, B., Alves, A., & Pinto, G. (2022). Water deficit timing differentially affects physiological responses of grapevines infected with *Lasiodiplodia theobromae*. *Plants*, 11(15), 1961.
- Dissanayake, A. J., Liu, M., Zhang, W., Chen, Z., Udayanga, D., Chukeatirote, E., ... & Hyde, K. D. (2015). Morphological and molecular characterisation of *Diaporthe* species associated with grapevine trunk disease in China. *Fungal Biology*, 119(5), 283-294.
- Durul, M. S., & Polat, M. (Eds.). (2022). *Minör Meyveler-I*. Ankara, Türkiye: İKSAD Publishing House.
- Dushnicky, L. G., Ballance, G. M., Sumner, M. J., & MacGregor, A. W. (1998). The role of lignification as a resistance mechanism in wheat to a toxin-producing isolate of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 20(1), 35-47.
- El Modafar, C., & El Boustani, E. (2001). Cell wall-bound phenolic acid and lignin contents in date palm as related to its resistance to *Fusarium oxysporum*. *Biologia Plantarum*, 44(1), 125-130.
- Endes, A., (2017). *Doğu Akdeniz Bölgesinde Bazı Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Ölü Doku, Sakızlanma Ve Geriye Doğru Ölüme Neden Olan Botryosphaeriaceae*

- Türlerinin Yaygınlığı Ve Tanılanması*. (Yayın No. 483534) [Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 163]. Ulusal Tez Merkezi.
- Endes, A., (2024). Türkiye'de Badem Ağaçlarında Zamklanma, Kuruma, Gövde Ve Dal Kanseriyle İlişkili Botryosphaeriaceae Türlerinin Karakterizasyonu Ve Patojenitesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(4), 698-711.
- Endes, A., & Kayım, M. (2022). The effect of temperature and culture media on mycelial growth of phytophthora citrophthora causing gummosis, crown and root rot on lemon seedlings. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 51(1), 21-26.
- Endes, A., & Aras, S. (Eds.). (2023). *Şeftali Yetiştiriciliği, Hastalık Ve Zararlıları*. Ankara, Türkiye: İKSAD Yayınevi.
- Endes, A., Kayım, M., & Eskalen, A. (2016). First report of Lasiodiplodia theobromae, L. pseudotheobromae, and Diplodia seriata causing bot canker and gummosis of nectarines in Turkey. *Plant disease*, 100(11), 2321-2321.
- Ercisli, S. (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(4), 419-435.
- Eroğlu, Z. Ö., & Mısırlı, A. (2012). Şeftali Islahı Ve Gelişimi. *Bahçe*, 41(2), 37-46.
- FAO. (2023). Food and agriculture organization of the United Nations. Erişim: 13/09/2025. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Gao, L., Wang, Y., Li, Z., Zhang, H., Ye, J., & Li, G. (2016). Gene expression changes during the gummosis development of peach shoots in response to Lasiodiplodia theobromae infection using RNA-Seq. *Frontiers in Physiology*, 7, 170. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00170>
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930..
- Gonzalez, N., Vanhaeren, H., & Inzé, D. (2012). Leaf size control: complex coordination of cell division and expansion. *Trends in Plant Science*, 17(6), 332-340.
- Gorni, P. H., da Cornelissen, B. S., & Pereira, A. A. (2021). Exogenous salicylic acid and ferulic acid improve growth, phenolic and carotenoid content in tomato. *Advances in Horticultural Science*, 35(4), 335-342.

- Göktolga, Z. G., & Karkacıer, B. G. O. (2006). Şeftali Üretiminde Enerji Kullanımı: Tokat İli Örneği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 23(2), 39–44.
- Gündoğdu, M. A., Gür, E., & Şeker, M. (2024). Lapseki Ekolojisinde Yetiştirilen Farklı Nektarin Çeşitlerinin Bazı Pomolojik Özelliklerinin Saptanması. *Bahçe*, 53(Özel Sayı 1), 327-332.
- Gürler, E. (2019). *Ferulik Asidin Metabolik Ve Antioksidan Enzimler Üzerine Olan Etkilerinin Araştırılması*. (Yayın No: 555269). [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Ulusal Tez Merkezi.
- Havaux, M. (2014). Carotenoid oxidation products as stress signals in plants. *The Plant Journal*, 79(4), 597-606. <https://doi.org/10.1111/tpj.12386>
- He, C., Lin, J., Wu, H., Zheng, J., Zhang, Y., Zhang, Y., ... & Wu, W. (2025). Morphological and Molecular Characterization of Lasiodiplodia theobromae Causing Stem Gummosis Disease in Rubber Trees and Its Chemical Control Strategies. *Microorganisms*, 13(7), 1586.
- He, J., Ma, L., Wang, D., Zhang, M., & Zhou, H. (2019). Ferulic acid treatment reinforces the resistance of postharvest apple fruit during gray mold infection. *Journal of Plant Pathology*, 101(3), 503-511. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00223-0>
- Hématy, K., Cherk, C., & Somerville, S. (2009). Host–pathogen warfare at the plant cell wall. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(4), 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.06.007>
- Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F., & Prange, R. K. (1999). Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207(4), 604-611.
- Hura, T., Hura, K., & Grzesiak, S. (2009). Possible contribution of cell-wall-bound ferulic acid in drought resistance and recovery in triticale seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 166(16), 1720-1733.
- Hussain, S., Bhat, R., Ahmad, M., Jan, S., & Gulzar, A., (2025). Effects of Chemical Thinning Agents on the Growth, Fruit Set, Yield and Quality of the Nectarine

- Cultivar'Silver King'. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28(1), 380-389.
- İlgin, M., & Yüce, M., (2019). Bazı Şeftali ve Nektarin Çeşitlerinin Kahramanmaraş İli Ekolojik Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 11-24.
- Inskeep, W. P., & Bloom, P. R. (1985). Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N, N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant physiology*, 77(2), 483-485.
- Joaquín-Ramos, A. D. J., López-Palestina, C. U., Pinedo-Espinoza, J. M., Altamirano-Romo, S. E., Santiago-Saenz, Y. O., Aguirre-Mancilla, C. L., & Gutiérrez-Tlahque, J. (2020). Phenolic compounds, antioxidant properties and antifungal activity of jarilla (*Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob & Brettell). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(3), 352–360.
- Johnson, R., & Jellis, G. J. (Eds.). (2013). *Breeding For Disease Resistance* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Joshi, V. K., & Bhutani, V. P. (1995). Peach and nectarine. In *Handbook of Fruit Science and Technology* (pp. 259-312). CRC Press.
- Kaniyassery, A., Hegde, M., Sathish, S. B., Thorat, S. A., Udupa, S., Murali, T. S., & Muthusamy, A. (2024). Leaf spot-associated pathogenic fungi alter photosynthetic, biochemical, and metabolic responses in eggplant during the early stages of infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102320.
- Karaoglanidis, G. S., Karadimos, D. A., Ioannidis, P. M., & Ioannidis, P. I. (2003). Sensitivity of *Cercospora beticola* populations to fentin-acetate, benomyl and flutriafol in Greece. *Crop Protection*, 22(5), 735-740.
- Kayim, M., Bustamante, M. I., Endes, A., & Eskalen, A. (2025). Botryosphaeriaceae Fungi Associated With Apricot Dieback And Gummosis İn Türkiye. *Phytopathologia Mediterranea*, 64(2), 205-218. <https://doi.org/10.36253/phyto-15991>
- Kaymaz, T. (2017). *Identification and molecular characterization of Botryosphaeriaceae species pathogens on almond trees in Adana province*. (Yayın No. 473160) [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Ulusal Tez Merkezi.

- Khalid, I. A. (2012). Pathological studies on *Lasioidiplodia theobromae* the causal agent of gummosis and die-back of peach. *Cairo University: Giza, Egypt*.
- Kim, K. W., Park, E. W., Kim, Y. H., Ahn, K. K., Kim, P. G., & Kim, K. S. (2001). Latency- and defense-related ultrastructural characteristics of apple fruit tissues infected with *Botryosphaeria dothidea*. *Phytopathology*, *91*(2), 165-172.
- Kuswinanti, T., Junaid, M., & Melina, M. (2020, April). Virulence and genetic diversity of *Phytophthora* isolates associated with cocoa pod rot. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 486, No. 1, p. 012162). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012162>
- Lechthaler, S., Colangeli, P., Gazzabin, M., & Anfodillo, T. (2019). Axial anatomy of the leaf midrib provides new insights into the hydraulic architecture and cavitation patterns of *Acer pseudoplatanus* leaves. *Journal of Experimental Botany*, *70*(21), 6195-6201.
- Li, D. M., Nie, Y. X., Zhang, J., Yin, J. S., Li, Q., Wang, X. J., & Bai, J. G. (2013). Ferulic acid pretreatment enhances dehydration-stress tolerance of cucumber seedlings. *Biologia Plantarum*, *57*(4), 711-717.
- Li, H. Y., Cao, R. B., & Mu, Y. T. (1995). In vitro inhibition of *Botryosphaeria dothidea* and *Lasioidiplodia theobromae*, and chemical control of gummosis disease of Japanese apricot and peach trees in Zhejiang Province, China. *Crop Protection*, *14*(3), 187-191.
- Li, Z., Gao, L., Wang, Y. T., Zhu, W., Ye, J. L., & Li, G. H. (2014). Carbohydrate metabolism changes in *Prunus persica* gummosis infected with *Lasioidiplodia theobromae*. *Phytopathology*, *104*(5), 445-452.
- Li, Z., Wang, Y. T., Gao, L., Wang, F., Ye, J. L., & Li, G. H. (2014). Biochemical changes and defence responses during the development of peach gummosis caused by *Lasioidiplodia theobromae*. *European Journal of Plant Pathology*, *138*(1), 195-207.
- Linić, I., Mlinarić, S., Brkljačić, L., Pavlović, I., Smolko, A., & Salopek-Sondi, B. (2021). Ferulic acid and salicylic acid foliar treatments reduce short-term salt stress in chinese cabbage by increasing phenolic compounds accumulation and photosynthetic performance. *Plants*, *10*(11), 2346.

- Lionetti, V., Giancaspro, A., Fabri, E., Giove, S. L., Reem, N., Zabolina, O. A., ... & Bellincampi, D. (2015). Cell wall traits as potential resources to improve resistance of durum wheat against *Fusarium graminearum*. *BMC Plant Biology*, 15(1), 1-15.
- Liu, Y. Y., Song, J., Wang, M., Li, N., Niu, C. Y., & Hao, G. Y. (2015). Coordination of xylem hydraulics and stomatal regulation in keeping the integrity of xylem water transport in shoots of two compound-leaved tree species. *Tree Physiology*, 35(12), 1333-1342.
- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3), 389-398.
- Maeda, H., & Dudareva, N. (2012). The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 63(1), 73-105.
- Mancero-Castillo, D., Espinoza, L., Harmon, P. F., & Chaparro, J. X. (2024). Botryosphaeriaceae infections on prunus germplasm: Evaluation of pathogenicity, resistance loci, and detached assays of southeastern United States isolates. *HortScience*, 59(11), 1700-1707
- Martínez-Fraca, J., de la Torre-Hernández, M. E., Meshoulam-Alamilla, M., & Plasencia, J. (2022). In search of resistance against fusarium ear rot: ferulic acid contents in maize pericarp are associated with antifungal activity and inhibition of fumonisin production. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article, 852257. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.852257>
- McKeehen, J. D., Busch, R. H., & Fulcher, R. G. (1999). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) phenolic acids during grain development and their contribution to *Fusarium* resistance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), 1476-1482.
- Meier, S., Tzfadia, O., Vallabhaneni, R., Gehring, C., & Wurtzel, E. T. (2011). A transcriptional analysis of carotenoid, chlorophyll and plastidial isoprenoid biosynthesis genes during development and osmotic stress responses in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Systems Biology*, 5(1), 77.
- Mekrini, J. N., & Thongam, B. (2023). Phylogenetic analysis of *Prunus* (Rosaceae) from Northeast India based on ribosomal ITS sequence data. (unpublished manuscript)

- Michailides, T. J., & Morgan, D. P. (1993). Spore release by *Botryosphaeria dothidea* in pistachio orchards and disease control by altering the trajectory angle of sprinklers. *Phytopathology*, 83(2), 145-152.
- Michereff, S. J., Andrade, D. E. G. T., & Menezes, M. (2005). *Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais* (pp. 367-388). Universidade Federal e Rural de Pernambuco.
- Miyamoto, K., Kotake, T., Sasamoto, M., Saniewski, M., & Ueda, J. (2010). Gummosis in grape hyacinth (*Muscari armeniacum*) bulbs: hormonal regulation and chemical composition of gums. *Journal of Plant Research*, 123(3), 363-370.
- Muniz, C. R., Freire, F. C. O., Viana, F. M. P., Cardoso, J. E., Cooke, P., Wood, D., & Guedes, M. I. F. (2011). Colonization of cashew plants by *Lasiodiplodia theobromae*: Microscopical features. *Micron*, 42(5), 419-428.
- Naczek, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- Nagpala, E. G., Guidarelli, M., Gasperotti, M., Masuero, D., Bertolini, P., Vrhovsek, U., & Baraldi, E. (2016). Polyphenols variation in fruits of the susceptible strawberry cultivar Alba during ripening and upon fungal pathogen interaction and possible involvement in unripe fruit tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(9), 1869-1878.
- Numpaque, M. A., González, J. H. G., & Restrepo, D. L. D. (2016). Biotransformation of ferulic acid by the phytopathogenic fungi *Colletotrichum acutatum* and *Lasiodiplodia theobromae*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 69(1), 7835-7844.
- Ognjanov, V., Ljubojević, M., Barać, G., Dulić, J., Miodragović, M., & Narandžić, T. (2018). Modern peach and nectarine production. *Voćarstvo/Journal of Pomology*, 52(201).
- Ogundana, S. K. (1983). Life cycle of *Botryodiplodia theobromae*, a soft rot pathogen of yam. *Journal of Phytopathology*, 106(3), 204-213.
- Okie, W. R., & Reilly, C. C. (1983). Reaction of Peach and Nectarine Cultivars and Selections to Infection by *Botryosphaeria dothidea*1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108(2), 176-179.

- Okie, W. R., Ramming, D. W., & Scorza, R. (1985). Peach, nectarine, and other stone fruit breeding by the USDA in the last two decades. *HortScience*, 20(4), 633-641.
- Ozturk, M., & Altay, V. (2017). An overview of the endemic medicinal and aromatic plants of Turkiye-conservation and sustainable use. *Full Text Proceedings Book*, 10, 11.
- Özeker, E. (1999). Phenolic compounds and their importance. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(2).
- Patzke, H., & Schieber, A. (2018). Growth-inhibitory activity of phenolic compounds applied in an emulsifiable concentrate-ferulic acid as a natural pesticide against *Botrytis cinerea*. *Food Research International*, 113, 18-23.
- Ploetz, R. C. (Ed.). (2003). Diseases of tropical fruit crops. Oxford, UK: Blackwell Science
- Qiao, G., Zhao, J., Liu, J., Tan, X., & Qin, W. (2022). Two novel *Lasiodiplodia* species from blighted stems of *Acer truncatum* and *Cotinus coggygia* in China. *Biology*, 11(10), 1459.
- Rahman, U., Khashi, M., Tan, S., Ma, C., Wu, F., & Zhou, X. (2020). Exogenously applied ferulic acid and p-coumaric acid differentially affect cucumber rhizosphere *Trichoderma* spp. community structure and abundance. *Plant, Soil & Environment*, 66(9).
- Raj, N. D., & Singh, D. (2022). A Critical Appraisal On Ferulic Acid: Biological Profile, Biopharmaceutical Challenges And Nano Formulations. *Health Sciences Review*, 5, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2022.100063>
- Reilly, C. C., & Okie, W. R. (1982). Distribution in the southeastern United States of peach tree fungal gummosis caused by *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease*, 66, 158-161. <https://doi.org/10.1094/PD-66-158>
- Rosazza, J. P. N., Huang, Z., Dostal, L., Volm, T., & Rousseau, B. (1995). Biocatalytic transformations of ferulic acid: an abundant aromatic natural product. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 15(6), 457-471.
- Roy, S., Nuckles, E., & Archbold, D. D. (2018). Effects of phenolic compounds on growth of *Colletotrichum* spp. in vitro. *Current Microbiology*, 75(5), 550-556.

- Rusin, C., Cavalcanti, F. R., Lima, P. C. G. D., Faria, C. M. D. R., Almança, M. A. K., & Botelho, R. V. (2021). Control of the fungi *Lasioidiplodia theobromae*, the causal agent of dieback, in cv. syrah grapevines. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, e44785.
- Sattler, S. E., & Funnell-Harris, D. L. (2013). Modifying lignin to improve bioenergy feedstocks: strengthening the barrier against pathogens?. *Frontiers in Plant Science*, 4, 70.
- Shalaby, S., & Horwitz, B. A. (2015). Plant phenolic compounds and oxidative stress: integrated signals in fungal–plant interactions. *Current Genetics*, 61(3), 347-357.
- Shikha, A., Adarsh, K., Ankit, K. S., Harshwardhan, S., Suresh, T., & Pradeep, K. (2024). A comprehensive review on pharmacognosy, phytochemistry and pharmacological activities of 8 potent *Prunus* species of southeast Asia. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 44(3): 620.
- Shu, P., Li, Y., Wang, X., Yao, L., Sheng, J., & Shen, L. (2021). Exogenous ferulic acid treatment increases resistance against *Botrytis cinerea* in tomato fruit by regulating nitric oxide signaling pathway. *Postharvest Biology and Technology*, 182, 111678.
- Siddiq, M. (2006). *Peach and nectarine*. In Y. H. Hui, S. I. R. Ibarz, F. Jordan-Marsh, & Y. Me (Eds.), *Handbook of fruits and fruit processing* (ss. 519–531). Blackwell Publishing.
- Simas, F. F., Gorin, P. A., Wagner, R., Sasaki, G. L., Bonkerner, A., & Iacomini, M. (2008). Comparison of structure of gum exudate polysaccharides from the trunk and fruit of the peach tree (*Prunus persica*). *Carbohydrate Polymers*, 71(2), 218-228.
- Slippers, B., & Wingfield, M. J. (2007). Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal biology reviews*, 21(2-3), 90-106.
- Smart, R. E., & Bingham, G. E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology*, 53(2), 258-260.
- Srinivasan, M., Sudheer, A. R., & Menon, V. P. (2007). Ferulic acid: therapeutic potential through its antioxidant property. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40(2), 92-100.

- Sun, Y., Shuai, L., Luo, D., & Ba, L. (2023). The inhibitory mechanism of eugenol on *Lasiodiplodia theobromae* and its induced disease resistance of passion fruit. *Agronomy*, 13(5), 1408.
- Thomidis, T., Michailides, T. J., & Exadaktylou, E. (2011). *Neofusicoccum parvum* associated with fruit rot and shoot blight of peaches in Greece. *European Journal of Plant Pathology*, 131(4), 661-668.
- Tian, G. L., Bi, Y. M., Cheng, J. D., Zhang, F. F., Zhou, T. H., Sun, Z. J., & Zhang, L. S. (2019). High concentration of ferulic acid in rhizosphere soil accounts for the occurrence of *Fusarium* wilt during the seedling stages of strawberry plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 108, 101435.
- Tiring, G., Satar, S., & Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Topcu, Ş., & Çölgeçen, H. (2015). Bitki Sekonder Metabolitlerinin Biyoreaktörlerde Üretilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 9-29.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). Bitkisel üretim istatistikler. Erişim tarihi: 15 Eylül 2025, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Udayanga, D., Liu, X., Crous, P. W., McKenzie, E. H., Chukeatirote, E., & Hyde, K. D. (2012). A multi-locus phylogenetic evaluation of *Diaporthe* (Phomopsis). *Fungal Diversity*, 56(1), 157-171.
- Vanholme, R., De Meester, B., Ralph, J., & Boerjan, W. (2019). Lignin biosynthesis and its integration into metabolism. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 230-239.
- Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J., & Boerjan, W. (2010). Lignin biosynthesis and structure. *Plant Physiology*, 153(3), 895-905.
- Ventura, J. A., Costa, H., & Tatagiba, J. D. S. (2004). Papaya diseases and integrated control. In *Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II: Diagnosis and Management* (pp. 201-268). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Verma, S., Sharma, A., Thakur, A., & Thakur, M. (2025). Identification, pathogenicity and management of *Lasiodiplodia theobromae* associated with dieback and gummosis of mango in Himachal Pradesh, India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 58(6), 318-338.

- Vural, H., & Çakan, V. A. (2021). Türkiye Şeftali Piyasasının Ekonomik Analizi Ve Pazarlama Marjları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(2), 379-387.
- Wang, C., Xu, L., Liang, X., Wang, J., Xian, X., Zhang, Y., & Yang, Y. (2021). Molecular characterization and overexpression of the difenoconazole resistance gene CYP51 in *Lasioidiplodia theobromae* field isolates. *Scientific Reports*, 11(1), 24299. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03601-4>
- Wang, F., Zhao, L., Li, G., Huang, J., & Hsiang, T. (2011). Identification and characterization of *Botryosphaeria* spp. causing gummosis of peach trees in Hubei Province, Central China. *Plant Disease*, 95(11), 1378-1384.
- Weaver, D. J. (1974). A gummosis disease of peach trees caused by *Botryosphaeria dothidea*. *Phytopathology*, 64(11), 1429-1432.
- Wu, H. S., Luo, J., Raza, W., Liu, Y. X., Gu, M., Chen, G., ... & Shen, Q. R. (2010). Effect of exogenously added ferulic acid on in vitro *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Scientia Horticulturae*, 124(4), 448-453.
- Yildiztugay, E., Ozfidan-Konakci, C., Karahan, H., Kucukoduk, M., & Turkan, I. (2019). Ferulic acid confers tolerance against excess boron by regulating ROS levels and inducing antioxidant system in wheat leaves (*Triticum aestivum*). *Environmental and Experimental Botany*, 161, 193-202.
- Zhang, C., Diao, Y., Wang, W., Hao, J., Imran, M., Duan, H., & Liu, X. (2017). Assessing the risk for resistance and elucidating the genetics of *Colletotrichum truncatum* that is only sensitive to some DMI fungicides. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1779.
- Zhang, H., Yang, Y., Mei, X., Li, Y., Wu, J., Li, Y., ... & Liu, Y. (2020). Phenolic acids released in maize rhizosphere during maize-soybean intercropping inhibit *Phytophthora* blight of soybean. *Frontiers in Plant Science*, 11, 886.
- Zhang, H., Zhang, D., Wang, F., Hsiang, T., Liu, J., & Li, G. (2020). *Lasioidiplodia theobromae*-induced alteration in ROS metabolism and its relation to gummosis development in *Prunus persica*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, 43-53.
- Zhang, Q., Li, M., Yang, G., Liu, X., Yu, Z., & Peng, S. (2022). Protocatechuic acid, ferulic acid and relevant defense enzymes correlate closely with walnut resistance to *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *BMC Plant Biology*, 22(1), 598.

- Zhang, W., Liu, A., Zhang, X., Yan, H., Liu, R., Pang, Q., ... & Yan, J. (2014). Construction and evaluation of a transformant library of *Lasiodiplodia theobromae* generated through Restriction Enzyme-Mediated Integration. *Phytopathologia Mediterranea*, 451-458.
- Zúñiga, E., Luque, J., & Martos, S. (2019). Lignin biosynthesis as a key mechanism to repress *Polystigma amygdalinum*, the causal agent of the red leaf blotch disease in almond. *Journal of Plant Physiology*, 236, 96-104.

