

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Malva ssp.'de *Puccinia malvacearum*'un NEDEN OLDUĞU BİYOTİK
STRESİN ETKİLERİNİN BAZI BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK
PARAMETRELER İLE AYDINLATILMASI



Mehmet TEMEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2019

Tezin Başlığı: *Malva ssp.*'de *Puccinia malvacearum*'un Neden Olduğu Biyotik Stresin Etkilerinin Bazı Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler ile Aydınlatılması

Tezi Hazırlayan: Mehmet TEMEL

Sınav Tarihi: 28. 06. 2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Biyoloji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Emel YİĞİT (Danışman)

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Dilek ASMA

İnönü Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Gülçin BEKER AKBULUT

Munzur Üniversitesi /TUNCELİ

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “*Malva* ssp.’de *Puccinia malvacearum*’un Neden Oduğu Biyotik Stresin Etkilerinin Bazı Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler ile Aydınlatılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakları, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehmet TEMEL



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Malva ssp.'de *Puccinia malvacearum*'un Neden Olduğu Biyotik Stresin Etkilerinin Bazı Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler ile Aydınlatılması

Mehmet TEMEL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim dalı

ix + 76

2019

Danışmanı: Prof. Dr. Emel YİĞİT

Eş Danuşman: Doç. Dr. Şanlı KABAKTEPE

Bu araştırmada *Puccinia malvacearum* (ebegümeci pası) ile enfekte olmuş ve enfekte olmamış *Malva sylvestris* (ebegümeci) türünde fotosentezde önemli rolü olan pigment içeriğindeki değişimler, lipid peroksidasyonunun önemli bir belirteci olan malondialdehit (MDA) ve antioksidan sistemde önemli olduğu bilinen peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX) ile toplam fenolik içeriğindeki değişimler ile kuru ağırlıkta meydana gelen değişimler değerlendirildi.

Pigment içeriği 2017-2018 yılında alınan örneklerde enfekte olan grupta daha düşük değerlerde saptandı. Haziran ve Temmuz aylarında ise enfekte olan gruplarda artış gözlemlendi. Mayıs ayında enfekte olan gruplarda pigment içeriğindeki düşüş, stres faktörü ile ilk kez karşılaşan bitkilerde pigment sentezindeki metabolik yolda önemli olan bazı enzimlerin yapısının bozulmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Haziran ve Temmuz aylarındaki gözlenen artış da muhtemelen uzun süre stres etmenine maruz kalan bitkilerde direnç geliştirilmesine bağlı olarak adaptasyon gösterdiğinin kanıtı olabilir.

Enfekte olan gruplarda MDA içeriğindeki artış da *M. sylvestris*'de oksidatif strese neden olan gösterge olarak değerlendirildi. Ayrıca enfekte olan grupta POD aktivitesindeki azalış ve fenolik madde içeriğinde artış gözlemlendi. APX aktivitesinin de enfekte olan gruplarda arttığı saptandı. Yine enfekte olan gruplarda kuru madde miktarında artış ve azalışlar dikkat çekti. Bulgularımızı genel olarak değerlendirdiğimizde *Puccinia malvacearum*'un neden olduğu biyotik strese karşı *Malva sylvestris*'de önemli fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar verildiğini ve *Puccinia malvacearum*'un oksidatif strese neden olduğunu söyleyebiliriz.

ANAHTAR KELİMELELER: Biyotik Stres, *Puccinia malvacearum*, *Malva sylvestris*, Pigmentasyon, Malondialdehit, Peroksidaz, Askorbat Peroksidaz, Fenolik Madde

ABSTRACT

Master's Thesis

Enlightening Effects of Biotic Stress Caused by *Puccinia malvacearum* in *Malva* spp. by Biochemical and Physiological Parameters

Mehmet TEMEL

Inonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

ix + 76

2019

Supervisor: Professor Dr. Emel YİĞİT

Co-Supervisor: Associate Professor Dr. Şanlı KABAKTEPE

In this study, changes in pigment content which has an important role in photosynthesis, changes in malondialdehyde (MDA) which is an important indicator of lipid peroxidation, changes in peroxidase (POD) and ascorbate peroxidase (APX) which are known to be important in antioxidant system, changes in phenolic content and changes in dry weight were evaluated in *Malva sylvestris* (mallow) species which were and were not infected by *Puccinia malvacearum* (mallow rust).

Pigment content were determined to be lower in the infected group in the samples taken in 2017-2018. In June and July, there was an increase in infected groups. The decrease in pigment content in the infected groups in May suggests that the degradation of some enzymes which are important in the metabolic pathway in pigment synthesis in plants that encounter stress factor for the first time. The increase observed in June and July may also be evidence of adaptation, probably due to the development of resistance in plants exposed to long-term stress.

The increase in MDA content in infected groups was also considered as an indicator of oxidative stress in *M. sylvestris*. In addition, decrease in POD activity and increase in phenolic content were observed in the infected group. APX activity was also increased in infected groups. Again, the increase and decrease in the amount of dry matter in the infected groups were pointed to. When we evaluate our findings in general, we can say that *Puccinia malvacearum* caused important physiological and biochemical responses against biotic stress in *Malva sylvestris* and that *Puccinia malvacearum* caused oxidative stress.

KEYWORD: Biotic Stress *Puccinia malvacearum*, *Malva sylvestris*, Pigmentation, Malondialdehyde, Peroxidase, Ascorbate Peroxidase, Phenolic Matter

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında yardım, öneri, bilgi ve desteğini esirgemeden beni her koőulda yönlendiren danıőmanım Sayın Prof. Dr. Emel YIğİT'e sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Arazi uygulamalarında ve tez aőamamda bilgi ve tecrübesinden yararlandığım eş danıőmanım Sayın Doç. Dr. Şanlı KABAKTEPE' ye;

Tezin deneysel aşamasında sürekli olarak bilgi ve birikiminden yararlandığım Sayın Dr. Öę. Üyesi Gülçin BEKER AKBULUT ve Arő. Grv. Duygu ÖZHAN TURAN' a;

Laboratuvarlarından yararlandığım Katı Hal Fizik Laboratuvarı Prof. Dr. Funda ATALAY ve ekibine;

FYL 2018-922 proje numarası ile çalıőmamı destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimin'e (BAP);

Çalıőmalarım boyunca, bana destek olan hocalarıma, arkadaşlarıma ve tezimin yazımı için bilgisayarını kullandığım arkadaşım Kübra Nur ASLANTAŐ TETİK'e;

Ayrıca hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ebeveynlerim Zeyrek ve Hamide TEMEL'e ve ailemin geri kalan bütün fertlerine

Sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Antropogenik etkiler	2
1.2. Bakteriler	3
1.3. Virüsler	5
1.4. Böcekler.....	7
1.5. Parazit yabancı otlar	8
1.6. Mantarlar	9
1.6.1. <i>Malvaceae</i> Juss. (Ebegümeçigiller)	12
1.6.2. <i>Puccinia malvacearum</i> Bertero ex Mont.....	12
1.7. Reaktif Oksijen Türleri (ROT) ve Antioksidanlar	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. Bitki Örneklerinin Hazırlanması	32
3.2. Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması	33
3.3. Malondialdehit (MDA) Analizi	34
3.4. Peroksidaz (POD) Aktivitesi Tayini	34
3.5. Askorbat Peroksidaz (APX) Tayini	34
3.6. Total Protein Tayini	35
3.7. Total Fenolik Tayini.....	35
3.8. Yaş-Kuru Ağırlık Tayini	35
3.9. İstatistik Analizler	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	37
4.1. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M.sylvestris</i> 'de yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi	37

4.2.	<i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de MDA İçeriği.....	39
4.3.	<i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de POD Aktivitesi.....	40
4.4.	<i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de APX Aktivitesi.....	41
4.5.	<i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de Toplam Fenolik Madde İçeriği	43
4.6.	<i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de Kuru Madde İçeriği	44
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
6.	KAYNAKLAR	56
	ÖZGEÇMİŞ.....	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

AA	Askorbik Asit
APX	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
Gr	Gram
GSH	Glutasyon
GR	Glutasyon redüktaz
GST	Glutasyon-s-transferaz
\bullet OH	Hidroksil
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
KCl	Potasyum Klorür
M	Molar
MDA	Malondialdehit
μ g	Mikrogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
Na ₂ CO ₃	Sodyumbikarbonat
nm	Nanometre
¹ O ₂	Singlet oksijen
O ₂ ^{•-}	Süper oksit
POD	Peroksidaz
PVP	Polivinilprolidon
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
RNT	Reaktif Azot Türleri
SOD	Süper Oksit Dismutaz
TCA	Trikloroasetik Asit
TBA	Thiobarbiturik Asit

Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Hassas terazi	: Avery Berkel C 062, Sartorius Analytc
Masa santrifüj	: Nüve NF 200, Hettich Zentrifugen EBA 20, Rune Heidelberlg RS80-1
Soğutmalı santrifüj	: Hettich-Zentrifugen, Universal 320 R
Spektrofotometre	: Biochrom Libra S22
pH metre	: Hanna Instruments HI
Buzdolabı	: BEKO
Derin dondurucu	: UĞUR
Çalkalamalı etüv	: Wise Shake SHO-1
Otomatik pipet	: İsolab GmbH
Sıcak su banyosu	: Nüve BMI01
Pastör	: Memmert
Vorteks	: NÜVE NM 110
Buz Makinesi	: Scotsman AF 200

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.1. *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont, A. Mikrofungus ile enfekte konakçı bitki, B. Lezyonların (Teliaların) makroskobik görüntüsü, C. Teliasporlar 13
- Şekil 3.1. *Malva* ssp.'nin normal ve enfekte örneklerinin doğal görüntüleri 32



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı olarak pigment içeriğinde meydana gelen değişimler ($\mu\text{g/g}$).	37
Çizelge 4.2. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı olarak MDA içeriğinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).	39
Çizelge 4.3. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı POD aktivitesinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).	40
Çizelge 4.4. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de aylara bağlı APX aktivitesinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).	41
Çizelge 4.5. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve enfekte olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de aylara bağlı toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimler ($\mu\text{g/g}$).	43
Çizelge 4.6. <i>P. malvacearum</i> ile enfekte olan ve olmayan <i>M. sylvestris</i> 'de aylara bağlı olarak kuru madde içeriğindeki değişimler	44

1. GİRİŞ

Stres, bir canlının uygun gelişme ve büyümesini olumsuz yönde etkileyecek kadar çevre koşullarının değişmesi halinde canlılarda oluşan durum olarak tanımlanır (Lichtenthaler 1996; Gaspar vd. 2002; Kranner vd. 2010). Organizmalar yaşamları süresince çok farklı stres etmeni ile karşılaşır. Bu etmenler genel olarak biyotik ve abiyotik stres etmeni olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde biyotik stres etmeni olarak doğal yaşam siklusu içerisinde hayvanların besin gereksinimlerini karşılamak adına otlarken verdikleri zararlar, insanların doğayı bilinçli bazen de bilinçsiz olarak kendi amaçları için kullanmaya çalışırken verdikleri zararlar, virüs, bakteri, mantar ve böceklerin oluşturduğu enfeksiyonlar örnek olarak değerlendirilirken, abiyotik stres etmenleri içerisinde su fazlalığı, kuraklık, tuzluluk, sıcaklık değişimleri, çevresel kirleticiler (pestisid, ağır metal gibi), topraktaki besin yetersizliği, manyetik ve elektriksel alanlar (baz istasyonları gibi), ultraviyole radyasyonu önemli stres etmenleri olarak değerlendirilmektedir (Balachandran, 1997; Nostar, 2011; Vázquez-Hernández vd. 2019).

Abiyotik stres ve biyotik stres etmenleri ile karşılaşan bitkilerin bu stres durumlarına karşı farklı biyokimyasal ve fizyolojik cevaplar geliştirdiği birçok araştırmacı tarafından yapılan deneysel bulgularla saptanmıştır (Hammond-Kosack ve Jones, 2000; Bowler ve Fluhr, 2000; Park vd. 2001; Sandermann, 2004; Rouhier ve Jacquot, 2008; Carter vd. 2009; Atkinson ve Urwin, 2012; Suzuki vd. 2014). Bununla birlikte çoğu durumda, bitkilerin kuraklık, aşırı sıcaklık, besinsel stres veya tuzluluk gibi abiyotik streslere uzun süre maruz kalması, bitki savunmasının zayıflamasına ve abiyotik streslere karşı duyarlılığın artmasına neden olduğu bilinmektedir (Szittyá vd. 2003; Xiong ve Yang, 2003; Anderson vd. 2004; Grodzki vd. 2004; Sandermann, 2004; Amtmann vd. 2008; Mittler ve Blumwald, 2010; Zhu vd. 2010; Suzuki vd. 2014). Tolerans ve hassasiyet arasındaki denge, stres etmeninin pozitif veya negatif bir etkiye sahip olup olmadığını belirleyebilir. Ayrıca kısa süreli ve uzun süreli strese maruz kalmanın yanında, uyum ve onarım kısmen zarar görmesine neden olan güçlü veya sürekli stres olayları ile tolerans gösterilebilecek stresin birbirinden ayırt edilmesi gerekir. Stresin süresi arttığında bitkinin ölümüne yol açabilir (Gordon, 1992; Lichtenthaler, 1996). Bu nedenle, araştırmacılar stresin süresi ve tipine bağlı olarak verilen tepkinin değişebildiğini rapor etmişlerdir

(Kranner vd. 2010). Bitkiler bu stres durumlarını ortadan kaldırmak veya bu durumda yaşamlarına devam edebilmeleri için çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik tepkiler verirler (Kadıoğlu, 2016).

Genelde ürün veren bitkilerin büyümesi ve üremesi için uygun ortam şartları sağlanamadığı durumlarda bitkide fizyolojik, biyokimyasal ve genetik olarak önemli değişimler meydana gelmekte ve buna bağlı olarak da ürün veriminde de önemli oranda azalma gözlenmektedir (Bray vd. 2000; Rockstrom ve Falkenmark, 2000; Atkinson ve Urwin, 2012). Bunun için bitkilerdeki ürün verimi ve ürünün ortalama verimi arasındaki fark hesaplanır. Bu farkın sonunda ürün veriminin yeterli seviyelere ulaşmadığı saptandığı takdirde bitkilerde zararlı olan fizyolojik değişimlerin meydana geldiği ve bu durumun stres olarak bilinen olumsuz çevre şartları ile ifade edildiği araştırmacılar tarafından kabul edilmiştir (Shao vd. 2008; Atkinson ve Urwin, 2012). Yapılan araştırmalarda; abiyotik stres faktörleri olarak bilinen sıcaklık değişimleri, kuraklık, tuzluluk ve besin gibi stres faktörlerinin dünya tarımı üzerinde büyük etkisi olduğu ve birçok bitkiden alınan verimin genel olarak % 50 oranında düşmesine neden olduğu belirtilmiştir (Wang vd. 2003; Atkinson ve Urwin, 2012).

Stres etmenleri içerisinde biyotik stres de bitkilerde önemli zararlara neden olmaktadır. Bu stres etmenleri; antropogenik etkiler, bakteriler, virüsler, zararlı böcekler, parazit yabancıl otlar ve mantarlar gibi farklı başlıklarda değerlendirilebilmektedir.

1.1. Antropogenik etkiler

Biyotik etkiler içerisinde doğaya en fazla zarar insanlar tarafından; orman alanlarını imara açma, yol yapımı, sanayileşme, otlatma, yakacak temini veya tarla açmak için ağaçları kesmesi ve yakması gibi farklı nedenlerle verilmektedir. Yangın ve kesim etkisini takiben direk güneş ışınlarına maruz kalan gölge bitkilerinde aşırı sıcaklık artışı tetiklenerek bitkilerde dolaylı stres faktörlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Büyüyen popülasyonların ihtiyaçlarının karşılanması için, primer vejetasyonun büyük bir bölümü, insan yapısı bir vejetasyon ile yer değiştirmiştir (Seçmen, 1996).

1.2. Bakteriler

Bitkiler, patojenler için yüksek miktarda besin ve su içeren kaynaklardır. Patojenler bitkilerdeki su ve besin elementlerine ulaşmak için bitkilerin karmaşık yapılarındaki çeşitli bariyerleri aşması gerekir. Bakteriye patojenler ise bitkilerin mevcut savunma sistemlerini; stoma, lentisel ve hidatot gibi naturel açıklıklar ve bitkide oluşan lezyonlar yoluyla veya kütikulayı ve hücre duvarını parçalayıcı enzimler ile bu savunma sistemini aşarlar. Konakçı organizmalar hayatta kalabilmek, üremek ve enfeksiyona neden olmak için bitki hücrelerini istila ederler (Abramovitch, 2006; Aksoy ve Öz, 2012; Deslandes ve Rivas, 2012; Macho, 2016).

Bitkilerde patojen bakteriler, hücre dışı protein salgılamasını kendi türüne özgü protein taşıma sistemi tarafından gerçekleştirmektedir. Bitki patojeni gram negatif ve pozitif bakteriler bitkilerde kontaminasyona neden olan efektör proteinlere sahiptir. Gram pozitif ve negatif bakteriler ise kendine özgü yollar kullanarak sisteme giriş yaparlar. Gram pozitif bakterilerde proteinler, iç zardan geçtikten sonra direkt olarak hücre dışı ortama doğru salınırlar ya da hücre duvarındaki peptid bağlama sistemlerinden birisi ile etkileşime geçerek hücre duvarına tutunurlar (Koster vd. 2000; Cossart ve Jonquieres, 2000; Mazmanian vd. 2001; Aksoy ve Kara, 2011).

Buna karşın ise Gram negatif bakterilerdeki proteinler, iç zarın periplazmik kısmındaki boşluklardan geçerler. Baz dizisi analizine göre bitki ve hayvan patojeni bakterilerin sahip oldukları hücre dışı salgı sistemleri büyük oranda benzerlik göstermektedir. Gram negatif bakterilerin protein salgılama yollarının moleküler analizindeki son yapılan çalışmalara göre, en az beş ana protein salgılama mekanizmasının varlığını ortaya çıkarmıştır. Bu benzerliklere göre bakterilerdeki salgı sistemlerini Gram negatif bakterilerde; Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV ve Tip V olmak üzere 5 gruba ayrılır (Binet vd. 1997; Cheng ve Schneewind, 2000; Christie ve Vogel, 2000; Frankel vd. 2001; Sandkvist, 2001; Henderson vd. 2004).

Gram pozitif bakterilerde; Tip I, Tip II ve Tip V olmak üzere 3 grupta değerlendirmek mümkündür. Bu sistemlerde salgılanan proteinler Gram negatif bakterilerinde iç zar, periplazmik boşluklar ve dış zar yolu ile gerçekleştirilirken Gram pozitif bakterilerinde ise iç zar ve hücre duvarı ile gerçekleştirilmektedir (Aksoy ve Kara, 2012).

Tip I salgı sistemi bazı toksinlerin salgılanmasında kullanılır ve doğrudan sitoplazma tarafından salgılanma gerçekleşir. Salgılanan proteinler patojen oluşumunda önemli bir rolü vardır. Bu sisteme sahip olan bitki patojeni bakterilere *Pectobacterium chrysanthemi* örnek verilebilir. Sistemin salgıladığı moleküllerden olan; RTX toksinleri, proteaz ve lipaz enzimleridir. Ayrıca protein özelliğinde taşımayan β -glukanlar ve polisakkaritler gibi moleküller de bu sistemle diğer hücrelere transfer edilmektedir. Bu sistemin faaliyetini gerçekleştiren yapılar; iç zarda bulunan ve sitoplazmik olarak bir ATP'ye bağlı olan iç zar proteinleri ile dış zar proteinlerinden meydana gelmektedir (Ghigo ve Wveersman, 1992; Aksoy ve Kara, 2012).

Tip II salgı sistemin mevcut olduğu bakterilere *Erwinia carotovorum*, *Erwinia chrysanthemi* ve *Pseudomonas aeruginosa* örnek gösterilebilir. *Pectobacterium ssp.*, bu sistemi pektinaz sentezi uyarmak için kullanmaktadır (Lindeberg vd. 1996; Possot vd. 1999; Bouley vd. 2001; Aksoy ve Kara, 2012).

Tip III salgı sistemi, bitki ve hayvanlarda enfeksiyona neden olan patojen bakteriler ile simbiyotik olarak yaşamlarını sürdüren Gram negatif bakterilerde bulunur. Tip III salgı sistemine sahip bakterilerin ökaryotik canlıların hücrelerinde ya simbiyotik ya da parazitik ilişkileri, bakteriler tarafından salgılanan proteinlerle kontrol edilir. Tip III salgı sisteminin patojenik bakterilerde bulunan sistemlere sahip olduğu düşünülürken, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium japonicum* ve *Mesorhizobium loti* gibi simbiyotik yaşama sahip bakterilerin de bu sisteme sahip olduğu tespit edilmiştir. Tip III salgı sisteminin sahip olan bitki patojenlerinden *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Ralstonia*, *Erwinia* ve *Pantoea* cinslerine ait bakteri türlerinde çok fazla sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Bu sistemde bitki patojeni bakteriler, bitki hücresi ile etkileşime geçtiği zaman iki hücre arasında T3SS efektörleri olarak bilinen ve farklı bakteriyel protein gruplarından oluşan moleküller, aşırı duyarlılık ve hastalık oluşumundan sorumlu (*hypersensitive responseve pathogenicity - hrp*) olan genler tarafından kodlanarak, Tip III salgı sistemi yoluyla bitki hücresi iç kısmına doğru salgılanma meydana gelir veya transfer olur (Macnab, 1999; Marie vd. 2001; Blocker vd. 2003; Henderson vd. 2004; Buttner ve Bonas, 2006; Aksoy ve Kara, 2011; Gururani vd. 2012; İmriz vd. 2015).

Tip IV salgı sistemine sahip olan bakteriyel DNA'nın veya proteinlerinin konukçu hücrelerle enfeksiyona maruz kalmış bitkiye direkt olarak geçişini sağlayan bir sistemdir (Christie ve Vogel, 2000; Burns, 2003; Henderson vd. 2004). Bununla birlikte, TTSS gibi, TFSS'nin ve konjuge mekanizma birleştirici özelliğinin protein moleküllerini hücre içi olarak, yani bir bakteriden diğerine veya bir bakteriden ökaryotik bir konakçı hücreye translokasyon yeteneği olduğu bilinmektedir. Prototipik Tip IV, *A. tumefaciens* nükleoprotein T-DNA transfer sistemidir. Efektör proteinlerin sitoplazmik şaperona bağlı olan iç zardaki Sec yolunu kullanarak periplazmaya geçtikleri yolaktır. Vir salgı yolu periplazmik boşluğa taşınmış olan efektör proteinlerin ihtiyacına göre oluşturulan proteinlerin dış membrandan dışarı çıkmasını sağlayan yolaktır. *A. tumefaciens*'e, konak hücre sitozolüne çeşitli efektör moleküllerini VirD2, VirE2 ve VirF salgılar. VirD2, bir nükleoprotein kompleksi olarak salgılanır; Protein tek iplikçikli bir T-DNA kopyası ile kovalent olarak ilişkili kalır. Konak sitozolün içine girdikten sonra VirE2, VirD2 / T-DNA kompleksi ile etkileşime girerek, T-DNA'nın konak hücreye geçmesini sağlar ve tümör oluşumuna yol açar (Charles vd. 1991; Howard vd. 1992; Koukolikova vd. 1993; Henderson vd. 2004).

En basit protein salgılama mekanizmaları, Tip V salgılama sistemidir (Henderson vd. 2004). Taşıyıcı proteinler sitoplazma tarafından sentezlenerek sitoplazmik zarda mevcut olan Sec yolundan transfer olurlar. Sec sistemi tarafından dış zardaki por proteinlerinin kanallarından hücre dışı ortama doğru salgılanırlar (Aksoy ve Kara, 2012).

1.3. Virüsler

Dünyadaki tarımsal ürünlerin üretimi esnasında enfeksiyona neden olan patojenlerin önemli bir kısmında bitki virüsleri neden olmaktadır. Ancak gelişmemiş ülkelerde yeteri kadar çalışmalar yapılmadığı için tespitler yeterli değildir (Varma ve Malathi, 2003; Rishi, 2009; Mandal vd. 2012; Schreinemachers vd. 2015; Akhter vd. 2019). Ülkemizde virüsler Akdeniz Bölgesi'nde turuncgillerde ve Marmara Bölgesi'nde bağlarda virüsün meydana getirdiği zararlar oldukça fazladır. Bitki virüsleri hem bitkinin verimini hem de kalitesini düşürdüğü gibi önemli boyutlarda ekonomik zararlara neden olmaktadır. Bilim adamları ekonomik zararları ve ürün kaybını en aza indirmek için çeşitli yöntemler geliştirme çabası içindedir. Bitkilerin

virüslere karşı birçok farklı mekanizması bulunmaktadır (Yardımcı, 2001; Rishi, 2009; Çandar ve Erkan, 2011).

Fiziksel olarak, bitkinin oluşturduğu cevaplar sayesinde bitkinin direnci artmaktadır. Konukçu bitkilerde mevcut olarak anatomik ve morfolojik yapılarında değişiklikler sayesinde bitkinin virüslere karşı toleranslı veya immün sistemin aktif hale getirerek cevap vermektedir (İlbağı ve Çıtır, 2006). Buna örnek olarak *Nicotiana glutinosa* bitkisindeki tütün mozaik virüsü (*tobacco mosaic virus*= TMV) hastalığına karşı geliştirdiği mantar tabakasının oluşumu, sert çekirdekli meyve ağaçlarındaki nekrotik halka leke virüsü (*Prunus necrotic ring spot virus*= PNRSV)'ne karşı ayırma tabakası oluşumu, yine aynı hastalığa karşı zamk oluşumu ve *Nicotiana sylvestris* (1,3)- β -glucanase mutantlarında tütün nekroz virüsü (*tobacco necrosis virus*= TNV)'ne karşı kalloz oluşumu virüsün bitkide hastalıklı bölgeden başka bölgelere yayılmasına engel oluşturup bitkinin virüslere karşı direnç göstermesini sağlamaktadır (Agrios, 2005; Chandniwala, 2005; Ueki ve Citovsky, 2002; Çandar ve Erkan, 2011).

Biyokimyasal olarak, hastalıktan önceki evrede var olan biyokimyasal maddeler ve hastalıktan sonraki evrede meydana gelen biyokimyasal maddeler olmak üzere iki şekilde karşımıza çıkmaktadır. Virüs sentezini baskılayan bazı elementlerin virüs sentezini inhibe ederek bitkiyi koruma altına aldığı gözlenmiştir. Virüsler beslenme gereksinimi içinde olan canlı hücreler olmadıklarından dolayı, sentezi için lazım olan elementler konukçu bitki hücresi içerisinde yetersiz seviyede olduğundan virüslerin hastalığa neden olmasını engelleyen bir başka biyokimyasal etmendir (İlbağı ve Çıtır, 2006).

Bitki hastalıklarına karşı esas biyokimyasal dayanıklılık hastalığın başlamasıyla birlikte, yine hastalığın harekete geçmesiyle bazı elementlerin sentezi sonucu meydana gelmektedir. Aşırı duyarlılık virüs hastalıklarına karşı konukçu hücrelerinde gerçekleşen olaylara karşı biyokimyasal reaksiyonun oluşturduğu bir dayanıklılık şeklidir. İnhibitörler devreye girerek virüslerin hastalık oluşturmasını engellerler bu durumda ise bazı inhibitörler mevcuttur. Polifenoloksidaz ve POD bu enzimler sayesinde ise virüs giriş yapmış olduğu hücrenin ölümüne neden olmakta ve virüsün aktif hale gelmesi engellenmektedir (Agrios, 2005; İlbağı ve Çıtır, 2006).

1.4. Böcekler

Böceklerin bitkilerle olan ilişkisinin, karbonifer kömür yataklarında bulunan fosiller sayesinde ortalama olarak 300 milyon yıllık bir geçmişe sahip olduğu saptanmıştır. Böcekler devamlı olarak bitkilerle etkileşim içerisinde yaşamaktadır. Örneğin, böcekler bitkilerden besin temin ederken, polen taşıma, uygun çimlenme yerine tohum taşıma gibi özelliklerden dolayı bitkilerin üremesine katkıda bulunmaktadır (Gullan ve Cranston, 2005; Birgücü vd. 2014).

Böcekler diğer canlılarda olduğu gibi kendi aralarında ve çevreleri ile her zaman madde ve enerji bakımından karşılıklı etkileşim içerisindeydirler (Kansu, 2005; Birgücü vd. 2014).

Böcekler, beslenme faaliyetlerine göre iki temel sınıfta değerlendirirler. Primer zararlılar, iyi bir fizyolojik konumdaki canlı ve sağlıklı ağaçlara saldıran ve bu ağaçlarda hayatlarını devam ettiren böceklerdir. Bu primer zararlılar genel olarak bitkinin öz suyunu emen ve yaprak yiyen böceklerdir. Sekonder zararlılar ise, gelişme yeteneklerine göre, az çok konukçunun yetersiz fizyolojik durumu ile hayati faaliyetlerini sınırlandırılan böceklerdir. Sekonder zararlılar, çevresel koşullar optimum düzeye ulaştığı zaman büyük miktarda artış gösterebilirler ve büyük oranda zarara yol açabilirler [<http://www.ktu.edu.tr/...>] (Anonymous, 2019).

Herbivor böcekler tüm yaşamları boyunca gerek besin gerek yumurta bırakma konusunda sürekli olarak bitkiler ile sürekli olarak temas halindedirler. Böcekler ve diğer canlılar arasında basit ve kompleks bir besin ağı bulunmaktadır. Zaman içerisinde biyolojik çeşitlilik artmasından dolayı bu besin ağları daha kompleks hale gelmektedir (Lo Giudice vd. 2010; Birgücü vd. 2014).

Bitkiler çiçekteki uçucu madde salınımını azaltarak ve böceklerin oluşturduğu hasara cevaben çiçek açma aktivitesini değiştirerek sınırlandırılabilir. Böcekler aynı zamanda yumurta döneminde de konukçu bitki ile bir ilişki içerisindeydirler. Konukçu bitki ile böcek yumurtası arasındaki ilişkiler karşılıklı olup, konukçu bitkiler böcek yumurtasının kalitesi ve embriyosunun gelişimini etkilerken, böcek yumurtası da konukçu bitkinin primer ve sekonder metabolitlerinde farklılıklar meydana getirebilir (De Moraes, 2001; Hilker ve Meiners, 2011).

1.5. Parazit yabancı otlar

Yabanıl bitki türlerinin istilası, biyolojik çeşitliliğin yok olmasına, karbon ve besin döngülerinin farklılaşmasına ve ekosistem dengesinin bozulması dahil, hem de küresel değişimin etkin gücüdür (Dickie vd. 2011; Corbin ve D'Antonio, 2012; Dickie vd. 2017).

Parazit otlar, kültür bitkilerinin etrafında kendiliğinden yetişen ve onlara zarar veren yabancı bitkilerdir. Genellikle kültür bitkisi etrafında istenmeyen tüm bitkilere yabancı ot denir. Tarlalar ve bahçelerde mevcut olan yabancı otlar bitki hastalıklarının ve böceklerin verdiği zararın tamamına yakın bir kayba neden olmasının yanında ayrıca böcek ve bitki hastalıkları gibi gözle görülür belirtiler meydana getirmediği için bitkilerde bu sorunlar kolayca anlaşılmamaktadır (Er ve Zeki, 2005; Özkal, 2014).

Canavar otu, *Orobanchaceae* Vent. familyasına ait obligat çiçekli parazit bir bitkidir ve 100'den fazla türe sahiptir. Ülkemizde 37 canavar otu türü bulunmaktadır. Özellikle Akdeniz ülkelerindeki birçok zirai alanlarda bu tür istila ederek enfeksiyona neden olmaktadır (Song vd. 2005; Başatlı, 2009; Özkal, 2014).

Canavar otları parazitik bir bitki olduğu bilinse de bunlardan bazıları kültür bitkilerinde hasara yol açmaktadır. Konukçu bitkinin kökünden organik ve inorganik madde temininde bulunurlar. Bunların yanında bitkilerde ürün kaybına neden olduğu gibi üretici açısından ciddi ekonomik zararlara neden olmaktadır; *Asteraceae* Bercht & J.Presl., *Fabaceae* Lindl., *Solanaceae* Adans., *Apiaceae* Lindl. ve *Cucurbitaceae* Lindl. üyesi birçok ekonomik bitkide önemli verim kayıplarına neden olurlar. Bu bitkiler arasında ayçiçeği, domates, patlıcan, tütün, havuç, patates, bakla, bezelye ve mercimek bulunmaktadır (Klein ve Kroschel, 2002; Song vd. 2005; Parker, 2009; Fernández-Aparicio vd. 2010; Özkal, 2014).

Orobanchaceae Vent. familyasında fakültatif hemiparazitik (*Rhinanthus* spp.), holoparazitik (*Orobanche* L. spp.) veya hemiparaziter (*Striga* Loru. spp.) üyeleri bulunmaktadır. Bu türlerin hemen hemen hepsi bitkilerde kök paraziti olarak bulunabilir (Westwood vd. 2010; Hegenauer vd. 2017).

Tarımsal açıdan büyük zararlara neden olan türler arasında *Orobanchaceae* Vent familyasından *Striga* Loru. ve *Orobanche* L. bulunur. *Striga* Loru. ve

Orobanche L. gibi parazitik bitkiler Afrika ve Asya'da kurutucu ve sıcak bölgelerde ürün kaybına neden olmaktadır (Yoder ve Scholes, 2010; Spallek vd. 2013; Hegenauer vd. 2017).

Cuscuta L. spp. cinsine ait türlerde büyük oranda ürün kaybına neden olur. Bunlar yüksek sıcaklığa sahip olan iklim bölgelerinde bulunduğu gibi aynı zamanda nemli iklime sahip bölgelerde de bulunmaktadır. *Cuscuta* L. cinsine ait bitkilerin hepsi sadece otsu formundaki bitkiler için geniş konukçu spektrumuna sahip kök holoparazitleri zorunlu olarak kökleri olmadan yaşayan yaklaşık 200 bilinen türü içermektedir (Dawson vd. 1994; Albert vd. 2008; Westwood vd. 2010; Kaiser vd. 2015; Hegenauer vd. 2017). *Cuscuta* L. türleri dünya genelinde yaygın olarak bulunabilir (Mabberley, 1997; Hegenauer vd. 2017) ve tarım açısından en önemli *Cuscuta* L. türleri *Cuscuta pentagona* Engelm. ve *Cuscuta campestris* Yunck.'dir. Soya fasulyesi , kahve, yonca gibi bitkiler de dahil olmak üzere 55 ülkede 25 ürün türü için *Cuscuta*'ya bağlı ciddi ürün kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Lanini ve Tak, 2005; Hegenauer vd. 2017).

Tarımsal üretimde zarara sebep olan biyotik ve abiyotik faktörlerle mücadele, tarımın ilk zamanlarından günümüze kadar gelen süre içerisinde bir şekilde devam etmektedir. Birim alandan elde edilen ürün miktarını ve kalitesini artırmak amacıyla yeni çeşitlerin ıslahı ve yeni yetiştirme yöntemlerinin uygulanması, beraberinde zararlılara karşı kültür bitkilerinin hassasiyetini de artırmıştır.

1.6. Mantarlar

Fungusların büyük bir kısmı da insan, hayvan ve bitkilerde parazit olarak hayatlarına devam ederek hastalıklara yol açarlar. Özellikle bitkiler üzerinde parazit olarak yaşamlarına devam eden funguslar hem kültür hem de doğal bitkiler de önemli kayıplara sebep olurlar. Dünya genelindeki tarımsal üretimin yaklaşık % 30'u, doğal bitkilerin ise yaklaşık % 40'dan fazlasının kaybı ve tahribatı, fungusların bu bitkiler üzerinde oluşturdukları hastalıklar sonucunda meydana gelmektedir (Landecker, 1996).

Bu da tür çeşitliliği bakımından zengin olan ülkemizde doğal bitkilerimizin yok olması veya hasar görmesine neden olmaktadır. Bitkiler üzerinde hayatlarını devam ettiren parazit funguslar konaklarını çeşitli şekillerde bitki de enfeksiyona neden

olurlar. Enfeksiyon nedeni olan funguslar konukçu bitkilere ya topraktan ya da hastalıklı bitkilerden genellikle rüzgar, böcek ya da su yardımı ile ulaşırlar. Bilindiği üzere toprak birçok patojenin barınabildiği elverişli bir ortamdır. Enfeksiyondan sonra parazit fungus, konukçu bitkinin besin elementlerine ortak olarak hayatına devam ettirdiğinden dolayı konukçu bitki hücresinde metabolik faaliyetler değişir. Bitki hücresinde oksijen, fosfor ve azot dengesinde değişimler meydana gelir. Konukçu hücresindeki bu değişimler kısa bir süre içerisinde dokulara ve daha sonra organlara yansiyarak tüm bitkide belirli bir hastalığın meydana gelmesine sebep olurlar. Bu hastalıklar bitki-parazit durumuna göre yapraklarda, kökte, gövdede, çiçekte ya da meyvede gözle görülebilir hasarlar oluşturmaktadır. Bitkilerde gördüğümüz fistüller, tümörler, lekeler, solgunluk ve nekrozlar gibi durumlarda bu etkinlikler sonucunda oluşan semptomlardır (Cummins ve Hiratsuka, 2003).

Basidiomycota filumu çok tanınmış bazı fungusları içerir. Bu filumun 22300 türü arasında şapkaklı mantarlar, zehirli mantarlar, pis kokulu mantarlar, duman mantarları ve raf mantarları ile iki önemli bitki patojen grubu olan pas ve rastıklar yer almaktadır. Basidiomycota üyeleri, ılıman bölgelerin topraklarında canlı kütlelerin (hayvanlar hariç) üçte ikisini oluşturan bitki döküntülerinin çürütmesinde önemli rol oynar. Alt filum Pucciniamycotina'nın mayalar, saprotroflar, funguslar, bitkiler ve hayvanlar üzerindeki parazitleri içeren ve tanımlanmış 8000 türünün yaklaşık % 90'nını pas funguslarından meydana gelmektedir. Paslar bütün dünyada her yıl bitki patojeni olarak milyarlarca dolarlık ürün tahribatına ve ürün kaybına yol açtıklarından büyük ekonomik öneme sahiptirler. En ciddi pas hastalıkları arasında tahıllarda karapas, beyaz çamda kabarcık pası, sedir-elma pası, yer fıstığı pası, buğdayda sarıpas ve soya fasulyesi pası gibi patojene neden olan funguslar önemli yer kapsamaktadır (Türkan, 2016). Ülkemizde ise şu ana kadar yaklaşık 360 tür 26 cins ve 9 familya tespit edilmiştir (Bahçecioğlu ve Kabaktepe, 2012; Kabaktepe, 2015; Kabaktepe, vd., 2015a; 2015b; 2015c; 2015d).

Pas mantarları geniş bir bitki grubu üzerinde hastalığa neden olmaktadır. Bu bitkiler içerisinde eğrelti, koniferler ve angiospermler bulunmaktadır. Hatta *Selaginella* Beauv. üzerinde parazit olarak yaşayanlar vardır (Cummins ve Hirastuka, 2003). Pas mantarları zorunlu bitki patojenleridir. Doğal ve kültür bitkilerinde büyük oranda hastalık meydana getirirler. Bu funguslar büyük oranda konukçu özgülüğü

gösterirler pek çok pas mantarı urediniasporları, konaklarını stomalar aracılığıyla enfekte ederler (Mims vd. 2002).

Urediniasporlar bitki kutikulasına bağlanarak çimlenir patojen buralarda oluşan hifleri ile konukçu dokulardan besin alırlar. Bu hiflere “havstoryum” denir. Havstoryum konakçı hücreden besin alınmasını sağlayan yapılardır. Hücrenin ölümüne neden olmazlar. Daha sonra ise bu kısımlarda urediniasporlar oluşur ve fungus diğer sağlıklı bitkileri urediniasporları ile enfekte ederek enfeksiyonun artmasına neden olmaktadır. Bazı funguslarda urediniasporlar meydana gelmez veya yayılma funguslarda aecidiasporlar tarafından gerçekleştirilir. Fungus kışı telia spor formunda toprakta geçirmektedir. Urediniasporları saf su içerisinde konakçı yüzeyine bağlanabileceği hidrofobik bir yer buldukları zaman çimlenerek germ tüpü geliştirebilirler. Bu çimlenmenin olması için fungusun kimyasal ve fiziksel uyarıcılar tarafından uyarılması gerekmektedir. Örneğin sporun bağlanacağı yüzeyin spora uygun olması gerekmektedir. Bu koşulların, konukçu yapraktaki koşullar gibi olması gerekmektedir (Davolia vd. 2002).

Pas mantarları küresel olarak 166 cins ve 14 aileden oluşur (Kirk vd. 2008; Helfer, 2014). Türlerin çoğu, sırasıyla 1500 ve 5000'den fazla takson adının listelendiği *Puccinia* Pers. ve *Uromyces* Link. cinsin, çok daha önceden Tulasne (1854) tarafından şüphelenilen gerçek olan polifirik olduklarını doğrulamaktadır (Maier vd. 2003; Maier vd. 2007; Van der Merwe vd. 2007; Helfer, 2014). Pas mantarları içindeki doğal ilişkileri aydınlatmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Aime, 2006; Helfer, 2014).

Pucciniaceae familyasının içerisinde *Puccinia* Pers. pas mantarlarının en büyük cinsidir. Dünya genelinde kutuplar hariç dünyanın her yerinde yayılış göstermektedir ve 3000-4000 türü vardır. Tek bir konukçu üzerinde yaşayanlar olduğu gibi iki farklı konukçu üzerinde hayatlarına devam edenlerde vardır. Bazı türlerinde sadece Telia mevcuttur. Monokotil ve dikotil bitki familyalarının çoğunda parazit olarak yaşar (Cummins ve Hirastuka, 2003).

Puccinia Pers. cinsindeki türlerden birisi *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. *Malvaceae* Juss. familyasındaki, *Abutilon* Mill., *Alcea* L., *Althaea* L., *Anoda* Cav., *Hibiscus* L., *Kitaibela* Batsch., *Lavatera* L., *Malope* L., *Malva* L., *Malvastrum* A.Gray., *Palaua* Ruiz&Pav., *Pavonia* Cav., *Plagianthus* J.R.Forst&G.Forst., *Sida* L.,

Sidalcea A.Gray ex Benth., *Sphaeralcea* A.St-Hill. cinsleri üzerinde dünya genelinde kozmopolit ya da yaygın olarak bulunan en önemli pas mantarlarıdır ve bu familya üzerindeki en önemli patojenlerden birisi olarak bilinmektedir (Farr ve Rosman, 2017). Ülkemizde ise şu ana kadar *Alcea* L., *Althaea* L., *Lavatera* L. ve *Malva* L. cinsleri üzerinde kozmopolit olarak yaşamlarına devam etmektedir (Bahçecioğlu ve Kabaktepe, 2012).

1.6.1. *Malvaceae* Juss. (Ebegümeçigiller)

Bu familya bitkileri tek veya çok yıllık otsu, çalı veya ağaç formunda yaşamlarını devam ettirirler. Yapraklar palmat damarlı, tam ya da palmat loblu, küçük ve düşücü stipulalıdır. Çiçekler aktinomorf, hermafrodit olup çoğunlukla yaprakların koltuğundan tek tek çıkar. Bazen kaliksin hemen altında, 3 veya çok, sepale benzeyen loblu braktelerin oluşturduğu bir kaliks yapısında, epikaliks bulunur. Çiçek formülü ordonun özelliğine uyar, yalnız ovaryum 2, 3 ya da çok karpellidir. Meyve bazen lokulusit bir kapsül, bazen bakka ya da herbiri tek tohum taşıyan merikarplara ayrılan şizokarp meyve tipindedir. Yeryüzünde 80 cins, 1500 kadar tür, yurdumuzda ise 9 cins ve 40 kadar türü saptanmıştır. *Malva sylvestris* L. (ebegümeçi), Avrupa, Asya ve ülkemizde genel olarak 20-50 cm boyunda, tek, iki ya da çok yıllık otsu bir bitkidir. Yaprakları küçük, lamina rotundat, tabanı kordat, palmat damarlı ve 3-7 loblu, uzun saplıdır, gençken çok tüylü bir yapıya sahiptir. Çiçekleri 3-5 cm kadar, epikaliks 3 parçalı, korolla pembe renkli, morumsu damarlı, petaller sepallerin iki katı boyda ve tepede derin emarginat; filamentlerin meydana getirdiği tüp uzunca ve beyazdır. Folium Malvae T.K. (Ebegümeçi yaprağı) ve Flores Malvae, müsilaj bakımından zengin droglardır; yumuşatıcı ve ekspektoran etkilidir. Bunun dışında lapa halinde dermatolojik hastalıkların tedavisinde de kullanılır (Tanker vd. 2007).

1.6.2. *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont.

Teliller, konukçu yapraklarının alt yüzeyinde, petiyolde ve gövde üzerinde, dağınık, gövdede uzamış şekilde, sarımsı ya da turuncu renkli. Teliasporlar, oblong ya da subfusoid, her iki hücrede uzamış ya da nadiren yuvarlak, $35-75 \times 12-26 \mu\text{m}$, septada az boğum var, üst hücre subapikal porlu, alt hücrede ise por septaya yakın,

Çeper düz, 1,5–4 μm , apekte 5–10 μm kalınlığında, sarımsı kahverengi. Pedisel hiyalin, 96–150 \times 8–10 μm .



Şekil 1.1. *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont, A. Mikrofungus ile enfekte konakçı bitki, B. Lezyonların (Teliaların) makroskopik görüntüsü, C. Teliasporlar

Tez kapsamında çalıŐılan bitki ve enfeksiyona neden olan mantarın sistematikteki yeri

Regnum: Plantae

Divisio: Angiospermae

Classis: Magnoliopsida

Ordo: Malvales

Familya: *Malvaceae*

Genus: *Malva* L.

Species: *Malva sylvestris* L.

Regnum: Fungi

Divisio: Basidiomycota

Classis: Pucciniomycetes

Ordo: Pucciniales

Familya: *Pucciniaceae*

Genus: *Puccinia* Pers.

Species: *P. malvacearum* Bertero exMont

1.7. Reaktif Oksijen Türleri (ROT) ve Antioksidanlar

Aerobik metabolizma, kloroplast, mitokondri ve peroksizomlar gibi bitkinin farklı hücresel bölümlerinde sınırlı ROT üretir. Son bulgular neticesinde apoplastın ROT için yeni bir yer olduğu vurgulanmaktadır (Jubany-Marí vd. 2009; Roychoudhury ve Basu, 2012). Uygun koşullar altında, ROT sürekli olarak bazal seviyelerde üretilmektedir. Bununla birlikte, farklı antioksidan mekanizmalar tarafından temizlendiğinden dolayı zarar verememektedirler (Foyer ve Noctor, 2005; Mendoza, 2011). ROT üretimi ve temizleme arasındaki hassas denge, tuzluluk, kuraklık, aşırı sıcaklıklar, ağır metaller, kirlilik, yüksek ışınım, patojen enfeksiyonu vb. gibi farklı stres faktörlerinde meydana gelmektedir. Bu nedenle bitkilerin hayatta kalması, büyüme koşullarındaki değişiklik, stres koşullarının ciddiyeti ve süresi ve bitkilerin değişen enerji seviyelerine hızla adapte olma kapasitesi gibi birçok önemli faktöre bağlıdır (Miller vd. 2010; Das ve Roychoudhury, 2014).

Birçok araştırmacı tarafından, farklı şekillerde strese maruz kalan bitkilerde aktif oksijen türlerinde artışa paralel bütününde düzenli olmayan oksidatif zararların meydana geldiği açıklanmıştır (Aioub vd. 1993; Halliwell ve Gutteridge, 198; Vincente vd. 2001).

Bitkilerin patojenlere karşı gösterdikleri savunma sisteminde ilk yanıt olarak oksidatif patlama meydana gelir ve ROT oluşur. ROT patojen saldırılarla ilişkilendirilmesine rağmen aynı zamanda ROT üretimi bakterilerde veya mikorizada yararlı simbiyotik etkileşimler dahil çeşitli biyotik etkileşimlerde gösterilir. ROT büyük ölçüde stoma kapanmasında, çeşitli hücresel mekanizmalarda, gen ekspresyonunun düzenlenmesinde, hücre duvarı modifikasyonlarında ve bitkinin patojenlere karşı savunma sisteminde ortaya çıkan güçlü bir sinyal bileşenidir (Bradley vd. 1992; Alvarez vd. 1998; Ghanta ve Chattopadhyay, 2011).

Biyotik ve abiyotik stres faktörleri tarafından aktive edilen ROT, (Baker ve Orlandi, 1995; Heiser vd. 1997) bitkide enfeksiyona neden olmuş veya toksik maddelere maruz bırakılmış konakçı bitkide ve ayrıca enfeksiyon yapan patojeninde ölümüne sebep olabilir (Király vd. 1991; Tzeng ve Devay, 1993; Levine vd. 1994). Bunun neticesinde enfeksiyonlar patojenin yanı sıra konakçı bitkinin zarar görmesine neden olabilir (Király, 1998).

Bitki savunmasında, ROT sadece toksin olarak değil, doğrudan patojenin büyümesini yavaşlatır veya öldürür, aynı zamanda hızlı cevaplar oluşturarak çeşitli savunma tepkileri geliştirmesini sağlayan sinyal bileşeni olarak görev yapar (Tenhaken vd. 1995; Torres vd. 2005; Fones ve Preston, 2011).

Serbest radikaller (hidroksil radikali, süperoksit radikalleri vs.) oksidatif fosforilasyon sonucu meydana gelirler ve oksidatif tahribatlara neden olmaktadır. Serbest radikaller hayatın devamı için gereklidir. Elektron transferi, enerji üretimi ve pek çok diğer metabolik olaylarda önemli rol oynarlar. Bununla birlikte zincir reaksiyonu kontrolsüz bir faaliyet gösterirse hücrede zararlara neden olmaktadır. Optimum şartlar altında bu serbest radikallerin yıkımı ve üretimi bitki hücresi içinde kontrol edilmektedir. Buna rağmen çevresel stresler (yüksek ışık yoğunluğu, herbisitler, patojen saldırılar, kuraklık, tuzluluk, hava kirliliği vs.) sonucunda serbest radikaller ile antioksidan sistemin aktivitesi arasında denge bozulabilmekte ve protein denaturasyonu, lipid peroksidasyonu, DNA mutasyonlarını içine alan oksidatif hasarlar meydana gelmektedir (Poontariga vd. 2003, Koç ve Üstün, 2008).

ROT; singlet oksijen (1O_2), süperoksit ($O_2^{\bullet-}$), hidroksil ($^{\bullet}OH$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) olmak üzere dörde ayrılır. Bitkilerde ROT, lipidler, DNA, proteinler ve diğer makromoleküller aracılığıyla kolayca reaksiyona girerek hücrenin ölümüne ve yaşlanmasına neden olur. ROT ayrıca NO^{\bullet} gibi azot oksitleriyle reaksiyona girerek peroksinitrit gibi zararlı RNT meydana gelmesine sebep olurlar. ROT'un (ve RNT) aktivitesini durdurmak için, mantar patojenleri, SOD, CAT, POD, GSH ve tioredoksini içeren güçlü antioksidan sistemleri geliştirmiştir. ROT'un bitki patojenlerine karşı konakçılarda toksikleştirici bir bileşen olarak görülmesine rağmen, bu patojenlerin bitkide enfeksiyona neden olmasının önüne geçecek miktarda üretilmemiş ve bunun yerine, bitki savunma yanıtının bir sinyal bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır (Beckman ve Ames, 1998; Samalova vd. 2014; Fernandez vd. 2014; Segal ve Wilson, 2018).

Ultraviyole-B ışınımı (280–320 nm), son yıllarda, dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınımını artıran stratosferik ozon tabakasının incelmelerinden dolayı bitkiler tarafından ilgi görmüştür. UV-B'nin bitkiler üzerindeki zararları biyokütle oluşumunun azalması, fotosentezin azalması, kloroplast fonksiyonu bozulması, DNA'nın zarar görmesi, diğerlerinin yanı sıra UV-B'ye maruz kalan bitkilerde ayrıca

oksidatif strese yol açan ROT'u arttırdığı görülmüştür (Mackerness vd. 2001; Frohnmeyer ve Staiger, 2003; Rowland, 2006; Qiu vd. 2007; Santa-Cruz vd. 2010; Schenke vd. 2011; Li vd. 2011).

Bununla birlikte, SOD, POD ve CAT gibi anahtar antioksidan enzimlerin transkriptleri de UV-B ışınlanmasına maruz bırakılan bitkilerde SOD, ROT'a karşı ilk savunmayı oluşturur. SOD detoksifiye $O_2^{\bullet-}$ anyonu serbest radikallerin H_2O_2 ; CAT ve POD'un birlikte cevap vermesiyle ortamdan temizlenir (Kumari vd. 2006; Yang vd. 2007; Singh vd. 2011; Liu vd. 2012).

Antioksidanlar, serbest radikallerin oluşmasına engel olarak veya var olan radikalleri süpürerek hücrenin hasar görmesini engelleyen ve yapısında genellikle fenolik fonksiyon taşıyan elementlerdir (Kähkönen vd. 1999; Nagai vd. 2005). Hayvansal organizmalarda olduğu gibi bitkilerde hayatlarını devam ettirebilmek için serbest radikallere ve ROT'lara karşı çeşitli antioksidanlar ile cevap verirler (Çaylak, 2011).

Fizyolojik olarak gelişen olaylar esnasında moleküller ile verilen cevaplarda oksidasyon ve redüksiyon olaylarının birbirini takip ettiği karmaşık reaksiyonlar meydana gelir. Canlılarda redoks dengesinde meydana gelebilecek herhangi bir değişiklik, hücrelerin ve doku aktivitelerinin bozulmasına neden olabilir. Ayrıca antioksidan maddelerin yetersiz kaldığı durumlarda veya antioksidan savunma sistemlerinde mevcut olarak bazı bileşenlerin endojen sentezinde meydana gelebilecek bir eksiklikte, farklı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilirler (Cuttler ve Pryor, 1984).

Bitkilerde hücrenin farklı alt bölümlerinde lokalize olan ve antioksidan sistemde önemli olan süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon-s-transferaz (GST), glutatyon redüktaz (GR), askorbat peroksidaz (APX) ve peroksidaz (POD) gibi enzimler yer almaktadır (Gill ve Tuteja, 2010; Miller vd. 2010; Gill vd. 2011).

SOD [EC 1.15.1.1], $O_2^{\bullet-}$ radikalinin, bitkiler de dahil olmak üzere çok çeşitli organizmalarda yer değiştirmesini katalize eder. H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ne dönüşümü, hücrel metabolizma sırasında üretilen oksijen radikalinin istenmeyen biyolojik oksidasyonunu önlemek için hücrel savunmanın ilk hattını oluşturur (Alscher vd.

2002; Peroni vd. 2007). SOD, tüm aerobik organizmalarda her zaman ve her yerde olan metaloenzimler ailesine ait bir enzimdir. SOD'lar bağlandıkları metal iyonlarına, Mn-SOD (mitokondride lokalize), Fe-SOD (kloroplastlarda lokalize) ve Cu/Zn-SOD (sitosolde lokalize) bazında üç izozime ayrılır (Mittler, 2002; Alscher vd. 2002; Peroni vd. 2007; Kim vd. 2011; Das ve Roychoudhury, 2014; Segal ve Wilson, 2018). SOD bitkilerdeki çevresel baskılar sonucu oluşan ROT'a karşı ilk cevap oluşturan enzimdir.

CAT [EC 1.11.1.6] tetramerik yapıda bir enzimdir. H_2O_2 'nin H_2O 'ya ve O_2 'ye ayrışmasının katalize edilmesinden ve hücreyi H_2O_2 birikiminin zararlı etkilerinden korumaktan sorumludur. CAT'ın sitosol, kloroplast ve mitokondri gibi diğer hücre alt bölümlerinde de bulunduğu gözlenmektedir. Bitkilerin stres koşullarında daha fazla enerji üretmesi ve harcamasından dolayı bitki hücrelerinin enerji tasarrufu yapmasını sağlamaktadır (Mittler, 2002; Scandalios, 2005; Mhamdi vd. 2010; Peroni vd. 2007; Das ve Roychoudhury 2014).

Glutatyon-S-Transferaz [EC 2.5.1.18] (GST), elektrofilik ve hidrofobik bileşiklerin glutatyon (GSH) ile konjugasyonunu sağlayarak, genellikle daha kolay atılabilen ve daha az toksik metabolitlere dönüşümünü katalizleyen oldukça önemli bir antioksidan enzimdir (Duvoix vd. 2004; Tozkoparan ve Aytaç, 2007).

GR [EC 1.6.4.2], GSSG'yi GSH'ye düşürmek için indirgeyici olarak NADPH'yi kullanan bir flavoprotein oksidoredüktazdır. GR mitokondri ve sitozolde az miktarda bulunan kloroplastlarda ise daha fazla miktarda bulunan bir enzimdir. GSH oksitlenebilir tiyol gruplarını önlemek ve 1O_2 , $\bullet OH$ gibi zararlı ROT üyeleri ile reaksiyona girmek üzere indirgeyici bir rol oynayan moleküler ağırlığı düşük bir bileşiktir (Massey ve Williams, 1965; Meister, 1994; Das ve Roychoudhury, 2014; Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

Glutatyon peroksidaz [EC 1.11.1.12], H_2O_2 'nin dönüşümünü katalizleyerek lipid peroksidasyon kontrolünde önemli bir rol oynar. İki adet intraselüler GPX bulunmaktadır. Bunlar GPX-1 ve GPX-4'tür. GPX-1 çoğu dokuda bulunur ve hücre içerisinde yaygın bir dağılım gösterir. Fosfolipid hidroperoksit, POD veya GPX-4 lipid peroksitlerin detoksifikasyonunda fosfolipazların eylemini gerektirmeyen eşsiz bir antioksidan enzimdir. Ayrıca GSH'dan başka değişik birçok tiyolleri de

kullanabilme yeteneğindedir (Ursini vd. 1997; Sajjad vd. 2000; Perkins, 2006; Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

APX [EC 1.11.1.11] enzimi yüksek yapılı bitkilerde keşfedilmiştir. Vakuol, hücre duvarı, sitozolde bulunan POD gibi birçok enzimden farklı olarak organellerde lokalize olmuştur. APX izoenzimleri dört farklı hücresel kompartmanda lokalize olmuştur (Koç ve Üstün, 2008). APX bitkilerde ROT'un artması sonucu hücrelerdeki zararı en aza indirmede rol alır ve hücrelerdeki en güçlü ve en fazla bulunan antioksidandır. Bitkilerde özellikle fotosentetik hücrelerde ve meristemlerde fazla miktarda bulunurken normal fizyolojik koşullar altında yaprak ve kloroplastlarda düşük seviyededir. Bitkinin biyotik ve abiyotik strese girmesi sonucunda tüm bitki hücrelerinde ise artışlar meydana gelerek bitki savunmasında önemli rol oynar. O_2^{\bullet} ve $^{\bullet}OH$ hücrelerden temizlenmesinde direkt olarak görev alırlar (Das ve Roychoudhury, 2014).

APX Askorbat-Glutatyon (ASC-GSH) döngüsünün ayrılmaz bir bileşenidir. APX, farklı amino asitlere ve lokasyonlara sahiptir, sitozolik, mitokondriyal, peroksizomal ve kloroplastid (stromal ve thlakoidal) dayalı beş izoformdan oluşur (Sharma ve Dubey, 2004). APX yaygın olarak bulunduğu için CAT'dan daha iyi bir etkiye sahip olup, stres zamanlarında H_2O_2 'i temizlemede daha etkilidir (Das ve Roychoudhury 2014).

Bitkilerde savunma mekanizmasında görev alan çeşitli enzimler sentezlenmekte ve gerekli durumlarda bitkiyi korumaktadır. Strese tepki olarak serbest elektron ve buna bağlı olarak da serbest radikal düzeylerinde belirgin bir artış meydana gelmektedir. Bu enzimlerden savunma mekanizmasının işleyişinde etkin olarak yer alan öncül enzim POD'dur. POD [EC 1.11.1.7] bitkilerin patojenlere karşı oluşturduğu savunma reaksiyonlarında görev almaktadır. POD bitkilerin çoğunda kloroplastlarda sentezlenmektedir (Maloepa ve Urbanek, 1994). POD bitkilerde sinnamil grubunun lignine polimerizasyonunu katalizlenmesini sağlar. Lignin hücre çeperinin ana bileşenidir ve bitki dokularına mekanik destek sağlar, bunun yanı sıra ksilemde de bulunur ve patojen saldırılara karşı bitkileri savunmakta rol almaktadır (Lagrimni vd. 1993). POD ayrıca hücre çeperlerinin süberizasyonunu, fenolik polimerlerin birikimini sağlamaktadır (Sherf vd. 1993; Karabay vd. 2003).

POD, guaiacol ve pyragallol gibi aromatik bileşikleri elektron verici olarak kullanır. POD (sitosol, vakuol) hücre içinde etkin olduğu için, H₂O₂ hücre duvarından ve hücre dışına çıkarılmasında anahtar enzim olarak kabul edilir (Asada, 1999; Das ve Roychoudhury, 2014).

Serbest radikallerin etkilerine karşı lipidler oldukça duyarlı olan biyomoleküllerdir. Hücre membranlarındaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri olan aldehitler, ketonlar, alkanlar, alkenler, karboksilik asitler ve polimerizasyon gibi bileşikler açığa çıkmasına neden olurlar. Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı lipid peroksidasyonu olarak bilinir. Lipid peroksidasyonu kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler ve hücre membranlarının yapısının zarar görmesindeki ana faktördür. Hücre membranlarında lipid serbest radikalleri ve lipid peroksit radikallerinin meydana gelmesi, ROT'un neden olduğu hücre hasarlarının meydana gelmesinde ilk öncül olarak kabul edilir. Serbest radikallerin sebep olduğu lipid peroksidasyonuna "enzimatik olmayan lipid peroksidasyonu" denir. Lipid peroksidasyonu genellikle yağ asitlerindeki konjuge çift bağlardan bir elektron içeren hidrojen atomlarının çıkarılması ve bunun sonucunda yağ asidi zincirinin bir lipid radikali niteliği kazanmasıyla başlar. Lipid radikali güçsüz birleşiktir bu yüzden yapısında değişimler meydana gelmektedir. Lipid radikallerinin (L[•]) moleküler oksijenle (O₂) tepkime meydana gelmesiyle peroksit radikalleri (LOO[•]) oluşur. Lipid peroksit radikalleri (LOO[•]), membran yapısındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerini yapılarında değişimlerin meydana gelmesine etki ederek yeni lipid radikallerinin oluşumuna sebep olur. Açığa çıkan hidrojen atomlarına bağlanarak lipid peroksitlerine (LOOH) dönüşürler ve böylece reaksiyon kendi kendini katalizleyerek devam eder (Altınışık, 2000; Kaya, 2012).

Lipid peroksidasyonu sonucu oluşan lipid peroksitlerinin (LOOH) yıkımı geçiş metalleri iyon katalizini gerektirir. Plazma membranı ve subsellüler organel lipid peroksidasyonu serbest radikal kaynaklarının hepsiyle aktifleştirilebilir ve geçiş metallerinin varlığından dolayı peroksitlerin seviyesinde yükselme meydana gelir. Lokal olarak H₂O₂ Fenton reaksiyonu sonucu [•]OH oluşması zincir reaksiyonunu başlatabilir (Altınışık, 2000; Kaya, 2012).

Lipid peroksidasyon olayının zincir aşamasında meydana gelen lipid hidroperoksitler dayanıksız yapılardır. Zincirin açılması sonucu yapısal bozulmalara uğrarlar bunun neticesinde lipid peroksidasyon bileşikleri ortamda yer alır. Bu bileşiklerden sonra ise ortaya MDA çıkar ve peroksidasyonunun şiddetini belirlemede kullanılır. MDA üç veya daha fazla çift bağlı yağ asitlerinin yıkılması sonucu meydana gelirler (Yarsan, 1998).

Lipid peroksidasyonunu belirlemek için 3 farklı kriter belirlenmiştir; oksijen tüketiminin ölçülmesi, hidroperoksitlerin ölçülmesi ve aldehitlerin yıkılması sonucu oluşan ürünlerin ölçülmesidir. Bitkilerde genellikle zarar boyutlatını ortaya çıkarmak için lipid peroksidasyonu olan MDA ölçülerek yapılır. MDA konsantrasyonunu belirlemek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan ilki ve geleneksel olarak tabir edilen TBA ile reaktif madde testi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve MDA analizinde bir diğer yöntemde hiperspektral görüntüleme yöntemidir (Kong vd. 2017).

Lipid peroksidasyonunun zararlarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için ise 3 farklı yoldan bahsedilmiştir. Bunlar ROT'un etkinliğini azaltan ya da H₂O₂ veya hidroperoksitler gibi yapıların tepkimelerini kısıtlaması için antioksidan sisteminin savunması, oluşan ROT'u temizlemek için fenolik bileşikler, vitamin C gibi enzimatik olmayan yapıların savunması ve bir diğer savunma sistemi ise hasar oluşan bölgede tamir edici mekanizmaların (proteaz gibi) aktif rol almasıdır (Yarsan, 1998).

Fotosentezde rol alan pigmentler güneş enerjisini absorbe edilmesinde görevlidir. Pigmentlerin yapısı organizmadan organizmaya farklılık gösterebilir. Pigment sistemi tilakoid zar üzerinde iki şekilde bulunmaktadır fotosistem I ve II'dir. Pigment üretimine gelince, yaprak fonksiyonel özelliklerinin ve yaprak anatomisinin de ışık kalitesinden etkilendiği gösterilmiştir. Bitkilerde fotokimyasal olaylar, dalga boyuna bağlı olarak 400-700 nm arasındaki ışığı absorbe ederler. Pigment sistemindeki moleküllerdeki bulunan çift bağ sayılarına göre ışığı absorbe etmesi değişmektedir. Gerçekten de, farklı ışık spektrumları altında yetiştirilen bitkilerde, antosiyaninler dahil olmak üzere çeşitli yararlı antioksidan bileşiklerin sentezinin sağlandığı bilinmektedir. Bu nedenle bitkisel üretimde ışık kaynaklarının spektral dağılımı, fotomorfogenik cevapları bulmakta belirleyici rol oynarlar. Bitkilerde ışık dalga boyuna göre fizyolojik cevapları düzenlemesi bakımında önemli rol

oyunmaktadır. Bitkilerde pigment sisteminin güneş ışığını absorbe etmesi artıkça bitkinin de doğru orantılı bir şekilde büyüdüğü gözlenmiştir (Bian vd. 2015; Kopsell vd. 2015; Kadioğlu, 2016; Çakırer vd. 2017; Amoozgar vd. 2017; Izzo vd. 2019).

Bitkilerde klorofil a, klorofil b, klorofil c ve klorofil d olmak üzere dört gruba ayrılır. Bu klorofil türleri bitkiler aleminin genelinde bulunmakla birlikte bazı klorofil türleri farklı organizmalarda da bulunmaktadır. Mg çevresinde 4 tane pirol halkası bulunan yapılar olarak tanımlanmaktadır. Klorofil a ve b moleküller ve ışığı absorbe etmede birbirinden ayrılırlar. Klorofil a mavi-mor bölgedeki ışığı 429 nm. klorofil b ise 453 nm'de absorbe etmektedir. Mavi ışık stoma açıklığı, kloroplast hareketleri yaprak genişlemesi, sürgün uzaması, enzim sentezi ve fototropizm hareketlerini etkilemektedir. Fotosentez hızında klorofil absorbe ettiği ışık ile doğru orantılıdır. Klorofilin absorbe ettiği ışık miktarı fazla ise fotosentez hızı da artmaktadır (Kadioğlu, 2016; Izzo vd. 2019).

Enzimatik olmayan antioksidanlar, Askorbik Asit (AA), Glutatyon (GSH), karotenoidler, fenolikler, flavonoidler ve prolin amino asit içeren antioksidan mekanizmaların diğer kısmını oluşturur. Hücrenin sadece farklı bileşenlerini hasardan korur ve aynı zamanda mitoz, yaşlanma ve hücre ölümü gibi hücresel süreçlerde de yer alarak bitki büyümesinde ve gelişiminde önemli bir rol oynarlar (Smirnoff, 2005; Büyük vd. 2012; Das ve Roychoudhury, 2014).

Karotenoidler, hem fotosentetik hem de fotosentetik olmayan bitki dokularının plastidlerinde bulunan lipofilik antioksidanları oluşturan bileşiktir. Ağır metal birikiminde artış gösterirler. Sadece bitkilerde değil mikroorganizmalarda da bulunurlar. Bunlar 450-570 nm'de ışığı emen ve enerjiyi klorofil molekülüne aktaran bir grup anten molekülüne aittir (Büyük vd. 2012; Das ve Roychoudhury vd. 2014; Kadioğlu, 2016; Cassol vd. 2019).

Fenolik maddeler buldukları atom sayısına göre polifenoller ve flavonoidler olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Bitkideki kütikula, hücre çeperinin yapısı, fenolik bileşiklere ya da patolojik etmenler tarafından uyarılabilecek bir bariyer sistemine sahip olması, o bitkinin patojenlere karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Özcan vd. 2001). Polifenoller serbest radikalleri ortadan kaldırmada etkisiz hale getirmede güçlü ve ideal bir kimyaya sahiptirler. *In-vitro* ortamda tokoferol ve askorbatdan daha aktif rol oynayan antioksidanlar olarak

gösterilmektedirler. Polifenollerin antioksidan özellikleri hidrojen ve elektron donörleri olarak ve zincir kırıcı olarak görev yapmalarıdır. Yapılan çalışmalarda fenoliklerin bitki hücrelerinde H₂O₂'i etkisiz hale getirmekte etkili olduğunu göstermiştir (Takahama ve Oniki, 1997).

Flavonoidler genel olarak yapraklarda, çiçek organlarında ve polen tanelerinde oluşan bitki kısımlarında bulunur. Flavonoidler yapıları, flavonoller, flavonlar, izoflavonlar ve antosiyaninler olmak üzere dört sınıfa ayrılabilir. Bitkilerde üreme ve polenlerin çimlenmesinde ve bitki patojenlerine karşı savunmada çiçek, meyve ve tohumlarda pigmentasyon sağlamada çeşitli aktiviteye sahiptirler. Flavonoidler, oluşan tepkilere karşı aşırı uyarma enerjisinden dolayı fotosentetik sisteme zarar veren bitkilerde ikincil ROT temizleme sistemi olarak kabul edilmiştir (Quan vd. 2008; Büyük vd. 2012).

Su stresi ile ilgili olarak, güneş radyasyonu, nem ve terleme oranları dikkate alınmaktadır. Bu da bitkinin suyu alma ve tutma yeteneğini etkileyebilir. Bir bitkinin su tutma kapasitesinde göz önünde bulundurulması gereken diğer faktörler toprak bileşimi ve iklim değişiklikleri de etkilidir. Bu da bitkinin yaş kuru ağırlık oranlarında değişimlerin meydana gelmesine sebep olabilir. Bitkilerde yaş kuru ağırlık için genel su içeriğindeki değişkenlik için çiçekli tepeler, yapraklar ve saplar kullanılır (Warner vd. 2017).

Çevrede doğal olarak yetişen bitki örtüsü, önemli biyotik stres faktörlerinden olan mantarlar ile çok sık enfeksiyona maruz kalmaktadır. Bu da zincir halinde oldukça dirençli olan fungusların yayılmasına aracılık etmektedir. Yapılan literatür taramalarında mantar enfeksiyonuna maruz kalan bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal cevaplarla ilgili çok az sayıda araştırmanın olduğu görülmüştür. Mantar enfeksiyonuna maruz kalan bitkilerdeki bu parametrelerle ilgili araştırmaların yapılması, enfeksiyona maruz kalan bitkilerdeki direnç mekanizmalarının aydınlatılması açısından oldukça önemlidir. Yapılan bu araştırmada *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. ile enfekte olmuş ve enfekte olmamış *Malva sylvestris* L. fotosentezde önemli rolü olan pigment içeriğindeki değişimler, lipid peroksidasyonunun önemli belirteci olan MDA ve antioksidan sistemde önemli olduğu bilinen POD, APX ile toplam fenolik içeriğindeki değişimler ve kuru ağırlıkta meydana gelen değişimler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bitki stresi, Lichtenthaler (1996) tarafından “Bir bitkinin metabolik faaliyetlerini, büyümesini veya gelişimine etki eden veya engelleyen herhangi bir olumsuz durum veya element” olarak tanımlanmıştır. Canlılar için optimum şartların sağlanamadığı herhangi bir çevresel faktör olarak tanımlanmıştır.

Dünya genelinde bitkilerin hayati faaliyetlerini sınırlayan farklı stres faktörlerine (stresörler) maruz kalırlar. Bu stres faktörleri iki grup içerisinde değerlendirilmiştir. Biyotik faktörler; patojenler, böcekler, mantarlar, bakteriler ve yabancı otlardır. Abiyotik faktörler ise kuraklık, donma, kimyasallar, UV, tuzluluk, aşırı sıcaklık olarak tanımlanmıştır. Stres faktörlerinin etkisi bitkilerde hem süre hemde zarar bakımından kontrol edilir (Lichtenthaler, 1996; De Silva vd. 2019; Vázquez-Hernández vd. 2019). Araştırmacılar, bu yaklaşıma dayanarak, bitkinin verim, büyüme, kalite ve hastalıklara / zararlılara karşı dayanıklılığı veya abiyotik faktörlere karşı toleransı pozitif veya yanıt negatifse bitkinin tepkisi açısından eustressor olarak adlandırmışlardır (Kranter vd. 2010; Hideg vd. 2013; Vázquez-Hernández vd. 2019).

Hem biyotik hem de abiyotik strese maruz kalan bitkilerin hayatta kalabilmeleri ve gelişebilmeleri için direnç gösterirler. Bu nedenle, bitkilerin bu dalgalanmaları algılaması ve bir sürü savunma reaksiyonu kullanarak strese karşı yanıt oluştururlar. Aynı zamanda, bitkilerin hayatta kalmalarını sağlamak için streslerin yol açtığı hücrel hasarı da telafi etmeleri gerekmektedir (Okazaki ve Saito, 2014; Ali vd. 2018).

Araştırmacılar, biyotik strese neden olan yabancı türlerin istilası, biyolojik çeşitliliğin yok olmasına, karbon ve besin döngülerinde değişimler meydana gelmesinde ve ekosistemin bozulması dahil, hem de küresel değişimlerin meydana gelmesinde belirleyici güç olduğunu saptamışlardır. Yabancı bitkiler, bakteriler, virüsler, böcekler ve mantarlar bu değişimlerin meydana gelmesinde belirleyici faktörler olarak göstermişlerdir (Desprez-Loustau vd. 2007; Vilà vd. 2011; Dickie vd. 2011; Corbin ve D'Antonio, 2012; Dickie vd. 2017).

Bitkiler, çeşitli türlerde mikrobiyal patojenler enfeksiyona neden olmaktadır. Bu da ürün çeşitliliğine ve bunun neticesinde gıda eksikliğine aynı

zamanda ekonomik olarak büyük kayıpların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Gram negatif bakteriyel patojenlere karşı bitkilerin savunma tepkilerini bakılmaktadır. Bu bakteriler konakçalarına stomalar, lentisel gibi açıklıklardan veya lezyonlardan girerler ve apoplastik yolla çoğalırlar. Örnekler *Pseudomonads* ve *Xanthomonads* bakteri lekesi ve domates lekesi ve pirinçte yanıklık gibi bitkilerde ürünlerin enfeksiyon kapmasına sebep olmalarından sorumlu bakteri türleridir. Bitkilerde Gram negatif bakteriyel patojenlerin ana virülansa sebep olan toksinler ve efektör proteinlerdir (Cui vd. 2009; Henry vd. 2013).

Araştırmacılar, bitki hücre fizyolojisi için kloroplastların ve mitokondrinin çok yönlü doğası, onları bakteri virülans faktörlerinin öngörülebilir hedefleri haline getirdiğini ifade etmişlerdir. Biyosentetik yollara dahil olmanın yanı sıra, enerji üretimi, redoks homeostazi ve retrograd sinyalleşme, kloroplastlar ve mitokondri de bitki immün tepkilerinde kilit rol oynadığını saptamışlardır. Örneğin, kloroplast, salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) gibi önemli savunma hormonlarının sentezi için bir sinyal oluşturduğunu bununla birlikte hem kloroplast hem de mitokondri, patojen atağıyla savaşmak için redoks kaynakları olduğunu göstermişlerdir (Maxwell vd. 2002; Stael vd. 2015; Macho, 2016).

Araştırmacılar, bitki virüslerini, dünya çapında tarımsal üretimdeki en önemli ürün kaybına neden olan biyotik faktörlerden birisi olarak kabul etmişlerdir. Bitki virüsü hastalıkları hakkındaki bilgiler gelişmiş ülkelerde genellikle iyi bir şekilde analiz edilmiştir. Gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde bitki virüslerinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini, araştırma olanakları ve bu konu hakkında uzman kişi eksikliği nedeniyle yeterince değerlendirilmediğini ifade etmişlerdir (Varma ve Malathi, 2003; Rishi, 2009; Mandal vd. 2012; Schreinemachers vd. 2015; Akhter vd. 2019).

Virüs içeren yaprak bitleri (*Rhopalosiphum padi*) sağlıklı bitkileri (Ingwell vd. 2012), virüssüz yaprak bitleri ise virüs bulaşmış bitkileri tercih eder. Buna paralel olarak konukçu bitkinin daha yüksek virüs alımına neden olmaktadır (Sharifi vd. 2018).

Primer zararlılar, iyi bir fizyolojik konumdaki canlı ve sağlıklı ağaçlara saldıran ve bu ağaçlarda hayatlarını devam ettiren böceklerdir. Bu primer zararlılar genel olarak bitkinin özsuyunu emen ve yaprak yiyen böceklerdir. Sekonder

zararlılar ise, gelişme yeteneklerine göre, az çok konukçunun yetersiz fizyolojik durumu ile hayati faaliyetlerini sınırlandırılan böceklerdir. Sekonder zararlılar, çevresel koşullar optimum düzeye ulaştığı zaman büyük miktarda artış gösterebilirler ve büyük oranda zarara yol açmaktadırlar [<http://www.ktu.edu.tr/...>] (Anonymous, 2019).

Böceklerin oluşturduğu hasarları en aza indirmek için bitkiler çiçek açma periyotlarını değiştirerek uçucu madde salınımını azaltıp bu zararın önüne geçmektedir (De Moraes, 2001; Hilker ve Meiners, 2011).

Araştırmacılar, parazit bitkilerin dünya genelinde mahsuller için büyük bir tehdit oluşturduğunu, her yıl ise 1 milyar ABD dolarına yakın tahmini ürün kaybına neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Aynı zamanda ürün kayıplarının yıllık 100 milyondan fazla insanın gıda arzını olumsuz yönde etkilediği ve her geçen gün artmakta olduğunu belirtmişlerdir (Gressel vd. 2004; Yoder ve Scholes, 2010; Hegenauer vd. 2017).

Araştırmacılar, *Striga* Loru. spp. gibi birçok hemiparazit, suyun ana sınırlayıcı faktör olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde bir tehdittir. Bu nedenle, bitki parazitlerinin yol açtığı enfeksiyonlar besin, su ve mineral maddelerinden yararlanarak elde edilen ürün miktarında önemli derecede kayba neden olmaktadır. Ekonomik önemi olan bitkilerde parazitik otlar büyük zararlara neden olduğu ve dünya genelinde, temel gıda ürünlerinde ve sanayide kullanılan bitkilerde % 30-80 oranında ürün kayıplarına aynı zamanda milyonlarca insanın geçimine hem de ürün arzında azalmaların meydana geldiğini saptamışlardır (Wigchert ve Zwanenburg, 1999; Aly, 2007; Özkal, 2014).

Araştırmacılar bitkilerin çok sayıda toprakta yaşayan organizmaların saldırısına maruz kaldığını, özellikle de bitki parazitik nematodları tarafından saldırıya uğradığını tespit etmişlerdir. En zarar verici nematodlar, kök-düğüm (*Meloidogyne* spp.) ve kist (*Heterodera* ve *Globodera* spp.) nematod gruplarını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu parazitler, bitki köklerine nüfuz eden ve konakçı için besin kaynaklarını ele geçiren biyolojik zararlılar olarak tanımlanmışlardır. *Meloidogyne* spp. karakteristik kök gevşeme semptomlarından dolayı kök - düğüm nematodları (RKN'ler) olarak bilinir. Bu cins hem ürün kaybına neden oldukları gibi

önemli ekonomik zarara yol açtıklarını belirtmişlerdir (Jones vd. 2013; Saucet vd. 2016).

Bitki patojenleri, dünya genelindeki mahsul üretiminin % 15'inin kaybına neden olurken mantarlar ise dünya nüfusunun yararlanacağı gıdaların % 60'ına yakınına yok etme potansiyeline sahip patojen türüdür (Fisher vd. 2013; De Silva vd. 2019).

Basidiomycota filumu çok tanınmış bazı fungusları içermektedir. Bunlardan iki tanesi önemli bitki patojen grubu olan pas ve rastıklardan meydana gelmektedir. Basidiomycota üyeleri, ılıman bölgelerin topraklarında canlı kütlelerin (hayvanlar hariç) üçte ikisini oluşturan bitki döküntülerinin çürütmesinde önemli rol oynar. Alt filum Pucciniamycotina'nın mayalar, saprotroflar, funguslar, bitkiler ve hayvanlar üzerindeki parazitleri içeren ve tanımlanmış 8000 türünün yaklaşık %90'ı pas funguslarından meydana gelmektedir. Paslar bütün dünyada her yıl bitki patojeni olarak milyarlarca dolarlık ürün tahribatına ve ürün kaybına yol açtıklarından büyük ekonomik öneme sahiptirler. En ciddi pas hastalıkları arasında tahıllarda karapas, beyaz çamda kabarcık pası, sedir-elma pası, yer fıstığı pası, buğdayda sarıpas ve soya fasulyesi pası gibi patojene neden olan fungusların önemli yer kapsadığını ifade etmiştir (Türkan, 2016). De Silva ve ark. (2019), mantarın; kökler, saplar, yapraklar, çiçekler ve meyveler dahil olmak üzere çoğu bitki organlarında enfeksiyona neden olan patojen olarak göstermişlerdir (De Silva vd. 2019).

Pas mantarları aynı zamanda en belirgin ve en karmaşık bitki patojenik mantar grubudur. *Pucciniaceae* familyasının içerisinde *Puccinia* L. pas mantarlarının en büyük cinsidir. Dünya genelinde kutuplar hariç dünyanın her yerinde yayılış göstermektedir ve 3000-4000 türü vardır. Tek bir konukçu üzerinde yaşayanlar olduğu gibi iki farklı konukçu üzerinde hayatlarına devam edenlerde vardır. Bazı türlerinde sadece Telia mevcuttur. Monokotil ve dikotil bitki familyalarının çoğunda parazit olarak yaşamaktadırlar (Cummins ve Hirastuka, 2003; Aime vd. 2018).

Puccinia L. cinsindeki türlerden birisi *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. *Malvaceae* familyasındaki, *Abutilon* Mill., *Alcea* L., *Althaea* L., *Anoda* Cav., *Hibiscus* L., *Kitaibela* Batsch., *Lavatera* L., *Malope* L., *Malva* L., *Malvastrum* A.Gray., *Palaua* Ruiz&Pav., *Pavonia* Cav., *Plagianthus* J.R.Forst&G.Forst., *Sida* L., *Sidalcea* A.Gray ex Benth., *Sphaeralcea* A.St-Hill. cinsleri üzerinde dünya genelinde

kozmpolit ya da yaygın olarak bulunan en önemli pas mantaradır ve bu familya üzerindeki en önemli patojenlerden birisi olarak *Puccinia malvacearum* (Bertero ex Mont) bilinmektedir (Farr ve Rosman, 2017).

Konukçu bitkide enfeksiyona neden olan bazı mantar türlerine buğday pasına neden olan *Puccinia graminis*, mısır lekesinin oluşmasında *Ustilago maydis* ve soya pasının meydana gelmesinde *Phakospora pachyrizi* örnek olarak verilir (Fisher vd. 2013; De Silva vd. 2019).

Biyotik ve abiyotik stresler arasındaki negatif etkileşimlere daha önceki çalışmalarda değinilmiştir (Atkinson ve Urwin, 2012). Hem soğuk hem de sıcak strese maruz bırakılan bitkilerde biyotik streslere karşı direnci düştüğü gözlenmiş ve patojenlere karşı bitkilerin göstermiş olduğu direncin düştüğü saptanmıştır. Bitkilerde soğuk strese maruz kaldıklarında viral patojenlere karşı gen aktivitesinin artmasına sebep olmuştur (Szitty vd. 2003; Suzuki vd. 2014).

Furtana ve Tipirdamaz (2010), aerobik metabolizma, kloroplast, mitokondri ve peroksizomlar gibi farklı bitki hücresel bölümlerinde sınırlı ROT üretildiği saptamışlar. Bitkiler biyotik ve abiyotik strese maruz kaldıklarında, ROT ile antioksidanların savunma aktivitesi arasındaki dengenin bozulduğu ve bunun genellikle oksidatif hasara yol açtığını saptamışlardır (Furtana ve Tipirdamaz, 2010). Araştırmacılar, bitkilerde, ROT gibi fotosentez, fotorespirasyon ve CO₂ özümleme gibi çeşitli fizyolojik olayların, bir yan ürünü olarak sürekli üretildiğini, ROT üretimi, yüksek ışık seviyesine maruz kalma, kuraklık, ağır metaller, tuz konsantrasyonları, aşırı sıcaklıklar, hava kirliliği, UV radyasyonu, herbisitler ve patojen atakları gibi çeşitli çevresel stres faktörleriyle arttığını saptamışlar. ROT'un zarar verici, koruyucu veya sinyal verme faktörleri olup olmayacağı, ROT üretimi ve uygun yer ve zamanda süpürme arasındaki hassas dengeye bağlı olduğunu saptamışlardır (Gratão vd. 2005; Peroni vd. 2007).

Lambeth (2004), Segal ve Wilson (2018), bitkilerde oksidatif strese neden olan enfeksiyonlardan sonra metabolik aktivitelerinde değişimler meydana gelir. Bu değişimler sonucunda organizmada ROT'da artış meydana gelir ve bu artış sonucunda bitkilerdeki antioksidan sisteminin savunmaya geçerek bu zararların ortadan kaldırmasında uyarıcı bir etki olduğunu ifade etmişlerdir (Lambeth, 2004; Segal ve Wilson, 2018).

Araştırmacılar, ROT olarak; 1O_2 , $O_2^{\bullet-}$, $^{\bullet}OH$ ve H_2O_2 dört kategoriye ayırmışlardır. Bitkilerde ROT, lipitler, DNA, proteinler ve diğer makromoleküller aracılığıyla kolayca reaksiyona girerek hücrenin ölümüne ve yaşlanmasına neden olmaktadır. ROT ayrıca NO^{\bullet} gibi azot oksitleriyle reaksiyona girerek peroksinitrit gibi zararlı RNT meydana gelmesine sebep olmaktadır. ROT'un (ve RNT) aktivitesini durdurmak için, mantar patojenleri, SOD, CAT, POD, GSH ve tioredoksini içeren güçlü antioksidasyon sistemleri geliştirmiştir. ROT'un bitki patojenlerine karşı konakçılarda toksik etki meydana getirdiği ve patojenlerin bitkide enfeksiyon yapmasının önüne geçtiği aynı zamanda savunma sisteminin bir sinyal bileşeni olarak ortaya çıktığı ileri sürülmüştür (Beckman ve Ames, 1998; Samalova vd. 2014; Fernandez vd. 2014; Segal ve Wilson, 2018).

Bitkilerde farklı alt hücre bölmelerinde lokalize olan ve antioksidan mekanizmaları içeren enzimler arasında SOD, CAT, APX, POD, glutatyon-s-transferaz, glutatyon redüktaz olarak ayırmışlardır (Gill ve Tuteja, 2010; Miller vd. 2010; Gill vd. 2011).

SOD, $O_2^{\bullet-}$ radikalinin, bitkiler de dahil olmak üzere çok çeşitli organizmalarda yer değiştirmesini katalize eden enzimdir. Superoksitin H_2O_2 ve O_2 dönüşümü, hücrenel metabolizma sırasında üretilen oksijen radikalinin istenmeyen biyolojik oksidasyonunu önlemek için hücrenel savunmanın ilk hattını oluşturmaktadır (Alscher vd. 2002; Peroni vd. 2007).

CAT, peroksizomlardaki H_2O_2 , H_2O ve O_2 ayrışmasından sorumludur. Yapılan çalışmalarda, CAT'ın organizmalarda H_2O_2 birikiminin zararlı etkilerinden canlıyı koruduğunu saptamışlardır (Scandalios, 2005; Peroni vd. 2007).

Araştırmacılar, POD (sitosol, vakuol) hücre içinde aktif olarak bulunduğundan, H_2O_2 hücre duvarından ve hücre dışına çıkarılması anahtar enzim olarak kabul edildiğini saptamışlardır (Asada, 1999; Das ve Roychoudhury, 2014).

APX enzimi yüksek yapılı bitkilerde keşfedilmiştir (Koç ve Üstün, 2008). Das ve Roychoudhury (2014), APX'in bitkilerde ROT'un artması sonucu hücrelerdeki zararı en aza indirgemede rol aldığını ve hücrelerdeki en güçlü ve en fazla bulunan antioksidan olduğunu belirtmişlerdir. Bitkilerde özellikle fotosentetik hücrelerde ve meristemlerde fazla miktarda bulunurken, normal fizyolojik koşullar

altında yaprak ve kloroplastlarda düşük seviyede bulunmaktadırlar. Bitkinin biyotik ve abiyotik strese girmesi sonucunda tüm bitki hücrelerinde ise artışlar meydana gelerek bitki savunmasında rol alır. $O_2^{\bullet-}$ ve $\bullet OH$ hücrelerden temizlenmesinde direkt olarak görev aldığını saptamışlardır (Das ve Roychoudhury, 2014).

Das ve Roychoudhury (2014), GSH, oksitlenebilir tiyol gruplarını önlemek ve 1O_2 , $\bullet OH$ gibi zararlı ROT üyeleri ile reaksiyona girmek üzere indirgeyici bir rol oynayan moleküler ağırlığı düşük bir bileşik olduğunu ifade etmişlerdir (Das ve Roychoudhury, 2014). Bitkiler hem abiyotik hem de biyotik streslere cevap olarak GSH biyosentetik enzimlerinin ve GSH seviyelerinin aktivitesini artırır. GSH'a benzer şekilde, mutant ve transgenik bitki türleri çeşitli abiyotik streslere cevap olarak askorbik asidin biyosentezi ve geri dönüşümünü artırmaktadır (Apel ve Hirt, 2004; Kasote1 vd. 2015).

Lipidler serbest radikallerin etkilerine karşı en hassas olan biyomoleküllerdir. Hücre membranlarındaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri olan aldehitler, ketonlar, alkanlar, alkenler, karboksilik asitler ve polimerazsyon gibi bileşikler açığa çıkmasına neden olurlar. Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı lipid peroksidasyonu olarak bilinir. Lipid peroksidasyonu kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler ve hücre membranlarının yapısının zarar görmesindeki ana faktördür. Hücre membranlarında lipid serbest radikalleri (L^{\bullet}) ve lipid peroksit radikallerinin (LOO^{\bullet}) oluşması, ROT'un neden olduğu hücre hasarlarının meydana gelmesinde ilk öncül olarak kabul edilmektedir (Altınışık, 2000; Kaya, 2012).

Yarsan (1998), lipid peroksidasyonun zararlarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için ise 3 farklı yoldan bahsedilmiştir. Bunlar ROT'un etkinliğini azaltan ya da H_2O_2 veya onun gibi yapıların tepkimelerini kısıtlaması için antioksidan sisteminin savunması, oluşan ROT'u temizlemek için fenolik bileşikler, vitamin C gibi enzimatik olmayan yapıların savunması ve bir diğer savunma sistemi ise hasar oluşan bölgede tamir edici mekanizmaların (proteaz gibi) aktif rol aldığını ifade etmiştir (Yarsan, 1998).

Olle ve Viršile (2013), bitkilere gelen ışığın kalitesi araştırmalardan elde edilen genel bir veriyle, ışığın kalitesi bitki tepkilerinin türlere ve bazen de çeşitlere

özgü olduğunu göstermişlerdir (Olle ve Viršile, 2013). Kyparissis ve ark. (2007), çeşitler dikkate alınarak farklı yaprak rengiyle (örneğin yeşil ve kırmızı yaprak) karakterize edilen, bitkilerin ışık kalitesine verdiği tepkilerin değiştiğini saptamışlardır (Kyparissis vd. 2007). Araştırmacılar, ışık dalga boylarının yaprak anatomisini nasıl etkilediğini daha iyi anlaşılması için, bitkilerin ışığa karşı gelişimsel ve fizyolojik tepkilerine bakılarak pigment üretiminin, yaprağın fonksiyonel özelliklerine ve yaprak anatomisinin ışık kalitesinden nasıl etkilendiği göstermişlerdir (Arena vd. 2016; Izzo vd. 2019). Yapılan araştırmalarda, klorofil a ve b'nin ışığı absorbe etmede birbirinden ayrıldığını ve klorofil a mavi-mor bölgedeki ışığı 429 nm. klorofil b ise 453 nm'de absorbe ettiğini saptamışlar. Mavi ışığın stoma açıklığı, kloroplast hareketleri, yaprak genişlemesi, sürgün uzaması, enzim sentezi ve fototropizm hareketlerini etkilediği bilinmektedir (Kadıoğlu, 2016; Izzo vd. 2019).

Bitkilerde ışık aynı zamanda ısı veya floresan olarak enerji kaybına neden olan fotosentetik olmayan pigmentler (örneğin antosiyaninler) ışık aktarımında klorofilden daha az verimli olan aksesuar pigmentler ile de (örn. karotenoidler) absorbe edilir (Izzo vd. 2019).

Pigment sistemindeki moleküllerdeki bulunan çift bağ sayılarına göre ışığı absorbe etmesi değişmektedir. Gerçekten de, farklı ışık spektrumları altında yetiştirilen bitkilerin, antosiyaninler dahil olmak üzere yararlı antioksidan bileşiklerin sentezinde rol aldığını saptamışlardır (Kadıoğlu, 2016; Izzo vd. 2019).

Warner ve ark. (2017), bir bitkinin su tutma kapasiteside göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir. Toprak bileşimi ve iklim değişiklikleri su tutma kapasitesinde etkilidir. Bu da bitkinin yaş kuru ağırlık oranlarında değişimlerin meydana gelmesine neden olabilir. Bitkilerde yaş kuru ağırlık için genel su içeriğindeki değişimlerde çiçekli tepeler, yapraklar ve saplar dikkate alınması gerektiğini ileri sürülmüştür (Warner vd. 2017).

Das ve Roychoudhury (2014), askorbik asitin H_2O_2 ve $\bullet OH$ ile reaksiyona girerek mebranın oksidatif hasar görmesini engellediğini ifade etmiştir (Das ve Roychoudhury, 2014).

Araştırmacılar, tokoferoller fotosentetik organizmalar tarafından sentezlendiğini bitkilerde ise yeşil kısımlarda bulunduğunu saptamışlardır.

Tokoferoller membranın kararlı kalmasını ve ROT'u temizlediğini ifade etmişlerdir (Büyük vd. 2012; Das ve Roychoudhury vd. 2014).

Karotenoidler, hem fotosentetik hem de fotosentetik olmayan bitki dokularının plastidlerinde bulunan lipofilik antioksidanları oluşturan bileşiktir. Ağır metal birikiminde artış gösterirler. Mikroorganizmalarda da bulunmaktadır (Das ve Roychoudhury vd. 2014; Kadioğlu, 2016; Cassol vd. 2019).

Araştırmacılar, fenolik bileşikler, sekonder metabolitler olarak kabul edildiğini normal gelişim sırasında bitkiler tarafından sentezlenen ve stres durumlarında cevap olarak, antioksidanlara katkıda bulunan bir veya daha fazla •OH grubuna sahip aromatik yapıları metabolitler olarak tanımlanmışlardır (Naczka ve Shahidi, 2004; Kasotel vd. 2015).

Takahama ve Oniki (1997), polifenoller serbest radikalleri ortadan kaldırmada etkisiz hale getirmede güçlü ve ideal bir kimyaya sahiptirler, *in-vitro* ortamda tokoferol ve askorbatdan daha aktif rol oynayan antioksidanlar olarak gösterilmektedirler. Polifenollerin antioksidan özellikleri hidrojen ve elektron donörleri olarak ve zincir kırıcı olarak görev yapmalarıdır. Yapılan çalışmalarda fenoliklerin bitki hücrelerinde H₂O₂'i etkisiz hale getirmekte etkili olduğunu tanımlamışlardır (Takahama ve Oniki, 1997).

Flavonoidler genel olarak yapraklarda, çiçek organlarında ve polen tanelerinde oluşan bitki kısımlarında bulunur. Flavonoidler yapıları, flavonoller, flavonlar, izoflavonlar ve antosiyaninler olmak üzere dört sınıfa ayrılabilir. Bitkilerde üreme ve polenlerin çimlenmesinde ve bitki patojenlerine karşı savunmada çiçek, meyve ve tohumlarda pigmentasyon sağlamada çeşitli aktiviteye sahiptirler. Flavonoidler, oluşan tepkilere karşı aşırı uyarma enerjisinden dolayı fotosentetik sisteme zarar veren bitkilerde ikincil ROT temizleme sistemi olarak kabul edildiğini ifade etmişlerdir (Quan vd. 2008, Büyük vd. 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Örneklerinin Hazırlanması



Şekil 3.1. *Malva ssp.*'nin normal ve enfekte örneklerinin doğal görüntüleri

Araştırmada kullanılan örnekler *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. ile enfekte olmuş ve enfekte olmayan *Malva sylvestris* L. bitkisi Malatya yöresinde istasyon olarak belirlediğimiz Turgut Özal Üniversitesi kampüsünden temin edildi. Örnekler 2017 yılında Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında, 2018 yılında ise Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında toplandı. Arazi çalışmasında örneklerin farklı aylarda alınmasının nedeni enfekte gruba ait bitkinin diğer aylarda rastlanılmamasından kaynaklanmıştır. Örneklerin alındığı lokalitelerle ilgili bilgiler aşağıda verildi.

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m, 22.05.2017, M. Temel & Ş. Kabaktepe (100).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m, 17.06.2017, M. Temel & Ş. Kabaktepe (101).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 13.07.2017, M. Temel & Ş. Kabaktepe (102).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 19.05.2018, M. Temel (103).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 02.07.2018 M. Temel (104).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 10.09.2018 M. Temel (105).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 13.10.201, 8, M. Temel (106).

Lokalite: Malatya: Battalgazi, Hasırcılar mahallesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi kampüsü 850 m 25.10.2018, M. Temel (107).

Enfekte olan ve olmayan gruplarda karşılaştırmalı olarak; pigment sistemi içeriğindeki değişimler, lipid peroksidasyonunun belirteci olan MDA, POD, APX enzimleri, total protein tayini ve toplam fenolik içeriğindeki değişimler ile kuru ağırlık oranları araştırıldı.

3.2. Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması

Pigmentlerin ekstraksiyonu işlemlerinde De Kok ve Graham (1980) metodu kullanıldı. Sıvı azotta dondurulan yapraklardan her grup için 3 tekrarlı olmak üzere 1'er gram alınıp ilk önce sıvı azot ile porselen bir havanda öğütülerek 50 ml aseton (%100'lük-merck) içerisinde homojenize edildi. Daha sonra alüminyum folyo ile etrafı sarılı erlenlere alınan numunelerin ağzı parafilmle kapatıldıktan sonra çalkalamalı inkübatör ile 30 dk homojenize edildi. İnkübe edilen örnekler daha sonra +4 °C'ye ayarlı buzdolabında 24 saat bekletildi. Bu süre sonunda buzdolabından alınan numuneler süzülerek alüminyum folyo ile kaplı beherlere alınıp 1/5 oranında su ilave edilip ağzıları yine parafilmle kapatıldıktan sonra çalkalamalı inkübatör ile 15 dk homojenize edildikten sonra tekrar +4 °C'ye ayarlı buzdolabında 24 saat bekletildi. Numuneler bu süre sonunda 3.000 devir/dk'da 10 dk santrifüj edildi. Santrifüj edilen numuneler absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 662, 645, 470 nm'de spektrofotometre'de okunarak klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil miktarları hesaplandı.

$$Kl a=11,75.A_{662}-2,35.A_{645}$$

$$Kl b=18,61.A_{645}-3,96.A_{662}$$

$$Karatenooid=\frac{1000.A_{470}-2,27.Kl a-81,4.Kl b}{227}$$

$$\text{Toplam klorofil} = Kl a + Kl b$$

3.3. Malondialdehit (MDA) Analizi

MDA analizi Heath ve Packer (1968)'a göre yapılmıştır. 0.5 gr taze yaprak dokusu ilk önce porselen havanda sıvı azot ile öğütülerek 5 ml %1'lik trikloroasetik asit (TCA) homojenize edildi. Homojenat 10.000 devir/dk'da 10 dk santrifüj edildi. Sonraki aşamada solüsyonun 2 ml'si 2 ml %5'lik tiobarbiturik asit (TBA) ile 30 dk 95 °C'de su banyosunda bekletildi (%20'lik TCA içinde hazırlandı). Süre bitiminde sıcak su banyosundan alınan numuneler buz banyosunda bekletildi. Daha sonra örnekler 10.000 devir/dk'da 15 dk santrifüj edildi. Süpernatanın absorbansı 532 nm ve 600 nm'de ölçülerek 600 nm'de yapılan ölçümler 532 nm'de yapılan ölçümlerden çıkarılarak doğrulandı. MDA miktarı 155 mM⁻¹ cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısıyla hesaplandı.

3.4. Peroksidaz (POD) Aktivitesi Tayini

POD aktivitesi tayininde Peters vd. (1988) ile Adam vd (1992)'nin kullandıkları yöntemler modifiye edilerek uygulandı. 0.5 gr taze yaprak dokusu; 0.5 gr Polivinilpirolidon (PVP), 3 ml 66 mM potasyum tamponu ve 3 ml 100 mM KCl içinde homojenize edildi. Homojenat 10.000 devir/dk'da 10 dk +4 °C'de santrifüj edildi. 3 ml 0.1 M'lık potasyum fosfat tamponu (pH 6.0), 0.04 ml 0.03 M H₂O₂ ve 0.05 ml 0.2 M guaikol vortekslenerek bir solüsyon hazırlandı. Hazırlanan solüsyonun 0.9 ml'sine 0.1 ml ekstrakt ilave edilerek 436 nm'de 2 dakikada enzim aktivitesindeki değişim spektrofotometrede (Biochrome Libra S22) ölçüldü.

3.5. Askorbat Peroksidaz (APX) Tayini

APX tayini Nakano ve Asada (1981) ve Çakmak (1994)'a göre yapıldı. 0,5 gr taze yaprak dokusu ilk önce sıvı azot ile porselen havanda (buz içerisinde) öğütülerek 10 ml 50 mM potasyum fosfat tamponunda (pH 7,6) homojenize edildi.

Homejenat 15000 devir/dk'da 20 dk +4 °C'de santrifüj edildi. Daha sonra reaksiyon karışımı 0.55 ml fosfat tamponu (pH 7,6), 0.1 ml 10 mM EDTA ve 12 mM H₂O₂ karışımı (%50 oranında), 0.25 ml ekstrakt alındı ve 0.1 ml 0.25 mM AA ilave edilerek enzim aktivitesi 290 nm dalga boyunda ayarlanmış spektrofotometrede (Biochrome Libra S22) 1 dakika içerisinde elde edilen absorbans değişim olarak belirlendi.

APX aktivitesi 2.9 mM⁻¹ cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısıyla hesaplandı.

3.6. Total Protein Tayini

Total protein tayini Bradford (1976) yöntemine göre yapılmıştır.

3.7. Total Fenolik Tayini

Total fenolik tayini Slinkard ve Singleton (1977) ile Chandler ve Dodds (1983) göre yapıldı. 0.05 gr yaprak üzerine 2.5 ml etanol eklenerek homojenize edildi. Daha sonra -80 °C ' de 24 saat bekletildi. Numuneler ertesi gün çalkalamalı etüvde 1 gün boyunca bekletildi. Bekletilen numuneler çalkalamalı etüvden sonra filtrasyon yapıldı ve numuneler 4000 devir/dk'da 8 dk santrifüj yapıldı. Sonraki aşamada ise 1 ml süpernatant üzerine 1 ml etanol, 5 ml distile su ve 1 ml folin eklenerek 3 dk çalkalamalı etüvde bırakıldı. Karışımın üzerine 3 ml % 2' lik Na₂CO₃ (% 2' lik Na₂CO₃ 2 gr tartılıp 100 ml tamamlanır) eklenerek 2 saat karanlıkta bırakıldı. Daha sonra 760 nm' de okuma işlemi yapıldı.

Yöntem gallik asit solüsyonuyla yukardaki işlemler (süpernatant kısım ilave edilmeden) tekrar edilerek standart eğri hazırlanır.

3.8. Yaş-Kuru Ağırlık Tayini

Yaş ve kuru ağırlık tayini için taze yaprak dokusundan yaş ağırlık 0.5 gr tartıldıktan sonra etüve 24 saat 65 °C de bekletildi. Sonra ise kuru ağırlıkları alınıp hesaplandı (Kaçar 1972).

3.9. İstatistiki Analizler

Elde edilen sonuçlar istatistiksel değeriendirilmeler ise bilgisayarda SPSS 15.0 programından yararlanarak yapılmıştır. Bu programda varyans çözümlemesi yapılarak önem testi içinde Duncan testi (1955) uygulandı ($p<0.05$).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi

Çizelge 4.1. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı olarak pigment içeriğinde meydana gelen değişimler ($\mu\text{g/g}$).

	PİGMENT ($\mu\text{g/g}$)			
	KLA	KLB	TOPKLO	KAROTENOİD
2017 MAYIS NORMAL	15.72 ^b	4.58 ^c	20.30 ^b	4.41 ^d
2017 HAZİRAN NORMAL	15.72 ^b	3.89 ^d	19.61 ^c	4.58 ^d
2017 TEMMUZ NORMAL	15.84 ^b	3.83 ^d	19.67 ^c	5.14 ^c
2017 MAYIS ENFEKTE	14.49 ^c	3.61 ^e	18.10 ^d	4.01 ^e
2017 HAZİRAN ENFEKTE	19.21 ^a	4.89 ^b	24.10 ^a	5.60 ^a
2017 TEMMUZ ENFEKTE	19.27 ^a	5.31 ^a	24.58 ^a	5.35 ^b
2018 MAYIS NORMAL	19.31 ^a	3.28 ^e	22.59 ^c	5.65 ^c
2018 TEMMUZ NORMAL	18.76 ^b	4.26 ^d	23.02 ^b	7.08 ^a
2018 EYLÜL NORMAL	16.69 ^d	4.17 ^{de}	20.86 ^e	4.20 ^g
2018 EKİM NORMAL	18.09 ^c	4.40 ^{cd}	22.49 ^c	5.20 ^d
2018 MAYIS ENFEKTE	16.79 ^d	4.55 ^c	21.34 ^d	4.68 ^f
2018 TEMMUZ ENFEKTE	19.01 ^a	4.85 ^b	23.86 ^a	5.97 ^c
2018 EYLÜL ENFEKTE	18.51 ^{bc}	5.49 ^a	24.00 ^a	6.85 ^b
2018 EKİM ENFEKTE	15.92 ^e	4.39 ^{cd}	20.31 ^f	4.84 ^e

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de Kla içeriği açısından bulgularımızı değerlendirdiğimizde *P. malvacearum* ile enfekte olan grupta 2017 yılında Haziran ve Temmuz ayında alınan örneklerde 19.21 ve 19.27 $\mu\text{g/g}$ ile en yüksek arasında olduğu saptandı. En düşük Kla değeri de yine Mayıs ayında enfekte olan grupta 14.49 $\mu\text{g/g}$ olarak belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$). Mayıs, Haziran, Temmuz aylarında enfekte olmayan gruplarda belirlenen Kla miktarları açısından anlamlı bir farklılık bulunmadı ($P<0.05$) (Çizelge 4.1).

2018 yılında alınan örneklerde Kla miktarı enfekte olan gruplar enfekte olmayan gruplar ile kıyaslandığında Mayıs ve Ekim ayında alınan enfekte gruplarda (16.79 ve 15.92 $\mu\text{g/g}$) enfekte olmayan gruplara göre (19.31 ve 18.09 $\mu\text{g/g}$) düşüş olduğu belirlendi. Temmuz ve Eylül ayında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda (19.01

ve 18.51 µg/g) enfekte olmayan örneklere göre (18.76 ve 16.69 µg/g) artış olduğu saptandı. İstatiksel olarak bu değişimler anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.1).

Klb içeriği açısından bulgularımızı değerlendirdiğimizde 2017 Mayıs ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 4.58 µg/g ile Temmuz ayında ise enfekte olan grupta 5.31 µg/g iken yüksek Klb değerleri belirlendi. Enfekte olan ve olmayan grupları kendi içerisinde karşılaştırdığımızda Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan grupta (4.89 ve 5.31 µg/g) enfekte olmayan gruba göre (3.89 ve 3.83 µg/g) daha yüksek Klb içeriği saptandı. Mayıs ayında ise enfekte olmayan grupta (4.58 µg/g) enfekte olan gruba (3.61 µg/g) göre daha yüksek oranda Klb miktarı saptandı. Bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0.05$).

Enfekte olan ve olmayan gruplarda 2018 yılında alınan örnekleri değerlendirdiğimizde Klb'nin enfekte olan gruplarda Mayıs, Temmuz ve Eylül ayına ait alınan örneklerde (sırasıyla 4.55, 4.85 ve 5.49 µg/g) daha yüksek olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0.05$). Ekim ayında alınan örneklerde enfekte olan (4.39 µg/g) ve enfekte olmayan (4.40 µg/g) grup arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmadı ($P<0.05$).

Toplam klorofil içeriği 2017 Haziran ve Temmuz aylarında alınan örneklerde enfekte olan grupta (24.10 ve 24.58 µg/g) enfekte olmayan gruba göre (19.61 ve 19.67 µg/g) daha yüksek bulundu. Mayıs ayında alınan grupta ise toplam klorofil içeriği enfekte olmayan (20.30 µg/g) ile enfekte olan gruba göre (18.10 µg/g) daha yüksek oranda belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$).

Toplam klorofil içeriği 2018 yılında alınan gruplar içerisinde değerlendirildiğinde en yüksek toplam klorofil içeriğinin Temmuz ve Eylül aylarında alınan enfekte örneklerde (23.86 ve 24.00 µg/g) olarak saptandı. Buna paralel enfekte olmayan gruplarda Temmuz ve Eylül aylarında toplam klorofil içeriğinin (23.02 ve 20.86 µg/g) daha düşük olduğu belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0.05$). Mayıs ve Ekim aylarında ise enfekte olmayan grupta (22.59 ve 22.49 µg/g) enfekte olan gruplara göre (21.34 ve 20.31 µg/g) yüksek olduğu saptandı. Bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.1).

Karatenoid içeriği 2017 Mayıs ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 4.41 µg/g iken enfekte olan grupta 4.01 µg/g olarak düşüş gösterdi. Haziran ve Temmuz aylarında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda (5.60 ve 5.35 µg/g) olarak enfekte olmayan gruplara göre (4.58 ve 5.14 µg/g) artış gösterdi. Bu

değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$). *M. sylvestris*'in 2018 yılında Mayıs ve Temmuz aylarında alınan enfekte olmayan gruplarda toplam karotenoid içeriği (5.65 ve 7.08 µg/g) enfekte olan gruplara göre (4.68 ve 5.97 µg/g) daha yüksek olduğu saptandı. Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda (6.85 ve 4.84 µg/g) enfekte olmayan gruplara göre (4.20 ve 5.20 µg/g) artış saptandığı gözlemlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak da önemli bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.1).

4.2. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de MDA İçeriği

Çizelge 4.2. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı olarak MDA içeriğinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).

	MDA İçeriği (µmol MDA/g yaş ağırlık)
2017 MAYIS NORMAL	2.1463 ^e
2017 HAZİRAN NORMAL	2.3163 ^d
2017 TEMMUZ NORMAL	1.5270 ^f
2017 MAYIS ENFEKTE	4.7183 ^a
2017 HAZİRAN ENFEKTE	3.6643 ^b
2017 TEMMUZ ENFEKTE	2.5463 ^c
2018 MAYIS NORMAL	1.5677 ^c
2018 TEMMUZ NORMAL	1.5290 ^d
2018 EYLÜL NORMAL	0.6129 ^f
2018 EKİM NORMAL	0.4473 ^g
2018 MAYIS ENFEKTE	2.5333 ^a
2018 TEMMUZ ENFEKTE	2.0258 ^b
2018 EYLÜL ENFEKTE	0.7699 ^e
2018 EKİM ENFEKTE	0.6358 ^f

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 yılında alınan örneklerde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan gruplarda MDA içeriğindeki değişimler sırasıyla 4.7183, 3.6643 ve 2.5463 µmol MDA/g yaş ağırlık olarak belirlenmiş olup, enfekte olmayan grupla kıyaslandığında aylar bazında belirgin artış olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı bulundu ($P<0.05$).

Benzer şekilde 2018 yılı da kendi içerisinde aylar bazında değerlendirildiğinde Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde sırasıyla 2.5333, 2.0528, 0.7699 ve 0.6358 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık değerleri ile enfekte olmayan gruba daha yüksek olarak belirlendi. Aylar bazında 2018 yılındaki MDA içeriğinde değişimler de istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0.05$). Enfekte olan gruplar içerisinde Mayıs ve Temmuz aylarındaki MDA içeriğindeki değişimler Eylül ve Ekim ayı ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu değişim de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$). Enfekte olmayan grupta da en düşük MDA içeriği Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde (0.6129, 0.4473 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık) gözlemlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak da anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.2).

4.3. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de POD Aktivitesi

Çizelge 4.3. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 ve 2018 yıllarında aylara bağlı POD aktivitesinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).

	POD Aktivitesi (U/mg protein)
2017 MAYIS NORMAL	9.68 ^d
2017 HAZİRAN NORMAL	14.10 ^a
2017 TEMMUZ NORMAL	6.77 ⁱ
2017 MAYIS ENFEKTE	11.67 ^b
2017 HAZİRAN ENFEKTE	10.86 ^c
2017 TEMMUZ ENFEKTE	8.60 ^e
2018 MAYIS NORMAL	14.61 ^a
2018 TEMMUZ NORMAL	10.58 ^c
2018 EYLÜL NORMAL	3.58 ^e
2018 EKİM NORMAL	4.63 ^d
2018 MAYIS ENFEKTE	11.12 ^b
2018 TEMMUZ ENFEKTE	10.11 ^c
2018 EYLÜL ENFEKTE	2.94 ⁱ
2018 EKİM ENFEKTE	3.48 ^e

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 yılında alınan örneklerde en yüksek POD aktivitesi Haziran ayında enfekte olmayan grup içerisinde 14.10 U/mg protein olarak saptandı. En düşük POD aktivitesi yine enfekte

olmayan grupta Temmuz ayında alınan örneklerde 6.77 U/mg protein olarak belirlendi. Enfekte Mayıs ve Temmuz gruplarında ise POD aktivitesi (11.67 ve 8.60 U/mg protein) enfekte olmayan gruplara göre (9.68 ve 6.77 U/mg protein) daha yüksek olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.3).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2018 yılında alınan örneklerde en yüksek POD aktivitesi 14.61 U/mg protein miktarı ile enfekte olmayan Mayıs ayı örneklerinde saptandı. Enfekte olan ve enfekte olmayan gruplar kendi içerisinde genel olarak değerlendirildiğinde Mayıs ve Ekim ayları arasında POD aktivitesinde düşüşler dikkat çekmektedir. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.3).

4.4. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de APX Aktivitesi

Çizelge 4.4. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de aylara bağlı APX aktivitesinde meydana gelen değişimler (U/mg protein).

	APX Aktivitesi (U/mg protein)
2017 MAYIS NORMAL	1.82 ^b
2017 HAZİRAN NORMAL	1.11 ^d
2017 TEMMUZ NORMAL	0.64 ^e
2017 MAYIS ENFEKTE	2.01 ^a
2017 HAZİRAN ENFEKTE	1.28 ^c
2017 TEMMUZ ENFEKTE	0.65 ^e
2018 MAYIS NORMAL	1.78 ^b
2018 TEMMUZ NORMAL	2.30 ^a
2018 EYLÜL NORMAL	0.67 ^e
2018 EKİM NORMAL	0.48 ^f
2018 MAYIS ENFEKTE	2.38 ^a
2018 TEMMUZ ENFEKTE	1.59 ^c
2018 EYLÜL ENFEKTE	1.00 ^d
2018 EKİM ENFEKTE	0.49 ^f

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de APX aktivitesinde meydana gelen değişimler, enfekte olmayan grup ile karşılaştırıldığında 2017 yılı içinde özellikle Mayıs ayında alınan enfekte örneklerin bulunduğu grupta 2.01 U/mg protein olarak en yüksek oranda saptandı. Enfekte olmayan grup

içerisinde de en yüksek APX aktivitesi Mayıs ayında alınan örnekte 1.82 U/mg protein olarak belirlendi. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.4), 2017 Haziran ve Temmuz aylarında APX aktivitesinde enfekte olmayan gruplarda enfekte olan gruplara oranla kısmen daha düşük APX aktivitesi dikkat çekmektedir. Bu değişimler de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.4).

2018 yılında alınan *M. sylvestris* örneklerinde Mayıs ayında alınan enfekte olmayan grupta APX aktivitesi 1.78 U/mg protein olarak belirlenirken enfekte olan grupta 2.38 U/mg protein olarak artış olduğu saptandı. Temmuz ayında ise kontrol grubunda APX aktivitesi 2.30 U/mg protein olarak enfekte olan gruba göre 1.59 U/mg daha yüksek saptandı. Eylül ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 0.67 U/mg protein olarak gözlenirken enfekte olan grupta APX aktivitesi 1.00 U/mg protein olarak artış gösterdi. Enfekte olan ve enfekte olmayan gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.4). Ekim ayında iki grup arasında APX aktivitesi enfekte olmayan grupta 0.48 U/mg protein ve enfekte olmayan grupta 0.49 U/mg protein olarak saptanırken bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmadı ($P<0.05$) (Çizelge 4.4).

4.5. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çizelge 4.5. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de aylara bağlı toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimler ($\mu\text{g/g}$).

	Toplam Fenolik madde içeriği ($\mu\text{g/g}$)
2017 MAYIS NORMAL	2.146 ^e
2017 HAZİRAN NORMAL	2.316 ^d
2017 TEMMUZ NORMAL	1.527 ^f
2017 MAYIS ENFEKTE	4.718 ^a
2017 HAZİRAN ENFEKTE	3.664 ^b
2017 TEMMUZ ENFEKTE	2.546 ^c
2018 MAYIS NORMAL	1.568 ^c
2018 TEMMUZ NORMAL	1.529 ^c
2018 EYLÜL NORMAL	0.613 ^e
2018 EKİM NORMAL	0.447 ^f
2018 MAYIS ENFEKTE	2.533 ^a
2018 TEMMUZ ENFEKTE	2.026 ^b
2018 EYLÜL ENFEKTE	0.769 ^d
2018 EKİM ENFEKTE	0.637 ^e

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris* yapraklarında toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde 2017 yılında Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan gruplarda sırasıyla 4.718 $\mu\text{g/g}$, 3.664 $\mu\text{g/g}$ ve 2.546 $\mu\text{g/g}$ olarak toplam fenolik içeriği enfekte olmayan grup ile kıyaslandığında 2.146 $\mu\text{g/g}$, 2.316 $\mu\text{g/g}$ ve 1.527 $\mu\text{g/g}$ daha yüksek bulundu. İstatistiksel olarak bulgularımızı değerlendirdiğimizde iki grup arasındaki farklılıklar anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.5).

Benzer şekilde 2018 yılında alınan örnekler de enfekte olmayan grup ile aylar bazında kıyaslandığında enfekte olan gruplarda Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında incelenen gruplarda sırasıyla 2.533 $\mu\text{g/g}$, 2.026 $\mu\text{g/g}$, 0.769 $\mu\text{g/g}$ ve 0.637 $\mu\text{g/g}$ olarak saptanan miktarlar enfekte olmayan gruplara göre (sırasıyla 1.568 $\mu\text{g/g}$, 1.529 $\mu\text{g/g}$, 0.613 $\mu\text{g/g}$ ve 0.447 $\mu\text{g/g}$) daha yüksek bulundu. Bu gruplar arasındaki farklılıklarda istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.5).

4.6. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de Kuru Madde İçeriği

Çizelge 4.6. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve olmayan *M. sylvestris*'de aylara bağlı olarak kuru madde içeriğindeki değişimler

	KURU AĞIRLIK (gram)
2017 MAYIS NORMAL	0.106 ^d
2017 HAZİRAN NORMAL	0.140 ^{cd}
2017 TEMMUZ NORMAL	0.183 ^b
2017 MAYIS ENFEKTE	0.163 ^{bc}
2017 HAZİRAN ENFEKTE	0.153 ^{bc}
2017 TEMMUZ ENFEKTE	0.206 ^a
2018 MAYIS NORMAL	0.126 ^{bc}
2018 TEMMUZ NORMAL	0.110 ^c
2018 EYLÜL NORMAL	0.126 ^{bc}
2018 EKİM NORMAL	0.123 ^{bc}
2018 MAYIS ENFEKTE	0.140 ^a
2018 TEMMUZ ENFEKTE	0.113 ^c
2018 EYLÜL ENFEKTE	0.120 ^c
2018 EKİM ENFEKTE	0.113 ^c

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder [Duncan Karşılaştırma Testi (Duncan 1955)].

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris* yapraklarında kuru ağırlık değişimleri değerlendirildiğinde 2017 yılında enfekte olmayan grupta Mayıs ayında 0.106 gr iken enfekte olan grupta 0.163 gr olarak artış gösterdiği belirlendi. Benzer şekilde Haziran ayında 0.140 gr olan yaprak kuru ağırlığı enfekte olan grupta 0.153 gr olarak, Temmuz ayında alınan örneklerde de enfekte olmayan grupta 0.183 gr iken enfekte olan grupta 0.206 gr ile artış gösterdiği saptandı. Aylar bazında bu değişimler anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.6). Mayıs ve Haziran aylarında enfekte olan gruplardaki kuru ağırlık değişimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($P<0.05$) (Çizelge 4.6).

Kuru ağırlık miktarındaki değişimler 2018 yılı içerisinde değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde miktarını 0.140 gr ile Mayıs ayında enfekte olan grupta olduğu belirlendi. Enfekte olmayan grup ile kıyaslandığında Mayıs ayındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulundu. Kuru madde miktarındaki 2018'de meydana gelen değişimler 2017 yılındaki kadar belirgin gözlenmedi. 2018 yılındaki değişimler

Temmuz, Eylöl, Ekim aylarında enfekte olan ve olmayan gruplarda birbirine yakın değerde saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($P<0.05$) (Çizelge 4.6).



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Stres organizmaların biyotik ve abiyotik faktörler maruz kaldığında gerek büyümesi gerekse gelişme şartlarındaki değişimler olarak tanımlanmıştır. Bu değişimler sonucunda organizmalarda farklı reaksiyonlar geliştirmişlerdir (Hakima vd. 2019). Dünyadaki tarım uygulamalarında, çeşitli stres faktörlerinin bitkilerde verimi sınırladıklarına dair bulgular tespit edilmiştir (Wiesel vd. 2014; Vázquez-Hernández vd. 2019). Bitkiler doğal koşullarda çeşitli biyotik ve abiyotik stresler etmenlerine maruz kalmaktadırlar. Biyotik stres etmenleri olarak bakteriler, funguslar, virüsler ve böcekler bitkilerde önemli zararlara neden olabilmektedirler. Bitki tarafından stres algılanmasından sonra uyarıldığı ve hasarı önleyerek hayatta kalmasını sağlamak için birtakım fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar geliştirdiği farklı araştırmalar ile saptanmıştır (Hakima vd. 2018).

Biyotik strese neden olan yabancı türlerin istilası, biyolojik çeşitliliğin yok olmasına, karbon ve besin döngülerinde değişimler meydana gelmesinde ve ekosistemin bozulması dahil küresel değişimlerin meydana gelmesinde belirleyici güçtür. Yabani bitkiler, bakteriler, virüsler, böcekler ve mantarlar bu değişimlerin meydana gelmesinde belirleyici faktörler olarak gösterilmiştir (Desprez-Loustau vd. 2007; Vilà vd. 2011; Dickie vd. 2011; Corbin ve D'Antonio, 2012; Dickie vd. 2017).

Bitki patojenleri, dünya genelindeki mahsul üretiminin % 15'inin kaybına neden olurken mantarlar ise dünya nüfusunun yararlanacağı gıdaların % 60'ına yakınına yok etme potansiyeline sahip patojen çeşididir (Fisher vd. 2013; De Silva vd. 2019).

Basidiomycota filumu çok tanınmış bazı fungusları içerir. Bunlardan iki tanesi önemli bitki patojen grubu olan pas ve rastıklardır. Basidiomycota üyeleri, ılıman bölgelerin topraklarında canlı kütlelerin üçte ikisini oluşturan bitki döküntülerinin çürümesinde önemli rol oynar. Alt filum Pucciniamycotina'nın mayalar, saprotroflar, funguslar, bitkiler ve hayvanlar üzerindeki parazitleri içeren ve tanımlanmış 8000 türünün yaklaşık %90'nı pas funguslarından meydana gelmektedir. Paslar bütün dünyada her yıl bitki patojeni olarak milyarlarca dolarlık ürün tahribatına ve ürün kaybına yol açtıklarından büyük ekonomik öneme sahiptirler. En ciddi pas hastalıkları arasında tahıllarda karapas, beyaz çamda kabarcık pası, sedir-elma pası, yer fıstığı pası, buğdayda sarıpas ve soya fasulyesi

pası gibi patojene neden olan fungusların önemli yer kapsadığını belirtilmiştir (Türkan, 2016). Mantar patojenleri, kökler, sapsar, yapraklar, çiçekler ve meyveler dahil olmak üzere çoğu bitki organlarında enfeksiyona neden olan patojen olarak gösterilmiştir (De Silva vd. 2019).

Pas mantarları aynı zamanda en belirgin ve en karmaşık bitki patojenik mantar grubudur. *Pucciniaceae* familyasının içerisinde *Puccinia* L. pas mantarlarının en büyük cinsidir. Dünya genelinde kutuplar hariç dünyanın her yerinde yayılış göstermektedir ve 3000-4000 türü vardır. Tek bir konukçu üzerinde yaşayanlar olduğu gibi iki farklı konukçu üzerinde hayatlarına devam edenlerde vardır. Bazı türlerinde sadece Telia mevcuttur. Monokotil ve dikotil bitki familyalarının çoğunda parazit olarak yaşadıklarını ifade etmişlerdir (Cummins ve Hirastuka, 2003; Aime vd. 2018).

Puccinia L. cinsindeki türlerden birisi *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. *Malvaceae* familyasındaki, *Abutilon* Mill., *Alcea* L., *Althaea* L., *Anoda* Cav., *Hibiscus* L., *Kitaibela* Batsch., *Lavatera* L., *Malope* L., *Malva* L., *Malvastrum* A.Gray., *Palaua* Ruiz&Pav., *Pavonia* Cav., *Plagianthus* J.R.Forst&G.Forst., *Sida* L., *Sidalcea* A.Gray ex Benth., *Sphaeralcea* A.St-Hill. cinsleri üzerinde dünya genelinde kozmopolit ya da yaygın olarak bulunan en önemli pas mantarıdır ve bu familya üzerindeki en önemli patojenlerden birisi olarak *Puccinia malvacearum* (Bertero ex Mont) bilinmektedir (Farr ve Rosman, 2017).

Konukçu bitkide enfeksiyona neden olan bazı mantar türlerine buğday pasına neden olan *Puccinia graminis*, mısır lekесinin oluşmasında *Ustilago maydis* ve soya pasının meydana gelmesinde *Phakospora pachyrizi* örnek olarak verilebilir (Fisher vd. 2013; De Silva vd. 2019).

Hem soğuk hem de sıcak strese maruz bırakılan bitkilerde biyotik streslere karşı direncin düştüğü ve patojenlere karşı bitkilerin göstermiş olduğu direncin de düştüğü araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Bitkilerde soğuk strese maruz kaldıklarında viral patojenlere karşı gen aktivitesinin artmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Szittyta vd. 2003; Suzuki vd. 2014).

ROT aktivitesini durdurmak için bitkilerde antioksidan sistemleri devreye girer ve bitkinin ROT türlerini ortamdaki temizlenmesini sağlarlar. Bitkiler strese

maruz kaldıkları süreç içerisinde bitki dokularında farklı reaksiyonların meydana geldiği önceki çalışmalarda saptanmıştır. *Catharanthus roseus* L. bitkisinde strese maruz kaldığı zaman toplam su potansiyeli, solma, stoma kapanması hücrenin gelişmesinde ve büyümesinde azalma meydana geldiği gibi yapraktaki klorofil içeriğinin azalmasına neden olduğu saptanmıştır (Shao vd. 2008; Izzo vd. 2019).

Hibiscus'da yapılan bir çalışmada fenolik bileşiklerin antioksidan özellik gösterdiği, ROT ve serbest radikalleri nötralize ettiği aynı zamanda hücrelerin lipid peroksidasyonundan kaynaklanan hasarlara karşı cevap geliştirdiği tespit edilmiştir (Cassol vd. 2019).

Bitki hücreleri herhangi bir patojen ile stres etmenine maruz kaldığında strese cevap olarak hücre çeperinde yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit, süperoksit radikalleri ve diğer aktif oksijen türlerini üretirler. Bu oksidatif patlama patojenlere karşı gösterilen savunma tepkisi olarak görülmektedir. Aktif oksijen türleri doğrudan patojenik organizmalara saldırabilir ve hücre çeperinin fenolik bileşenlerinin hızlı bir şekilde çapraz bağlanmalarına yol açarak patojenik organizmanın daha sonraki bu kısımları istilasını dolaylı olarak engelleyebilir (Türkan, 2008; Segal ve Wilson, 2018).

Karotenoid üzerinde yapılan çalışmalarda biyotik ve abiyotik kaynaklı strese karşı korunmada hayati bir rol oynadığı ve 1O_2 'ne karşı savunmanın ilk hattını oluşturduğunu saptamışlardır (Izzo vd. 2019).

SOD ve POD enzimleri çeşitli kimyasallarla güçlendirildiği zaman lipid peroksidasyonunun zararlı etkilerini azalttığı birçok çalışmada tespit edilmiştir (Venkatachalam vd. 2017; Pullagurala vd. 2018). Antioksidanlar organizmalarda ROT ve RNT'nin meydana getirdiği oksidatif stresleri ortadan kaldıran sistem olarak tanımlanmıştır (He vd. 2017). ROT'un etkilerini ortadan kaldırmak için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan bileşenleri cevap oluştururlar. Bunlardan biri de APX'tir. APX enziminin H_2O_2 'i temizlemede görev aldığı farklı çalışmalarda da saptanmıştır (Chin vd. 2019).

Oksidatif stresin meydana gelmesinde ROT aktivitesinin arttığı bilinmektedir. ROT'un artması bitkilerde DNA, protein ve lipidler gibi biyomoleküllere zarar verdiği saptanmıştır. Çilek ve üzüm yaprakları üzerinde yapılan çalışmalarda

antioksidan aktivitesinin optimum şartlarda maksimum seviyede antioksidan üretimi olduğu saptanmıştır. Fakat stres faktörlerinin artması sonucu antioksidan aktivitesinde bazı antioksidan moleküllerinin üretiminde azalmalar meydana geldiği saptanmıştır (Nuutila vd. 2002; Ghasemzadeh ve Jaafar, 2014; Brainina vd. 2019).

Bitkilerde yaprakların % 40-90 arasında su içerdiği yapılan çalışmalarda saptanmıştır. Bitkilerde stres faktörlerinin artması ve iklimsel değişimler sonucu bu oranda değişimler meydana geldiği ve bu yüzden kuru ağırlık miktarlarında farklılıklar tespit edilmiştir (Warner vd. 2017).

Farklı ışık spektrumları altında yetiştirilen bitkilerin, antosiyaninler dahil olmak üzere çeşitli yararlı antioksidan bileşiklerin sentezinde rol aldığı bilinmektedir. Bu nedenle bitkisel üretimde ışık kaynaklarının spektral dağılımı, fotomorfogenik cevapları bulmakta belirleyici rol oynarlar. Bitkilerde ışık dalga boyuna göre fizyolojik cevapları düzenlemesi bakımından da önemli rol oynar. Bitkilerde pigment sisteminin güneşi absorbe etmesi arttıkça bitkinin de doğru orantılı bir şekilde büyüdüğü gözlenmiştir (Bian vd. 2015; Kopsell vd. 2015; Kadioğlu, 2016; Çakırer vd. 2017; Amoozgar vd. 2017; Izzo vd. 2019).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de Kla içeriği açısından bulgularımızı değerlendirdiğimizde *P. malvacearum* ile enfekte olan grupta 2017 yılında Haziran ve Temmuz ayında alınan örneklerde 19.21 ve 19.27 µg/g ile en yüksek olduğu saptandı. Benzer şekilde 2018 yılında alınan örneklerde de Temmuz ve Eylül ayında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda (19.01 ve 18.51 µg/g) enfekte olmayan örneklere göre (18.76 ve 16.69 µg/g) artış olduğu saptandı. 2017 yılında alınan örneklerde en düşük Kla değeri de yine Mayıs ayında enfekte olan grupta 14.49 µg/g olarak belirlendi. 2018 yılında Mayıs ve Ekim ayında alınan enfekte gruplarda (16.79 ve 15.92 µg/g) enfekte olmayan gruplara göre (19.31 ve 18.09 µg/g) düşüş olduğu belirlendi (Çizelge 4.1).

Klb içeriği açısından bulgularımızı değerlendirdiğimizde 2017 Mayıs ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 4.58 µg/g ile Temmuz ayında ise enfekte olan grupta 5.31 µg/g ile en yüksek Klb değerleri belirlendi. Enfekte olan ve olmayan grupları kendi içerisinde karşılaştırdığımızda Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan grupta (4.89 ve 5.31 µg/g) enfekte olmayan gruba göre (3.89 ve 3.83 µg/g) daha yüksek Klb içeriği saptandı. Mayıs ayında ise enfekte olmayan grupta

(4.58 µg/g) enfekte olan grupta (3.61 µg/g) göre daha yüksek oranda Klb miktarı saptandı. Enfekte olan ve olmayan gruplarda 2018 yılında alınan örnekleri değerlendirdiğimizde Klb'nin enfekte olan gruplarda Mayıs, Temmuz ve Eylül ayına ait alınan örneklerde (sırasıyla 4.55, 4.85 ve 5.49 µg/g) daha yüksek olduğu saptandı. (Çizelge 4.1).

Toplam klorofil içeriği 2017 Haziran ve Temmuz aylarında alınan örneklerde enfekte olan grupta (24.10 ve 24.58 µg/g) enfekte olmayan gruba göre (19.61 ve 19.67 µg/g) daha yüksek bulundu. Mayıs ayında alınan grupta ise toplam klorofil içeriği enfekte olmayan (20.30 µg/g) ile enfekte olan gruba göre (18.10 µg/g) daha yüksek oranda belirlendi. Toplam klorofil içeriği 2018 yılında alınan gruplar içerisinde değerlendirildiğinde en yüksek toplam klorofil içeriğinin Temmuz ve Eylül aylarında alınan enfekte örneklerde 23.86 ve 24.00 µg/g olarak saptandı. Buna paralel enfekte olmayan gruplarda Temmuz ve Eylül aylarında toplam klorofil içeriğinin (23.02 ve 20.86 µg/g) daha düşük olduğu belirlendi. Mayıs ve Ekim aylarında ise enfekte olmayan grupta (22.59 ve 22.49 µg/g) enfekte olan gruplara göre (21.34 ve 20.31 µg/g) yüksek olduğu saptandı (Çizelge 4.1).

Karotenoid içeriği 2017 Mayıs ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 4.41 µg/g iken enfekte olan grupta 4.01 µg/g olarak düşüş gösterdi. Haziran ve Temmuz aylarında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda 5.60 ve 5.35 µg/g olarak enfekte olmayan gruplara göre (4.58 ve 5.14 µg/g) artış gösterdi. *M. sylvestris*'in 2018 yılında alınan gruplardan enfekte olmayan gruplarda toplam karotenoid içeriği (5.65 ve 7.08 µg/g) enfekte olan gruplara göre (4.68 ve 5.97 µg/g) daha yüksek olduğu saptandı. Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde ise enfekte olan gruplarda (6.85 ve 4.84 µg/g) enfekte olmayan gruplara göre (4.20 ve 5.20 µg/g) artış gözlemlendi (Çizelge 4.1).

Farklı stres etmenlerine karşı bitkilerde pigment sisteminde meydana gelen değişimler üzerine yapılan araştırmalarda; tilakoidlerdeki elektron taşıma sisteminin aktivitesinin yüksek tuz stresine maruz kalan bitkilerde azaldığı belirtilmiştir (Parida vd. 2003). Düşük tuz stresi bitkilerde klorofil içeriğini arttırırken yüksek tuz stresi klorofillerin moleküler yapısını bozmaktadır (Ashraf, 2004). Tuz stresi altında kalan *Zea mays* yapraklarında toplam karotenoid ve klorofil içeriği (Yakit ve Tuna, 2006), bazı *Cucurbitaceae*'ye ait türlerde (Kuşvuran vd. 2008) ve bazı *Gossypium* türlerinde

(Gupta, 2007) klorofil miktarının azaldığı araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Benzer şekilde araştırmacılar *Triticum* yapraklarında (Öncel ve Keleş, 2002) ve 18 *Oryza* genotipinde (Ali vd. 2004) K_{la}, K_{lb} ve toplam klorofil miktarlarında azalma olduğunu saptamışlardır. Klorofil içeriğindeki azalma, klorofil sentezinin azalmasından ya da klorofil pigmentlerinin parçalanmasının artmasından kaynaklanabileceği, özellikle klorofil parçalanmasının klorofil enzim aktivitesindeki artış sonucunda ortaya çıktığı ileri sürülmüştür (Yıldız vd. 2010; Yılmaz vd. 2011). Stres durumunda klorofil içeriğinde görülen artışın, stres altındaki yapraklarda kloroplast içeriğinin artmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir (Misra vd. 1997, Doganlar vd. 2010). Yapılan bir araştırmada herbisit toksitesine maruz kalan bitkilerde pigment içeriğinde düşüş saptanmıştır (Akbulut, 2008).

Bulgularımızda da görüldüğü üzere 2017 ve 2018 Mayıs ayında alınan örneklerde enfekte olan grupta enfekte olmayan gruplara göre pigment içeriğinin (K_{la}, K_{lb} (hariç), Toplam klorofil ve Karotenoid) daha düşük olduğu gözlenmiştir. Pigment içeriğindeki bu azalma enfeksiyon etmenine maruz kalan bitkilerde, enfeksiyon etmeni ile ilk karşılaştıklarında strese cevap olarak pigment sentezinde önemli rolü olan enzimlerin yapısında bozulmalardan kaynaklandığını düşündürmektedir. Haziran ve Temmuz aylarındaki enfeksiyona maruz kalan gruplarda görülen pigment içeriğindeki artış da, uzun süre stres etmenine maruz kalan bitkilerde belli bir süre sonra direnç gelişmesine bağlı olarak adaptasyon gösterdiği sanılmaktadır. Yukarıda belirtilen farklı stres parametreleri ile yapılan araştırmacıların saptadıkları sonuçlar ile bulgularımız paralellik göstermektedir.

Çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksitleri, ayrışma sırasında MDA üretir ve çoğu durumda MDA, en bol bulunan aldehit lipid yıkım ürünüdür. Hücre membranı üzerine serbest oksijen radikallerinin etkisi, lipid peroksidasyonu ile olmaktadır. Hücre membranının tahribatına yol açan lipid peroksidasyonu, birkaç reaksiyon basamağı sonucunda MDA ürününü üretmektedir (Yılmaz vd. 2011). MDA'nın lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda strese maruz kalan bitkilerde MDA seviyelerinde önemli değişimler meydana geldiği saptanmıştır (Akbulut, 2008; Yılmaz vd. 2011; Kaya, 2012; Akbulut vd. 2018). Tuz stresi altındaki susam bitkilerinde MDA içeriğinin arttığı ve 100 mM NaCl konsantrasyonunda en yüksek değere çıktığı belirlenmiştir (Koca vd. 2007). Bayram (2011) tarafından, quizalofop-p-etil herbisitinin farklı konsantrasyonlarına maruz

kalan ayçiçeğinde herbisit uygulamasının MDA içeriğini artırdığını ve SA ile ön muamele gören bitkilerde MDA içeriğinin kontrol grubunda azalırken uygulama gruplarında arttığını saptamıştır.

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 yılında alınan örneklerde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan gruplarda MDA içeriğindeki değişimler sırasıyla 4.7183, 3.6643 ve 2.5463 μmol MDA/g yaş ağırlık olarak belirlenmiş olup, enfekte olmayan grupla kıyaslandığında aylar bazında belirgin artış olduğu dikkat çekmektedir. Benzer şekilde 2018 yılı da kendi içerisinde aylar bazında değerlendirildiğinde Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde sırasıyla 2.5333, 2.0528, 0,7699 ve 0,6358 μmol MDA/g yaş ağırlık değerleri ile enfekte olmayan gruba daha yüksek olduğu belirlendi. Enfekte olan gruplar içerisinde Mayıs ve Temmuz aylarındaki MDA içeriğindeki değişimler Eylül ve Ekim ayı ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu gözlemlendi. Enfekte olmayan grupta da en düşük MDA içeriği Eylül ve Ekim aylarında alınan örneklerde (0.6129, 0.4473 μmol MDA/g yaş ağırlık) gözlemlendi (Çizelge 4.2). Önemli stres indikatörü olan MDA içeriğinin kontrole kıyasla belirgin biçimde artması *P. malvacearum*'un *Malva*'da oksidatif strese sebep olduğunun bir göstergesidir (Çizelge 4.2).

Bitkiler strese maruz kaldıklarında strese cevap olarak çeşitli enzimler sentezleyerek kendini korumaya çalışmaktadır. Strese cevap olarak serbest elektron ve buna bağlı olarak da serbest radikal düzeylerinde önemli düzeyde artış olmaktadır. POD savunma mekanizmasının işleyişinde etkin olarak yer alan öncül enzim'dir. POD [EC 1.11.1.7] aynı zamanda patojenlerin oluşturduğu enfeksiyonlara karşı savunma reaksiyonlarında görev almaktadır. POD bitkilerin çoğunlukla kloroplastlarda sentezlenir (Maloepa ve Urbanek, 1994). POD bitkilerde sinnamil grubunun lignine polimerizasyonunu katalizlenmesini sağlar. Lignin hücre çeperinin ana bileşenidir ve bitki dokularına mekanik destek sağlar, bunun yanı sıra ksilemde de bulunur ve patojen saldırılara karşı bitkileri savunmakta rol almaktadır. POD ayrıca hücre çeperlerinin süberizasyonunu, fenolik polimerlerin birikimini sağlamaktadır (Lagrimni vd. 1993; Sherf vd. 1993; Karabay vd. 2003).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2017 yılında alınan örneklerde en yüksek POD aktivitesi Haziran ayında enfekte olmayan

grup içerisinde 14.10 U/mg protein olarak saptandı. En düşük POD aktivitesi yine enfekte olmayan grupta Temmuz ayında alınan örneklerde 6.77 U/mg protein olarak belirlendi. Enfekte Mayıs ve Temmuz gruplarında ise POD aktivitesi (11.67 ve 8.60 U/mg protein) enfekte olmayan gruplara göre (9.68 ve 6.77 U/mg protein) daha yüksek olduğu saptandı. *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de 2018 yılında alınan örneklerde en yüksek POD aktivitesi 14.61 U/mg protein miktarı ile enfekte olmayan Mayıs ayı örneklerinde saptandı. Enfekte olan ve enfekte olmayan gruplar kendi içerisinde genel olarak değerlendirildiğinde Mayıs ve Ekim ayları arasında POD aktivitesinde düşüş saptandı (Çizelge 4.3). Rivero vd. (2001) termal stres uyguladıkları domates bitkisinde hem soğuk hem de sıcak stresi uyguladıklarında fenolik bileşik içeriğinde bir artış ve POD aktivitesinde azalış saptamışlardır. Bu araştırmacıların bulguları ile pas mantarı ile enfekte olan grubumuzda fenolik madde miktarında artış (Çizelge 4.5) ve POD miktarındaki azalış (Çizelge 4.3) ile uyumlu olduğu görülmektedir.

APX enzimi yüksek yapılı bitkilerde keşfedilmiştir. Vakuol, hücre duvarı, sitozol de bulunan APX gibi birçok enzimden farklı olarak organellerde lokalize olmuştur. APX izoenzimleri dört farklı hücresel kompartımanda lokalize olmuştur (Koç ve Üstün, 2008). APX bitkilerde ROT'un artması sonucu hücrelerdeki zararı en aza indirmede rol alır ve hücrelerdeki en güçlü ve en fazla bulunan antioksidandır. Bitkilerde özellikle fotosentetik hücrelerde ve meristemlerde fazla miktarda bulunurken normal fizyolojik koşullar altında yaprak ve kloroplastlarda düşük seviyededir. Bitkinin biyotik ve abiyotik strese girmesi sonucunda tüm bitki hücrelerinde ise artışlar meydana gelerek bitki savunmasında önemli rol oynar. O_2^- ve OH^- hücrelerden temizlenmesinde direkt olarak görev alırlar (Das ve Roychoudhury, 2014).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris*'de APX aktivitesinde meydana gelen değişimler, enfekte olmayan grup ile karşılaştırıldığında 2017 yılı içinde özellikle Mayıs ayında alınan enfekte örneklerin bulunduğu grupta 2.01 U/mg protein olarak en yüksek oranda saptandı. Enfekte olmayan grup içerisinde de en yüksek APX aktivitesi Mayıs ayında alınan örnekte 1.82 U/mg protein olarak belirlendi. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.4), 2017 Haziran ve Temmuz aylarında APX aktivitesinde enfekte olmayan gruplarda enfekte olan gruplara oranla kısmen daha

düşük APX aktivitesi dikkat çekmektedir. Bu değişimler de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$) (Çizelge 4.4). *M. sylvestris* örneklerinde 2018 yılında Mayıs ayında alınan enfekte olmayan grupta APX aktivitesi 1.78 U/mg protein olarak belirlenirken enfekte olan grupta 2.38 U/mg protein olarak artış olduğu saptandı. Temmuz ayında ise kontrol grubunda APX aktivitesi 2.30 U/mg protein olarak enfekte olan gruba göre 1.59 U/mg daha yüksek saptandı. Eylül ayında alınan örneklerde enfekte olmayan grupta 0.67 U/mg protein olarak gözlenirken enfekte olan grupta APX aktivitesi 1.00 U/mg protein olarak artış gösterdi (Çizelge 4.4). Bulgularımız *P. malvacearum* ile enfekte olan grupta APX'in strese yanıtta önemli rol oynadığını göstermektedir.

Antioksidanlar, serbest radikallerin oluşmasına engel olarak veya var olan radikalleri süpürerek hücrenin hasar görmesini engelleyen ve yapısında genellikle fenolik fonksiyon taşıyan moleküllerdir (Kähkönen vd. 1999; Nagai vd. 2005). Hayvansal organizmalarda olduğu gibi bitkilerde hayatlarını devam ettirebilmek için serbest radikallere ve ROT'lara karşı çeşitli antioksidanlar ile cevap verirler (Çaylak, 2011).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris* yapraklarında toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde 2017 yılında Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında enfekte olan gruplarda sırasıyla 4.718 µg/g, 3.664 µg/g ve 2.546 µg/g olarak toplam fenolik içeriği enfekte olmayan grup ile kıyaslandığında 2.146 µg/g, 2.316 µg/g ve 1.527 µg/g daha yüksek bulundu (Çizelge 4.5). Benzer şekilde 2018 yılında alınan örnekler de enfekte olmayan grup ile aylar bazında kıyaslandığında enfekte olan gruplarda Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında incelenen gruplarda sırasıyla 2.533 µg/g, 2.026 µg/g, 0.769 µg/g ve 0.637 µg/g olarak saptanan miktarlar enfekte olmayan gruplara göre (sırasıyla 1.568 µg/g, 1.529 µg/g, 0.613 µg/g ve 0.447 µg/g) daha yüksek bulundu (Çizelge 4.5). Enfekte olan grupta toplam fenolik içeriğinde saptanan artışlar, Rivero vd. (2001) termal stres uyguladıkları domates bitkisinde hem soğuk hem de sıcak stresi uyguladıklarında fenolik bileşik içeriğinde bir artış ve POD aktivitesinde azalış saptamışlardır. Bulgularımız bu araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermektedir (Çizelge 4.3-Çizelge 4.5).

P. malvacearum ile enfekte olan ve enfekte olmayan *M. sylvestris* yapraklarında kuru ağırlık değişimleri değerlendirildiğinde 2017 yılında enfekte olmayan grupta Mayıs ayında 0.106 gr iken enfekte olan grupta 0.163 gr olarak artış gösterdiği belirlendi. Benzer şekilde Haziran ayında 0.140 gr olan yaprak kuru ağırlığı enfekte olan grupta 0.153 gr olarak, Temmuz ayında alınan örneklerde de enfekte olmayan grupta 0.183 gr iken enfekte olan grupta 0.206 gr ile artış gösterdiği saptandı (Çizelge 4.6). Kuru ağırlık miktarındaki değişimler 2018 yılı içerisinde değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde miktarını 0.140 gr ile Mayıs ayında enfekte olan grupta olduğu belirlendi. Enfekte olmayan grup ile kıyaslandığında kuru madde miktarındaki 2018'de meydana gelen değişimler 2017 yılındaki kadar belirgin gözlenmedi. 2018 yılındaki değişimler Temmuz, Eylül, Ekim aylarında enfekte olan ve olmayan gruplarda birbirine yakın değerde saptandı (Çizelge 4.6). Enfekte olan gruplarda kuru madde miktarında meydana gelen artışın nedeninin pigment içeriğindeki artışa paralel olarak fotosentez oranındaki artışla etkilendiği tahmin edilmektedir (Çizelge 4.1- Çizelge 4.6). Aynı zamanda fungusun stoma porlarını kapatarak transpirasyon hızını azaltması sonucu olabileceği de tahmin edilmektedir. Bunun yanısıra yapraktaki bulunan fungusun kütle artışı üzerinde de etkili olduğu sanılmaktadır. Ayrıca kuru madde miktarındaki düşüşlerin nedeninin ise fungusların bitkinin pigment sistemine ışığın geçişini engellemesine paralel fotosentezin baskılanması sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada *P. malvacearum* ile enfekte olan ve enfekte olmayan gruplarda biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerle ilgili bulgulara dayanarak *P. malvacearu*'un *M. sylvestris*'de önemli oksidatif zarara neden olduğu saptandı. Yapılan literatür taramalarında bu konuyla ilişkin araştırmaya rastlanılmamış olup, bundan sonraki araştırmalar için önemli bir ön çalışma olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abramovitch, R.B., Anderson, J.C., Martin, G.B. (2006a). Bacterial elicitation and evasion of plant innate immunity. *Mol Cell Bio.* **7**, 601-611.
- Adam, J.W.M., Nelson, C.J., Sharp, R.E. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue, *Plant Physiol.* **99**, 872–878.
- Agrios, G.N. (2005). *Histological Defence Structure. Plant Pathol.* California, USA, Academic Pres, 215 p.
- Agrios, G.N., (2005). *Plant Pathol.* Elsevier Academic Press, Newyork, USA, 922 p.
- Aime, M.C. (2006). Toward resolving family-level relationships in rust fungi (Uredinales). *Mycol. Sci.* **47**, 112–122.
- Aime, M.C., Bell, C.D Wilson, A.W. (2018). Deconstructing the evolutionary complexity between rust fungi (Pucciniales) and their plant hosts. *Studies in Mycol.* **89**, 143–152.
- Aioub, A.A., Gullner, G., Komives, T., Brunold, C. (1993). Peroxidation of lipids in corn plants exposed to heavy metal and herbicide stress. - In: Mozsik, G., Emerit, I., Feher, J., Matkovics, B., Vince, A. (ed.): Oxygen Free Radicals and Scavengers in the Natural Sci. Akademiai Kiad6, Budapest. 57-60 p.
- Akbulut, G.B. (2008). *Atrazin ve Asetoklor Herbisitlerinin Zea mays L. (Mısır) ve Pisum sativum L. (Bezelye) Bitkilerinde Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri.* Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Akbulut, G.B., Yigit, E., Kaya, A., Aktas, A. (2018). Effects of salicylic acid and organic selenium on wheat (*Triticum aestivum* L.) exposed to fenoxaprop-p-ethyl. *Ecotoxicol. and Environmental Safety.* **148**, 901-909.
- Akhter, M.S., Akanda, A.M., Kobayashi, K., Jain, R.K., Mandal, B. (2019). Plant virus diseases and their management in Bangladesh. *Crop Protection.* **118**, 57–65.
- Aksoy, H. M., Kara Ç. (2011). Bitki patojeni bakterilerde salgı sistemi. *Anadolu Tarım Bil. Derg.* **27**, 48-54.
- Aksoy, H.M., Öz, A. (2012). Bakteriyel mekanizmalara karşı bitkilerde dayanıklılık mekanizmaları. *Anadolu Tarım Bil. Derg.* **27**, 165-173
- Albert, M., Belastegui-Macadam, X., Bleischwitz, M., Kaldenhoff, R. (2008). *Cuscuta* spp: ‘Parasitic plants in the spotlight of plant physiology, economy and ecology’. *Prog. Bot.* **69**, 267-277.
- Ali U., Li H., Wang X., Guo L. (2018). Emerging Roles of Sphingolipid Signaling in Plant Response to Biotic and Abiotic Stresses. *Mol. Plant.* **11**, 1328–1343.

- Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M.Y., Tahir, G.R. (2004). “Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment”, *International J. of Environmental Sci. and Technol.* **1**, 221-225.
- Alscher, R.G., Erturk, N., Heath, L.S. (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *J. Exp. Botany.* **53**, 1331-1341.
- Altınışık, M. (2000). *Serbest Oksijen Radikalleri ve Oksidanlar*, ADÜ Tıp Fakültesi Biyokimya A.D, Aydın.
- Alvarez, M.E., Pennell, R.I., Meijer, P.J., Ishikawa, A., Dixon, R.A., Lamb, C.J. (1998). Reactive oxygen intermediates mediate a systemic signal network in the establishment of plant immunity. *Cell.* **92**, 773–784.
- Aly, R. (2007). Conventional and biotechnological approaches for control of parasitic weeds. Invited Review. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* **43**, 304–317.
- Amoozgar, A., Mohammadi, A., Sabzalian, M.R. (2017). Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. *Grizzly*. *Photosynthetica.* **55**, 85–95.
- Amtmann, A., Troufflard, S., Armengaud, P. (2008). The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physio. Plant.* **133**, 682–691.
- Anderson, J.P., Badruzsauhari, E., Schenk, P.M., Manners, J.M., Desmond, O.J., Ehlert, C., Maclean, D.J., Ebert, P.R., Kazan, K. (2004). Antagonistic interaction between abscisic acid and jasmonate-ethylene signaling pathways modulates defense gene expression and disease resistance in Arabidopsis. *Plant Cell.* **16**, 3460–3479.
- Anonymous (2019). http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_9cb69.pdf (online access on 24 May, 2019).
- Apel, K., Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu Rev Plant Biol.* **55**, 373–99.
- Arena, C., Tsonev, T., Doneva, D., De Micco, V., Michelozzi, M., Brunetti, C., Centritto, M., Fineschi, S., Velikova, V., Loreto, F. (2016). The effect of light quality on growth, photosynthesis, leaf anatomy and volatile isoprenoids of a monoterpene-emitting herbaceous species (*Solanum lycopersicum* L.) and an isoprene-emitting tree (*Platanus orientalis* L.). *Environmental and Experimental Bot.* **130**, 122–132.
- Asada, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant Biol.* **50**, 601–639.
- Ashraf, M. (2004). “Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants”. *Flora*, **199**, 361-376.

- Atkinson, N.J., Urwin, P.E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *J. of Experimental Botany*. **63**, 3523–3543.
- Bahçecioğlu, Z., Kabaktepe, Ş. (2012). Checklist of rust fungi in Turkey. *Mycotaxon*. 119-494.
- Baker, J.C., Orlandı, E.W. (1995). Active oxygen in plant pathogenesis. *Ann. Rev. Phytopathol.* **33**, 299–321.
- Balachandran, S., Hurry, V.M., Kelley, S.E., Osmond, S.E., Robinson, S.A., Rohozinski, J., Seaton, G.G.R. and Sims, D.A. (1997). Concepts of plant biotic stress. Some insights into the stress physiology of virus-infected plants, from the perspective of photosynthesis, *Physio. Plant.* **100**, 203-213.
- Başatlı, Y. (2009). *Kütahya ve çevresinin Orobanche türlerinin sistematığı, taksonomisi, korolojisi ve ekolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Bayram, D., (2011). “*Quizalofop-P-Ethyl uygulanan Helianthus annuus L. bitkisinde salisilik asidin bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi*”. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Beckman, K.B., Ames, B.N. (1998). The free radical theory of aging matures. *Physiol. Rev.* **78**, 547–581.
- Bian, Z.H., Yang, Q.C., Liu, W.K., (2015). Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *J. of the Sci.* **95**, 869–877.
- Binet, R., Letoffe, S., Ghigo, J. M., Delepelaire, P., Wandersman, C. (1997). Protein secretion by Gram-negative bacterial ABC exporters-a review. *Gene.* **192**, 7–11.
- Birgücü, A.K., Çelikpençe, Y., Karaca, İ. (2014). Böcek yumurtası ve konukçu bitki arasındaki karşılıklı ilişkiler. *Türk. entomol. Bült.* **4**, 107-119.
- Blocker, A., Komoriya, K., Aizawa, S. (2003). Type III secretion systems and bacterial flagella: insights into their function from structural similarities. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **100**, 3027–3030.
- Bouley, J., Condemine, G., Shevchik, V.E. (2001). The PDZ domain of OutC ve the N-terminal region of OutD determine the secretion specificity of the type II out pathway of *Erwinia chrysanthemi*. *J. Mol. Biol.* **308**, 205–219.
- Bowler, C., Fluhr, R. (2000). The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. *Trends in Plant Sci.* **5**, 241–246.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochem.* **72**, 248-254.

- Bradley, D.J., Kjellbon, P., Lamb, C.J. (1992). Elicitor- and wound-induced oxidative cross-linking of a proline-rich plant cell-wall protein: a novel, rapid defense response. *Cell*. **70**, 21–30.
- Brainina, K., Stozhko, N., Bukharinova, M., Khamzina, E., Vidrevich, E. (2019). Potentiometric method of plant microsuspensions antioxidant activity Determination. *Food Chem*. **278**, 653–658.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J., Weretilnyk, E. (2000). Responses to abiotic stresses. In: Gruissem, W., Buchannan, B., Jones, R., eds. *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, M.D.:American Society of Plant Physio. 1158–1203.
- Burns, D. L. (2003). Type IV transporters of pathogenic bacteria. *Curr. Opin. Microbiol*. **6**, 29–34.
- Buttner, D., Bonas, U. (2006). Who comes first? How plant pathogenic bacteria orchestrate type III secretion. *Curr. Opin. Microbiol*. **9**, 193–200.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hij. Der. Biyol Derg*. **69**, 97–110.
- Carter, A.H., Chen, X.M., Garland-Campbell, K., Kidwell, K.K. (2009). Identifying QTL for high-temperature adult-plant resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* F. sp. tritici) in the spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar ‘Louise’. *TAG. Theoretical and Applied Gen*. **119**, 1119–1128.
- Cassol, L., Rodrigues, E., Noreña C.P.Z. (2019). Extracting phenolic compounds from *Hibiscus sabdariffa* L. calyx using microwave assisted extraction. *Industrial Crops & Products***133**, 168–177.
- Chandler, S.F., Dodds, J.H. (1983). The effect of phosphate, nitrogen and sucrose on the production of phenolics and solasidine in callus cultures of *Solanum lacinitum*. *Plant Cell Rep*.**2**, 105–108.
- Chandniwala, K. M., 2005. Histological Defence Structure. *Recent Advance in Plant Pathol.*, New Delhi, India, 133 p.
- Charles, I. G., Li, J. L., Roberts, M., Beesley, K., Romanos, M., Pickard, D. J., Francis, M., Campbell, D., Dougan, G., Brennan, M. J., et al. (1991). Identification and characterization of a protective immunodominant B cell epitope of pertactin (p.69) from *Bordetella pertussis*. *Eur. J. Immunol*. **21**, 1147–1153.
- Cheng, L.W., Schneewind, O. (2000). Type III machines of Gram-negative bacteria: delivering the goods. *Trends Microbiol*. **8**, 214–220.
- Chin, D.C., Kumar, R.S., Suen, C.S., Chien, C.Y., Hwang, M.J., Hsu, C.H., Xuhan, X., Lai, Z.X., Yeh, K.W. (2019). Plant Cytosolic Ascorbate Peroxidase with Dual Catalytic Activity Modulates Abiotic Stress Tolerances. *iScience*. **16**, 31–49.

- Christie, P.J., Vogel, J.P. (2000). Bacterial type IV secretion: conjugation systems adapted to deliver effector molecules to host cells. *Trends Microbiol.* **8**, 354–360.
- Corbin, J.D., D'Antonio, C.M. (2012). Gone but not forgotten? Invasive plants' legacies on community and ecosystem properties. *Invasive Plant Sci. and Management.* **5**, 117–124.
- Cossart, P., Jonquieres, R. (2000). Sortase, a universal target for therapeutic agents against gram- positive bacteria? *Proc. Natl. Acad. Sci.* **97**, 5013–5015.
- Cui, H., Xiang, T., Zhou, J.M. (2009). Plant immunity: a lesson from pathogenic bacterial effector proteins. *Cellular Microbiol.* **11**, 1453–1461.
- Cummins, G.B., Hirastuka Y.(2003). *Illustrated genera of rust fungi*, APS Press, St. Paul, USA, 266 p.
- Cuttler, R.G., Pryor, W.A. (1984). In free radical in biology. *Free Radicals in Biol.* **6**, 371-423.
- Çakırer, D., Akan, S., Demir, K., Yanmaz, R. (2017). Bahçe bitkilerinde kullanılan ışık kaynakları. *Akademik Ziraat Derg.* **6**, 63-70.
- Çakmak, I. (1994). Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-deficient and potassium deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves, *J. Exp. Bot.* **45**, 1259–1266.
- Çandar, A., Erkan, S., (2011). Bitkilerde Viral Etmenlere Karşı Genetik Dayanıklılık Mekanizmaları. *Elektr. Mikrobiyo. Derg.* **9**, 13-27.
- Çaylak, E. (2011). Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. *Tip Araştırmaları Derg.* **9**, 73-83.
- Das, K., Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Sci.* **2**, 53.
- Davolia, P., Roland. W., S. Weber, S. (2002). Identification and quantification of carotenoid pigments in aeciospores of the daisy rust fungus, *Puccinia distincta*. *Phytochem.* **60**, 309–313.
- Dawson, J.H., Musselman, L.J., Wolswinkel J.P., Dörr, I. (1994). Biology and control of *Cuscuta*. *Weed Sci.* **6**, 265-317.
- De Moraes, C.M., Mescher, M.C., Tumlinson, J.H. (2001). Caterpillar induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. *Nature.* **410**, 577–580.
- De Silva, N.I., Brooks, S., Lumyong, S., Hyde, K.D. (2019). Use of endophytes as biocontrol agents. *British Mycological Society.* **33**, 133-148.

- De-Kok, L., Graham, M. (1980). Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulfhydryl compounds in foliar tissue of *Arabidopsis thaliana* during dark induced and natural senescence. *Plant Physiol. Biochem.* **27**, 133–142.
- Deslandes, L., Rivas, S. (2012). Catchme if you can: bacterial effectors and plant targets. *Trends in Plant Sci.* **17**, 644–655.
- Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Buee, M., Courtecuisse, R., Garbaye, J., Suffert, F., Sache, I., Rizzo, D.M. (2007). The fungal dimension of biological invasions. *Trends in Ecol. & Evolution.* **22**, 472–480.
- Dickie, I.A., Bufford, J.L., Cobb, R.C., Marie-Laure Desprez-Loustau, Grelet, G., Hulme, P.E., Klironomos, J., Makiola, A., Nunez, M.A., Pringle, A., Thrall, P.H., Tourtellot, S.G., Waller, L., Williams, N.M. (2017). The emerging science of linked plant–fungal invasions. *New Phytol.* **215**, 1314–1332.
- Dickie, I.A., Yeates, G.W., St John, M.G., Stevenson, B.A., Scott, J.T., Rillig, M.C., Peltzer, D.A., Orwin, K.H., Kirschbaum, M.U.F., Hunt, J.E., et al. (2011). Ecosystem service and biodiversity trade-offs in two woody successions. *Journal of Applied Ecol.* **48**, 926–934.
- Doganlar, Z. B., Demir, K., Basak, H., Gul, I. (2010). Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. *African J. of Agricultural Research.* **5**, 2056–2065.
- Duncan, D.B. (1955). *Multiple range and multiple F tests biometrics.* **11** 1–14.
- Duvoix, A., Delhalle, S., Blasius, R., Schnekenburger, M., Morceau, F., Fougere, M., Henry, E., Galteau, M.M., Dicato, M., Diederich, M. (2004). Effect of chemopreventive agents on glutathione S-transferase P1-1 gene expression mechanisms via activating protein 1 and nuclear factor kappaB inhibition. *Biochem. Pharmacol.* **68**, 1101–1111
- Er, H., Zeki, C. (2005). *Zirai Mücadele*. Yayçep. Ankara 221-230.
- Farr, D.F., Rossman, A.Y., Fungal Databases, U.S. (2017). From https://nt.ars-grin.gov/fungal_data_bases/ (National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved May, 25, 2017).
- Fernandez, J., Marroquin-Guzman, M., Nandakumar, R., Shijo, S., Cornwell, K.M., Li, G., Wilson, R.a. (2014). Plant defence suppression is mediated by a fungal sirtuin during rice infection by *Magnaporthe oryzae*. *Mol. Microbiol.* 1–19.
- Fernández-Aparico, M., Yoneyama, K., Rubiales, D. (2010). The role of strigolactones in host specificity of *Orobanche* and *Phelipanche* seed germination. *Seed Sci. Research.* **21**, 55- 61.

Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.L., Gurr, S.J., (2013). Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*. **484**,186–194.

Fones, H., Preston, G.M. (2011). Reactive oxygen and oxidative stress tolerance in plant pathogenic *Pseudomonas*. *FEMS Microbiol Lett.* **327**, 1–8.

Foyer, C.H., Noctor, G. (2005). Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell*. **17**, 1866–1875.

Frankel, G., Phillips, A.D., Trabulsi, L.R., Knutton, S., Dougan, G., Matthews, S. (2001). Intimin and the host cell—is it bound to end in Tir(s)? *Trends Microbiol.* **9**, 214–218.

Frohnmeier, H., Staiger, D. (2003). Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants. Balancing damage and protection. *Plant Physiol.* **133**, 1420–1428.

Furtana, G.B., Tipirdamaz, R. (2010). Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. *Turk J. Biol.* **34**, 287–296.

Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J.F., Dommes, J. (2002). Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation.* **37**, 263–285.

Ghanta, S., Chattopadhyay, S. (2011). Glutathione as a signaling molecule - another challenge to pathogens. *Plant Signaling & Behavior.* **6**, 783-788.

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z.E. (2014). Optimization of Reflux Conditions for Total Flavonoid and Total Phenolic Extraction and Enhanced Antioxidant activity in Pandan (*Pandanus amaryllisfolius* Roxb.) Using Response Surface Methodology. *Scientific World J.* **2014**, 523120.

Ghigo, J.M., Wveersman, C., (1992). Cloning, nucleotide sequence and characterization of the gene encoding the *Erwinia chrysanthemi* B374 PrtA metalloprotease: a third metalloprotease secreted via a C-terminal secretion signal. *Mol. Gen. Genet.* **236**, 135–144.

Gill, S.S., Khan, N.A., Anjum, N.A., Tuteja, N. (2011). “Amelioration of cadmium stress in crop plants by nutrients management: morphological, physiological and biochemical aspects,” in *Plant Nutrition and Abiotic Stress Tolerance III, Plant Stress 5 (Special Issue 1)*, eds N.A. Anjum and F. Lopez-Lauri, (Ikenobe: Global Science Books Ltd., UK), 1–23.

Gill, S.S., Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* **48**, 909-930.

Gordon, L.K. (1992). Functional characteristics of adaptive senescence of excised wheat roots. *Physiol. and Biochem. of Cultivated Plants*. **24**, 128–133.

Gratão, P.L., Polle, A, Lea, P.J. Azevedo, R.A. (2005). Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Funct Plant Bio*. **132**, 481-494.

Gressel, J., Hanafi, A., Head, G., Marasas, W., Obilana, B., Ochanda, J., Souissi, T., Tzotzos, G. (2004). Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnological solutions. *Crop Protect*. **23**, 661- 689.

Grodzki, W., McManus, M., Knizek, M., Meshkova, V., Mihalciuc, V., Novotny, J., Turcani, M., Slobodyan, Y. (2004). Occurrence of spruce bark beetles in forest stands at different levels of air pollution stress. *Environmental Pollution*. **130**, 73–83.

Gullan, P.J., Cranston, P.S. (2005). *The Insects: An Outline of Entomology*. 3rd ed., Blackwell Publishing Ltd., UK. 511 pp.

Gupta, S.D. (2007). “Plasma mebrane ultrastructure in wmbryogwnic cultures of orchardgrass during NaCl stres”. *Bio. Plantarum*. **51**, 759-763.

Gururani, M.A., Venkatesh, J., Upadhyaya, C., Nookaraju, A., Pandey, S.K., Park, S.W. (2012). Plant disease resistance genes: Current status and future directions. *Physiol. and Mol. Plant Pathol*. **78**, 51-65.

Hakima, Ullaha, A., Hussaina, A., Shabana, M., Khana, A.H., Alariqia, M., Gulb, S., Juna, Z., Lina, S., Lia, J., Jina, S., Munis, M.H.F. (2018). Osmotin: A plant defense tool against biotic and abiotic stresses. *Plant Physiol. and Biochem*. **123**, 149–159.

Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (1986). *Free Radicals in Biology and Medicine*.- Clarendon Press, Oxford, U.K.

Hammond-Kosack, K.E., Jones, J.D.G. (2000). Response to plant pathogens. In: Buchannan, B., Gruissem, W., Jones, R, eds. *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockále, M.D.: *American Society of Plant Physiol*. 1102–1157.

He, L., He, T., Farrar, S., Ji, L., Liu, T., Ma, X. (2017). Antioxidants maintain cellular redox homeostasis by elimination of reactive oxygen species. *Cellular Physiol. and Biochem*. **44**, 532–553.

Heath,R.L., Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. Kinetics and stoichhiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys*. **125**, 180–198.

Hegenauer, V., Körner, M., Albert, M. (2017). Plants under stress by parasitic plants. *Current Opinion in Plant Bio*. **38**, 34–41.

Heiser, I., Albrecht, A., Rohnert, U., Osswald, W., Nemeč, S., Baker, R.A., Elstner, E.F. (1997). Mechanisms of plant damage by *Fusarium* naphthazarin toxins (pp:1–5). Collected abstracts of the International Congress on the Stress of Life, held in Budapest, Hungary, July.

Helfer, S. (2014). Rust fungi and global change. *New Phytol.* **201**, 770–780.

Henderson, I.R., Navarro-Garcia, F., Desvaux, M., Fernandez, R.C., Aldeen, D.A. (2004). Type V Protein Secretion Pathway: the Autotransporter Story. *Microbio. Mol. Bio. R.* **68**, 692–744.

Henry, E., Yadeta, K.A., Coaker, G. (2013). Recognition of bacterial plant pathogens: local, systemic and transgenerational immunity. *New Phytol.* **199**, 908–915.

Hideg, E., Jansen, M.A.K., Strid, A., (2013). UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? *Trends Plant Sci.* **18**, 107–115.

Hilker, M., Meiners, T. (2011). Plant and insect eggs: How do they affect each other? *Phytochem.* **72**, 1612-1623.

Howard, E.A., Zupan, J.R., Citovsky, V., Zambryski, P.C. (1992). The VirD2 protein of *A. tumefaciens* contains a C-terminal bipartite nuclear localization signal: implications for nuclear uptake of DNA in plant cells. *Cell.* **68**, 109–118.

Ingwell, L.L., Eigenbrode, S.D., Bosque-Pérez, N.A. (2012). Plant viruses alter insect behavior to enhance their spread. *Scientific Reports.* **2**, 578.

Izzo, L.G., Arenab, C., De Miccoa, V., Capozzia, F., Aronnea, G. (2019). Light quality shapes morpho-functional traits and pigment content of green and red leaf cultivars of *Atriplex hortensis*. *Scientia Horticulturae.* **246**,942–950.

İlbağı, H., Çıtır, A. (2006). Bitkilerde virüs hastalıklarına karşı dayanıklılık mekanizmaları. *Bahçe.* **35**, 109–116.

İmriz, G., Özdemir, F., Taş M.N., Ercan, B., Topal, İ., Karaca, M.S.(2015). Bitkilerde fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı dayanıklılık genleri ve sinyal iletimi. *Elektr. Mikrobiyo. Derg.* **13**, 12-27.

Jones, J.T., Haegeman, A, Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K.,Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L.,vd. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol.Plant Pathol.***14**, 946–961.

Jubany-Mari,T., Munné-Bosch,S., López-Carbonell, M., Alegre, L. (2009). Hydrogen peroxide is involved in the acclimation of the Mediterranean shrub, *Cistus albidus* L.,to summer drought. *J. Exp.Bot.***60**, 107–120.

Kabaktepe, Ş. (2015). *Puccinia yahyaliensis* (Pucciniaceae), a new rust on *Hypericum scabrum* L. from Aladaglar Mountains in Turkey. *Nova Hedwigia*. **100**, 265-268.

Kabaktepe, Ş., Karakuş, Ş., Mutlu, B. (2015b). *Puccinia melitenensis* (Pucciniaceae), a New rust species on *Campanula stevenii* subsp. *beauverdina* from Malatya in Turkey. *Phytotaxa*. **213**, 147-50.

Kabaktepe, Ş., Karakuş, Ş., Mutlu, B.(2015a). New *Puccinia* (Puccinales, Basidiomycota) records for Turkey. *Hacettepe J. Biol. antepe J. Biol. & Chem.* **43**, 69-72.

Kabaktepe, Ş., Karakuş, Ş., Mutlu, B.(2015c). New *Puccinia* (Puccinales, Basidiomycota) records for Turkey. *Hacettepe J. Biol. antepe J. Biol. & Chem.* **43**, 69-72.

Kabaktepe, Ş., Kürşat, M., Akata, I., Akgül, H., Karataş, M. (2015d). A new record for the Turkish Rust Mycobiota: *Puccinia alata* Nevod. *Biological Diversity and Conservation*. **8**, 66-69.

Kaçar, B. (1972). *Toprağın ve bitkinin kimyasal analizleri*, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, A. Ü. Basımevi, Ankara, Türkiye, 53p.

Kadıoğlu, A. (2016). *Bitki fizyolojisi*. Akademik Baskı, Trabzon, Türkiye, 114 p-359 p.

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric Food Chem.* **47**, 3954-62.

Kaiser, B., Vogg, G., Fürst U.B., Albert, M. (2015). Parasitic plants of the genus *Cuscuta* and their interaction with susceptible and resistant host plants. *Front. Plant Sci.* **6**, 45.

Kansu, İ.A. (2005). Böcek Çevrebilimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, TÜRKİYE. 338 p.

Karabay, N.Ü., Türküsay, H., Akı, C., Tosun, N., Türkan, D. (2003). Domatesin Bakteriyel Hastalıklarının Kontrolünde Bitki Aktivatörleri ve Bakteristlerin Etkileri. *Anadolu J. of AARI*. **13**, 88-102.

Kasnak, C., Palamutoğlu, R. (2015). Doğal Antioksidanların Sınıflandırılması ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Derg.* **3**, 226-234.

Kasote1, D.M., Katyare, S.S., Hegde, M.V., Bae, H. (2015). Significance of Antioxidant Potential of Plants and its Relevance to The rapeutic Applications. *Int. J. Biol. Sci.* **11**, 982-991.

- Kaya, A. (2012). *Flurokloridon Herbisitinin Helianthus annuus L. ve Vicia sativa L. 'da Bazı Biyokimyasal Ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri*. Doktora tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Király, Z. (1998). *Plant Infection-Biotic Stress*. Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sci, Budapest, Hungary, 223-240 p.
- Király, Z., Ersek, T., Barna, B., Ádam, A., Gullner, G. (1991). Pathophysiological aspects of plant disease resistance. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* **26**,233–250.
- Kim, H., Chen, C., Kabbage, M., Dickman, M.B. (2011). Identification and characterization of *Sclerotinia sclerotiorum* NADPH oxidases. *Appl. Environ. Microbiol.***77**, 7721–7729.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A, eds. (2008). *Dictionary of the Fungi*. Wallingford, UK: CABI.
- Klein, O., Kroschel, J. (2002). Biological control of *Orobanche* spp. with *Phytomyza orobanchia*, A Review. *Bio Control.***47**, 245–277.
- Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., Türkan, D. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany.* **60** 344-351.
- Koç, E., Üstün. A.S. (2008). Patojenlere karşı bitkilerde savunma ve antioksidanlar. *Erciyes Üniv. Fen bil. Enst. Derg.* **24**, 83-100.
- Kong, W., Liu, F., Zhang, C., Zhang, J., Feng1, H. (2017). Non-destructive determination of Malondialdehyde (MDA) distribution in oilseed rape leaves by laboratory scale NIR hyperspectral imaging. *Scientific Reports.* **10**, 1038.
- Kopsell, D.A., Sams, C.E., Morrow, R.C. (2015). Blue Wavelengths from LED Lighting Increase Nutritionally Important Metabolites in Specialty Crops. *Hort Sci.* **50**, 1285-1288.
- Koster, M., Bitter, W., Tommassen, J. (2000). Protein secretion mechanismsin Gram-negative bacteria. *Int. J. Med. Microbiol.* **290**, 325–331.
- Koukolikova-Nicola, Z., Hohn. B. (1993). How does the T-DNA of *Agrobacterium tumefaciens* find its way into the plant cell nucleus? *Biochimie.***75**, 635–638.
- Kranner, I., Minibayeva, F. V., Beckett, R. P. and Seal, C. E. (2010). What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phyto.* **188**, 655–673.
- Kumari, G.J., Reddy, A.M., Naik, S.T., Kumar, S.G., Prasanthi, J., Sriranganayakulu, G., Reddy, P.C., Sudhakar, C. (2006). Jasmonic acid induced changes in protein pattern, antioxidative enzyme activities and peroxidase isozymes in peanut seedlings. *Biol Plantarum.* **50**, 219–226

Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., Ellialtıoğlu, Ş. (2008). ‘‘Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.’nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler’’, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. *Tarım Bil. Derg. (J. Agric. Sci.)*.**18**, 13-20.

Kyparissis, A., Grammatikopoulos, G., Manetas, Y., (2007). Leaf morphological and physiological adjustments to the spectrally selective shade imposed by anthocyanins in *Prunus cerasifera*. *Tree Physiol.* **27**, 849–857.

Lagrimni, L. M., Vaughn, Erb.J., W.A., Miller, S.A. (1993). Peroxidase over production in tomato: wound induced polyphenol deposition and disease resistance. *Hort. Sci.* **28**, 218-221.

Lambeth, J.D. (2004). NOX enzymes and the biology of reactive oxygen. *Nat. Rev. Immunol.* **4**, 181–189.

Landecker, E.M. (1996). Fundamentals of the Fungi, Prentice Hall, Upper Saddle River New Jersey, USA.

Lanini, W., TaK, M. (2005). Biology and management of *Cuscuta* in crops. *Cien. Inv. Agr.* **32**, 165-179.

Levine, A., Tenhaken, R., Dixon, R., Lamb, C. (1994). H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. *Cell.* **79**.583–593.

Li, Q., Liu, X., Yue, M., Tang, W.T., Meng, Q.C. (2011). Response of physiological integration in *Trifolium repens* to heterogeneity of UV-B radiation. *Flora.* **206**, 712–719.

Lichtenthaler, K., Welburn, A.R. (1983). *Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents*, Botanisches Institut der Universität, Kaiserstrasse 12, Postfach 591–592.

Lichtenthaler, H.K. (1996). Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Plant Physiol.* **148**, 4–14.

Lindeberg, M., Salmond, G.P., Collmer, A. (1996). Complementation of deletion mutations in a cloned functional cluster of *Erwinia chrysanthemi* out genes with *Erwinia carotovora* out homologues reveals OutC ve OutD as cveidate gatekeepers of species-specific secretion of proteins via the type II pathway. *Mol. Microbiol.* **20**, 175–190.

Liu, X., Chi, H., Yue, M., Zhang, X., Li, W. (2012) Enping Jia The Regulation of Exogenous Jasmonic Acid on UV-B Stress Tolerance in Wheat. *J Plant GrowthRegul.* **31**, 436–447.

- Lo Giudice, D., Peri, E., Lo Bue, M., Colazza, S. (2010). Plant surfaces of vegetable crops mediate interactions between chemical footprints of true bugs and their egg parasitoids. *Communicative & Integrative Bio.* **3**, 70-74.
- Mabberley, O.J. (1997). *The Plant Book: A Portable Dictionary of the Vascular Plants. 2nd edition.* Cambridge University Press.
- Macho, A.P. (2016). Subversion of plant cellular functions by bacterial type-III effectors: beyond suppression of immunity. *New Phytol.* **210**, 51–57.
- Mackerness, A.H.S., John, C.F., Jordan, B., Thomas, B. (2001). Early signaling components in ultraviolet-B responses: distinct roles for different reactive oxygen species and nitric oxide. *FEBS Lett.* **489**, 237–242.
- Macnab, R. M.(1999). The bacterial flagellum: reversible rotary propellor and type III export apparatus. *J. Bacteriol.* **181**, 7149–7153.
- Maier, W., Begerow, D., Weiß, M., Oberwinkler, F. (2003). Phylogeny of the rust fungi: an approach using nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. *Canadian J. of Botany.* **81**, 12–23.
- Maier, W., Wingfield, B.D., Mennicken, M., Wingfield, M.J. (2007). Polyphyly and twoemerging lineages in the rust genera *Puccinia* and *Uromyces*. *Mycological Res.* **111**, 176–185.
- Mandal, B., Jain, R.K., Krishnareddy, M., Kumar, N.K.K., Ravi, K.S., Pappu, H.R. (2012). Emerging problems of tospoviruses (*Bunyaviridae*) and their management in the Indian subcontinent. *Plant Dis.* **96**, 468–479.
- Marie, C., Broughton, W.J., Deakin, W.J. (2001). Rhizobium type III secretion systems: legume charmers or alarmers? *Curr. Opin. Plant Biol.* **4**, 336-342.
- Massey, V., Willams, C.H. (1965). On the Reaction Mechanism of Yeast Glutathione Reductas. *J.Biol. Chem.* **240**, 4470-4480.
- Maxwell, D.P., Nickels, R., McIntosh, L.,(2002). Evidence of mitochondrial involvement in the transduction of signals required for the induction of genes associated with pathogen attack and senescence. *Plant J.* **29**, 269–279.
- Mazmanian, S.K., Ton-That, H., Schneewind, O. (2001). Sortase-catalysed anchoring of surface proteins to the cell wall of *Staphylococcus aureus*. *Mol. Microbiol.* **40**, 1049–1057.
- Meister, A. (1994). The Glutathione-Ascorbic Acid Antioxidant Systems in Animal. *J. Biol. Chem.* **269**, 9397-9400.
- Mendoza, M. (2011). Oxidative burst in plant-pathogen interaction. *Biotechno. Vegetal.* **2**, 6–75.

- Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Vanderauwera, S., VanBreusegem, F., and Noctor, G. (2010). Catalase function in plants: a focus on *Arabidopsis* mutants as stress-mimic models. *J. Exp. Bot.* **61**, 4197–4220.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., Mittler, R. (2010). Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant Cell Environ.* **33**, 453–467.
- Mims, C.W., Rodriguez-Lothar C., Richardson, E.A. (2002). Ultrastructure of the host-pathogen interface in dalyily leaves infected by the rust fungus *Puccinia hemerocallidis*. *Protoplasma.* **219**, 221-226.
- Misra, A. N., Sahu, S. M., Misra, M., Singh, P., Meera, I., Das, N., Kar, M., Sahu, P. (1997). Sodium chloride induced changes in leaf growth and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biol. Plant.* **39**, 257-262.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* **7**, 1360-1385.
- Mittler, R., Blumwald, E. (2010). Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. *Annual Review of Plant Bio.* **61**, 443–462.
- Naczka, M., Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *J. of Chromatography.* **1054**, 95-111.
- Nagai, T., Myoda, T., Nagashima, T. (2005). Antioxidative activities of water extract and ethanol extract from field horsetail (tsukushi) *Equisetum arvense* L. *Food Chem.* **91**, 389-394.
- Nakano, Y., Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* **22**, 867–880.
- Nostar., Ö. (2011). *Farklı Cucumis sativus L. çeşitlerinin antioksidant içeriği üzerine biyotik ve abiyotik stresin birlikte etkisi*. Yüksek lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Nuutila, A. M., Kammiovirta, K., Oksman-Caldentey, K.-M. (2002). Comparison of methods for the hydrolysis of flavonoids and phenolic acids from onion and spinach for HPLC analysis. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section.* **76**, 512–525.
- Okazaki, Y., Saito, K. (2014). Roles of lipids as signaling molecules and mitigators during stress response in plants. *Plant J.* **79**, 584–596.
- Olle, M., Viršile, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and food sci.* **22**, 223–234.
- Öncel, I., Keleş, Y. (2002) “Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde büyüme, pigment içeriği ve çözünür madde kompozisyonunda değişimler”. C.Ü., Fen-Edebiyat Fakültesi. *Fen Bil. Derg.* **23**, 8-16.

Özcan, S., Gürel, E., Babaoğlu M.M. (2001). Genetik Mühendisliği Uygulamaları (pp: 2001). Bitki Biyoteknolojisi Vol.20.

Özkal, B. (2014). *Biyotik stresin (Phelipanche aegyptiaca) bitki aktivatörleri uygulanan domates bitkisinde biyokimyasal ve fizyolojik etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Üniversitesi, Çanakkale.

Parida, A.K., Das, A.B., and Mitra, B. (2003) ‘‘Effects of NaCl stress on the structure, pigment complex composition, and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts’’, *Photosynthetica*. **41**, 191-200.

Park, J.M., Park, C.J., Lee, S.B., Ham, B.K., Shin, R, Paek, K.H.(2001). Overexpression of the tobacco Tsil gene encoding an EREBP/AP2-type transcription factor enhances resistance against pathogen attack and osmotic stress in tobacco. *Plant Cell*. **13**, 1035–1046.

Parker, C. (2009). Observations on the current status of *Orobanche* and *Striga* problems worldwide. A Review. *Pest Manag Sci*. **65**, 453–459.

Perkins, A.V. (2006). Endogenous anti-oxidants in pregnancy and preeclampsia. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*. **46**, 77-83.

Peroni, L.A., Ferreira, R.R., Figueira, A., Machado, M.A. and Stach, D. R. – Machado. (2007). Expression profile of oxidative and antioxidative stress enzymes based on ESTs approach of citrus. *Gen. and Mol. Biol*. **30**, 872-880.

Peters, J.L., Castillo, F.J., Heath, R.L. (1988). Alteration of extracellular enzymes in Pinto bean leaves upon exposure to air pollutants, ozone and sulfur dioxide *Plant Physiol*. **89**, 159–164.

Poontariga, H., Darinee, P., Kannarat, R., Charoensataporn, R. (2003). Salinity Effects on Antioxidant Enzymes in Mulberry Cultivar. *Sci Asia*. **29**, 109-113.

Possot, O.M., Gerard-Vincent, M., Pugsley, A.P. (1999). Membrane association and multimerization of secretory component *pul*. *C. J. Bacteriol*. **181**, 4004–4011.

Pullagurala, V.L.R., Adisa I.O., Rawat, S., Kalagara, S., Hernandez-Viezcas J.A., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey J.L. (2018). ZnO nanoparticles increase photosynthetic pigments and decrease lipid peroxidation in soil grown cilantro (*Coriandrum sativum*). *Plant Physiol and Biochem*. **132**, 120–127.

Qiu, Z.B., Zhu, X.J., Li, F.M., Liu, X., Yue, M. (2007). The optical effect of a semiconductor laser on protecting wheat from UV-B radiation damage. *Photochem. Photobiol. Sci*. **6**, 88–793.

Quan, L.J., Zhang, B., Shi, W.W., Li, H.Y. (2008). Hydrogen peroxide in plants: A versatile molecule of the reactive oxygen species network. *J. Integrat Plant Biol*. **50**, 2-18.

Rishi, N. (2009). Significant plant virus diseases in India and a glimpse of modern diseasemanagement technology. *J. Gen. Plant Pathol.* **75**, 1–18.

Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcí'a, P.C., Lefebvre, L.R.L., Sa'nchez, E., Romero, L. (2001). Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Sci.* **160**, 315–321.

Rockstrom, J., Falkenmark, M. (2000). Semiarid crop production from a hydrological perspective: gap between potential and actual yields. *Critical Reviews in Plant Sci.* **19**, 319–346.

Rouhier, N., Jacquot, J.P. (2008). Getting sick may help plants over come abiotic stress. *New Phytol.* **180**, 738–741.

Rowland, F.S. (2006). Stratospheric ozone depletion. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **361**, 769–790.

Roychoudhury, A., Basu, S. (2012). “Ascorbate-Glutathione and plant tolerance to various abiotic stresses,” in *Oxidative Stress in Plants: Causes, Consequences and Tolerance*, eds. Anjum, N.A., Umar, S., Ahmad, A. (New Delhi: IK International Publishers). 177–258.

Sajjad, M. H., Lodh, A., Azam, F. (2002). Changes in Enzyme Activity During the Decomposition of Plant Residues in Soil. *Pakistan J. of Biol. Sci.* **5**, 952-955.

Samalova, M., Meyer, A.J., Gurr, S.J., Fricker, M.D. (2014). Robust anti-oxidant defences in the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* confer tolerance to the host oxidative burst. *New Phytol.* **201**, 556–573.

Sander mann, H. (2004). *Molecular ecotoxicology: from man-made pollutants to multiple environmental stresses* (pp: 1-16). In: Sander mann, H., ed. *Mol. Ecotoxicol. of plants*. Berlin, Heidelberg, Germany.

Sandkvist, M. (2001). Type II secretion and pathogenesis. *Infect. Immun.* **69**, 3523–3535.

Santa-Cruz, D.M., Pacienza, N.A., Polizio, A.H., Balestrasse, K.B., Tomaro, M.L., Yannarelli G.G. (2010). Nitric oxide synthase-like dependent NO production enhances heme oxygenase up-regulation in ultraviolet-B-irradiated soybean plants. *Phytochem.* **71**, 1700–1707.

Saucet, S.B., Ghelder, C.V., Abad, P., Duval, H., Esmenjaud, D.(2016). Resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in woody plants. *New Phytol.* **211**, 41–56.

Scandalios, J.G. (2005). Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Braz J. Med. Biol Res.* **38**, 995-1014.

Schenke, D., Bottcher, C., Scheel, D. (2011). Cross talk between abiotic ultraviolet-B stress and biotic (flg22) stress signalling in *Arabidopsis* prevents flavonol

accumulation in favor of pathogen defence compound production. *Plant, Cell & Environment*. **34**, 1849–1864.

Schreinemachers, P., Balasubramaniam, S., Boopathi, N.M., Ha, C.V., Kenyon, L., Praneetvatakul, S., et al. (2015). Farmers' perceptions and management of plant viruses in vegetables and legumes in tropical and subtropical Asia. *Crop Protect.* **75**, 115–123.

Seçmen, Ö. (1996). *Türkiye Florası Ders Notları*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Teksirler serisi No: 120.

Segal, L.M., Wilson, R.A. (2018). Reactive oxygen species metabolism and plant-fungal interactions. *Fungal Gen. and Biol.* **110**, 1–9.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A, Zhao, C.X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Bio.* **331**, 215–225.

Sharifi, R., Lee, S.M., Ryu, C.M. (2018). Microbe-induced plant volatiles. *New Phytol.* **220**, 684–691.

Sharma, P., veDubey, R.S. (2004). Ascorbate peroxidase from rice seedlings: properties of enzyme isoforms, effects of stresses and protective roles of osmolytes. *Plant Sci.* **167**, 541–550.

Sherf, B.A., Bajar, A.M., Kollattukudy, P.E. (1993). Abolition of an inducible highly anionic peroxidase activity in transgenic tomato. *Plant Physiol.* **101**, 201–208.

Singh, R., Singh. S., Tripathi. R., Agrawal, S.B. (2011). Supplemental UVB radiation induced changes in growth, pigments and antioxidant pool of bean (*Dolichos lablab*) under field conditions. *J. Environ Biol.* **32**, 39–145.

Slinkard, K., Singleton, V.L. (1977). Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods, *Am. J. Enol. Viticult.* **28**, 49–55.

Smirnoff, N. (2005). Ascorbate, Tocopherol and Carotenoids: Metabolism, Pathway Engineering and Functions. In: Smirnoff N, ed. *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 53–86.

Song, W.J., Zhou, W.J., Jin, Z.L., Cao, D.D., Joel, D.M., Takeuchi, Y., Yoneyama, K. (2005). Germination response of *Orobanche* seeds subjected to conditioning temperature, water potential and growth regulator treatments. *Weed Research.* **45**, 467–476.

Spallek, T., Mutuku M., Shirasu, K. (2013). The genus *Striga*: a witch profile. *Mol. Plant Pathol.* **14**, 861–869.

Stael, S., Kmiecik, P., Willems, P., Der Kelen K.V., Coll, N.S., Teige, M., Breusegem, F.V. (2015). Plant innate immunity – sunny side up? *Trends in Plant Sci.* **20**, 3–11.

- Suzuki, N., River, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E. and Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*. **203**, 32–43.
- Szittyá, G., Silhavy, D., Molnar, A., Havelda, Z., Lovas, A., Lakatos, L., Banfalvi, Z., Burgyan, J. (2003). Low temperature inhibits RNA silencing-mediated defence by the control of siRNA generation. *EMBO J.* **22**, 633–640.
- Takahama, U., Oniki, T. (1997). A peroxidase, phenolics, ascorbate system can scavenge hydrogen peroxide in plant cells. *Physiol. Plant.* 101-845
- Tanker, N., Koyuncu, M., Çoskun, M. (2007). *Farmasotik Botanik*. Ank. Üniv. Basımevi, Ankara, Türkiye.
- Tenhaken, R., Levine, A., Brisson, L.F., Dixon, R.A. Lamb, C. (1995). Function of the oxidative burst in hypersensitive disease resistance. *P. Natl Acad Sci.* **92**. 4158–4163.
- Torres, M.A., Jones, J.D.G., Dangl, J.L. (2005). Pathogen-induced, NADPH oxidase-derived reactive oxygen intermediates suppress spread of cell death in *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Genet.* **37**. 1130–1134.
- Tozkoparan, B., Aytacı, S.P. (2007). Kanser Kemoterapisinde Terapötik Hedef Olarak Glutatyon S-Transferazlar. Hacettepe Üniversitesi. *Ecz. Fak. Derg.* **2**, 139–164.
- Tulasne, M. (1854). Second mémoire sur les urédinées et les ustilaginées. *Annales des. Sci. Naturelles Bot.* **4**, 77–196.
- Türkan, İ. (2008). *Raven Bitki Fizyolojisi 3. Baskından Çeviri*. Palme Yayıncılık. Turkey ,
- Türkan, İ. (2016). *Raven Bitki Biyolojisi 8. Baskıdan Çeviri*. Palme Yayıncılık. Turkey, 290-306 p.
- Tzeng, D.D., Devay, J.E. (1993). Role of oxygen radicals in plant disease development. *Adv. Plant Pathol.* **10**, 1–34.
- Ueki, S., Citovsky, V. (2002). The Systemic Movement of a Tobamovirus Inhibited by a Cadmium-Ion-Induced Glycin-Rich Protein (cdi- GRP). *Nature CellBi.* **4**, 478.
- Ursini, F., Maiorino, M., Roveri, A. (1997). Phospholipid Hydroperoxide Glutathione Peroxidase (PHGPx): More Than an Antioxidant Enzyme? *Biomedical and Environmental Sci.* **10**, 327-32.
- Van der Merwe, M., Ericson, L., Walker, J., Thrall, P.H., Burdon, J.J. (2007). Evolutionary relationships among species of *Puccinia* and *Uromyces* (*Pucciniaceae*, *Uredinales*) inferred from partial protein coding gene phylogenies. *Mycological Research* .**111**, 163–175.

- Varma, A., Malathi, V.G. (2003). Emerging geminivirus problems: a serious threat to crop production. *Ann. Appl. Bio.* **142**, 145–164.
- Vázquez-Hernández, M.C. Parola-Contrerasa, I., Montoya-Gómez, L.M., Torres-Pacheco, I., Schwarzb, D., Guevara-González, R.G. (2019). Eustressors: Chemical and physical stress factors used to enhance vegetables production. *Scientia Horticulturae.* **250**, 223–229
- Venkatachalam, P., Priyanka, N., Manikandan, K., Ganeshbabu, I., Indiraarulsevi, P., Geetha, N., Muralikrishna, K., Bhattacharya, R., Tiwari, M., Sharma, N. (2017). Enhanced plant growth promoting role of phycomolecules coated zinc oxide nanoparticles with P supplementation in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Physiol. Biochem.* **110**, 118–127.
- Vilá, M., Espinar, J.L., Hejda, M., Hulme, P.E., Jarošík, V., Maron, J.L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y., Pyšek, P. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecol. Letters.* **14**, 702–708.
- Vincente, J.A.F., Pexoto, F., Lopez, M.L., Madeira, V.M.C. (2001). Differential sensitivities of plant and animal mitochondria to the herbicide paraquat. *J. biochem. mol. Toxicol.* **15**, 322- 330.
- Wang, W.X., Vinocur, B., Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta.* **218**, 1–14.
- Warner, M.L., Alford, I., Lawrence, D.M., Kohl, A.C., Williams, S.J., Yeatman, D.T. (2017). Comparative analysis of freshly harvested cannabis plant weight and dried cannabis plant weight. *Forensic Chem.* **3**, 52–57.
- Westwood, J.H., Yoder, J.I., Timko, M.P., dePamphilis, C.W. (2010). The evolution of parasitism in plants. *Trends Plant Sci.* **15**, 227- 235.
- Wiesel, L., Newton, A.C., Elliot, I., Booty, D., Gilroy, E.M., Birch, P.R.J., Hein, I. (2014). Molecular effects of resistance elicitors from biological origin and their potential for crop protection. *Front. Plant Sci.* **65**, 1–13.
- Wigchert, S. C. M., Zwanenburg, B. (1999). An expeditious preparation of all enantiopure diastereoisomers of aromatic A-ring analogues of strigolactones, germination stimulants for seeds of the parasitic weeds *Striga* and *Orobanche*. *The Royal Society of Chem.* 2617–2623.
- Xiong, L., Yang, Y. (2003). Disease resistance and abiotic stress tolerance in rice are inversely modulated by an abscisic acid-inducible mitogen-activated protein kinase. *Plant Cell.* **15**, 745–759.

- Yakit, S., Tuna, A.L. (2006). “Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays L.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K’un etkileri”. Akdeniz Üniversitesi. *Ziraat Fak. Derg.* **19**, 59-67
- Yang, S.H., Wang, L.J., Li, S.H., Duan, W., Loescher, W., Liang, Z.C. (2007). The effects of UV-B radiation on photosynthesis in relation to photosystem II photochemistry, thermal dissipation and antioxidant defenses in winter wheat (*Triticum aestivum L.*) seedlings at different growth temperatures. *Funct Plant Biol.* **34**, 907–917.
- Yardımcı, N. (2001). Bitki Virüs Hastalıklarının Önemi. *Genel Bitki Virolojisi Ders Notu*, Isparta, Türkiye, 32 p.
- Yarsan, E. (1998). Lipid Peroksidasyon Olayı ve Önlenmesine Yönelik Uygulamalar. *Y.Y.Ü. Vet. Fak. Derg.* **9**, 89-95.
- Yıldız, M., Terzi, H., Cenkçi, S., Arıkan Terzi, E.S., Uruşak, B. (2010). Bitkilerde tuzluluğa toleransın fizyolojik ve biyokimyasal markörleri. *Anadolu Üniversitesi Bil. ve Tekno. Derg.* **1**, 1-33.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, C.B.Ü. *Fen Bil. Derg.* **7**, 47–66.
- Yoder, J.I., Scholes, J.D.(2010) Host plant resistance to parasitic weeds; recent progress and bottlenecks. *Curr. Opin. Plant Biol.* **13**, 478-484.
- Zhu, Y., Qian, W., Hua, J. (2010). Temperature modulates plant defense responses through NB-LRR proteins. *PLoS Pathogens.* **6**: e1000844.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyadı: Mehmet TEMEL

Doğum Yeri ve Tarihi: Besni-19.10.1987

Adres: Kaymakam Hasan TÛTÛN mah. Halil BABA cad. No: 29 İç Kapı No: 8
Besni/Adıyaman

E-Posta: biyolog022@gmail.com

Lisans: Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2009-2014).

Yüksek lisans: İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2016-).

Mesleki Deneyimler ve Ödüller: Bitki Büyüme Maddelerinden
STRİGOLAKTONLAR, İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji
Bölümü, Malatya, Seminer Çalışması (2017)

Yayın Listesi: