

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BAZI TURUNÇGİL ANAÇLARINDA MİKORİZA İLE *PHYTOPHTHORA*
CITROPHTHORA ETKİLEŞİMLERİ**

Gökhan KARADELİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BAZI TURUNÇGİL ANAÇLARINDA MİKORİZA İLE *PHYTOPHTHORA*
CITROPHTHORA ETKİLEŞİMLERİ**

Gökhan KARADELİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI TURUNÇGİL ANAÇLARINDA MİKORİZA İLE *PHYTOPHTHORA*
CITROPHTHORA ETKİLEŞİMLERİ**

**Gökhan KARADELİ
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MAYIS 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI TURUNÇGİL ANAÇLARINDA MİKORİZA İLE *PHYTOPHTHORA*
CITROPHTHORA ETKİLEŞİMLERİ**

Gökhan KARADELİ
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 15/05/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İlhami TOZLU (Danışman)

Prof. Dr. Turgut YEŞİLOĞLU

Doç. Dr. Özer ÇALIŞ

ÖZET

BAZI TURUNÇGİL ANAÇLARINDA MİKORİZA İLE *PHYTOPHTHORA CITROPHTHORA* ETKİLEŞİMLERİ

Gökhan KARADELİ

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlhami TOZLU

Mayıs 2023; 71 sayfa

Küresel iklim değişikliği ile birlikte verimli tarımsal üretim alanlarının azalmasına ters orantılı olarak dünya nüfusunun hızla artması beraberinde güvenilir ve yeterli gıda sorununu meydana getirmiştir. Gelecek nesillerin gereksinim duydukları gıdanın güvenilir olarak karşılanabilmesi için tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde artırılması gerekmektedir. Böylece tarımsal arzın sürdürülebilirliğine katkı sağlanabilecektir. Bu bağlamda sürdürülebilir tarımsal üretimde kullanılabilecek en etkin yöntemlerden birisi çevreye ve insan sağlığına faydalı mikroorganizmaların kullanılmasıdır. Bu organizmaların başında bitkisel üretimde başarılı bir şekilde kullanılan *Bacillus* spp. türlerinin de içerisinde yer aldığı “Bitki Gelişimini Uyarıcı Kök Bakterileri” gelmektedir. *Bacillus* spp. türleri gerek bitki besin elementi alımını kolaylaştırması gerekse belirli fitohormonların salgılanmasını teşvik etmesi gibi olumlu özellikleri bakımından bitki büyümesi ve gelişimini destekleyici etkiye sahiptirler. Ayrıca rizosferde bitki kökleri ile sıkı ilişki içerisinde olan faydalı funguslar da tarımsal üretimde en çok araştırılan alanlardan birisidir. *Trichoderma* fungusları ile mikorizal funguslar faydalı funguslar içerisinde en sık çalışılan mikroorganizmalardır. Özellikle mikorizal funguslar bitki kökleri ile karşılıklı su besin alışverişine dayalı simbiyotik ilişki içerisinde dirler. Bu tür funguslar toprağın bütünlüğünü koruyarak, bitkinin ihtiyacı olan besin maddelerinin topraktan alımını kolaylaştırmaktadırlar. *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. ve Mikorizal funguslar bitkilere sağlamış oldukları pek çok avantajlardan dolayı bitki büyümesini ve gelişimini teşvik ederek bitkilerin daha sağlıklı bir şekilde yetiştirilebilmelerine imkan vermektedirler. Bu tür yararlı mikroorganizmaların bitkisel üretimde kullanılması gelecek yıllarda gıda arz güvenliğinin sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlaması beklenmektedir.

Turunçgiller hem ülkemizde hem de dünyada en fazla yetiştirilen ve yüksek ticari değere sahip olmakla birlikte tarımsal açıdan önemli bir gelir kaynağına sahip meyve gruplarından birisidir. Bununla birlikte, dünyada ve ülkemizde turunçgil yetiştiriciliği pek çok biyotik ve abiyotik faktörlerden olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuz faktörlerin başında, biyotik stres ilgili sorunlar gelmektedir. Turunçgillerde görülen en önemli biyotik stres etmenlerinden birisi ise meyvelerde kahverengi çürüklük ve gövde zamklanmasına neden olan *Phytophthora citrophthora*’dır. Bu hastalık etmeni turunçgil bahçelerinde, hem verim ve hem de kalitede yüksek oranlarda kayıplara neden olmaktadır. Bu sorunlardan yola çıkarak planlanan bu çalışmada, *P. citrophthora* izolatının Turunç ve Carrizo sitranjı anaçlarına karşı patojenitesini ve diğer uygulamalarla ilişkilerini değerlendirmek ve ayrıca mikrobiyal gübre (*Trichoderma* spp. ve *Bacillus*

spp.), mikoriza ve oksinin tek başına ya da kombinasyonlu kullanımının, bu hastalığın kontrolünde kullanılabilme olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu araştırma, 2022-2023 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri bölümü uygulama seralarında yürütülmüştür. Bitkisel üretim materyali olarak Turunç ve Carrizo sitranjı anaçları ile beraber 1.5 L hacmine sahip saksı tipi kullanılmıştır. Mikrobiyal gübre olarak *Bacillus* spp. türleri, *Trichoderma* spp. ve mikoriza olarak kokteyl halinde *Glomus* spp. türleri ile birlikte oksin olarak da IBA denenmiştir. Hastalık etmeni olarak ise Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden (BATEM) temin edilen *P. citrophthora* izolatu kullanılmıştır. Mikrobiyal gübre, mikoriza ve oksin uygulamaları çöğürlerin saksılara şaşırtılması esnasında çıplak bitki köklerinin hazırlanan karışımların içerisine daldırılarak ve daha sonraki dönemlerde aynı oranda karışımlar tekrar hazırlanmış ve 7'şer gün aralıklarla toplamda 4 defa olmak üzere her bir çöğürün kök bölgesine 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır. Ortam olarak ise 2:2:1:1 oranında torf, perlit, kokopit ve kum karışımı kullanılmıştır. Araştırmada, iklimsel veriler yanında, anaçların *P. citrophthora* karşı toleranslılıkları ile beraber mikrobiyal gübre, mikoriza ve oksin uygulamalarının hastalığın gelişimine karşı olan antagonistik etkileri ile beraber, anaçlarda hastalık oluşumunun engellenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda, *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. kullanımının çöğür büyümesi ve gelişimlerine etkisini kontrol grubuna göre önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Ayrıca çöğürlerin toprak altı organlarının yaş ve kuru ağırlıklarının artışında mikorizal fungusların kullanıldığı uygulamalar diğer uygulamalara kıyasla en olumlu sonuçları vermiştir. Oksin uygulamalarının ise çöğürlerin toprak altı ve toprak üstü organlarının gelişimlerine istatistiksel olarak anlamlı katkılar sağlamadığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Glomus* spp., Bitki büyümesi ve gelişimi, Biyotik stres

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi İlhami TOZLU

Prof. Dr. Turgut YEŞİLOĞLU

Doç. Dr. Özer ÇALIŞ

ABSTRACT

INTERACTIONS WITH MYCORIZA AND PHYTOPHTHORA CITROPHTHORA IN SOME CITRUS ROOTSTOCKS

Gökhan KARADELİ

M.Sc. Thesis in Horticulture

Asist. Prof. İlhami TOZLU

May 2023; 71 pages

With the global climate change, the rapid increase in the world population inversely proportional to the decrease in productive agricultural production areas has brought along reliable food. Agricultural production must be increased in a sustainable way in order to reliably meet the food needs of future generations. Thus, it will be possible to contribute to the sustainability of agricultural supply. In this context, one of the most effective methods that can be used in sustainable agricultural production is the use of microorganisms that are beneficial to the environment and human health. At the beginning of these organisms, *Bacillus* spp. "Root Bacteria Stimulating Plant Growth", which also includes the species. *Bacillus* spp. species have a supportive effect on plant growth and development in terms of their positive properties such as facilitating the intake of plant nutrients and promoting the secretion of phytohormones. In addition, beneficial fungi, which are in close relationship with plant roots in the rhizosphere, are one of the most researched areas in agricultural production. *Trichoderma* fungi and mycorrhizal fungi are among the most frequently studied microorganisms among beneficial fungi. In particular, mycorrhizal fungi are in a symbiotic relationship with plant roots based on mutual water-nutrient exchange. These fungi ensure the integrity of the soil, facilitating the uptake of nutrients needed by the plant from the soil. *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. Due to the many advantages they provide to plants, mycorrhizal fungi contribute to the growth of plants in a healthier way by promoting plant growth and development. The use of such beneficial plant production will contribute to the sustainability of food supply security in the coming years.

Citrus is one of the most cultivated fruit groups both in our country and in the world, with a high commercial value and an important source of income in terms of agriculture. However, citrus cultivation in the world and in our country is adversely affected by many biotic and abiotic factors. At the beginning of these negative factors are the problems related to biotic stress. One of the most important biotic stress factors in citrus fruits is *Phytophthora citrophthora*, which causes brown rot and stem mucilage in fruits. This disease factor causes high losses in both yield and quality in citrus orchards. Based on these problems, this study was planned to evaluate the pathogenicity of *P. citrophthora* isolate against Citrus and Carrizo citrange rootstocks and their relationship with other applications, and also to evaluate the use of microbial fertilizers (*Trichoderma* spp. It is aimed to determine the possibilities of using it in control.

This research was carried out in the greenhouses of Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in 2022-2023. As a plant production material, a 1.5 L pot type was used together with the Citrus rootstocks and Carrizo citrange rootstocks. As a microbial fertilizer, *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. species, in cocktail form as mycorrhiza *Glomus* spp. IBA was also tested as an auxin, along with some species. The *P. citrophthora* isolate obtained from the Western Mediterranean Agricultural Research Institute (BATEM) was used as the disease agent. Microbial fertilizer, mycorrhiza and auxin applications were applied by dipping the bare plant roots into the prepared mixtures during the transplanting of the seedlings into the pots, and the mixtures were prepared again at the same rate in the following periods and applied 4 times in total, at 7-day intervals, to the root zone of each seedling as 50 ml. A mixture of peat, perlite, cockpit and sand at a ratio of 2:2:1:1 was used as the medium. In the study, besides the climatic data, the tolerance of rootstocks to *P. citrophthora*, the antagonistic effects of microbial fertilizer, mycorrhiza and auxin applications against the development of the disease and the prevention of disease formation in rootstocks were investigated.

As a result of the research, *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. the effect of the use of seedlings on seedling growth and development significantly contributed to the control group. In addition, applications using mycorrhizal fungi in increasing the fresh and dry weights of underground organs of seedlings gave the most positive results compared to other applications. It was determined that auxin applications did not provide statistically significant contributions to the development of underground and above-ground organs of seedlings.

KEYWORDS: *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Glomus* spp., Plant growth and development, Biotic stress

COMMITTEE: Asist. Prof. İlhami TOZLU

Prof. Dr. Turgut YEŞİLOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Özer ÇALIŞ

ÖNSÖZ

Turunçgiller, ülkemizde ve dünyada önemli ticari değere sahip meyve gruplarından birisi olmakla beraber, yetiştiriciliği birçok faktörden dolayı olumsuz etkilenmektedir. Bu faktörlerin başında bitki koruma ile ilgili sorunlar yer almaktadır. Bitki koruma ile ilgi en önemli sorunların başında *Phytophthora citrophthora* gelmektedir. Bu hastalık etmeni ile mücadelede kullanılan kimyasal ilaçların meyvelerde kalıntıya sebep olmakta ve insan ve çevre sağlığını tehlikeye atmaktadır. Bu tür sorunlardan ötürü *P. citrophthora* hastalığı ile mücadele de çevre dostu alternatif yöntemlerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Amaçlanan sonuçlara ulaşılması ile ülkemizde sürdürülebilir Turunçgil yetiştiriciliğine yönelik pozitif katkılar sağlayacaktır.

Tanıştığım ilk günden bu yana her zaman desteklerini benden esirgemeyip, yürümüş olduğum akademi yolunda önümü tıpkı bir fener gibi aydınlatan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İlhami TOZLU'ya sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım. Tüm mesleki eğitimim boyunca benden her türlü desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen Ziraat Fakültesi Dekanımız Sayın Prof. Dr. Mustafa Erkan'a ve Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimimin her aşamasında, bilgi, deneyim ve fikirleri ile bana daima yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen her zaman yanımda olan değerli hocalarım Prof. Dr. Halil İbrahim Uzun'a ve Doç. Dr. Özer Çalış'a çok teşekkür ederim. Ayrıca tezimin tüm aşamalarında benden bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, bu süreçte benim hem hocalarım hem de manevi abilerim olan Öğr. Gör. Recep BALKIÇ'a ve Doç. Dr. Adem DOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Meslek hayatım boyunca gerekli olan bilgi birikimini kazanmamı sağlayan, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı değerli ve saygıdeğer hocalarıma tek tek teşekkür eder, bana katmış oldukları her bir değer için bütün hocalarıma sonsuz minnettarım.

Tez aşamam esnasında IELTS eğitimim için şehir dışına taşınmak zorunda kaldığımda, "Gözün arkada kalmasın, ben varım." diyerek tezimde benden desteklerini esirgemeyen kardeşim Zir. Müh. Ahmet Barkan BOSTAN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca ilk tanıştığımız günden bu yana beni her zaman destekleyen ve tezimin her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen Doktorant Zir. Yük. Müh. Alparslan KARABENİZ'e, Moleküler Biyolog Enes GÜLMEZ'e, Zir. Müh. Ayfer DALDAL'a ve Zir. Müh. Halil ERGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bugün geldiğim noktanın en büyük mimarları olan, tüm hayatım boyunca başta geçirmiş olduğum sayısız ameliyatlarım olmak üzere, her türlü zorluk esnasında her zaman yanımda olup benden gerek manevi gerekse maddi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta annem, babam ve kardeşim olmak üzere bütün KARADELİ ailesine sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	6
2.1. Küresel İklim Değişikliği ve Gıda Arz Güvenliği.....	6
2.2. Tarımsal Üretimde <i>Bacillus</i> spp. Türlerinin Önemi	6
2.3. Tarımsal Üretimde <i>Trichoderma</i> spp. Türlerinin Önemi	7
2.4. Tarımsal Üretimde Mikoriza Kullanımının Önemi.....	8
2.5. Tarımsal Üretimde Oksin Kullanımının Önemi	9
2.6. Bitkilerde Stresin Anlam ve Önemi	9
2.6.1. Bitkilerde Biyotik Strese Karşı Bitki Savunma Sistemleri.....	10
2.6.2. Biyotik Stres Etmeni Olarak <i>Phytophthora citrophthora</i>	11
2.6.2.1. Turunçgillerde <i>P. citrophthora</i> Hastalık Etmeninin Kontrolü.....	12
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Bitkisel materyal.....	17
3.1.2. Mikoriza, Oksin hormonu, Mikrobiyal gübreler ve <i>Phytophthora citrophthora</i>	17
3.1.3. Uygulamalar	18
3.2. Metot	26
3.2.1. İncelenen Kriterler	26
3.2.1.1. İklimsel Veriler	26
3.2.1.2. Gövde Çapı (mm)	27
3.2.1.3. Gövde Boyu (cm).....	27

3.2.1.4. Yaprak Sayısı (adet).....	28
3.2.1.5. Toprak Üstü Organların Yaş Ağırlığı (g).....	28
3.2.1.6. Toprak Üstü Organların Kuru Ağırlığı (g).....	28
3.2.1.7. Toprak Altı Organların Yaş Ağırlığı (g).....	28
3.2.1.8. Toprak Altı Organların Kuru Ağırlığı (g).....	29
3.2.1.9. Klorofil İndeksi Ölçümleri (FieldScoat CM1000)	29
3.2.1.10. Kök ve Kök Bölgesinde Mikoriza Tayini	30
3.2.1.11. <i>P. citrophthora</i> Kök Enfeksiyon Oranının Belirlenmesi (%)	31
3.2.2. Verilerin Değerlendirilmesi	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1. İklimsel Veriler.....	32
4.2. Gövde Çapı (mm).....	33
4.3. Gövde Boyu (cm)	34
4.4. Yaprak Sayısı (adet)	35
4.5. Toprak Üstü Organların Yaş Ağırlıkları (g).....	36
4.6. Toprak Üstü Organların Kuru Ağırlıkları (g).....	38
4.7. Toprak Altı Organların Yaş Ağırlıkları (g)	39
4.8. Toprak Altı Organların Kuru Ağırlıkları (g)	40
4.9. Klorofil İndeksi Ölçümleri (FieldScoat CM1000).....	41
4.10. Kök ve Kök Bölgesinde Mikoriza Tayini	42
4.12. <i>P. citrophthora</i> Kök Enfeksiyon Oranının Belirlenmesi (%).....	44
5. SONUÇLAR	46
6. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bazı Turunçgil Anaçlarında Mikoriza ile *Phytophthora citrophthora* Etkileşimleri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

15/05/2023
Gökhan KARADELİ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
g	: Gram
µg	: Mikrogram
L	: Litre
Max	: Maksimum
m	: Metre
ml	: Mili-litre
mm	: Mili-metre
Min	: Minimum
Ort	: Ortalama
rpm	: Dakikadaki devir sayısı

Kısaltmalar

BATEM	: Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
AKİP	: Akdeniz İhracatçı Birlikleri
PGPR	: Plant Growth Promoting Rhizobacteria
AMF	: Arbüsküler Mikorizal Fungus
CTV	: Citrus Tristeza Virüsü
HCl	: Hidroklorik asit
KOH	: Potasyum hidroksit
IBA	: İndol-3-bütirik asit

IAA : İndol-3-asetik asit
PDA : Patates Dekstroza Agar
NA : Nutrient Agar
K : Kontrol
M : Mikoriza
O : Oksin
P : *Phytophthora citrophthora*
T : *Trichoderma* spp.
B : *Bacillus* spp.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Meyvelerden çıkarılan tohumların genel görünümü.....	18
Şekil 3.2. Tohumların ilaçlanması aşamasından genel bir görünüm	18
Şekil 3.3. Çimlendirmede kullanılan viyollerin ilaçlanması aşamasından genel görünüm	19
Şekil 3.4. a) Tohumların ekim aşaması b) Ekim sonrası viyolün genel görünümü	19
Şekil 3.5. Çöğürlerin yetiştirilmesi aşamasından görünüm.....	20
Şekil 3.6. Denemede kullanılan ortamın hazırlanması aşamasından görünüm.....	20
Şekil 3.7. Çöğürlerin şaşırtılması aşamasından görünüm.....	21
Şekil 3.8. Çöğürlere mikoriza uygulaması aşamasından görünüm.....	22
Şekil 3.9. Çöğürlere mikoriza uygulamasından bir görünüm	22
Şekil 3.10. PDA besi ortamında gelişen <i>P. citrophthora</i> izolatlarından görünüm	23
Şekil 3.11. Sıvı besi yeri hazırlığı aşamasından görünüm.....	23
Şekil 3.12. <i>P. citrophthora</i> inokulasyon aşamasından görünüm.....	24
Şekil 3.13. Çöğürlere oksin uygulaması aşamasından görünüm.....	24
Şekil 3.14. Çöğürlere <i>Trichoderma</i> spp. uygulaması aşamasından görünüm.....	25
Şekil 3.15. Çöğürlere <i>Bacillus</i> spp. uygulaması aşamasından görünüm.....	25
Şekil 3.16. Hatalık etmeninin gelişebilmesi için uygun ortam sıcaklığını sağlamak amacıyla sera içerisinde kurulan mini seradan bir görünüm	27
Şekil 3.17. Çöğürlerde yapılan gövde çapı ölçümlerinden bir görünüm.....	27
Şekil 3.18. Çöğürlerde yapılan gövde boyu ölçümlerinden bir görünüm.....	28
Şekil 3.19. Saksıdan Çıkarılan Çöğürlerden Görünümler.....	28
Şekil 3.20. Saksıdan Çıkarılan Çöğürlerin Toprak Altı Organlarından Görünümler.....	29
Şekil 3.21. Çöğürlerde yapılan toprak üstü ve toprak altı organların yaş ve kuru ağırlık ölçümlerinden bir görünüm.....	29
Şekil 3.22. Söküm Öncesinde Çöğürlerin Genel Görünümleri	29
Şekil 4.1. Aylara bağlı olarak saptanan sıcaklık değerleri (⁰ C).....	32

Şekil 4.1. Aylara bağlı olarak saptanan nem değerleri (%).....	33
Şekil 4.3. Turunç çöğürlerinin köklerinden mikroskop görüntümler.....	43
Şekil 4.4. Carrizo sitranjı çöğürlerinin köklerinden mikroskop görüntümler.....	44



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Anaçların gövde çapı kalınlığı ortalamaları arasındaki farklar (mm).....	33
Çizelge 4.2. Anaçların gövde boy uzunluğu ortalamaları arasındaki farklar (cm).....	34
Çizelge 4.3. Anaçların yaprak sayısı ortalamaları arasındaki farklar (adet).....	35
Çizelge 4.4. Anaçların yaprak yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	36
Çizelge 4.5. Anaçların gövde yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	37
Çizelge 4.6. Anaçların yaprak kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	38
Çizelge 4.7. Anaçların gövde kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	39
Çizelge 4.8. Anaçların toprak altı organlarının yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	40
Çizelge 4.9. Anaçların toprak altı organların kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g).....	41
Çizelge 4.10. Anaçların klorofil indeksi ortalamaları arasındaki farklar (FieldScout CM1000).....	42
Çizelge 4.11. Anaçlar üzerinde değişik uygulamaların anaçların kök bölgesinde mikoriza spor sayısı (adet) ve mikoriza enfeksiyon oranı (%) arasındaki farklar.....	43

1. GİRİŞ

Dünya meyve üretiminde, C vitamini açısından zengin bir meyve grubunu oluşturan turunçgiller ile sofralık muz ve plantain muzlar ilk sırada yer almaktadır. Turunçgiller (2n=18), *Rutaceae* familyasının, *Aurantioideae* alt familyasında *Citrus* cinsine ait olup, bünyelerinde portakal, limon, mandarin, altıntop gibi ekonomik türleri barındırmaktadır. *Aurantioideae*, 33 cinsten oluşan *Rutaceae*'nin yedi alt familyasından biridir (Amar 2013). Turunçgiller, 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında kalan bölgelerde, 100'den fazla ülkede yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Turunçgillerin ilk olarak iki ayrı bölgeden ortaya çıktığına dair görüşler vardır. Bu görüşlerden birisi, günümüzde ticari anlamda ciddi bir öneme sahip olan turunçgil tür ve çeşitlerinin anavatanı olarak Hindistan, Malezya, Filipinler, Güneydoğu Çin gibi Asya'nın tropik ve subtropik bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Bir diğer görüş ise daha önce yakın akraba cinsleri olarak anılan *C. australasica*, *C. glauca* gibi türler günümüzde *Citrus* içerisinde sınıflandırılmakta ve anavatanları Avustralya olarak kabul edilmektedir (Davies ve Albrigo 1994).

Turunçgil yetiştiriciliği yapan önemli ülkelerin başında Çin, Brezilya, Hindistan, Meksika ve ABD yer almaktadır (Amar 2013). Dünya turunçgil üretimi, 2019 yılında yaklaşık 145 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO 2020). Ülkemiz ise yaklaşık 4.3 milyon ton üretim ile dünyada 8., Avrupa'da ise 2. sırada yer almakta ve ülkemizin dünya toplam turunçgil üretimindeki payı ise %3.25'dir (FAO 2020).

En yaygın üretilen ve ticareti yapılan turunçgil türleri; portakal (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), limon (*Citrus limon* (L.) Burm. F), mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) ve altıntop (*Citrus paradisi* Macf.)'dur (Ruiz 2003). Dünya 2019 yılı portakal üretimi 76 milyon ton, mandarin 37.5 milyon ton, limon 20.5 milyon ton ve altıntop ise 9.5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO 2020). Ülkemizde 2019 yılında toplam 4.3 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleşmiş ve bu üretimin %39'nu portakal, %33'nü mandarin, %22'sini limon, %6'sını altıntop oluşturmuştur (TÜİK 2019). Turunçgil meyveleri, bu üretim ile ülkemizin toplam yaş meyve-sebze ihracatının %41.48 ve toplam yaş meyve ihracatının ise %59.55'ni oluşturmaktadır (AKİB 2020).

İkinci dünya savaşından sonra insanlardaki refah seviyesinin artmasına paralel olarak dünya nüfusu hızlı bir artış ivmesi göstererek 1900 yılında yaklaşık 1,5 milyar olan dünya nüfusu 1950 yılında 3 milyara, 2000 yılında 6 milyara ulaşmıştır. Günümüzde ise bu nüfus artışı 7 milyarı geçmiştir (Birişik 2018). Birleşmiş milletler tarafından 2015 yılında yapılan detaylı bir nüfus tahmin çalışmasında, dünya nüfusunun artışının devam ederek 2050 yılında 9.7 milyara, 2100 yılında ise 11.2 milyara ulaşacağı beklenmektedir (UN 2015). Bu hızlı nüfus artışına paralel olarak küresel ısınmanın sebep olduğu iklim değişikliği ile dünyada gıda arzının güvenliği her geçen yıl daha da fazla tehlikeye girmektedir. Dünya nüfusunun 2050 yılında 9,7 milyara ulaşacağı göz önünde bulundurularak gıda arzının önümüzdeki dönemde en az %50 oranında arttırılması gerektiği ve bu artışın da, uzun yıllar boyunca devam ettirilmesi gerektiği ortadadır. FAO raporunda bu artışın gerekliliği vurgulanırken aynı zamanda 2050 yılına kadar sera gazı salınımının %160 oranında artacağı, küresel ısınmanın +4°C daha artacağı, kişi başına düşen arazi miktarının %24, dekar başına verimin %8, tarımda kullanılan su miktarının %24 oranında ve bitkisel biyoçeşitliliğinin de %34 oranında azalacağı bildirilmiştir (FAO 2018).

Gıda arzının artışı ve sürdürülebilirliği ancak tarımsal üretimin arttırılması ve sürdürülebilir hale gelmesi ile mümkündür. Gıda arzının sürdürülebilirliği için ise en uygun yöntem sürdürülebilir tarımsal üretim metotlarının benimsenmesidir. Gerek toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için toprak kalitesini arttıran gerekse bitkisel üretimde abiyotik ve biyotik stres unsurlarına karşı mücadelede başarılı bir şekilde kullanılan toprak rizosfer bölgesinde faydalı mikroorganizma popülasyonunun kullanımının arttırılması gerekmektedir (Birişik 2018).

Toprak çok sayıda ve çeşitlilikte mikroorganizma türlerini bünyesinde barındırmaktadır. Bu türler arasında bitkisel üretimde de başarıyla kullanılan bitki kökleri ile ilişkili bakteriler de yer almaktadır. Gerek bitki büyümesinin arttırılması gerekse tarımda kimyasal pestisitlere alternatif olarak kullanılabilecek faydalı mikroorganizmalar içerisinde bitki gelişimini arttıran kök bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) çok önemli bir yer tutmaktadır (Bhattacharyya ve Jha 2012). PGPR'lar arasında bulunan *Bacillus* türleri besin alımını, olumlu şekilde etkileyerek bitki büyümesini ve verimini arttırmasının yanında bitkilerin dayanıklılık mekanizmalarının uyarılmasını sağlayarak, patojenlerin biyolojik kontrolünde faydalı olan bir bakteri grubudur (Zhou vd. 2008). Ticari olarak birçok preparatı geliştirilen *Bacillus* türleri tarım ve endüstriyel amaçlarda hastalıklara karşı başarıyla kullanılmaktadır. *Bacillus* türlerinin bitki ile ilişkisinde bitkiye sağladığı en dikkat çeken başlıca faydaları siderofor üretimi, fosfat çözünürlüğünün sağlanması ve azot fikzasyonu ile bitkinin besinlerden yararlanmasını kolaylaştırmalarıdır. Ayrıca, gibberellik asit (GA₃) ve indol-3-asetik asit (IAA) gibi fitohormonların biyosentezini artırarak bitki büyümesine ve gelişimine pozitif katkı sağlamaktadırlar. *Bacillus*'ların bitki gelişimini uyarıcı etkilerinin yanı sıra patojenler açısından çok iyi antagonistik özelliklere sahip olmaları ön plana çıkan bir diğer olumlu özelliğidir (Azizoğlu vd. 2013).

Faydalı fungal mikroorganizmalar da bakteriler gibi hem bitki beslemede hem de bitki korumada ticari formülasyon haline getirilerek tarımda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu funguslar içerisinde, doğa dostu sürdürülebilir tarımsal üretim metodunda en çok tercih edilen mikroorganizmalardan birisi *Trichoderma* türleridir (Bhandari 2021). *Trichoderma* fungusu gibi mikroorganizmalar, bitki büyümesini desteklemelerinin yanında ve atmosferdeki azotu bağlama veya çözülmez fosfatı çözme gibi önemli işlevleri yerine getirmektedirler. Ayrıca, bitki kök sisteminin gelişimi üzerinde uyarıcı etki yapmaktadırlar (Nuangmek vd. 2021). *Trichoderma*'ların bu faydalarına ek olarak, bitkilerin abiyotik strese karşı direncini arttırır. Kullanılan *Trichoderma* türlerinin tarımsal açıdan önemi *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* ve *Sclerotinia* cinslerine ait bitki patojenlerine karşı antagonistik özelliğinden gelmektedir. *Trichoderma*'ların sahip olduğu bir diğer antagonistik özelliği ise gerek hifleri ile patojeni sararken appressorium oluşturmak ve enzimatik faaliyetleri sonucunda da hücre duvarlarını parçalayarak fungusun parazitlenmesini sağlamalarıdır. Bunların yanında yer (kök kortikal hücreleri ve konukçu dokuları) ve besin açısından bulunduğu rizosfer ortamında diğer mikroorganizmalar ile rekabet etme yeteneği biyolojik mücadelenin etkinliği açısından son derece önemlidir (Aydın 2015).

Bitki büyümesi ve gelişimini teşvik etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir diğer faydalı fungus türü ise Mikorizalardır. Mikorizal fungus yaşamlarını devam ettirebilmeleri için bitki kökleri ile karşılıklı yararlanmaya dayanan simbiyotik ilişki kurmak zorundadırlar (Öztürk 2017). Bu simbiyotik ilişki, mikorizanın gereksinim

duyduğu karbonu bitkiden temin etmesiyle ve mikorizal funguslar da bitkiye kökten çok uzak bölgelerdeki su ve besin elementlerini, özellikle de fosfor ve çinkonun mikorizanın hifleri aracılığıyla alınabilmesini sağlamasıyla gerçekleşmektedir (Mitra vd. 2020). Mikoriza uygulamaları topraktan su ve besin maddeleri alınımında bitkiye yardımcı olmasının yanında bitki dayanıklılık mekanizmalarını uyarmak suretiyle rizosferde yer alan önemli toprak patojenleri ile savaşım şansını arttırmaktadır. Mikoriza hifleri aracılığıyla bitkinin kök yüzey alanını arttırarak toprakta bitki köklerinin ulaşmadığı alanlardan besin elementleri ve suyun alımını arttırarak bitkilerin daha iyi gelişmesini ve dolayısıyla köklerde hücre yenilenmesini arttırmak suretiyle kök canlılığının korunmasını sağlamaktadır. Daha iyi bir şekilde büyüyen ve gelişen bitkiler bu sayede başta kuraklık, tuzluluk ve ağır metal zehirlenmesi gibi abiyotik faktörlere karşı bitkinin toleransını arttırmaktadır. Ayrıca mikoriza ile bitki kökleri arasındaki bu simbiyotik yaşamda, patojenlere karşı bitkiyi koruyucu biyolojik ajan olarak da görev yapmaktadır (Himaya 2021).

Mikorizal fungusların bitki besleme açısından bitkilere sağladığı katkıların yanında toprak kökenli patojenlerle olan ilişkisi çok uzun zamandır bilinmektedir. Mikorizanın doğadaki en önemli etkilerinden birisi de bitkilerin hastalıklara karşı daha dayanıklı olmalarını ve dirençlerinin artmasını sağlamasıdır. Mikorizal funguslar bitki köklerini habitat ve besin kaynağı olarak ele geçirmek için toprak kökenli patojen funguslar ile rekabete girmek suretiyle biyolojik mücadeleyi gerçekleştirirler. Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) kök yüzeyi civarında karmaşık hif ağı nedeniyle patojen enfeksiyonlarını bloklayarak patojen bitki dokusuna giriş yerlerini azaltır. Böylece konukçu savunmasını teşvik ederek kök enfeksiyonlarını önleyebilmektedirler. Mikorizal köklerin yüzeyi ve civarındaki alanlar ayrıca patojenlere antagonistik olan fungus ve bakteriler içeren yararlı mikroorganizma birlikleri oluştururlar. Kök civarında diğer yararlı toprak organizmalarının artan konsantrasyonları antagonistik etki yaparak patojenin gelişimini engeller. Böylece, bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede esas yaklaşımın antagonistlerden yararlanma olduğu anlaşılmaktadır (Azcón-Aguilar ve Barea 1997; Yıldız 2009; Biçici 2011; Poveda vd. 2020).

Bitki üretiminde oksinin belirgin etkilerinden birisi lateral kök oluşumunu uyarmasıdır. Oksinin bu özelliğinden vejetatif bitki üretiminde ve bitki doku kültürü çalışmalarında çok yararlanılmaktadır. Oksin perisikl'daki bir grup hücrede bölünmeyi uyarak lateral kök oluşumunu sağlar. Bu hücrelerin olgunlaşıp yeniden hücre bölünme yeteneği kazanması ile de adventif kökler oluşur (Taiz vd. 2015).

Bitki hormonlarından bir grup olan oksin, bitkilerde hücre genişlemesine ve büyümeye neden olan maddeler olup, hücre uzaması, doku gelişimi ve kök oluşumuna ek olarak dokular ve organlar arası sinyal iletiminde de rol almaktadır. Birden çok çeşidi mevcut olan oksin grubunun ilk hormonu Indol-3-asetik asit (IAA)'tır (Mano and Nemoto 2012). Bitki dokusunda interselüler yaşayan fungusların çoğu konukçu hücre çeperini enzimatik yollarla etkilemektedirler. Fungal patojen bitkinin sahip olduğu fiziksel bariyeri kırmak için kütinaz, selüloz, pektinaz ve proteaz enzimlerini üreterek bitki hücresinin dışını kaplayan kütikulasını, hücre duvarını ve orta lamellerini parçalayarak haustorium'u ile konukçuyu parazitlemeye çalışır. Oksinler pektin metabolizmasında pektinin suda çözünürlüğünü değiştirip, patojene ait enzimlerin pektin üzerindeki yıkıcı etkilerini engelleyerek önemli rol oynarlar ve bitkileri hastalıklara karşı daha dayanıklı kılabilirler (Aydoğdu vd. 2005). Nitekim Ramaraj ve Vidhyasekaran (1982), IAA 'ın

pektin transeliminaz enzim aktivitesini ve 10^{-3} M' de *Aspergillus oryzae* tarafından salgılanan selüloz enzim aktivitesini engellediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca oksinler kalsiyum ile beraber hücre duvarında çözünemez pektin sentezine neden olarak da patojenler tarafından salgılanan enzim aktivitesini azaltmaktadırlar (Corden ve Edgington 1965; Davis ve Diamond 1953). Skoog ve Montaldi (1961), oksin uygulamasının konukçu bitkinin fenol metabolizmasını indükleyerek hastalıklara karşı dayanıklılıkta önemli rol alabileceğini ileri sürmüştür. Ek olarak, bitki gelişiminde ve çevresel streslere olan cevaplarda, oksin hormonunun reaktif oksijen türleri, *askorbat* ve *glutasyon* gibi antioksidanlarla etkileşim içinde olabileceği önerilmiştir (Tognetti vd. 2012). Oksin aynı zamanda stres altındaki bitkilerde de büyümeyi düzenlemektedir (Naser vd. 2016). Bu nedenle çevresel streslere daha dayanıklı bireylerin geliştirilmesinde oksin grubu bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılması son derece önemlidir.

Turunçgiller, yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı tüm ülkelerde ve ülkemizde özellikle Akdeniz bölgesinde yetiştirilmekte olup, birçok abiyotik ve biyotik stres etmenlerine maruz kalmaktadırlar. Ticari anlamda turunçgil yetiştiriciliğini sınırlayan biyotik faktörlerin başında hastalık ve zararlılar ile ilgili önemli sorunlar gelmektedir. Bu sorunların başında yer alan fungal hastalıklar ise önemli düzeyde üretimimizi sınırlayarak kayıpların yaşanmasına neden olmakla birlikte, turunçgil meyvelerinin kalitelerinin üzerinde de oldukça olumsuz etkileri bulunmaktadır. Turunçgil hastalıklarının birçoğu fungal hastalık etmenleri tarafından meydana gelmektedir. (Whiteside vd. 1988). Hastalığın meydana gelebilmesi için uygun çevre koşulları altında bir virulent (saldırgan) hastalık etmeninin hassas bir konukçu bitki ile etkileşim halinde olması gerekmektedir. **Hastalık üçgeni** olarak adlandırılan bu üç faktörden herhangi bir faktörün olmaması durumunda ise hastalık görülmemektedir (Çalış 2021).

Turunçgil ağaçlarının performansında ciddi kayıplara sebebiyet veren en önemli fungal hastalıkların başında *Phytophthora citrophthora* gelmektedir. *P. citrophthora*, bol yağışlı ve uygun sıcaklıklarda gelişmesi sürekli artarken, olumsuz koşullarda gelişimi azalan toprak ve su kökenli bir hastalık etmenidir. Hastalık etmeni bitkinin en çok kök, gövde ve meyvesine zararlı olmaktadır. Gerek gövde gerekse kök boğazı ve kök enfeksiyonuna yakalanmış ağaçlarda sararma ve kuruma gözlenmekte, ağacın performansı düşmekte ve buna bağlı olarak da ürün veriminin azaldığı görülmektedir (Timmer 2003). Patojenin başlıca zararları: meyvede kahverengi çürüklüğe, ağacın kök boğazı ve gövdesinde zamklanmaya, yaprakta aşırı olmayan kloroza neden olmaktadır (Başpınar 1995). Broadbent (1977) tarafından, 1953 yılında Florida yapılan bir çalışmada *P. citrophthora* hastalığının turunçgillerde %30.9 oranında kayba neden olduğu bildirilmiştir.

Modern meyve yetiştiriciliğinde olduğu gibi turunçgil bahçelerinin ticari karlılığının sağlanmasında anaç kullanımı çok önemli bir role sahiptir. Ağacı desteklemesinin yanında kök sistemi, su ve besin maddeleri alınımı, yapraklarda üretilen karbonhidratların depolanması ve bazı bitki büyümeyi düzenleyicilerin birikiminin sağlanması ve bazı hastalıklara karşı var olan dayanıklılığın sağlanmasından sorumludur. Aşılı fidanların köklerini oluşturan veya bazen de gövdenin toprakla temas eden kısmına **anaç**, anacın üzerine aşı yapılan kısım ise **göz** veya **kalem** olarak adlandırılmaktadır (Bolat ve İkinci 2019). Turunçgil ağaçlarındaki *P. citrophthora* hastalık etmeni ile mücadele büyük önem arz etmektedir. Mücadele edilmediği takdirde doğrudan verim kaybına, dolaylı olarak ise ağaçların yıldan yıla zayıflamasına ve hastalıklara karşı

hassasiyetin artmasına neden olmaktadır. Hastalığın yönetilmesinde en etkili çözüm yollarından birisi, *P. citrophthora*'ya dayanıklı anaçların kullanılmasıdır. Dayanıklı anaçların kullanılması, bu sorunun yönetilmesinde etkili bir yöntemdir. Yaygın olarak kullanılan turunçgil anaçlarının *P. citrophthora*'ya dayanıklılıkları arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Örneğin üç yapraklı portakal (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) ve Swingle sitrumelo (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. × *Citrus paradisi*) dayanıklı, turunç (*C. aurantium* L.), Cleopatra mandarini (*Citrus reticulata* Blanco) ve sitranjların çoğu orta derece dayanıklı iken, Rangpur laymı (*Citrus limonia*), Filistin tatlı laymı (*Citrus limetoides*) ve Kaba limon (*Citrus jambhiri*) anaçları ise *P. citrophthora* etmenine karşı hassas şekilde sıralanabilir (Davis ve Albrigo 1994).

Turunçgil yetiştiriciliğinde *P. citrophthora* etmenine karşı dayanıklı anaçların kullanılması ağacı korumasının yanında, ağacın kök sistemini oluşturacağından dolayı, verim ve kalite üzerine etkileri bahçenin başarısı için de bir tür gerekliliktir. Ancak dayanıklı anaçların kullanılması, bu sorunun yönetilmesinde etkili bir yöntem olmakla birlikte, yeni turunçgil anaçlarının yetiştirilmesi ve seçilmesi zaman alıcı bir iştir. Bu sebeple patojenden kaynaklanan ekonomik kayıpları en aza indirmenin diğer yolları; *P. citrophthora*'nın sorun olduğu bölgelerde aşılar topraktan 30-45 cm yukarıdan yapmak, hastalıktan ari tohum yatağı, fidanlık ve harç karışımı kullanmak, bahçede drenajı iyi yapmak, doğrudan gövde ile temas eden salma sulamadan kaçınmak ve gövdeyi uzun süre ıslak tutan püskürtücüler kullanmamaktır. Hastalığa karşı diğer mücadele yöntemlerinden birisi de pestisit kullanımıdır (Kersting ve Özden 2005; Kafa ve Canihoş 2010). Ancak tarımda kullanılan pestisitlerin neden olduğu çevre kirliliği ve kalıntı sorunları gibi nedenlerden dolayı, *P. citrophthora* ile mücadelede alternatif yöntemlerin bulunması bir zorunluluk haline gelmiştir. Alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi kapsamında toprakta bitkilerle simbiyotik yaşam gerçekleştiren mikroorganizmalara yönelik çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir. Bu çalışmalarda gerek bitkisel üretimde hastalığa karşı mücadelede antagonistik etki gösteren, gerekse toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için toprak kalitesini arttıran, toprak rizosfer bölgesinde faydalı mikroorganizma popülasyonunun arttırılması gerekmektedir (Uygun 2001).

Bu çalışma ile *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., mikoriza ve oksinin tek başına veya kombine uygulamalarının Turunç, ve Carrizo sitranjı anaçlarının çöğür gelişimine olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan bu iki turunçgil anacının *Phytophthora* patojenine karşı reaksiyonları seviyelerinin tespit edilecektir. Ek olarak, fungal patojenlere karşı antogonistik etkiye sahip olan bu mikroorganizmalar ile simbiyotik ilişkilerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir. Çalışmada kullanılan *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., mikoriza ve oksin uygulamalarının çöğür gelişimi ve patojene karşı göstereceği tepkilerin araştırılarak yetiştiricilikte pratik karşılığının saptanması amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Küresel İklim Değişikliği ve Gıda Arz Güvenliği

Tarım, en temel insan gereksinimlerinden biri olarak kabul edilen gıdanın elde edilmesinde mühim bir rol oynamasına rağmen doğal koşulların etkisi altında olmasından ötürü çağımızın ve geleceğimizin en büyük tehdidi olarak kabul edilen küresel ısınmadan da en çok etkilenen sektörlerden birisidir. Sanayi devrimi ile beraber başta fosil yakıtların kullanımı olmak üzere artan insan faaliyetleri sonucunda her geçen gün atmosfere salınan sera gazlarının salımını arttırmakta ve küresel ısınma ile beraber iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Doğan ve Tüzer 2011). Tarımsal mücadelede yanlış pestisit kullanımı, kimyasal gübreler gibi faktörler nedeniyle sera gazı salımlarında artışa neden olan tarım, bir yandan küresel ısınmaya katkıda bulunurken bir yandan da küresel ısınmanın olumsuz etkilerinden zarar görmektedir. Tarım ve arazi kullanımının küresel iklim değişikliğine olan katkıları, sırasıyla %14 ve %17 olarak rapor edilmiştir (Gürel ve Şenel 2010). Küresel iklim değişikliği ile beraber verimli tarım arazilerinin kaybı sebebiyle yeterli gıdanın temini ve güvenliği önümüzdeki yıllarda daha fazla artması beklenen başlıca sorunlar arasında yer almaktadır.

Dünya nüfusunun hızla artması ile birlikte gıdaya olan talep doğru orantıda artmaktadır. Yeterli gıda ihtiyacının karşılanması ancak tarımsal üretimin artırılması ile mümkündür. Tarımsal üretimde temel amaçlardan birisi birim alandan en az girdi ile maksimum verimin elde edilerek arzın sürekliliğinin teminini sağlamaktır. TÜBİTAK'ın 2003 tarihli Tarım ve Gıda Paneli Son Raporunda; insan ve çevre sağlığı üzerine olumsuz etkileri olan tarımsal gübre ve ilaçların zararlı etkisinin azaltılması için biyolojik ürünlerin geliştirilmesinin gerekli olduğu bildirilmiştir (Ağaoğlu 2003). Sürdürülebilir ekolojik tarım ve çevre sağlığına yaptığı katkılarından dolayı rizosferden elde edilen *Bacillus* spp. *Trichoderma* spp. ve Arbusküler Mikorizal Fungus'lar (AMF) gibi faydalı mikroorganizmaların rolü her geçen yıl daha da artmaktadır.

2.2. Tarımsal Üretimde *Bacillus* spp. Türlerinin Önemi

Tarımsal üretimde faydalı mikroorganizmaların kullanımları gerek mikrobiyal gübre gerekse biyopestisit olarak en çok araştırmaların yapıldığı alanlardan birisidir. Bu tür yararlı mikroorganizmaların büyük bir çoğunluğunu bakteriler oluşturmaktadır. Kök rizosfer bölgesinde bulunan *Acinetobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine ait bakteriler “Bitki Gelişimini Teşvik Eden (PGPB) Bakteriler” adı olarak adlandırmaktadırlar (Vessey 2003; Çakmakçı vd. 2014). Yapılmış olan pek çok çalışmanın sonucunda birçok PGPB'lerin bitki gelişimini ve verimini teşvik etmelerinin yanında, patojenin gelişimini engelleyici antibiyotik ve enzimlerin üretimini, patojen ile rekabete girmek suretiyle çok çeşitli bitki patojenlerine karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır (Liu vd. 2016; Calvo vd. 2016; Xiang vd. 2017).

Tarımda başarılı bir şekilde kullanılan *Bacillus* spp. türleri olumsuz çevre koşullarına karşı eşsiz bir dayanıklılığa ve hızlı çoğalabilme yeteneğine sahiptirler (Shafi vd. 2017). Bakteriler tarafından üretilen fitohormonlar, kök alanını artırarak topraktan

daha fazla su ve diğer besin maddelerinin alınmasına, bitki büyümesi ve gelişimini arttırabilir (Ryu, C. M 2003). Fitohormon üreten bakteriler hormonların öncüllerini metabolize edebilir veya benzer fitohormonları üretilip salgılayabilirler (Ahmed ve Hasnain 2010). Oksinler, bitkiler ile ilişki kuran bakterilerin çoğu tarafından salgılanan kantitatif olarak en bol fitohormondur (Spaepen vd. 2007). *Bacillus spp.* türleri, salgılamış oldukları hormonlarının (Gibberellik Asit (GA₃) ve İndol-3-Asetik Asit (IAA)) biyosentezini arttırarak ile bitki büyümesini desteklemesinin yanında, ürettikleri antimikrobiyal maddeler bitkilerde sistemik direnci (SAR) tetikleyerek bitki savunma mekanizmasında önemli bir rol oynamaktadır (Ahmed ve Hasnain 2010; Compant vd. 2005). İndol-3-asetik asit üreten *Bacillus* cinsine ait türler ile birlikte dışarıdan indol-3-bütirik asit (IBA) uygulamasının oksin sentezlenmesiyle köklenmeyi teşvik ettiği belirlenmiştir (Goto 2012). Bazı çalışmalar, *Bacillus subtilis* bu tür hormonların biyosentezini arttırabilme ve bitkilere hastalığa karşı dayanıklılık kazandırabilme yeteneğine sahiptir (Chowdappa vd. 2013).

Esertaş vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, *Bacillus spp.* türlerinin Amonyum ve siderofor üretimi, IAA aktivitesi ve fosfat çözünürlüğü gibi bitki büyümesi ve gelişimini arttıran özelliklere sahip olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca *B. popilliae*'nin güçlü IAA aktivitesine sahip olduğu çalışma sonuçlarında bildirilmiştir. Benzer şekilde yapılmış olan pek çok çalışmanın sonucunda, fitohormonların (IAA, GA₃ ve sitokinler gibi) üretimini arttırma, besin maddelerinin alımının ve demirin bitkiler tarafından kullanılabilirliğinin arttırılması gibi özellikler PGPR'ların bitkilere olan direk etkileri arasında yer aldığı bildirilmiştir. Başlıca indirekt etkileri etkileri ise bitkilerde SAR'ı arttırarak, selüloz ve kitinaz gibi enzimleri sentezlenmesini teşvik ederek ve bitki patojenleri ile antagonistik ilişki kurarak patojenin baskılandığı bildirilmiştir (Verhagen vd. 2004; Glick vd. 2007; Vaikuntapu 2014; Kundan vd. 2015, Widnyana 2018).

2.3. Tarımsal Üretimde *Trichoderma spp.* Türlerinin Önemi

Tarımda faydalı fungusların çok sayıda ticari ürün şeklinde kullanılması sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemlidir (Avan ve Kotan 2021). Bu tür faydalı fungusların başında gelen *Trichoderma spp.* türleri *Ascomycota* alt bölümü, *Hypocreales* takımı ve *Hypocaceae* familyasında yer alan, filamentli yapıya sahip olup oldukça hızlı çoğalabilme yeteneğine sahiptirler (Aydın 2015). Günümüze kadar yapılan birçok çalışma neticesinde başta *Trichoderma harzianum* olmak üzere 100'e yakın *Trichoderma spp.* türü tespit edilmiştir (Aydın 2015). Çeşitli bitkilerin kök yüzeyinin çürüyen kabuğunda, fungusların üreme organlarının üzerinde yaşayabilme yeteneğine sahip saprofitik özellikteki *Trichoderma* fungusu, bol miktarda spor vererek çok hızlı bir şekilde çoğalırlar (Papavizas 1985). Tarımsal üretimde sıklıkla kullanılan *Trichoderma spp.* türleri, hormon benzeri metabolitler üretebilmeleri ve hem topraktan hem de organik maddeden besinleri çözme yetenekleri nedeniyle kök ve sürgün gelişimine önemli katkılarda bulunabilmeleri gibi özelliklerinden dolayı bitki büyümesini teşvik eden ve ayrıca bitkiyi stres faktörlerine karşı da korumaktadırlar. Bu fungusun ekolojik işlevlerinden birisi de topraktaki bitki artıklarının ayrışmasını teşvik etmesidir (Kredics vd. 2003).

Yedidia vd. (2001) tarafından hıyar bitkisinde yapılan bir çalışmada *T. harzianum* uygulamasının hıyar bitkilerinin kuru ağırlığının, kök ve yaprak alanının artışında önemli

artışlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Windham vd. (1986)'nın yaptıkları çalışmada domates, havuç, mısır ve tütün bitkilerine *T. harzianum* ve *T. koningii* aşılmasının bitkilerde çimlenme oranını ile birlikte kuru ağırlıklarının artırdığını da belirtmişlerdir. Domates tohumlarına *T. harzianum* uygulanan bir başka çalışmada ise tohumların çimlenme çıkış gücünde artış görülmüş ve kuraklığa karşı bitkiler daha dirençli hale gelmiştir (Mastouri vd. 2010).

2.4. Tarımsal Üretimde Mikoriza Kullanımının Önemi

Kelime anlamı “fungus kökler” olan **mikorizalar**, bitkiler alemindeki en yaygın simbiyotik yaşam şeklini oluşturan organizmalardır. Mikorizalar taksonomik olarak Zygomycetes sınıfı, Glomerales takımı, Glomeraceae familyasına bağlı olup, *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Entrophospora* spp., *Gigaspora* spp., *Sclerocystis* spp. ve *Scutellospora* spp. türlerini içermektedirler (Marschner 1995). Mikorizal funguslar Arbüsküler mikoriza, Ektomikoriza, Ektendomikoriza, Orkide Mikoriza, Monotropoid Mikoriza, Arbutoid Mikoriza, Erikoid Mikoriza, olmak üzere bitkilerle simbiyotik bir ilişki kurarlar (Kibar ve Pekşen 2007). Bu gruplar içinde Endomikoriza olarak adlandırılan Arbüsküler Mikorizal Fungus'lar (AMF) en eski ve en büyük grubu oluşturmaktadırlar (Hodge 2000; Strack vd. 2003). Bunların Arbüsküler Mikorizal Fungus'lar olarak adlandırılmasının sebebi ise fungusun hifleri kök korteks hücrelerinin içerisine girerek arbüskül adı verilen çok dallı yapıları oluşturmalarıdır. Bitki ile mikoriza arasındaki metabolit ve besin maddelerinin değişimi çoğu zaman bu arbüskül denen yapılarda gerçekleşir (Marschner 1995).

Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) bitkiye sağlamış oldukları faydalar yönünden tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptirler. Abott ve Robson (1982), AMF'nin çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzey alanını artırdığını ve kök bölgesinden uzakta yer alan su ve besin elementlerinin bu hifler aracılığıyla bitkiler tarafından kullanılabilmesini belirtmişlerdir. Rizosfer bölgesinde yaygınca bulunan mikorizal fungusun hifleri kökün yüzey alanını arttırmak suretiyle çok küçük porlara girerek su ve sadece fosforun değil aynı zamanda çinko, bakır, mangan, demir, kalsiyum, potasyum ve azot 'un alınımına doğrudan katkıda bulunmaktadır (Hayman 1982; Demir 1998). Ayrıca AMF, konukçuları olan bitkiler ile simbiyotik ilişkiye geçtiklerinde köklerin absorpsiyon kapasitesinin artması sonucunda köklerde hücre yenilenmesini de teşvik etmekte ve bunun sonucunda da kök gelişimini arttırmaktadır (Sieverding 1991). Johnson ve Pflieger (1992), bu gelişimi büyümeyi arttırıcı hormonların salgılanmasının teşvik edilmesine, su alınımının arttırılmasına ve bitkinin daha iyi beslenmesine bağlamaktadır.

Ortaş vd. (2002a, b), *G. clarium*'un turunc bitkisi için en etkin mikoriza türü olduğu belirlemiş ve mikoriza uygulamasının turunc bitkisinin besin maddelerinin alınımının arttırarak bitki büyümesini ve gelişimini teşvik ettiği bildirilmiştir. Yüksek P içeriğine sahip uygulamalarda, turuncgil bitkileri ile mikorizal oluşumunun olumsuz etkilenecek turuncgil bitkilerinin mikorizal fungusların faydalarından yeterince yararlanamadığı yapılan pek çok çalışma sonucunda bildirilmiştir (Graham vd. 1996; Ortaş vd. 2002a, b). Farklı mikoriza türlerinin Volkameriana çöğürlerinin gelişimini arttırdığı, düşük fosfor seviyesinde çöğürlerin ile mikoriza türleri arasında daha fazla simbiyotik ilişkinin kurulduğu bildirilmiştir (Fidelibus vd. 2000).

Mısraklı (2018) tarafından yapılan çalışmada, bir yaşındaki aşılınmış Carrizo sitranjı çöğürlerine mikoriza karışımı uygulanmıştır. Ayrıca mikoriza uygulanan bu bitkilere bakteriyel gübre uygulaması da yapılarak kombine edilen uygulanan uygulamaların bitki gelişimine etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda, mikoriza uygulamasının kontrol rubuna kıyasla bitkilerde büyümesi ve gelişiminin yanında klorofil miktarının da arttırdığı; ancak mikrobiyal güre uygulamalarının ise mikoriza kadar etkin olmadıkları bildirilmiştir.

2.5. Tarımsal Üretimde Oksin Kullanımının Önemi

Bitki hormonları arasında ilk keşfedilen ve bitki gelişiminin birçok aşamasında önemli rol üstlenen **oksin**'in kökeni, Yunancada "büyütmek" anlamına gelen Auxein kelimesinden gelmektedir (Woodward ve Bartel 2005). Yapılmış olan kimyasal analizler sonucunda indol-3-asetik asit'in kimyasal yapısı tespit edilmiştir (Went 1927; Kögel ve Kostermans 1934; Thimann 1935). Bitki hormonları içerisinde en çok çalışmaların yapıldığı grup olan oksin bitkilerin hemen hemen bütün büyüme ve gelişim aşamalarında etkili olabilmektedir (Salehin vd. 2015; Schaller vd. 2015). Bitkilerin genç yaprakları ile sürgün uçlarındaki dokularda sentezlenen oksin, embriyo oluşumunun ilk evrelerinde, lateral ve adventif köklerin başlangıcını kontrol etmek suretiyle ana kökün oluşumunda ve apikal meristemlerin organizasyonu sağlayarak bitkilerin toprak üstünde kalan kısımlarının dallanması gibi bitki gelişimini düzenlemekten sorumlu olan birçok olayı kontrol etmektedir. (Went ve Thimann 1937; Kieffer vd. 2010; Swarup ve Péret 2012). Oksinler ayrıca geotropizma ve fototropizmde de rol almaktadır (Kepinski ve Leyser 2005).

Cooper (1935), turuncgillerde büyümeyi düzenleyici maddelerin ilk kez limonlarda kullanılarak köklenme başarısını arttırdığını bildirmiştir. Dokuz farklı turuncgil anacının çeliklerinin köklenme oranı, kök sayısı ve uzunluğunu artırmak arttırmak amacıyla denenen farklı IBA dozlarının arasından 4000 ppm IBA dozunun daha etkili olduğu bildirilmiştir (Uzun ve Seday 2011).

2.6. Bitkilerde Stresin Anlam ve Önemi

Bitkiler içerisinde bulunduğu çevre ile sürekli etkileşim halindedirler ve birbirlerinden tamamen soyutlanamazlar. Bitkiler maksimum gelişim gösterip, verim verebilmeleri için optimum çevre şartlarına gereksinim duymaktadırlar; ancak bazen gereksinim duydukları optimum çevre şartlarının dışında olumsuz koşullara maruz kalabilmektedirler. Bu optimum koşullardan uzaklaşma süresine bağlı olarak bitkiler strese girerler. Hem verimde yüksek oranda kayıpların yaşanmasına ve hem de kalitede yüksek oranlarda düşüşe neden olan **stres**, biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkisi altında kalan bitkilerde ortaya çıkan değişimler olarak ifade edilmektedir. Stres, kendisine sebep olan etmenlere göre biyotik ve abiyotik olarak 2 gruba ayrılmaktadır. Kuraklık, tuzluluk, ultraviyole, düşük ve yüksek sıcaklık, ağır metal gibi bitki için ekstrem çevre şartlarının neden olduğu faktörler **abiyotik stres** olarak tanımlanmakta iken; virüs, bakteri ve fungus gibi canlı etmenlerin sebep olduğu stres ise **biyotik stres** olarak adlandırılmaktadır (Hirayama ve Shinoza 2010). Bitkilerin büyüme, gelişme ve üretim için genetik potansiyelin ifadesini olumsuz şekilde etkileyen stres, bitkisel üretimde ciddi ölçüde ürün kalitesinin ve miktarının azalmasına ayrıca gıda güvenliği üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

Agrios (2005), dünyada toplam tarımsal üretimin yaklaşık 1/3 diliminin biyotik stres kaynaklı (hastalıklar (%9), zararlılar (%11) ve yabancı otlar (%15)) olduğunu; hasat sonrası ürün kayıplarının da eklenmesiyle toplam ürün kaybının yaklaşık %50-70'lere ulaşabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, virüs, bakteri ve fungus gibi patojenler insan ve hayvanlardakine benzer olarak bitkilerde de strese yol açarak hastalığa sebep olan biyotik stres etmenleri çeşitli ülkelerin bitkisel üretiminde %31-42 oranında verim kayıpları meydana gelmektedir (Kılınç ve Dinler 2021).

2.6.1. Bitkilerde Biyotik Strese Karşı Bitki Savunma Sistemleri

Bitkiler herhangi bir patojen saldırısına maruz kaldıklarında daha az zararla kurtulabilmek için patojenin varlığını hızlıca tanımlayıp sahip oldukları tüm savunma sistemini devreye sokmak zorundadırlar. Patojenlerdeki avr genleri tarafından üretilen elisitör molekülleri konukçu bitkinin hücrelerinin membranlarının üzerlerine yerleşmiş olan reseptör proteinleri (R) tarafından tespit edilerek patojenin varlığı bitki tarafından algılanmaktadır. “Silah-ırk” ilişkisi olarak da tanımlanabilen bitki R genleri ve patojenlerin Avr genleri arasındaki R-Avr ilişkisinde patojenler bitkilere göre Avr genleri ve onların kodladıkları protein yapılarını her zaman daha hızlı bir şekilde değiştirebilirler (Çalış 2011).

Elisitör ve reseptör proteinleri tıpkı anahtar-kilit mekanizması gibi birbirine spesifiktir (Heese vd. 2007). Bu tanımlama ile birlikte başta reaktif oksijen türevlerinin (ROS) üretimi olmak üzere bitkinin tüm savunma sistemi aktif hale getirilir. Patojenin varlığının bitki tarafından tanımlandığı andan itibaren hücrelerdeki moleküler oksijenin parçalanması sonucu hızlı bir şekilde süperoksit anyon (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri ($OH^\cdot$) gibi reaktif oksijen türevleri üretilmeye başlanır. ROS'lar hücredeki organik molekülleri, enzimleri, nükleik asitleri ve lipitleri parçalayan moleküllerdir. Hücredeki organik moleküllerin ROS'lar tarafından parçalanması ile **Aşırı Hassas Cevap (Hypersensitive Response)** meydana gelir. Hypersensitive response ile birlikte saldırıya uğrayan hücre ve komşu hücrelerde hızlı bir şekilde intihar saldırısı misali kendilerini hızlı bir şekilde öldürerek lokal bir ölüm gerçekleşir ve bu bölgede nekroz oluşur. Böylece nekroz bölgesinin içerisine hapsolan patojenin komşu hücrelere geçişi engellenmiş olur. Örneğin patates geç yanıklığına neden olan *Phytophthora infestans* emici hifinin konukçu patates bitkisi (*Solanum tuberosum*) hücresine penetrasyonundan hemen sonra kısa bir süre içerisinde patojenin bulunduğu hücre ile çevresindeki hücreler kendilerini öldürmektedirler (Kacar vd. 2002).

Patojenin yayılmasını engelleyen bir diğer savunma mekanizması ise saldırıya uğrayan hücrelerin etrafındaki komşu hücrelerin duvarlarında bol miktarda lignin birikimi gerçekleşerek komşu hücrelerin duvarları sağlamlaştırılır yani enfeksiyonun etrafını saran bir kale duvarı misali sağlam bir fiziksel bariyer oluşturularak patojenin yayılması engellenir. Bitki hücre duvarı, patojen girişine karşı ilk engel olup, bitkilerin biyotik strese eşlik eden hücre duvarlarında lignin birikiminde ciddi bir artış olmaktadır. Aktifleşen bir diğer savunma mekanizması ise patojen bağlantılı (PR) proteinleri grubuna giren glukanaaz, kitinaaz gibi hidrolitik enzimlerin üretimidir. Bu enzimler fungusun hücre duvarının temel bileşenlerinden olan kitini parçalayarak patojenin ölümüne yol açmaktadırlar. Hipersensitive response'ın başlamasına takiben bitkide salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) sentezlenmeye başlanır. SA ve JA bitki savunmasında rol alan önemli sinyal hormonlarıdır. Sentezlenen bu hormonlar ile patojenin varlığı, enfeksiyona

uğrayan bölgeden enfeksiyona uğramayan tüm organlarına patojenin varlığının sinyali gider ve o bölgelerde patojene karşı daha da güçlü **Sistemik Kazanılmış Dayanıklılık (SAR)** oluşturulur. Bu yolla bitkinin saldırıya uğramayan tüm organlarında patojene karşı kazanılmış bir dayanım sağlanır (Adam vd. 2018). Ayrıca bitkilerde SAR direnci patojenik olmayan faydalı organizmalar tarafından da indüklenebilmektedir (Shafi vd. 2017).

Fungusların hücre duvarının yapısında ana madde olarak kitin ve kitin liflerine bitişik β -1,3- ve β -1,6-glukan bulunmaktadır. Fungus hücre duvarı esas olarak hücre zarına yakın konumlanmış kitin, kitin liflerine bitişik β -1,3- ve β -1,6-glukan ve en dış kısmı olarak mannoproteinlerden oluşur (Fesel ve Zuccaro 2016). Doğada selülozdan sonra en fazla bulunan ve pek çok fungusun hücre çeperi için karakteristik polisakkarit olan kitin, böcekler ve örümcekler gibi eklembacaklıların sert kabuklarında ve dış iskeletinde de bulunmaktadır (Khoushab ve Yamabhai 2010).

Kitinaz enzimi ilk kez 1911 yılında Bernard tarafından orkide soğanlarında, termosensör görevi ve antifungal ajan olarak bulunmuştur (Sharma vd. 2011). Bulunduğu tarihten itibaren birçok çalışmada bu enzimin kitin ve türevlerini parçaladıkları belirtilmiştir (Stryer 1988; Madigan vd. 1997; Chanpen vd. 1999). Kitinaz enziminin fungal patojenlerin hücre çeperleri ile birlikte misellerini parçalama özelliğinden dolayı bitkiler biyotik strese maruz kaldıklarında savunma mekanizması olarak kitinaz enzimini üreterek patojeni öldürebilmektedir. Evrimsel süreç içerisinde bitkiler patojenler tarafından sık sık saldırıya uğramışlar ve bu saldırılara karşı geniş bir savunma mekanizması geliştirmişlerdir. Bu savunma mekanizmalarından en önemlileri ise fitoaleksin üretimi ve PR proteinlerinin sentezi (β -1,3-Glukanazlar ve kitinazlar gibi enzimler)'dir (Sharma 2013). PR genleri, patojenleri önlemede önemli bir rol oynayan β -1,3 glukanazları ve kitinazları kodlamaktadırlar (Sudisha vd. 2012). Bitki kitinazları patojen bağıntılı (PR) proteinlerin içinde kategorize edilip bunların önemli bir kısmını içermektedirler (Xayphakatsa vd. 2008). Ayrıca bitkilere etilen gibi büyüme düzenleyicilerin uygulanmasıyla da kitinazlar indüklenebilmektedirler (Kasprzewska vd. 2003). Bitkiler tarafından üretilen PR proteinleri, biyotik stres esnasında SAR mekanizmasına dahil olarak antibakteriyel, antifungal, antiviral, insektisidal, ve nematisidal etki gösterirler (Li ve Yi 2012; Adrangi ve Faramarzi 2013; Hilooğlu 2017).

2.6.2. Biyotik Stres Etmeni Olarak *Phytophthora citrophthora*

Turunçgillerdeki en önemli biyotik stres etmenlerinden bazıları; meyvelerde kahverengi çürüklük ve gövde zamklanmasına neden olan *Phytophthora citrophthora*, Uçkurutan (*Phoma tracheiphila*) ve Tristeza virüsü (Citrus Tristeza Virus-CTV)'dür (Aktete vd. 1997). Turunçgil hastalıklarının birçoğu funguslar tarafından meydana getirilmektedir. (Whiteside vd. 1988). Turunçgil hastalıklarına neden olan başlıca 4 önemli fungal hastalık etmeni *Phytophthora* spp. türleri, *Phoma tracheiphila*, *Penicillium digitatum* ve *P. italicum* ile *Alternaria alternata* f.sp. *citri*'dir. Bu hastalık etmenleri içerisinde insan diyetinde büyük bir öneme sahip olan turunçgil ağaçlarının performansında ciddi kayıplara sebebiyet veren en önemli fungal hastalıkların başında *Phytophthora* cinsine ait türler gelmektedir (Waterhouse 1963). Bu hastalıklar içerisinde, *P. citrophthora*, *P. nicotiana* var. *parasita*, *P. palmivora*, *P. hibernis* ve *P. syringae* görülen başlıca fungal hastalıklardır (Klotz 1978).

Akdeniz bölgesinde turunçgil yetiştiriciliği yapılan alanlarda ciddi ekonomik kayıplara neden olan *P. citrophthora*, bol yağışlı ve uygun sıcaklıklarda gelişmesi sürekli artarken, olumsuz koşullarda gelişimi azalan toprak ve su kökenli bir hastalık etmenidir (Başpınar 1995). Fungusun yayılması enfeksiyon yapabilmesi zoosporları ile aracılığıyla olmaktadır. Hastalık etmeninin bulaşması, kök ucunda ve genç sürgünlerde ise enfeksiyon zoosporların doğrudan penetrasyonu ile olurken, kabuk dokusunun enfeksiyonu için ise kabuk dokusunda yaralanma olmalıdır. Hastalık, fidanlıklarda ağaçlarda ve meyvelerde zarar yapmaktadır. Fidanlıklarda çökertene, yeni kurulmuş bahçeler ve genç ağaçlar ile yetişkin ağaçlarda kılcal köklerin çürümesine ve gövde kabuğunda büyük yaralar meydana gelerek zamklanmaya neden olmaktadır. Kök çürüklüğü ile gövdenin üst kısımlarında akıntıya (zamklanma) ve meyvelerde kahverengi çürüklüğe neden olan *Phytophthora citrophthora*'nın kılcal köklerde meydana gelen enfeksiyonlar daha çok ağacın gelişimini zayıflatarak ürün kaybına neden olurken, gövde enfeksiyonları ise daha ciddi zararlara sebep olmaktadır. Ağaç üzerinde enfeksiyona uğrayan meyvelerde önce kahverengi lekeler oluşur ve meyveler zamanla derimsi bir görünüm kazanarak dökülürler. Gövde de meydana bu enfeksiyonlar bilezik alma etkisi yaparak ağacı öldürebilmektedir. Hasat sonrasında ise meyveler de depolandıkları alanlarda önce kahverengi lekeler oluşur ve daha sonra bu lekeler üzerinde beyaz renkli bir tabaka meydana gelir. Çok yağışlı bölgelerde yapraklarda ıslak, koyu renkli alanlar oluşarak ve ilerleyen dönemlerde yapraklar dökülür. *P. citrophthora* ile enfekte olan meyveler, belirgin bir koku ile karakterize edilen kahverengi çürüklük semptomlarına sahip olurlar. Ülkemizde ciddi verim kaybına neden olan *P. citrophthora* etmeni 4 °C ve altındaki ve 32 °C üzerindeki sıcaklıklarda enfeksiyon meydana getirmemektedir. Fungus, 26-28 °C de optimum gelişim göstermektedir (Whiteside 1970, 1973; Göksedef 1980).

Ekonomimizde önemli bir yeri olan turunçgil ağaçlarında gövdede, kök ve kök boğazında enfeksiyon yaparak ağaçların sararmasına ve kurumasına sebep olarak ekonomik kayıpların en büyük sebeplerinden birisi olan (Vial vd. 2006), *Phytophthora citrophthora*, ilk olarak Azorlar'da ciddi kayıplara neden olduğu belirlenmiştir (Waterhouse ve Waterston 1966). Depolanmakta olan sağlam olan turunçgil meyvelerinin %55-75'inde *P. citrophthora* kaynaklı çürüme meydana gelmektedir (Salih 1974). *P. citrophthora* ve *P. nicotianae* var. *parasitica*'nın Brezilya turunçgil bahçelerinde zarar veren en önemli fungal hastalıklardan sadece iki tanesidir (Feichtenberger 1990).

2.6.2.1. Turunçgillerde *P. citrophthora* Hastalık Etmeninin Kontrolü

Turunçgil üretiminde diğer modern meyve üretimlerinde olduğu gibi anaçlar büyük bir öneme sahiptirler. Yetiştiricilikte anaçlar çeşitli amaçlar için kullanılırlar ve üzerlerine aşıllı olan çeşitleri büyüme, gelişme ve verimlilik gibi birden fazla yeni özellikler bakımından etkilemektedirler. Bir diğer deyişle doğru anaç seçimi, üzerine aşıllı bitkiyi hem biyotik (hastalıklar, böcek ve zararlılar) hem de abiyotik (kuraklık, tuzluluk, su tutma ve soğuk) stres faktörlerine karşı bitkiyi korumasının yanında üzerine aşıllı çeşidin verimini arttırdığı ve meyve kalitesini geliştirmesi gibi faydaları bakımından çok mühimdir (Bolat ve İkinci 2019).

Vial vd. (2006), tesis edilen turunçgil bahçelerini *P. citrophthora* 'ya karşı Carrizo sitranjı ve Makrofilla gibi dayanaklı olan anaçlar tercih edilerek korunabileceğini bildirmişlerdir. Çınar (1975), Turunçgil türleri arasında limon çeşitleri *P. citrophthora* 'ya

karşı dayanıklılıkta mandarin ve portakal çeşitlerine göre daha hassas, mandarin çeşitlerinin ise portakal çeşitlerine göre daha dayanıklı olduklarını bildirmiştir. Alvarez vd. (2011) tarafından yürütülen bir diğer araştırmada ise *P. citrophthora*'ya karşı Carrizo sitranjı ve Turunç anaçlarının ise dayanıklı, Klemantin mandarinini çeşidi olan Hernandina ve portakal çeşidi olan Nave Late'in ise çok hassas olduklarını bildirmişlerdir.

Deryaoğlu (2011), 33 turunçgil çeşidi ile beraber 14 turunçgil anacının *P. citrophthora*'ya karşı dayanıklılığını araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda, en dayanıklı mandarin çeşidi Napolitana, en hassas olanı ise Ortanique çeşidi olduğunu bildirmiştir. Navelina ve Fukumoto portakal çeşitleri arasında yüksek duyarlılığa sahip olduğunu anaçlar arasında ise hastalık etmenine karşı en dayanıklı Turunç, en duyarlı olanlar ise Orlando tanjelo ve Meksika laymı anaçları olduğunu bildirmiştir.

Tarımsal üretime zarar veren organizmalara karşı biyolojik mücadele de kitinaz üreten mikroorganizmalar sıklıkla kullanılmaktadır (Sharma vd. 2011). Bitki hastalıkları ile mücadelenin temel felsefesi patojen organizmalara karşı antagonistlerden faydalanma üzerinedir. Rekabet, antibiyosis, hiperparazitizm, çapraz koruma ve konukçu bitkilerde sistemik dayanıklılığın uyarılması biyolojik mücadelede etkili olan mekanizmalardır (Kotan 2002a).

Bacillus spp. türleri biyolojik kontrol ajanları arasında en çok çalışılan biyokontrol mikroorganizmalardan birisidir (Dimkic vd. 2022). *Bacillus* spp. türleri bakteriyel antagonistlerin içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, *Bacillus* bazlı biyokontrol ajanları biyopestisitler alanında temel bir rol oynamakta ve tarımda başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar (Shafi vd. 2017). Hızlı çoğalabilme yeteneğine sahip olan *Bacillus* spp. türleri, bitki büyümesini desteklemesinin yanında, hastalıklara karşı bitki savunma mekanizmasının güçlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadırlar (Compant vd. 2005). PGPB'lerin bitki gelişimini ve verimini teşvik etmelerinin yanında, patojenin gelişimini engelleyici antibiyotik ve enzimlerin üretimini, patojen ile rekabete girmek suretiyle çok çeşitli bitki patojenlerine karşı etkili olduğu pek çok çalışma ile desteklenmiştir. (Calvo vd. 2016; Xiang vd. 2017; Wang vd. 2019).

Bitki büyümesinde önemli bir görev üstlenen bu hormonlar aracılığıyla bitkilerin topraktan bitki besin elementlerinin alınımı artmakta ve bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere karşı savunma direnci de güçlenmektedir (Srivastava 2002; Ghanashyam vd. 2009). *Bacillus subtilis* bu tür hormonların biyosentezini arttırabilme ve bitkilere hastalığa karşı dayanıklılık kazandırabilme yeteneğine sahiptir (Chowdappa vd. 2013). Bitkilere *Bacillus amyloliquefaciens* ve *Bacillus cereus* uygulamalarının bitki dokularında artan savunma ile ilgili gen PR1, savunma ile ilgili enzimlerin (kitinaz, β -1,3-glukanaz, peroksidaz (PO), polifenol oksidaz (PPO) ve süperoksit dismutaz) ve H_2O_2 birikiminin hastalığa karşı bitkide direnç seviyesinin arttığı belirtilmiştir (Wang vd. 2014; Jiang vd. 2015). *Phytophthora cactorum*'a karşı SAR'in uyarılması için *B. amyloliquefaciens* uygulamasının hastalığın enfeksiyonunda azalmalar meydana gelmiştir (Lee vd. 2015).

Zouaoui vd. (2019), Kuzeydoğu Tunus'daki klemantin ağaçlarında ciddi ekonomik kayıplar oluşturan *P. citrophthora*'ya karşı potansiyel biyokontrol ajanlar araştırmışlardır. Araştırmada, bitkilerin köklerinden 69 adet bakteri izole edilmiş ve antagonistik aktiviteleri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları *in vitro* testler sonucunda *P. citrophthora*'ya karşı güçlü büyüme gösteren beş izolat seçilerek rDNA'nın

16S bölgesinin fenotipik özelliklerine, biyokimyasal testlerine ve sekans analizlerine dayanarak, bakteriler *Bacillus pumilus* (S19), *Bacillus amyloliquefaciens* (S24), *Bacillus siamensis* (S54), *Paenibacillus polymyxa* (S31) ve *Pseudomonas veronii* (S40) olduklarını tespit etmişlerdir. Sera denemeleri sonucunda S24 ve S31 izolatlarının bitkilerde hastalık tarafından sebep olunan enfeksiyon alanlarını önemli ölçüde azalttığını ve S24 izolatı *P. citrophthora* gelişimini %35'e kadar düşürdüğünü bildirmişlerdir.

İlk kez *Rhizoctonia solani* üzerinde parazitik etkili fungal bir biyolojik mücadele ajanı olarak antifungal etkisi ortaya konulan (Weindling 1932) *Trichoderma* spp. türleri, günümüze kadar yapılan pek çok çalışmada, bitki kök rizosfer bölgesini kolonize ederek bitki gelişimi teşvik etmesinin yanında konukçusu olduğu bitkiyi biyotik ve abiyotik stres etmenlerine karşı bitki sağlığını koruduğu bildirilmiştir (Kleifeld ve Chet 1992; Howel 2003; Harman vd. 2004; Bae vd. 2009). Bitkisel üretim açısından *Trichoderma*'ların önemi, bitkilerin daha sağlıklı ve iyi gelişimine olan katkılarına ek olarak özellikle toprak kaynaklı bitki patojenlerinin gelişimini engelleyerek hastalığın biyolojik kontrolünde rol almasıdır (Kleifeld ve Chet 1992; Vinale vd. 2006). *Trichoderma* spp. türleri biyokontrol ajanı olarak bitki patojenlerinin mücadelesinde uzun süredir kullanılmakla birlikte, biyopestisit, bitki gelişim düzenleyici ve toprak düzenleyicisi olarak ticari ürünleri mevcuttur (Kılınç ve Dinler 2021).

Yapılan çalışmalarda kitinaz ve glukanez gibi enzimlerin fungal hücre duvarını oluşturan polisakkarit, kitin ve β -glukan'ın parçalanmasını sağlayarak bitki patojenlerinin baskı altına alınmasından sorumludur (Howell 2003). *Trichoderma* spp. türleri patojen hücre duvarını parçalayan kitinaz ve glukanez enzimlerini sentezlemektedir (Błaszczuk vd. 2014). *T. harzianum* ve *T. hamatum* gibi türler, patojenin hücre duvarını parçalayıcı özelliğe sahip olan kitinaz, glukanez ve proteaz gibi enzimleri üreterek antifungal etki gösterirler (Elad vd. 1981). *Pythium ultimum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı β -1,3- ve β -1,6 glukanez genleri aktarılan *Trichoderma virens*'nin patojenlerin önlenmesinde olumlu sonuçlar alınmıştır (Djonivic vd. 2007). *T. harzianum* uygulamasının hıyar bitkilerinin yaprak ve köklerinde antifungal özelliğe sahip peroxidaz ve kitinaz enzim aktivitelerinin arttığı belirtilmiştir (Yedidia vd. 1999).

Akteke vd. (1997), Antalya'da 1987-1993 yılları arasında Kaba limon meyve ve çöğürleri üzerinde *P. citrophthora*'ya karşı *Bacillus* spp. ve *Trichoderma* spp. türlerinin antagonistik etkisi araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda, meyve enfeksiyonlarına karşı *Bacillus* spp. türleri %50, *Trichoderma* spp. türleri ise %50.0-58.3 oranında etkili olurken, gövde zamklanması bakımından ise *Bacillus subtilis* %50.1 ve *Trichoderma* spp. ise %33.33 oranında etkili olduklarını bildirmişlerdir.

Turunçgillerde önemli zararlanmalara sebep olarak ekonomik kayıplara yol açan başta *P. citrophthora* olmak üzere *Phytophthora* spp. hastalıklarının yönetiminde kullanılan kimyasal pestisitler sürekli tekrarlanması gerek maliyeti yüksek uygulamalar haline gelmiştir. Fidanlıklarda, metalaxyl ile birlikte toprak solarizasyonu yapmak bu fungusların gelişimini %50 oranında azaltmada önemli bir faydasının yanında, yabancı ot kontrolü içinde önemlidir. *Phytophthora* spp.'ya karşı dayanıklı turuncgil genotiplerinin belirlenmesi ise uzun vadeli bir yaklaşımdır. Hastalığa karşı yapılan toleranslı anaçların tespit edilmesi amacıyla yapılan saha taraması çalışmalarında ise Rangpur laymı *Phytophthora* spp.'ya karşı toleranslı bulunmuştur. Ayrıca *P. citrophthora*'ya karşı *Trichoderma* spp. ve *Bacillus subtilis* gibi güçlü biyolojik ajanlar yoluyla biyolojik

yönetiminin hem *in vitro* hem de saha koşullarında etkili olduğu bulunmuştur, bu nedenle Hindistan'da biyolojik ajanların kullanımının düşük maliyetli turuncgil üretiminde etkili bir yol olduğunu bildirilmiştir (Siddiqui vd. 2019).

Mikorizalar, tarımda fungusların gerek bitki büyümesi ve gelişiminin teşvik edilmesi gerekse bitki korumada biyopestisit olarak başarılı bir şekilde kullanılan funguslardır (Avan ve Kotan 2021). Arbüsküler mikorizal fungusların kültür bitkilerinde de büyük ekonomik kayıplar oluşturan *Phytophthora* spp. gibi bitki hastalıklarına karşı hastalık şiddetini azalttığına yönelik pek çok çalışmanın sonucunda bildirilmiştir (St-Arnaud vd. 1994; Vigo vd. 2000; Karagiannidis vd. 2002; Whipps 2004).

Arbüsküler mikorizal fungusların kültür bitkilerinde de büyük ekonomik kayıplar oluşturan *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. gibi bitki patojenleri tarafından neden olunan bitki hastalıklarına karşı hastalık şiddetini azalttığına yönelik pek çok çalışma vardır (St-Arnaud vd. 1994; Vigo vd. 2000; Karagiannidis vd. 2002; Whipps 2004). Pozo vd. (1999) tarafından *P. parasitica* 'ya karşı *G. mosseae* ve *G. intraradices* 'nin SAR etkinliğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, domates bitkisi köklerinde *Phytophthora* hücre duvarı üzerinde litik etki gösteren kitinaz enzimleri, β -1,3 glukanaz ve süperoksit dismutaza kadar birçok enzim tespit edilmiş ve AMF uygulamasının bitkilerde sistemik dayanıklılığın artırılması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. *Phytophthora fragariae* 'ye karşı çilek bitkisi köklerine *G. etunicatum* ve *G. monosporum* inokule edilmiş ve sırasıyla %83 ve %89 oranında enfeksiyon gelişimini azalttığı belirlenmişlerdir (Norman ve Hooker 2000).

Turuncgillerde *G. clarium* uygulamasının *P. citrophthora* 'ya karşı belirli oranda başarı sağlamıştır (Canihoş 2003). Benzer şekilde, Dwiastuti vd. (2019), farklı turuncgil anaçlarında arbüsküler mikorizal fungus türlerinin morfolojik karakterler temel alınarak tanımlanan *P. parasitica*, *P. palmivora*, *P. citrophthora* kaynaklı kök çürüklüklerini kontrol etme potansiyelini araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda, arbüsküler mikoriza fungusunun *Phytophthora* spp. 'ya karşı bitki dayanıklılığını artırma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiş ve *Glomus* spp. türleri hastalığa karşı bitki dayanımını artırma potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Oksin ve türevlerinin bitkilerin büyümesi ve gelişiminde doğrudan etkili olan temel faktörlerden birisi olduğu kanıtlanmasının yanında salisilik asit sinyal yoluyla biyotik strese sebep olan toprak kökenli patojenlere karşı koruma sağladığı son dönemlerde yapılan birçok çalışma tarafından vurgulanmıştır (Kazan ve Manners 2009; Peleg ve Blumwald 2011; Kohli vd. 2013; Yin vd. 2014; Chancelud ve Morel 2016). Streslere yanıt olarak Reaktif Oksijen Türevlerinin (ROS) üretimi spesifik oksin sinyal basamaklarını tetiklerler (Schopfer vd. 2002; Lindermayr ve Jörg Durner 2015; Saddhe vd. 2019).

Noël vd. (2001), *P. infestans* 'a karşı farklı IAA uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada 30 gün boyunca saksılarda yetiştirilen Patates (*Solanum tuberosum* L. ev. Pampeana) bitkileri yaprakları farklı dozlarda IAA ile muamele edilmiştir. Çalışmanın sonucunda IAA uygulamalarının, patates yapraklarında *Phytophthora infestans* tarafından üretilen hastalık şiddetini azalttığı tespit etmişlerdir.

10 µM'lik bir IAA uygulamasının, hastalık şiddetinde %50'lik bir düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Zhang vd. (2018), armutlarda 100–500 µg mL⁻¹'de 24 ila 48 saat arasında IAA uygulamasının *Penicillium expansum* hastalığına karşı dayanıklılığı önemli ölçüde arttırmasına rağmen *in vitro* ortamda yaptıkları çalışmada ise herhangi bir antifungal etki gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı Turunçgil anaçları olan Carrizo stranjı ve Turunç anaçları üzerine arbusküler mikoriza, *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., Oksin uygulamalarının oluşturduğu fizyolojik, morfolojik parametre değerlerindeki farklılıkları ortaya koymak, bu farklı uygulamaların turunçgil anaçlarında hastalık yapan *Phytophthora citrophthora* fungal etkisini ortaya koymak ve alternatif mücadele yöntemlerini belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal

Denemede bitkisel materyal olarak 1.5 L hacme sahip saksılarda geliştirilen Turunç (*C. aurantium* L.) ve Carrizo sitranjı (*Citrus sinensis* (L.) Osb. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) anaçları kullanılmıştır. Bu anaçların tohumları Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün (BATEM) Kayaburnu biriminden temin edilmiştir. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Seralarında ocak (2022) ayında tohumların ekimi yapılmış ve seçilen nüseller çöğürler ağustos ayında torf, perlit, kokopit ve kum ortamı (2:2:1:1)'na şaşırtılmıştır.

Turunç (*Citrus aurantium* L.)

Akdeniz bölgesinin en önemli anacı olup, kökleri derin ve orta derece dallanma göstermektedir. Kuraklık toleransı orta derece olan Turunç anacı üzerindeki çeşitler, yüksek tuzluluk ve yüksek pH'ya karşı adaptasyonları iyi olup, bu tür topraklarda kolayca yetiştirilmektedir (Wutscher 1979). Ayrıca *P. citrophthora*'ya karşı orta derece dayanıklılık gösteren Turunç anacı, genellikle ağır ve geçirimsiz özelliğe sahip topraklarda yetiştirilebilmektedir (Syvertsen vd. 1983). Tristeza virüsü (CTV)'ne karşı oldukça hassas olmasından dolayı dünyada hastalığın görülmediği tüm turunçgil alanlarda yetiştiriciliği kolaylıkla yapılabilir (Davies ve Albrigo 1994).

Carrizo Sitranjı (*Citrus sinensis* (L.) Osb. X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.)

Sitranj grubu içerisinde en dikkat çeken iki anaçtan biri olan Carrizo sitranjı (*Citrus sinensis* (L.) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) üç yapraklı portakalın dona karşı olan dayanımını portakala aktarmak amacıyla ana ebeveyn olarak "Washington" göbekli portakalı ile baba ebeveyn olarak *P. trifoliata* melezi olarak elde edilmiştir (Savage ve Gardner 1965). Klonal anaç olarak kolaylıkla çoğaltılabilmesinin yanında kumlu ve kumlu tınlı bünyeye sahip topraklarda orta derece iyi yetişmesine karşın yüksek pH'ya sahip topraklarda ise gelişimi zayıftır (Hutchison 1977; Wutscher 1979). *P. citrophthora*'ya karşı orta derece dayanıklılık göstermektedir (Davies ve Albrigo 1994).

3.1.2. Mikoriza, Oksin hormonu, Mikrobiyal gübreler ve *Phytophthora citrophthora*

Deneme kapsamında kullanılan mikoriza, mikrobiyal gübrelerin kimyasal içerikleri ve *Phytophthora citrophthora*'ya dair bilgiler aşağıda verilmiştir.

1. Mikoriza: Bioglobal firmasından temin edilen Endo Roots Soluble mikoriza kullanılmıştır. Bir paket ambalajda (250 g⁻¹ da)' te kokteyl şeklinde (*Glomus* spp: *G. aggregatum*, *G. deserticola*, *G. intraradices*, *G. clarum*, *G. monosporus*, *G. margarita*, *G. etunicatum*, *G. mosseae*, *G. brasilianum*) mikoriza karışımı bulunmaktadır ve toplamda 1 x 10⁴ adet canlı organizma bulunmaktadır.

2. Oksin hormonu: Odak Tarım firmasından temin edilen Corbomin (NPK 'lı sıvı organomineral gübre çözeltisi+IBA) kullanılmıştır.

3. *Trichoderma* spp.: Bioglobal firmasından temin edilen %1.15 *Trichoderma harzianum* Rifai Irk KRL-AG2 (T22) 400 milyonspor/g kullanılmıştır.

4. *Bacillus* spp.: Çalışmada Bioguard firmasından temin edilen *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus Subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium* ırkları koktely halinde uygulanmıştır.

5. *Phytophthora citrophthora*: *P. citrophthora* izolatı BATEM'den temin edilmiştir.

3.1.3. Uygulamalar

1. Tohum aşamasında yapılan uygulamalar

Denemede kullanılan çöğürlerin tohumları Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün (BATEM) Kayaburnu biriminden temin edilmiştir. Turunç ve Carrizo sitranjı meyvelerinden çıkartılan tohumlar (Şekil 3.1), hastalıklardan ari çöğür eldesi için funguslara karşı etkili olan Fosetyl-Al (Aliette 800WG) etkili maddeye sahip fungusit ile ilaçlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Meyvelerden çıkarılan tohumların genel görünümü



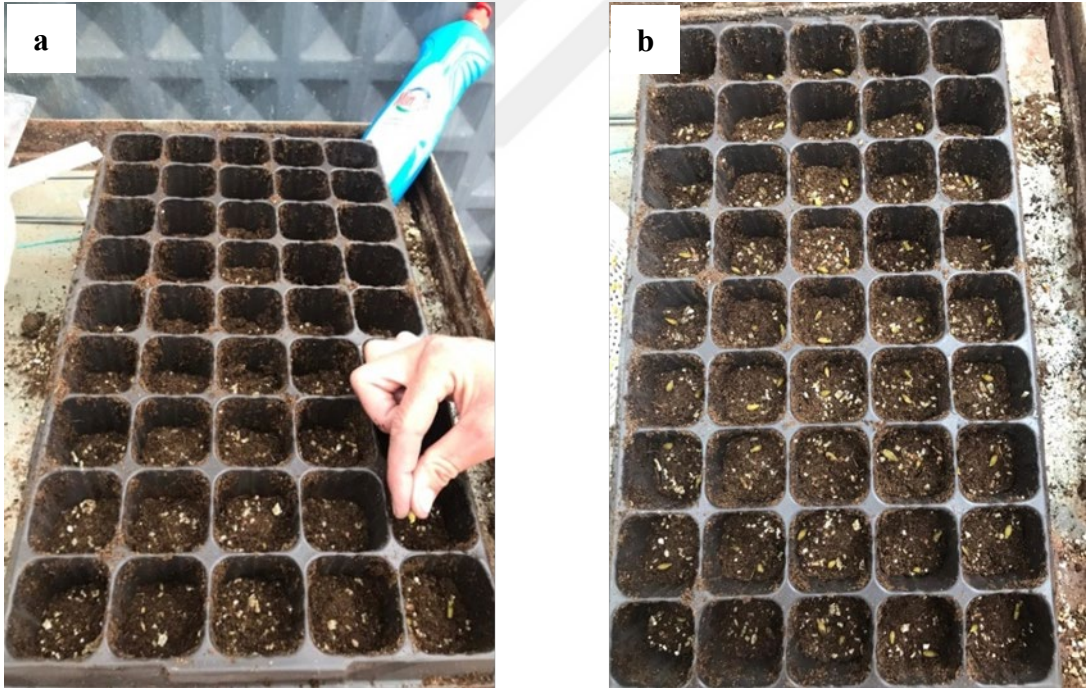
Şekil 3.2. Tohumların ilaçlanması aşamasından genel bir görünüm

Tohum çimlendirmede kullanılan 45 (5x9) gözenekli viyollerde dezenfeksiyon amacıyla Fosetyl-Al (Aliette 800WG) etkili maddeye sahip fungusit ile önce ilaçlanmış (Şekil 3.3) ve ardından bol su ile yıkanmıştır.



Şekil 3.3. Çimlendirmede kullanılan viyollerin ilaçlanması aşamasından genel görünüm

Ocak (2022) ayında dezenfekte edilen tohumların ekimi torf ve vermikulit (1:1) içeren ortama yapılmıştır (Şekil 3.4). Ağustos ayına kadar geçen süre boyunca düzenli bakım işlemleri yapılmış (Şekil 3.5) ve bitkilerin deneme için uygun hale gelmelerinin ardından uygulama sürecine başlanmıştır.



Şekil 3.4. a) Tohumların ekim aşaması **b)** Ekim sonrası viyolün genel görünümü

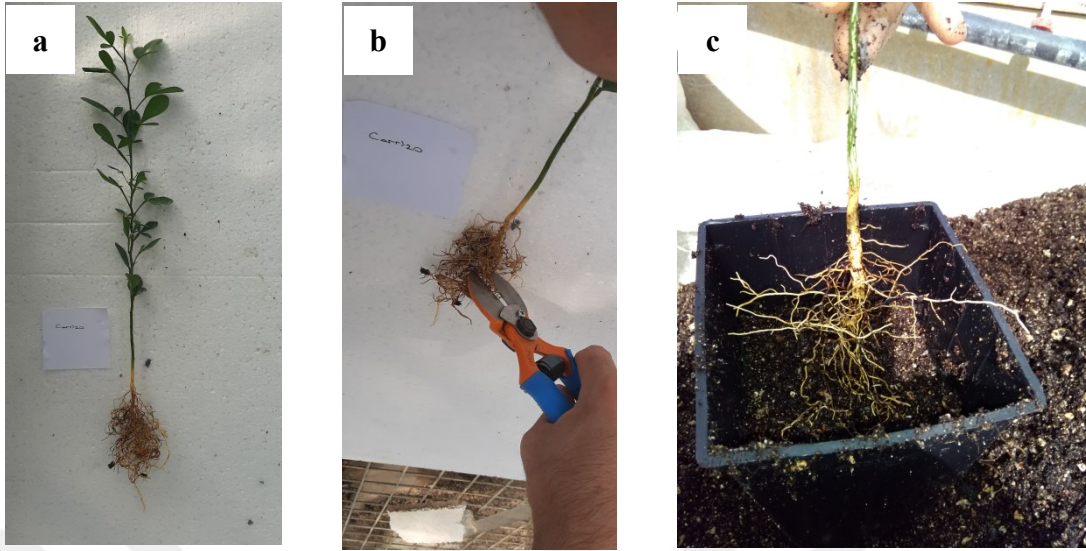


Şekil 3.5. Çöğürlerin yetiştirilmesi aşamasından görünüm

Çalışmada çöğürlerin şaşırtılması için kullanılacak torf, perlit, kokopit ve kum (2:1:1:1) karışımından oluşan ortam kullanılmıştır (Şekil 3.6a). Ortamın diğer mikroorganizmalar tarafından sebep olan herhangi bir kontaminasyona maruz kalmaması amacıyla 121 °C’ de 20 dk boyunca otoklavda steril edilmiş (Şekil 3.6b) ve ardından çöğürlerin şaşırtılması işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Denemede kullanılan ortamın hazırlanması aşamasından görünüm **a)** Ortamın hazırlanması **b)** Ortamın steril edilmesi aşaması



Şekil 3.7. Çöğürlerin şaşırtılması aşamasından görünümler **a)** Kökleri kıvrılmış çöğürün genel görünümü **b)** Kök budaması aşaması **c)** Kök budaması yapılmış çöğürün saksıya şaşırtılması aşaması

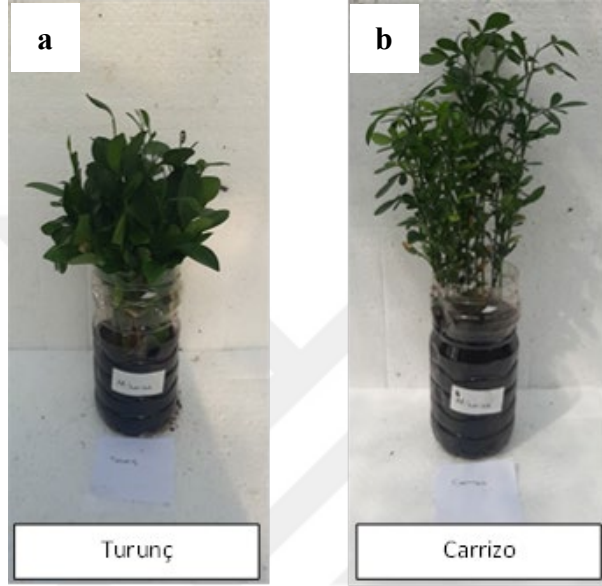
2. Fidan aşamasında yapılan uygulamalar

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Seralarında gerçekleştirilmiştir. Denemede çöğürlerin saksılara şaşırtılması aşamasında 10 (on) farklı uygulama kullanılmış ve bu uygulamalar aşağıda açıklanmıştır.

1. Kontrol (K)
2. Mikoriza (M)
3. Oksin (O)
4. *Trichoderma* spp. (T)
5. *Bacillus* spp. (B)
6. Mikoriza + Oksin (M+O)
7. *Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp. (T+B)
8. *Phytophthora citrophthora* (P)
9. Mikoriza + *P. citrophthora* (M+P)
10. *Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp. + *P. citrophthora* (T+B+P)

Kontrol: Bitkilere standart gübreleme dışında hiçbir uygulama yapılmamıştır.

Mikoriza: Denemede bitkilerin şaşırtılması esnasında 1 L klor içermeyen saf suyun içerisine 50 g mikoriza karışımı eklenerek 10 dakika boyunca homojen karışım oluncaya kadar karıştırılmıştır. Çöğürlerin kökleri karışımın içerisine daldırılarak yaklaşık 1 dakika boyunca bekletilmiş (Şekil 3.8) ve hemen ardından şaşırtma işlemi yapılmıştır. Daha sonra aynı oranda karışım tekrar hazırlanmış ve 7'şer gün aralıklarla toplamda 4 defa olmak üzere her bir çöğürün kök bölgesine 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Çöğürlere mikoriza uygulaması aşamasından görüntüler **a)** Turunç anacı **b)** Carrizo sitranjı anacı

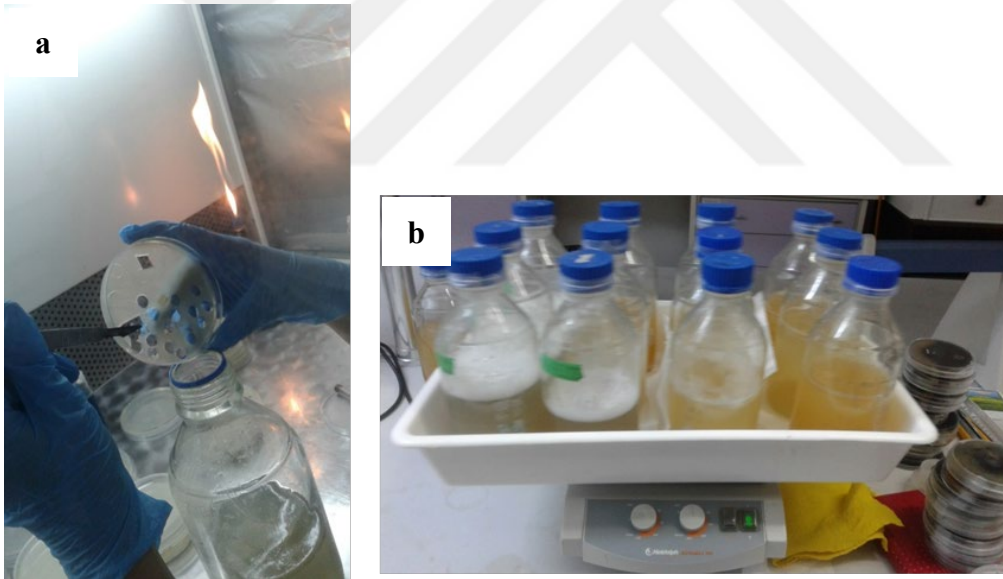


Şekil 3.9. Çöğürlere mikoriza uygulamasından bir görünüm

***Phytophthora citrophthora*:** Sıvı besi yeri hazırlığı aşamasında içerisine 400 ml saf su bulunan cam şişelerin içerisine önceden doğranmış olan patatesleri ilave edilerek 121 °C’ de 20 dk boyunca otoklav edilmiştir. Otoklav edilen ortam steril kabinin içerisinde soğutulduktan sonra Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamında gelişen (Şekil 3.10), *P. citrophthora* bistüri yardımıyla küçük küçük parçalar kesilerek sıvı besi ortamı içerisine atılmış (Şekil 3.11a) ve cam şişelerin kapakları parafilmlemlenmiştir. Son aşamada ise çalkalayıcıda 10 gün boyunca 100 rpm de çalkalanmıştır (Şekil 3.11b).

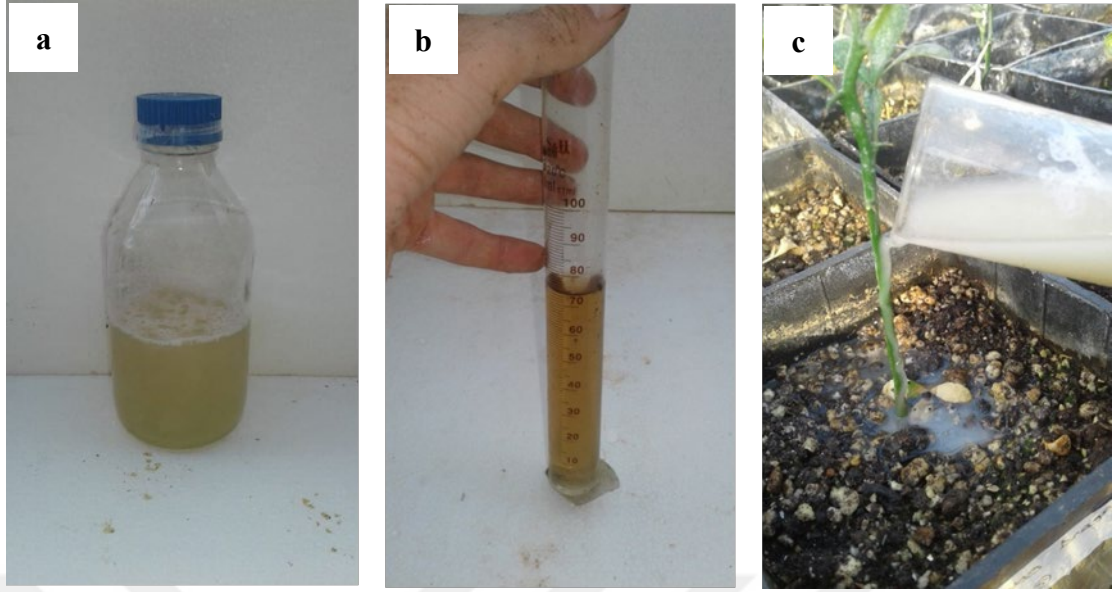


Şekil 3.10. PDA besi ortamında gelişen *P. citrophthora* izolatlarından görünüm



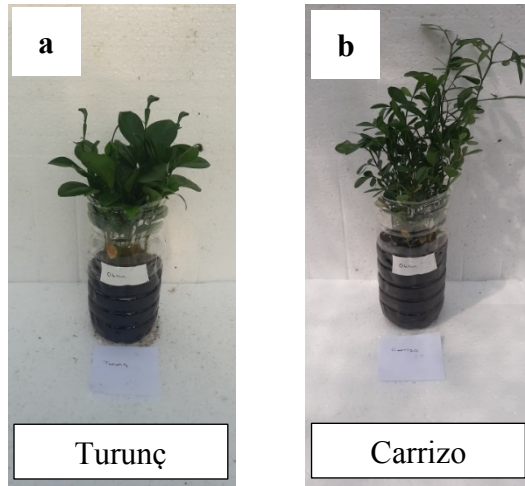
Şekil 3.11. Sıvı besi yeri hazırlığı aşamasından görüntüler **a)** *P. citrophthora* izolatının küçük parçalar halinde kesilip sıvı besi ortamına eklenmesi aşaması **b)** Hazırlanan solüsyonun çalkalayıcıda çalkalanması aşaması

10 gün boyunca sıvı besi ortamında gelişen fungus solüsyonundan (Şekil 3.12a), spor yoğunluğu hemocytometer ile 2×10^5 zoospor/ml yoğunluğa ayarlanarak, steril su içerisine konulmuştur. Solüsyondan 75 ml alınmış (Şekil 3.12b) ve patojen inokulasyonu yapılacak olan çöğürlerin kök çevresine dökme yoluyla inokule edilmiştir (Şekil 3.12c) (Ozgonen and Erkilic 2007).



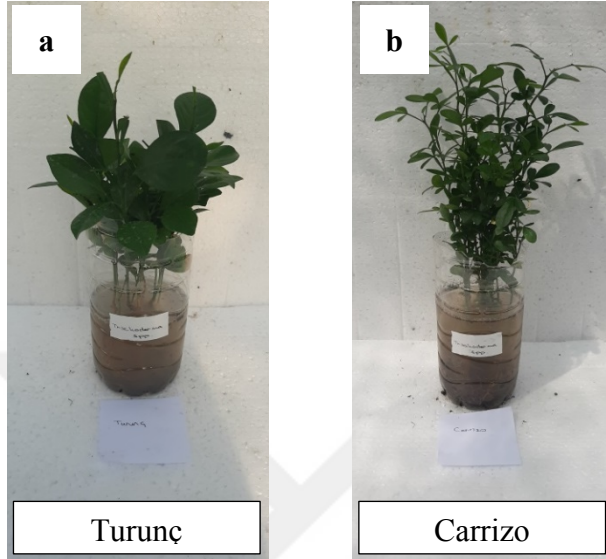
Şekil 3.12. *P. citrophthora* inokulasyon aşamasından görünümüler a) Sıvı besı ortamı içerisinde gelişen hastalık izolatının görünümü b) Bitkilere inokule edilecek hastalık solüsyon miktarının beherle ölçülmesi aşaması c) Hastalığın çöğürlere inokule edilmesi aşaması

Oksin: Denemede bitkilerin şaşırtılması esnasında 1 L saf suyun içerisinde 10 ml Carbomin eklenerek homojen karışım elde edilinceye kadar karıştırılmış ve çöğürlerin kökleri karışımın içerisinde daldırılarak yaklaşık 1 dakika boyunca bekletilmiştir (Şekil 3.13). Daha sonra aynı oranda karışım tekrar hazırlanmış ve 7'şer gün aralıklarla toplamda 4 defa olmak üzere her bir çöğürün kök bölgesine 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır.



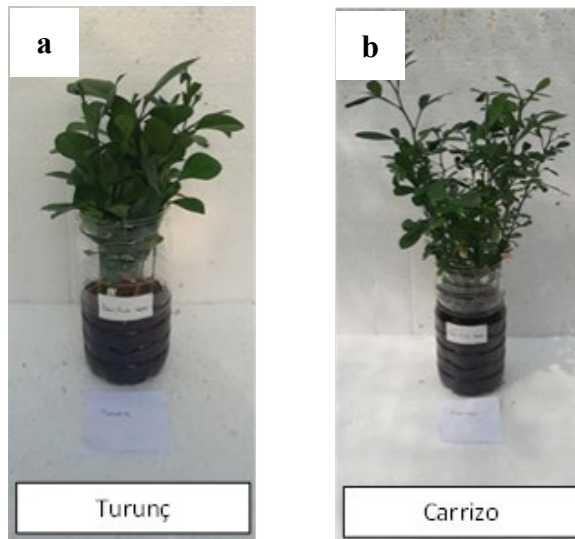
Şekil 3.13. Çöğürlere oksin uygulaması aşamasından görünümüler a) Turunç anacı b) Carrizo sitranjı anacı

***Trichoderma* spp.:** 1 L saf suyun içerisinde 2 g *T. harzianum* Rifai Irkı eklenerek 10 dakika boyunca homojen karışım oluncaya kadar karıştırılmıştır. Çöğürlerin kökleri karışımın içerisine daldırılarak yaklaşık 1 dakika boyunca bekletilmiştir (Şekil 3.14). Daha sonra aynı oranda karışım tekrar hazırlanmış ve 7’şer gün aralıklarla toplamda 4 defa olmak üzere her bir çöğürün kök bölgesine 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır.



Şekil 3.14. Çöğürlere *Trichoderma* spp. uygulaması aşamasından görünüm a) Turunç anacı b) Carrizo sitranjı anacı

***Bacillus* spp.:** 1 L saf suyun içerisinde 1 ml *Bacillus* spp. kokteyl karışımı eklenerek 10 dakika boyunca homojen karışım oluncaya kadar karıştırılmıştır. Çöğürlerin kökleri karışımın içerisine daldırılarak yaklaşık 1 dakika boyunca bekletilmiştir (Şekil 3.15). Daha sonra aynı oranda karışım tekrar hazırlanmış ve 7’şer gün aralıklarla toplamda 4 defa olmak üzere her bir çöğürün kök bölgesine 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır.



Şekil 3.15. Çöğürlere *Bacillus* spp. uygulaması aşamasından görünüm a) Turunç anacı b) Carrizo sitranjı anacı

Mikoriza + Oksin: Çalışmada yapılması planlanan mikoriza ve oksin uygulamalarının kombinasyonu şeklinde yapılmıştır.

***Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp.:** Çalışmada yapılması planlanan *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. uygulamalarının kombinasyonu şeklinde yapılmıştır.

Mikoriza + *P. citrophthora*: Mikoriza uygulaması yapılmış olan çöğürlere aralık (2022) ayında planlanan dozda *P. citrophthora* inokulasyonu uygulanmıştır.

***Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp. + *P. citrophthora*:** *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp. uygulaması yapılmış olan çöğürlere aralık (2022) ayında planlanan dozda *P. citrophthora* inokulasyonu uygulanmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. İncelenen Kriterler

3.2.1.1. İklimsel Veriler

Deneme süresi boyunca çalışmanın yürütüldüğü cam sera içindeki sıcaklık (°C) ve nem değerleri (%) HOBO U12-012 datalogger Temperature/ Relative Humidity datalogger cihazı tarafından otomatik olarak her saat başında bir defa ölçüm yaparak veriler kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.16. Hastalık etmeninin gelişebilmesi için uygun ortam sıcaklığını sağlamak amacıyla sera içerisinde kurulan mini seradan bir görünüm

3.2.1.2. Gövde Çapı (mm)

Denemenin başlangıcından itibaren 2 ayda bir olacak şekilde saksı ortamı seviyesinin 5 cm üstünden bitki gövde çapı (mm) ölçümleri dijital kumpas ile yapılmıştır.



Şekil 3.17. Çöğürlerde yapılan gövde çapı ölçümlerinden bir görünüm

3.2.1.3. Gövde Boyu (cm)

Denemenin başlangıcından itibaren 2 ayda bir olacak şekilde saksı ortamı seviyesinin 5 cm üstünden bitkide gövde boyu (cm) ölçümleri şerit metre ile yapılmıştır.



Şekil 3.18. Çöğürlerde yapılan gövde boyu ölçümlerinden bir görünüm

3.2.1.4. Yaprak Sayısı (adet)

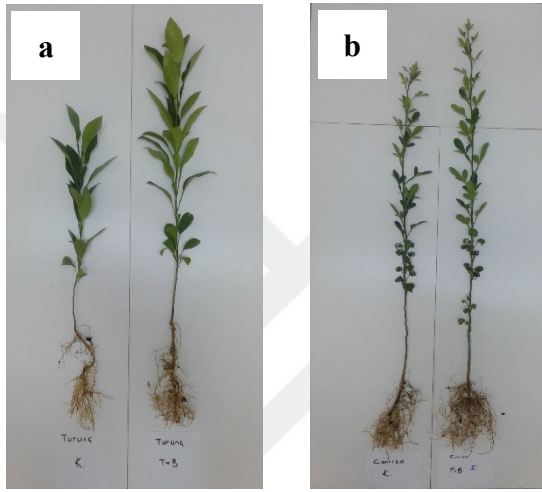
Araştırmanın sonunda sökülen uygulamalara ait her bir çöğürün toplam yaprak sayısı adedi belirlenmiştir.

3.2.1.5. Toprak Üstü Organların Yaş Ağırlığı (g)

Yaprak Yaş Ağırlığı (g)

Gövde Yaş Ağırlığı (g)

Uygulamalara ait bitkiler, denemenin sonunda sökülüp, alınan örneklerde toprak üstü organların (gövde ve yaprak) hassas terazide yaş ağırlıkları belirlenmiştir.



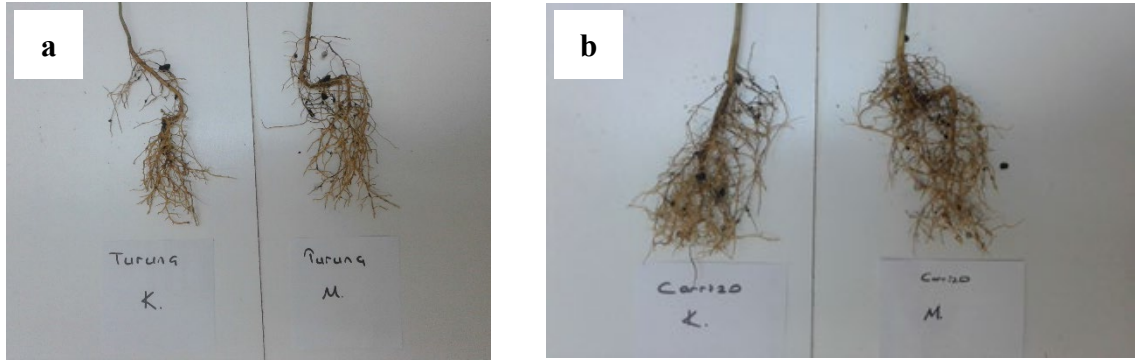
Şekil 3.19. Saksıdan çıkarılan çöğürlerden görünüm **a)** Turunç anacı **b)** Carrizo sitranjı anacı

3.2.1.6. Toprak Üstü Organların Kuru Ağırlığı (g)

Uygulamalara ait yaş ağırlıkları alınan bitki organları 65°C etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak ve hassas terazide kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.1.7. Toprak Altı Organların Yaş Ağırlığı (g)

Uygulamalara ait bitkiler, denemenin sonunda sökülüp, alınan örneklerde toprak altı organların hassas terazide yaş ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 3.20. Saksıdan çıkarılan çöğürlerin toprak altı organlarından görünümle **a)** Turunc anacı **b)** Carrizo sitranjı anacı

3.2.1.8. Toprak Altı Organların Kuru Ağırlığı (g)

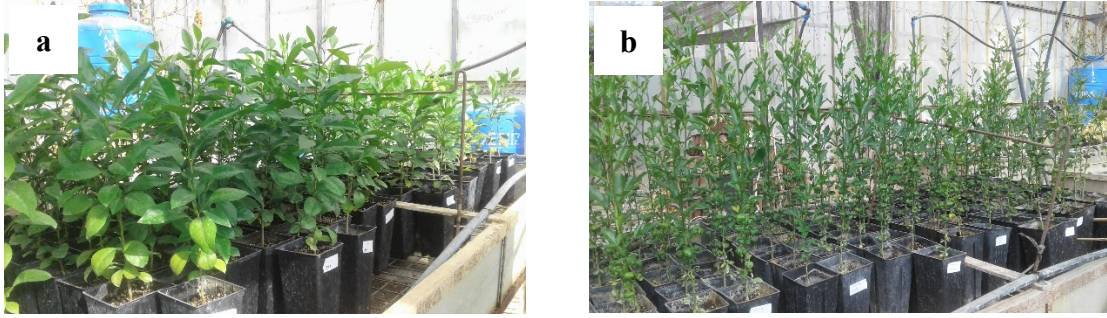
Uygulamalara ait yaş ağırlıkları alınan bitki organları 65°C etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak ve hassas terazide kuru ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 3.21. Çöğürlerde yapılan toprak üstü ve toprak altı organların yaş ve kuru ağırlık ölçümlerinden bir görünüm

3.2.1.9. Klorofil İndeksi Ölçümleri (FieldScout CM1000)

Denemenin sonunda Spectrum Technologies FieldScout CM1000 Model Klorofil Metre ile klorofil miktarı gün ışığında sabah 10:00 -12:00 saatleri arasında, her bitkinin gelişimini tamamlamış olgun yapraklarında ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.22. Söküm öncesinde çöğürlerin genel görünüşleri **a)** Turunç anacı **b)** Carrizo sitranjı anacı

3.2.1.10. Kök ve Kök Bölgesinde Mikoriza Tayini

Kök Bölgesinde Mikoriza Sayımı (adet)

Büyüme periyodu sonunda 10 g harç karışımı örnekleri plastik torba içerisinde buzdolabında muhafaza edilmiştir. Toprak örnekleri içerisinde iki katlı bez bulunan çay süzgeci ve üst üste yerleştirilen farklı gözenek boyutlu eleklerden geçirilerek su ile yıkanmıştır. Sporlar bir pipet yardımıyla 100 ml'lik santrifüj tüplerine aktarılmış ve 2000 devir/dk'da birkaç dakika santrifüj edilmiştir. Buradan alınan örnekler petri kaplarına aktararak 10 ve 40 büyütme ışık mikroskobu altında görüş alanları sırasıyla 0.24 mm² ve 1.94 mm² olacak şekilde mikoriza sporları sayılarak elde edilen değerler cm² çevrilmiştir (Çağlar vd. 2004). Daha sonra 10 g topraktaki spor yoğunlukları her bir tür için kaydedilmiştir.

Mikorizal Kök Enfeksiyon Oranı (%)

Koske ve Gemma (1989) yöntemine göre yapılan köklerin temizleme ve boyama işleminde Mikorizal enfeksiyonun yüksek olduğu tahmin edilen kılcal köklerden 1'er cm uzunlukta kök parçaları kesilip 50 ml'lik beherlerin içerisine konulduktan sonra köklerin üzerini kaplayacak ölçüde (%10) KOH ve (%10) HCl eklenmiş ve bu şekilde 30 dk boyunca bekletilmiştir. Bekletilme işleminin ardından HCl boşaltılmış ve (%10) KOH çözeltisi içerisinde kökler 100 °C'ye kadar ısıtılıp, kökleri boyamak için 80 ml gliserin, 40 ml laktik asit, 40 ml saf su ve 0.08 g glycerol trypan blue karışımı ile elde edilen boyama çözeltisi köklerin üzerini kaplayacak şekilde konulmuştur. Kökler bu çözelti içerisinde 2 saat boyunca bekletilip ardından 5 dk boyunca 50 °C'deki etüv içerisinde bekletilen kökler saf su ile yıkanarak 1 saat boyunca %80'lik laktik asit içerisinde bekletilerek boyama işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra kökler bir pens yardımıyla her bir lamın üzerinde 10'ar adet olacak şekilde yan yana dizilip ve üzerleri lamel ile kapatılarak mikroskop için incelemeye hazır hale getirilmiştir. Kök örnekleri 20 ve 40 büyütmeyle incelenerek, iç-dış hifler, vesikül ve arbüskül yapılarından en az biri görülen kök mikoriza ile bulaşık olarak adlandırılmıştır (Ortaş 1998).

% kök enfeksiyon miktarı aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$\% \text{ Kök enfeksiyonu} = 100 \times (\text{Toplam mikorizalı kök} / \text{Toplam kök sayısı})$$

3.2.1.11. *P. citrophthora* Kök Enfeksiyon Oranının Belirlenmesi (%)

Phytophthora citrophthora uygulaması yapılan çöğürlerdeki hastalık etmeni varlığını tespit etmek amacıyla köklerden örnekler alınıp enfeksiyon görülen kökler şeffaf kâğıda aktarıldıktan sonra, milimetrik kağıtlara geçirilmiş ve enfeksiyon alanları ölçümü yapılmıştır. Enfekteli kök oranı 0-3 skalasına göre (0: enfeksiyon yok; 1: köklerin %1-25'i enfekteli; 2: köklerin %26-50'si enfekteli; 3: köklerin %51'den fazlası enfekteli) değerlendirilmiştir (Deryaoğlu 2011).

3.2.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Her bir anaç için çalışma 10 uygulama, her uygulama da 3 tekerrür ve tekerrürde 5 bitki olacak şekilde tesadüf parseller deneme desenine göre planlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, SPSS 24.0 istatistik paket programında Tek Yönlü ANOVA kullanılarak farklılık durumları incelenmiştir ve ortalamalar arasında önemli farklılıklar ($P<.05$) önem düzeyine göre belirlenmiştir. Farklılıkları karşılaştırmak için Duncan testi kullanılmıştır.

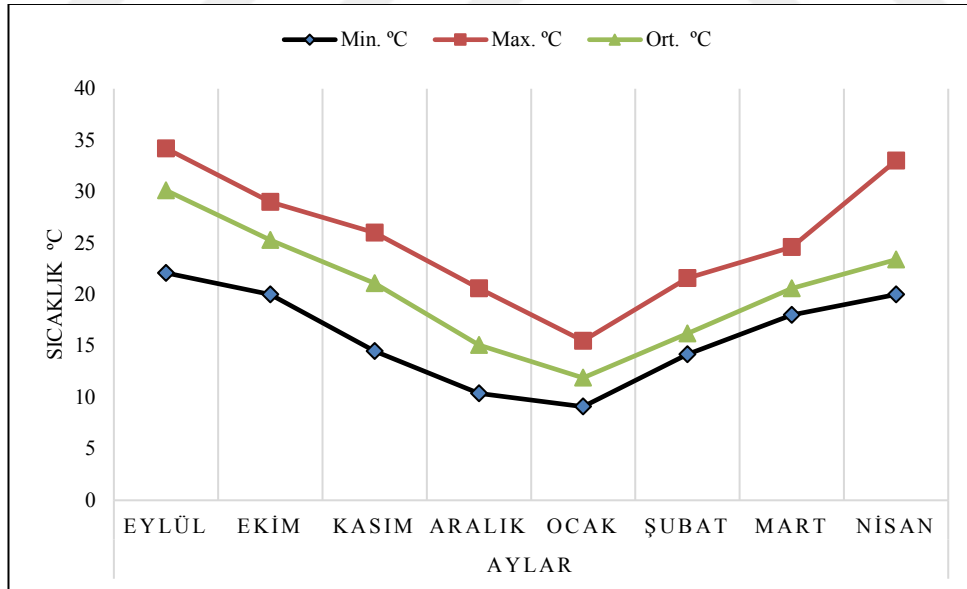
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, turunçgillerde önemli zararlara ve verimde kayıplara neden olan *P. citrophthora* fungusunun Turunç ve Carrizo sitranjı anaçlarına karşı patojenikliliğini ve bağıl virülanslılığını değerlendirmek ve ayrıca mikrobiyal gübre, mikoriza ve oksinin tek başına ya da kombinasyonlu kullanımının, bu hastalığa karşı toleranslılıklarında meydana gelen gelişiminin saptanması amaçlanmıştır.

4.1. İklimsel Veriler

Yetiştirme ortamına ait sıcaklık ve neme ait değerlerin değişimi Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

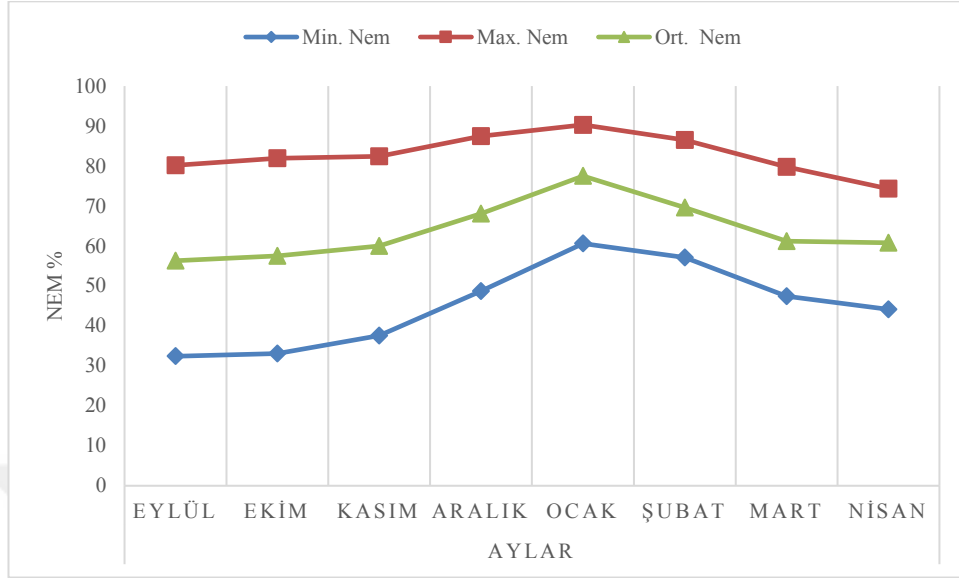
Araştırmanın yürütüldüğü dönem boyunca ölçümü yapılan hava sıcaklığı değerlerinin aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere denemenin yürütüldüğü 8 ay boyunca minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık değerleri birbirine paralel olarak değişim göstermiştir. Ölçülen her üç sıcaklık değeri baz alınır en yüksek sıcaklık değeri eylül ayında (34.2 °C) kaydedilirken, en düşük sıcaklık değerleri ise ocak ayında 9.1 °C olarak saptanmıştır. Anaçlara *P. citrophthora* etmeninin bulaştırıldığı aralık ayının ortalama sıcaklık değeri 15.0 °C iken minimum sıcaklık değeri 10.4 °C ve maksimum sıcaklık değeri ise 20.6 °C olarak saptanmıştır. Araştırmada elde edilen veriler incelendiğinde, hastalık etmeni inokulasyonun yapıldığı aralık ayında ortalama sıcaklık değeri (15.0 °C), Whiteside (1970) ve Göksedef (1980) tarafından bildirilen fungusun optimum gelişim gösterdiği 26-28 °C’nin altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Aylara bağlı olarak saptanan sıcaklık değerleri (°C)

Aşağıda verilen şekil 4.2’de, çalışmanın yürütüldüğü dönemde aylara bağlı olarak değişen nem değerleri gösterilmiştir. Şekil 4.2 incelendiğinde minimum, ortalama ve maksimum nem değerleri arasında birbirlerine paralel bir değişim saptanmıştır. Ölçümü yapılan tüm nem değerleri arasında eylül ayı en düşük nem değerine sahipken, ocak

ayının ise en yüksek nem değerine sahip olduğu görülmektedir. Deneme süresi boyunca aylara bağlı olarak saptanan ortalama nem değeri %63,8 olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.1. Aylara bağlı olarak saptanan nem değerleri (%)

4.2. Gövde Çapı (mm)

Farklı uygulamaların anaçların gövde çapı ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan interaksiyonlarının gövde çapı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Uygulamaların Turunç çöğürlerinin gövde çapı üzerine etkileri incelendiğinde T+B uygulamasının 3,53 mm değeri ile en yüksek sonucu verdiği belirlenmiştir. En düşük gövde çapı değeri ise 3,06 mm ile Kontrol uygulamasında olduğu saptanmıştır. Uygulamaların Carrizo sitranjı çöğürlerinin gövde çapına etkileri incelendiğinde ise en iyi sonuç 3,54 mm değeri ile T+B uygulamasından elde edilirken en düşük sonuç ise 3,13 mm değeri ile T uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Anaçların gövde çapı kalınlığı ortalamaları arasındaki farklar (mm)

Uygulamalar	Turunç			Carrizo sitranjı	
Kontrol	3,06	b**	(0,59)***	3,34	ab (0,36)
M	3,07	b	(0,35)	3,24	ab (0,43)
O	3,09	b	(0,31)	3,25	ab (0,45)
T	3,31	ab	(0,47)	3,13	b (0,57)
B	3,25	ab	(0,35)	3,52a	(0,61)
M+O	3,33	ab	(0,45)	3,23	ab (0,38)
T+B	3,53a		(0,26)	3,54a	(0,38)
P*	-			-	
M+P*	-			-	
T+B+P*	-			-	

- *: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.
 **: Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.
 ***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırma bulguları gövde çapı açısından incelendiğinde, her iki anaçta da *Trichoderma* spp. fungus türleri ile *Bacillus* spp. bakteri türlerinin birlikte kombine olarak kullanımlarının çöğürlerin gövde çapını arttırılmasına pozitif katkılar sağladığı sonucu elde edilmiştir. *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinin tekli kullanımlarının çöğür gövde gelişimini arttırmada aynı etkiyi göstermemiştir. Bu bulgular, Selvi vd. (2021)'lerin araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar, farklı rizobakteri uygulamalarının Yerli turunç ve Troyer sitranjı çöğürlerinin gövde çaplarının kontrol uygulamasına göre önemli bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Yerli turunç çöğürlerinin gövde çapları değerlerinin kontrol grubuna göre yaklaşık iki kat arttığı bildirilmiştir. *Trichoderma* funguslarının bilinen en önemli özelliklerinden birisi toprakta bulunan fosfor, mangan, bakır, demir gibi elementleri topraktan kolaylıkla alınabilir forma dönüştürerek bitkinin bitki besin maddesi alınımını ve buna bağlı olarak bitki büyüme hızını arttırmaktadır (Harman ve Kubicek 1998).

4.3. Gövde Boyu (cm)

Farklı uygulamaların anaçların gövde boyu ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan interaksiyonlarının gövde boyu üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Uygulamaların Turunç çöğürleri gövde boyu üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek değer, 33,56 cm ile T+B uygulamasında; en düşük değer ise 27,03 cm ile O uygulamasında saptanmıştır. Carrizo sitranjı çöğürleri bakımından en iyi sonuç, 49,85 cm değeri ile B uygulamasının olduğu belirlenmiştir. En düşük Carrizo sitranjı gövde boyu ortalaması 39,80 cm değeri ile M+O olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Anaçların gövde boy uzunluğu ortalamaları arasındaki farklar (cm)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	29,74 ab** (6,16)***	41,33 bc (5,85)
M	28,99 ab (5,72)	48,02 ab (6,81)
O	27,03 b (4,02)	45,62 abc (12,57)
T	31,06 ab (7,55)	43,25 abc (10,23)
B	31,91 ab (5,67)	49,85a (10,66)
M+O	30,40 ab (5,19)	39,80 c (9,12)
T+B	33,56a (5,91)	47,44 ab (8,44)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

- *: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.
 **: Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.
 ***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırma bulguları, çöğür gövde çapı sonuçlarına benzer şekilde *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinin kombine olarak kullanımlarının Turunç anacında, Carrizo sitranjı anacında ise *Bacillus* spp. bakteri türlerinin gövde boyu üzerine etkisinin diğer uygulamalara göre daha iyi sonuç verdiği yukarıda bildirilmiştir. Elde edilen bu sonuç, Elzawahry vd. (2015)'lerin araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar, Turunçgil nematodu (*Tylenchulus semipenetrans*) enfekte edilmiş olan Baladi portakalı (*Citrus sinensis*) ve Lime (*C. aurantifolia*) fidanlarının büyümesine karşı *Bacillus megaterium* ve *Trichoderma album*'un etkisini araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda hem *Bacillus megaterium* hem de *Trichoderma album* uygulamasının turunçgil nematodu ile enfekte edilen fidanların büyümesi ve gelişimlerini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

4.4. Yaprak Sayısı (adet)

Farklı uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri yaprak sayısı ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan etkileşimlerinin yaprak sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde B uygulamasının hem Turunç (29,60 adet) hem de Carrizo sitranjı çöğürleri (37,60 adet) en yüksek yaprak sayısı değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Turunç çöğürleri yaprak sayısı bakımından Kontrol uygulaması 20,93 değeri ile en düşük sonucu verirken, Carrizo sitranjında ise en düşük sonuç 22,60 ile M+O uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Anaçların yaprak sayısı ortalamaları arasındaki farklar (adet)

Uygulamalar	Turunç		Carrizo sitranjı	
Kontrol	20,93	c ** (3,41) ***	25,67	c (2,19)
M	28,07	a (2,40)	33,13	b (3,38)
O	24,20	b (4,00)	26,20	c (3,43)
T	25,07	b (3,88)	32,33	b (2,29)
B	29,60	a (2,61)	37,60	a (3,44)
M+O	25,33	b (3,02)	22,60	d (5,05)
T+B	29,33	a (2,79)	33,73	b (6,56)
P*	-	-	-	-
M+P*	-	-	-	-
T+B+P*	-	-	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

**: Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Elde edilen bulgular yaprak sayısı açısından değerlendirildiğinde, B uygulamasının her iki anaçta da en yüksek yaprak sayısı sonucunu verdiği Çizelge 4.3.'de görülmektedir. Araştırma bulgularına benzer şekilde, Bozmaz (2018), *Bacillus subtilis* ve *Bacillus amyloliquefaciens* uygulamalarının bitki boyu, bitki çapı ve yaprak sayısını arttırarak bitki gelişimini teşvik ettiğini bildirmiştir. Ayrıca, 110R anacına aşılı Merlot asma çeşidi (*Vitis vinifera* L.) genç omcalarına farklı dozlarda uygulanan *Trichoderma*

harzianum ve *Bacillus subtilis*'in fidanlarda gelişme döneminde gösterdiği etkiler incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda, *Trichoderma harzianum* ve *Bacillus subtilis* uygulamalarının sürgün başına ortalama yaprak sayısının arttırılmasında istatistiksel olarak önemli etki sağladığı bildirilmiştir (Korkutal vd. 2018).

4.5. Toprak Üstü Organların Yaş Ağırlıkları (g)

Yaprak Yaş Ağırlıkları (g)

Farklı uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri yaprak yaş ağırlıkları ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan interaksiyonlarının yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen veriler yaprak yaş ağırlığı bakımından incelendiğinde B uygulamasının yaprak sayısına benzer olarak her iki anaçta da (Turunç: 11,04 g ve Carrizo sitranjı: 5,82 g) en yüksek ortalamaya sahip olduğu saptanmıştır. Turunç çöğürlerinde 6,64 g ve Carrizo sitranjı çöğürlerinde ise 3,35 g değeri ile Kontrol uygulaması en düşük yaprak yaş ağırlık ortalaması değerine sahiptir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Anaçların yaprak yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç		Carrizo sitranjı	
Kontrol	6,64	d** (1,16)***	3,35	c (0,35)
M	10,88a	(1,58)	4,92	b (0,61)
O	8,09	c (0,10)	4,80	b (0,80)
T	9,07	b (0,87)	4,98	b (0,48)
B	11,04a	(0,84)	5,82a	(1,40)
M+O	8,46	bc (0,45)	3,76	c (0,97)
T+B	10,96a	(0,95)	5,29	ab (1,00)
P*	-		-	
M+P*	-		-	
T+B+P*	-		-	

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütündeki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Denemede kullanılan her iki anaçta da uygulamalar arasında *Bacillus* spp. türlerinin yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisinin diğer uygulamalara göre daha iyi sonuç verdiği ve *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinin birlikte kullanıldığı uygulamanın bu uygulamayı izlediği bildirilmiştir. 1950'lerde Sovyetler Birliği ve Hindistan'da PGPR'nin farklı ürünlerdeki etkilerinin tespit edilmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalardan elde edilen bulguların neticesinde PGPR uygulamasının kontrol grubuna göre yaklaşık %50-70 arasında verim artışının sağlandığı bildirilmiştir (Çelik vd. 2020).

Gövde Yaş Ağırlıkları (g)

Farklı uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri gövde yaş ağırlıkları ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan interaksiyonlarının ortalama yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Elde edilen verilerden görüldüğü üzere, Turunç çöğürü gövde yaş ağırlık üzerine etkisi incelendiğinde ise en yüksek gövde yaş ağırlık 4,55 g değeri ile T+B uygulamasında saptanmıştır. Carrizo sitranjı çöğürlerinde en yüksek 7.01 g değerine sahip olan B uygulamasında tespit edilmiştir. Turunç (2,52 g) ve Carrizo sitranjı çöğürleri (3,58 g) gövde yaş ağırlık ortalaması bakımından Kontrol uygulaması en düşük sonuç elde edilmiştir (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Anaçların gövde yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç		Carrizo sitranjı	
Kontrol	2,52	d** (0,44)***	3,58	d (0,45)
M	4,50a	(0,48)	6,02	b (0,57)
O	2,89	c (0,36)	5,92	b (0,84)
T	3,52	b (0,53)	5,92	b (0,47)
B	4,49a	(0,50)	7,01a	(1,35)
M+O	3,58	b (0,25)	4,38	c (1,35)
T+B	4,55a	(0,47)	6,53	ab (1,69)
P*	-		-	
M+P*	-		-	
T+B+P*	-		-	

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Elde edilen bulgular neticesinde, *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinin kullanımlarının hem Turunç hem de Carrizo sitranjı çöğürlerinin toprak üstü organların gelişimlerinde başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Bu bulgulara benzer olarak elde edilen birçok çalışmanın neticesinde *Trichoderma* ve *Bacillus* uygulamalarının çimlenme oranı, kök büyümesi, sürgün ve kök ağırlıkları, verim, yaprak alanı ve klorofil içeriği gibi bitki gelişimine olan destekleri pek çok çalışma tarafından bildirilmiştir (Lucy vd. 2004; Stewart ve Hill 2014; Sood vd. 2020; Mahapatra vd. 2022. Ayrıca gerekse rekabet mekanizmasıyla bitkilerde önemli ekonomik kayıplara neden olan patojenlerin gelişiminin engellediği saptanmıştır (Ruano- Rosa vd. 2014; Kumar vd. 2015; Yendyo vd. 2018; Karimi ve Altınok 2019). Aktete vd. (1997) tarafından *Bacillus* spp. ve *Trichoderma* spp. uygulamasının *P. citrophthora*'ya karşı mücadele etkili olduğu tespit edilmiştir.

4.6. Toprak Üstü Organların Kuru Ağırlıkları (g)

Yaprak Kuru Ağırlıkları (g)

Çizelge 4.6.'da değişik uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri yaprak kuru ağırlığı ortalamaları üzerine etkileri verilmiştir. Bu çizelgede uygulamaların yaprak kuru ağırlık üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Uygulamaların yaprak kuru ağırlık üzerine etkisi incelendiğinde Turunç çöğürlerinde en yüksek kuru ağırlık değeri T+B (3,68 g), Carrizo sitranjında ise en olumlu sonuç 1,85 g değeri ile B uygulamasından elde edilmiştir. Hem Turunç hem de Carrizo sitranjı çöğürlerinde en düşük yaprak kuru ağırlık sırasıyla 2,07 g ve 0,99 g değerleri ile Kontrol uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. Anaçların yaprak kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	2,07 d** (0,47)***	0,99 c (0,19)
M	3,62a (0,40)	1,43 b (0,31)
O	3,20 bc (0,56)	1,63 ab (0,26)
T	3,03 c (0,58)	1,53 b (0,30)
B	3,53 ab (0,49)	1,85a (0,37)
M+O	2,94 c (0,46)	1,13 c (0,33)
T+B	3,68a (0,55)	1,60 b (0,38)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Gövde Kuru Ağırlıkları (g)

Çizelge 4.7.'de değişik uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri gövde kuru ağırlığı ortalamaları üzerine etkileri verilmiştir. Bu çizelgede uygulamaların gövde kuru ağırlık üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Gövde kuru ağırlığı bakımından Turunç anaçları incelendiğinde en yüksek B (1,97 g) ve en düşük Kontrol (1,00 g) uygulamalarından kaynaklanmıştır. Carrizo sitranjı çöğürlerinde ise en yüksek kuru ağırlık 2,89 g değeri ile B uygulamasında saptanırken; en düşük gövde kuru ağırlık değeri ise 1,40 g değeri ile O uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. Anaçların gövde kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	1,00 c** (0,36)***	1,42 c (0,42)
M	1,94a (0,36)	2,29 b (0,44)
O	1,56 b (0,34)	1,40 c (0,29)
T	1,55 b (0,25)	2,36 b (0,52)
B	1,97a (0,49)	2,89a (0,46)
M+O	1,64 ab (0,56)	1,75 c (0,46)
T+B	1,87 ab (0,49)	2,57 ab (0,67)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

**: Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırmanın sonunda, *Bacillus* spp. türleri ve mikoriza fungusunun uygulamasının Turunç anacının toprak üstü organlarının gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.4). Elde edilen bu sonuç, Mısraklı (2018)'nin araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacı, mikoriza uygulamasının çiftçi koşullarına göre çöğürlerin kök büyümesinin teşvik edilmesini, yeşil aksam kuru madde miktarı ile birlikte besin elementleri içeriği gibi büyüme ve gelişme parametrelerinin artışında olumlu yönde etkisi olduğunu bildirmiştir.

4.7. Toprak Altı Organların Yaş Ağırlıkları (g)

Farklı uygulamaların anaçların toprak altı organların yaş ağırlıkları ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 4.8.,'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü üzere, uygulamaların birbiriyle olan interaksiyonlarının çöğürlerin toprak altı yaş ağırlıkları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Uygulamaların Turunç çöğürleri yaş ağırlık üzerine etkilerine bakıldığında ise en yüksek yaş ağırlık değeri M+O 9,34 g olarak ve en düşük değer ise 5,79 g değeri ile Kontrol uygulamasında saptanmıştır. Carrizo sitranjı çöğürlerinde ise M uygulaması 9,71 g değeri ile en iyi sonucu verirken en düşük yaş ağırlık ise 4,68 g ile Kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Anaçların toprak altı organlarının yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	5,79 c** (0,52)***	4,68 c (0,85)
M	9,31a (1,53)	9,71a (1,23)
O	6,00 c (1,00)	7,31 b (1,41)
T	6,15 c (0,55)	7,23 b (0,92)
B	8,86 ab (1,53)	9,44a (2,16)
M+O	9,34a (1,07)	6,33 b (1,56)
T+B	8,50 b (0,72)	7,53 b (1,96)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırma bulguları, değişik uygulamaların Turunç çöğürleri toprak altı yaş ağırlık açısından incelendiğinde, mikoriza ve oksin kombinasyonunun en yüksek değere sahip olduğunu ve bunu Mikoriza uygulamasının takip ettiği tespit edilmiştir. Carrizo sitranjında ise en yüksek ağırlık değeri mikoriza uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, Özkan vd. (2004)'nin araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar Turunç anacında mikoriza uygulamasının kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve bitki boyuna olan etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda mikoriza uygulamasının incelenen bu kriterler açısından pozitif etkilediği bildirilmiştir.

4.8. Toprak Altı Organların Kuru Ağırlıkları (g)

Çizelge 4.9.'de değişik uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri toprak altı organların kuru ağırlığı ortalamaları üzerine etkileri verilmiştir. Bu çizelgelerde kuru ağırlık üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Elde edilen veriler incelendiğinde hem Turunç hem de Carrizo sitranjı çöğürlerinde sırasıyla en yüksek değerler M (2,24 g ve 2,25 g) ve en düşük kuru ağırlık değerleri Kontrol (1,25 g ve 0,98 g) uygulamalarından kaynaklanmıştır (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.9. Anaçların toprak altı organların kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farklar (g)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	1,25 c** (0,36)***	0,98 d (0,20)
M	2,24a (0,37)	2,25a (0,15)
O	1,58 bc (0,27)	1,36 c (0,33)
T	1,40 c (0,45)	1,87 b (0,28)
B	1,89 ab (0,68)	2,00 b (0,28)
M+O	2,06a (0,53)	1,29 c (0,30)
T+B	2,03a (0,41)	2,01 b (0,27)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırma bulguları, Fidelibus vd. (2000)'lerinin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar ABD koşullarında Citrus volkameriana çöğürünün gelişimi üzerine farklı mikoriza türlerinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda mikoriza fungusu uygulamasının turunçgil çöğürlerinin gelişimini ve beslenmesine yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, meyve ağaçlarının kök büyümesinin teşvik edilmesinde mikoriza enfeksiyonunun etkili olduğunu bildirilmiştir (Hooker ve Atkinson 1996).

4.9. Klorofil İndeksi Ölçümleri (FieldScoat CM1000)

Çizelge 4.10.'da değişik uygulamaların Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürleri ortalama klorofil indeksi ortalamaları üzerine etkileri verilmiştir. Bu çizelgelerde uygulamaların klorofil indeksi etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Elde edilen veriler incelendiğinde Turunç anacında B (304,73) ve Carrizo sitranjı anacında ise en yüksek değer T+B (275,67) uygulamalarının en olumlu sonuçları verdikleri saptanmıştır. Turunç anacında en düşük 194,40 değeri ile M+O uygulaması iken, Carrizo sitranjı çöğürlerinde ise 173,87 değeri ile Kontrol uygulaması en düşük değer olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.10. Anaçların klorofil indeksi ortalamaları arasındaki farklar (FieldScoat CM1000)

Uygulamalar	Turunç	Carrizo sitranjı
Kontrol	211,80 c** (29,37)***	173,87 e (25,37)
M	249,93 b (45,00)	247,53 bc (27,15)
O	252,80 b (59,77)	211,67 d (40,79)
T	296,33a (42,44)	271,07 ab (38,48)
B	304,73a (39,42)	253,53 abc (29,62)
M+O	194,40 c (23,89)	244,73 c (40,18)
T+B	297,53a (47,16)	275,67a (27,89)
P*	-	-
M+P*	-	-
T+B+P*	-	-

*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Sütundaki aynı harfler arasında istatistiksel farklılık mevcut değildir.

***: Parantez içindeki değerler standart hatayı göstermektedir.

Araştırma bulguları, uygulamalar klorofil indeksi bakımından birbiriyle kıyaslandığında hem Turunç hem de Carrizo sitranjı çöğürlerinde en iyi sonucu veren uygulamanın *Trichoderma* spp. ve *Bacillus* spp.'in kombine şekilde kullanıldığı uygulama olduğu tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz bu bulguya *Bacillus* spp.'in daha fazla katkı sağladığı düşünülebilir çünkü PGPR'lar demirin bitkide taşınımında rol alan sideroforları üretebilme yeteneğine sahiptirler. Bu sebeple PGPR'lar tarafından üretilen sideroforlar klorofil oluşumunda nemli bir görev üstlenmektedirler. Özellikle *B. megaterium* KBA-10 straininin siderofor üretme potansiyeliyle klorofil oranında ciddi bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Kotan 2021).

4.10. Kök ve Kök Bölgesinde Mikoriza Tayini

Sera koşullarında yetiştirilen Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürlerine Bioglobal firmasından temin edilen Endo Roots Soluble mikoriza kullanılmıştır. Bir paket ambalajda (250 g⁻¹ da)' te kokteyl şeklinde (*Glomus* spp: *G. aggregatum*, *G. deserticola*, *G. intraradices*, *G. clarum*, *G. monosporus*, *G. margarita*, *G. etunicatum*, *G. mosseae*, *G. brasilianum*) mikoriza karışımı bulunmaktadır ve toplamda 1 x 10⁴ adet canlı organizma bulunmaktadır ve bunlar yetiştirilen çöğürlere aşılanmıştır (Dalkılıç ve Özbek, 2017). Deneme sonunda mikoriza uygulamaları yapılmış olan Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürlerinin kök enfeksiyonu belirlenmiştir. Köklerde bulunan enfeksiyon boyama metodu ile belirlenmiş olup, kök enfeksiyonu oranlarına ait ortalamalar Çizelge 4.31' de verilmiştir.

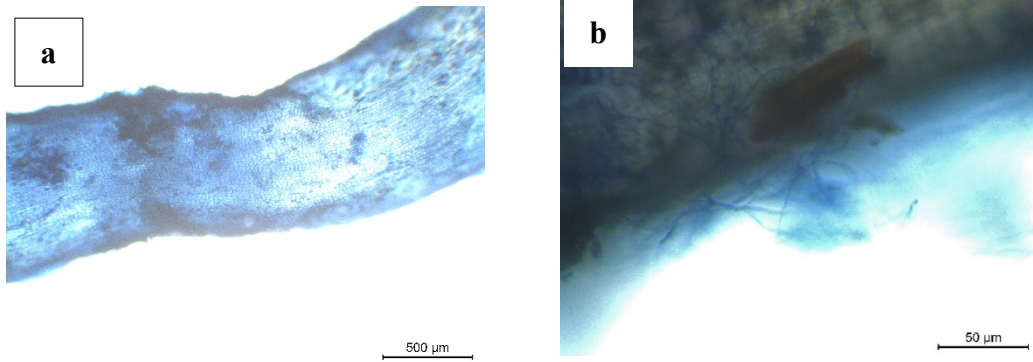
Çizelge 4.11. Anaçlar üzerinde değişik uygulamaların anaçların kök bölgesinde mikoriza spor sayısı (adet) ve mikoriza enfeksiyon oranı (%) arasındaki farklar

Uygulamalar	Turunç rizosfer bölgesi spor sayısı/adet (10 g ortam)	Turunç kök mikoriza enfeksiyon oranı (%)	Carrizo sitranjı rizosfer bölgesi spor sayısı/adet (10 g ortamı)	Carrizo sitranjı kök mikoriza enfeksiyon oranı (%)
Kontrol**	-	-	-	-
M	110	90	94	80
O**	-	-	-	-
T**	-	-	-	-
B**	-	-	-	-
M+O	122	95	98	85
T+B**	-	-	-	-
P**	-	-	-	-
M+P*	-	-	-	-
T+B+P**	-	-	-	-

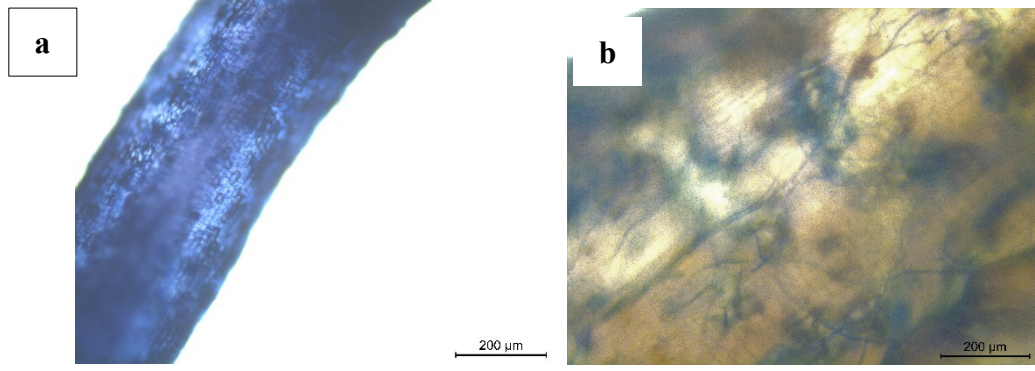
*: *P. citrophthora* enfeksiyonu gözlenmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

** : Mikoriza uygulaması yapılmamıştır.

Elde edilen araştırma bulguları sonucunda, Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürlerinde en fazla mikoriza adedine ve mikoriza enfeksiyon oranına sahip uygulama mikoriza ve oksin'in kombine şekilde uygulanmasından elde edilmiştir. Benzer şekilde, Turunç anacı mikorizaya en fazla bağımlı anaçlardan birisi iken Carrizo sitranjı anacı ise en az anaçlar arasında olduğu bildirilmiştir (Nemec 1978). Çeşitli bitki türlerinde yapılan çalışmalarda mikoriza enfeksiyon içermeyen kökler ile karşılaştırıldığında mikorizal köklerde artan bir oksin içeriği kaydedildiği bildirilmiştir (Jentschel vd. 2007; Campanella vd. 2008; Etemadi vd. 2014).



Şekil 4.3. Turunç çöğürlerinin köklerinden mikroskop görüntümler **a)** Kontrol **b)** Mikoriza



Şekil 4.4. Carrizo sitranjı çöğürlerinin köklerinden mikroskop görüntümler **a)** Kontrol **b)** Mikoriza

4.12. *P. citrophthora* Kök Enfeksiyon Oranının Belirlenmesi (%)

Çalışmamızda, *P. citrophthora* fungusunun çöğürler üzerinde herhangi bir enfeksiyon gelişimi gözlenmemiştir. Elde ettiğimiz bu sonuç, turuncgil ağaçlarının gövdelerinde zamklanmaya, köklerde ve meyvelerde kahverengi çürüklüğe neden olan *P. citrophthora* hastalık etmeninin turuncgil bahçelerindeki popülasyon dağılımlarını ve kök enfeksiyonlarını tespit etmek amacıyla yapılan bir çalışmanın sonucuyla benzerlik göstermektedir. Çalışmanın sonucunda, haziran ayında yağış miktarı ve ortalama sıcaklığın patojenin gelişimi için uygun olması sebebiyle *Phytophthora* enfeksiyonu en yüksek seviyeye ulaşılmıştır. Bu ayı takip eden temmuz ve ağustos aylarında ise toprağa düşen yağış miktarının azalması ve buna bağlı olarak da hava sıcaklığının çok fazla yükselmesi sonucunda hastalık etmeninin popülasyonunda düşüş yaşanmıştır. Yağış miktarının biraz yükseldiği ve hava sıcaklığının da düşmeye başladığı eylül ve ekim aylarında hastalık etmeninin popülasyon oranında küçük de olsa bir artış gözlenmiştir. Kasım ayında yağış miktarının artmasıyla birlikte enfeksiyon oranı da artış göstermiş, ancak bu artış kasım ayının ortalarından itibaren hava sıcaklıklarının patojenin gelişebilmesi için ihtiyaç duyduğu sıcaklıkların altına düşmesi sebebiyle görülen enfeksiyon son bulmuştur. Aralık ve ocak aylarında yağış miktarının ve buna bağlı olarak da nem oranının çok yüksek olmasına karşın hava sıcaklığının ortalama 8-9 °C olması sebebiyle köklerde görülen enfeksiyon oranları çok düşük değerde olduğu tespit edilmiştir. Nisan ve mayıs aylarında ise yağış ve hava sıcaklıklarının *Phytophthora*'nın gelişimi için aralık ve ocak aylarına nazaran daha ideal olması sebebiyle görülen enfeksiyon oranlarında tekrardan bir artış olduğu bildirilmiştir (Başpınar 1995). *P. citrophthora* hastalık etmeninin inokulasyonu bir sonraki yıl elde edilen yeni çöğürler üzerinde tekrarlanacaktır.

Organizmalar içerisinde bulundukları ortamdan gerek fotosentetik asimilatlar, gerekse konukçu ve ışık gibi etmenlerden maksimum faydalanabilmek için diğer organizmalar ile sürekli bir yarış içerisindeyler. Toprak mikroflora yönünden çok zengin bir yapıya sahiptir. Toprakta yaşayan organizmalar büyüyüp çoğalabilmeleri için karbona ihtiyaç duymaktadırlar. Bitki köklerinin civarındaki rizosfer olarak adlandırılan alan, kökler tarafından salgılanan karbonhidratça zengindir ve bu durum toprakta yaşayan binlerce mikroorganizmalara büyüyüp, çoğalabilmeleri için eşsiz bir fırsat sunmaktadır (Hendelsman ve Stabb 1996). Özellikle rizosfer bölgesinde kolonize olan organizmalar karbon kaynağı olarak kökler tarafından salgılanan bu asimilatlar için birbirleri ile yarış

içerisindedirler. Kaynaklar tükendikçe yaşamak ve nihayetinde çoğalabilmek için organizmalar arasındaki rekabet de ters orantılı bir şekilde artmaktadır. (Leong 1986). Rekabet, antibiyosis, hiperparazitizm, çapraz koruma ve konukçu bitkilerde sistemik dayanıklılığın uyarılması biyolojik mücadelede etkili olan mekanizmalardır (Kotan 2002a).

Bitki büyümesinde önemli bir görev üstlenen bu hormonlar aracılığıyla bitkilerin topraktan bitki besin elementlerinin alınımı artmakta ve bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere karşı savunma direnci de güçlenmektedir (Srivastava 2002; Ghanashyam vd. 2009). *Bacillus subtilis* bu tür hormonların biyosentezini arttırabilme ve bitkilere hastalığa karşı dayanıklılık kazandırabilme yeteneğine sahiptir (Chowdappa vd. 2013). Bitkilere *Bacillus amyloliquefaciens* ve *Bacillus cereus* uygulamalarının bitki dokularında artan savunma ile ilgili gen PR1, savunma ile ilgili enzimlerin (kitinaz, β -1,3-glukanaz, peroksidaz (PO), polifenol oksidaz (PPO) ve süperoksit dismutaz) ve H_2O_2 birikiminin hastalığa karşı bitkide direnç seviyesinin arttığı belirtilmiştir (Wang vd. 2014; Jiang vd. 2015). *Phytophthora cactorum*'a karşı SAR'ın uyarılması için *B. amyloliquefaciens* uygulamasının hastalığın enfeksiyonunda azalmalar meydana gelmiştir (Lee vd. 2015).

Denemede kullanılan faydalı mikroorganizmaların geçmiş çalışmalara dayanarak bitkilerin topraktan su ve bitki besin elementi alımını kolaylaştırarak bitki büyümesi ve gelişimini arttırması, daha sağlıklı bitkilerin elde edilmesi, patojenler ile gerek besin gerekse konukçu için rekabete girerek, ayrıca hastalıklara karşı bitki savunma sistemini indüklemesi gibi faydaları göz önüne alındığında *P. citrophthora* hastalık etmeninin yönetiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir.

5. SONUÇLAR

Değişik uygulamaların turunçgil yetiştiriciliği üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmada bitkisel materyal olarak Turunç, Carrizo sitranjı anaçları kullanılmıştır. Uygulama olarak ise Kontrol (K), Mikoriza (M), Oksin (O), *Trichoderma* spp. (T), *Bacillus* spp. (B), Mikoriza + Oksin (M+O), *Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp. (T+B) ve *P. citrophthora* denenmiştir.

Bacillus spp. uygulamaları çöğürlerin bitki gelişim faktörlerinden yaprak sayısı, yaprak yaş ve kuru ağırlığının attırılmasında diğer uygulamalardan daha fazla katkı sağlamıştır. Ayrıca, Carrizo sitranjı çöğürlerinde gövde yaş ve kuru ağırlıklarına en iyi sonuç veren uygulama olarak tespit edilmiştir.

Trichoderma spp. ve *Bacillus* spp. türlerinin birlikte kombine şekilde kullanımının Turunç anacında gövde çapı ile birlikte gövde yaş ağırlığını arttırmada en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu uygulamadan denemede kullanılan iki anaçta da hem gövde boyları hem de klorofil indeksi bakımından diğer uygulamalara göre en pozitif sonuçların alındığı saptanmıştır.

Ancak *Trichoderma* spp. fungus türleri ile *Bacillus* spp. bakteri türleri bitki toprak üstü aksamının gelişimine pozitif katkı sağlamasına rağmen çöğürlerinin toprak altı organlarının gelişimine aynı derecede katkı sağlamamışlardır. Mikoriza uygulaması gerek Turunç gerekse Carrizo sitranjı çöğürlerinin toprak altı organlarının gelişimine diğer uygulamalara nazaran daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Turunç anacının toprak altı yaş organlarının ağırlığı bakımından en iyi sonuç mikoriza ve oksin kombinasyonundan elde edilmesine karşın en düşük sonuç da oksin uygulamasından kaynaklanmıştır. Bu sonuçtan oksin uygulamasının Turunç ve Carrizo sitranjı çöğürlerinin gerek toprak altı gerekse toprak üstü organlarının gelişimine istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı katkı sağlamadığı tespit edilmiştir.

İçerisinde IBA bulunan Carbomin adlı ticari preparat uygulamasının beklenilenin aksine çöğürlerin gerek toprak üstü gerekse toprak altı organlarının gelişimine istatistiksel olarak herhangi bir olumlu etkisi olduğu gözlenmemiştir.

6. KAYNAKLAR

- Abbott, L. K., Robson, A. D., 1982. The role of vesicular-arbusküler mycorrhizal fungi in agriculture and selection of fungi for inoculation. *Aust. Agric. Res.*, 33:389-408.
- Ádám, A. L., Nagy, Z. Á., Kátay, G., Mergenthaler, E., and Viczián, O. 2018. Signals of systemic immunity in plants: Progress and open questions. *International journal of molecular sciences*, 19 (4): 1146.
- Adrangi S, Faramarzi MA, 2013. From bacteria to human: A journey into the world of chitinases. *Biotechnol Adv.*, 31(8):1786- 1785.
- Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. *Academic Press*.
- Aguilera-Gomez, L., Davies, Jr., F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S.A., Phavaphutanon, L., 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhizae (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. cv. San Luis). *Photosynthetica*, 36(3): 441-449.
- Ağaoğlu, S., Certel, M., Sarıca, M., Eser, V., Kılınçer, N., Ayanoglu, F., ve Küsmenoğlu, İ. (2003). *TÜBİTAK Vizyon 2023 Bilim ve Teknoloji Öngörüsü Projesi Tarım ve Gıda Paneli Son Rapor*. TÜBİTAK, Ankara, s, 55.
- Ahmed, A., and Hasnain, S. 2010. Auxin-producing *Bacillus* sp.: Auxin quantification and effect on the growth of *Solanum tuberosum*. *Pure and Applied Chemistry*, 82(1), 313-319.
- AKİB. 2020. Yaş Meyve Sebze İhracatçıları Birliği (akib.org.tr) [Son erişim tarihi: 15.09.2022].
- Akrami, M. 2015. Effects of *Trichoderma* spp. in Bio-controlling *Fusarium solani* and *F. oxysporum* of Cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 4(3)241-245.
- Aksay CS, Ketenoğlu O, Kurt L., 2005. Küresel ısınma ve iklim değişikliği. *Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*. 1(25): 29-42.
- Akteke, Ş. A., Tuncer, E., Ulukuş, İ. 1997. Turunçgillerde *Phytophthora citrophthora* (Sm. et Sm.) Leonian'a Karşı Biyolojik Mücadele Olanakları Üzerinde Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 37 (1-2) : 35-58.
- Akteke, Ş., Tuncer, E., ve Ulukuş, İ. 1997. Turunçgillerde *Phytophthora citrophthora* (sm. Et sm.) leonian'a karşı biyolojik mücadele olanakları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 37 (1-2): 35-58.
- Akyazı, R., ve Ecevit, O. 2006. Seralarda Kırmızı Örümcekler [*Tetranychus* Spp.(Acarina: Tetranychidae)] ile Mücadelede Predatör Akarların Kullanımı. *Anadolu Journal Of Agricultural Sciences*, 21(1), 122-131.

- Altomare, C, Norvell, W.A., Bjbrkman, T. and Harman, G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plantgrowth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied Environ Microbiol* 65: 2926-2933.
- Alvarez, L., Vicent, A., De la Roca, E., Bascón, J., Abad-Campos, P., Armengol, J., and García-Jiménez, J. 2008. Branch cankers on citrus trees in Spain caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Pathology*, 57 (1): 84-91.
- Alvarez, L. A., León, M., Abad-Campos, P., García-Jiménez, J., and Vicent, A. 2011. Genetic variation and host specificity of *Phytophthora citrophthora* isolates causing branch cankers in clementine trees in Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 129 (1): 103-117.
- Amar, M. H., Abd, M., and Salam, E. 2013. Retro transposon-markers: an overview of the recent progress in Citrus germplasm. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(10), 31–41.
- Anju, S., Thakur, P. S., Duvivedi, M.P. 1994. "Rapid evaluation of apple varieties for drought tolerance", *Dep. Bas. Sci. hort. Fore. Iniv*, 51, 16-21.
- Anonymous, 2007a. The Microbial World: Mycorrhizas. (Produced by J. Deacon).
- Arıcı, S. E., and Dehne, H. W. (2004, September). Induced resistance against *Phytophthora infestans* by chemical inducers Bion and BABA in tomato plants. In *III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes* 729 (pp. 503-507).
- Auge RM, Duan X, Ebel RC, Stodola AJW. 1994. *Nonhydraulic Signalling of Soil Drying in Mycorrhizal Maize*. *Planta*, 193: 74-82.
- Aydın, U., ve SEDAY, Ü. 2011. Farklı iba dozlarının bazı turuncgil anaçlarının odun çeliklerinin köklenmeleri üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (2): 212-216.
- Aydın, M. H. 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta trichoderma'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2): 135-148.
- Aydoğdu, M., ve Boyraz, N. 2005. Bitki büyüme düzenleyicileri (hormon) ve hastalıklara dayanıklılık. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1: 35–40.
- Azcón-Aguilar, C., and Barea, J. M. 1997. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens—an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6, 457-464.
- Azizoğlu, U., Bulut, S., Yılmaz, S., ve Ayvaz, A. 2013. Biyolojik mücadelenin ötesinde *Bacillus thuringiensis*: biyofertilizer-biyostimülatör. *V. Organik Tarım Sempozyumu*, 232-240.

- Bae, H., Sicher, R. C., Kim, M. S., Kim, S.-H., Strem, M. D., Melnick, R. L., and Bailey, B. A. 2009. The beneficial endophyte trichoderma hamatum isolate dis 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in theobroma cacao. *Journal of experimental botany*, 60 (11): 3279-3295.
- Başpınar, N., 1995. Turunçgillerde *Phyphthora citrophthora* (Smith ve Smith Leonian)'nın Populasyon Dinamiği, Kök Enfeksiyonları ve Biyolojik Mücadelesi Üzerinde Çalışmalar. *Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*, No:293
- Baysal, F. 1997. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Renkli Greyfurt Yetiştiriciliğinde Sorun Olan Zamklanma Hastalığı Turunçgillerde *Phyphthora citrophthora* (Smith ve Smith Leonian)'nın Yaygınlığı, Önemi ve Koruma Yolları Üzerine Araştırmalar. *Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*, 66s.
- Beauchamp, C., Fridovich, I. 1971. "Superoxide dismutase: Improved assays and applicable to acrylamide gels". *Anal Biochem*, 44:276-287.
- Benfradj, N., Metoui, N., and Boughalleb-M'Hamdi, N. 2016. Screening for tolerance of different citrus rootstocks against zoospores of *Phytophthora nicotianae* in infested soil. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 3 (3): 63-75.
- Bergmeyer, N., 1970. "Methoden der Enzymatischen Analyse", vol 1, *Akademie Verlag, Berlin*, 636-647p.
- Bhattacharyya, P. N., and Jha, D. K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1327-1350.
- Biçici M, Dede Y, Çınar A. 1992. Trichoderma species against gummosis disease in lemon trees. In: Tjamos EC, Papavizas GC, Cook RJ (eds) Biological control of plant diseases: progress and challenges for the future. *NATO ASI Series. Springer, New York*, ss 193–196.
- Biçici, M. (2011). Bitki hastalık etmenleri ile biyolojik mücadelenin başarısını arttırmada mikoriza'nın rolü. *Türkiye biyolojik mücadele dergisi*, 2(2), 139-174.
- Bilgili, A., 2012. Mikoriza, Bitki-Besin Maddesi-Patojen Etkileşimi, *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 53 s, Şanlıurfa.
- Blaker, N., and MacDonald, J. 1986. The role of salinity in the development of *Phytophthora* root rot of citrus. *Phytopathology*, 76 (10): 970-975.
- Blaszczyk, L., Siwulski, M., Sobieralski, K., Lisiecka, J. and Jedryczka, M. (2014). Trichoderma spp.- application and prospects for use in organic farming and industry. *Journal of Plant Protection Research*, 54, 309- 317. doi: 10.2478/jppr-2014-0047
- Bolat, İ., ve İkinci, A. 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı. *I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 278 (283): 8-10.

- Bonfante, P., and Genre, A. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature communications*, 1(1), 1-11.
- Bora, T., Özaktan, H., 1998. Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Savaş. *Prizma Matbaası, İzmir*.
- Bora, T., 2002. Bitki hastalıklarıyla biyolojik savasta gelişmeler ve Türkiye ‘de durum. *Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Çağrılı Bildirisi*. 4–7 Eylül 2002. Erzurum.
- Bowman, K. D., and Joubert, J. 2020. Citrus rootstocks. In *The genus citrus*, Elsevier, 105-127.
- Bozmaz, İ. 2018. The effect of Bacillus sp. Mixture on biomass production and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa*). *Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Sciences MSc Thesis in Agricultural Biotechnology*. Jun 2018 Antalya. 46.
- Broadbent, P., and Baker, K. 1974. Association of bacteria with sporangium formation and breakdown of sporangia in phytophthora spp. *Australian Journal of Agricultural Research*, 25 (1): 139-145.
- Broadbent, P. 1977. *Phytophthora* diseases of citrus: a review. In *Proceedings of the International Society of Citriculture* (Vol. 3, pp. 986-998).
- Bütüner M., 2019. Küresel iklim değişikliğinin fındık ve çay tarımına etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sayfa No 54, Erzurum.
- Cacciola, S. O., and Lio, G. M. d. S. 2008. Management of citrus diseases caused by *Phytophthora* spp. In *Integrated management of diseases caused by fungi, phytoplasma and bacteria*. Springer, 61-84.
- Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B., Aroca, R., Asins, M. J., Declerck, S., Dodd, I. C., ... and Ruiz-Lozano, J. M. (2016). Exploring the use of recombinant inbred lines in combination with beneficial microbial inoculants (AM fungus and PGPR) to improve drought stress tolerance in tomato. *Environmental and Experimental Botany*, 131, 47-57.
- Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B., Aroca, R., Asins, M. J., Declerck, S., Dodd, I. C., Martínez-Andújare, C., Albacete, A., Ruiz-Lozano, J. M. 2016. Exploring the use of recombinant inbred lines in combination with beneficial microbial inoculants (am fungus and pgpr) to improve drought stress tolerance in tomato. *Environmental and Experimental Botany*, 131: 47-57.
- Campanella, J.J.; Smith, S.M.; Leibu, D.; Wexler, S.; Ludwig-Muller, J. 2008. The auxin conjugate hydrolase family of *Medicago truncatula* and their expression during the interaction with two symbionts. *J. Plant Growth Regul.* 27, 26–38.

- Canlıoğlu, E. 2003. Turunçgillerde zamkklanma hastalığı (*Phytophthora citrophthora*)’na karşı alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması. *Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*, 118s.
- Chanclud, E. and Morel, J.B. 2016. Plant hormones: a fungal point of view. *Molecular Plant Pathology*, 17(8) :1289–1297.
- Chanpen, W., Patcharapon, S., VE Amarat, B. 1999. Purification and characterisation of chitinase from *Bacillus circulans* No.4.1. *Current Microbiology*. 39: 134-140.
- Chet, I., Barak, Z.I., Oppenheim, A., 1993. Genetic engineering of microorganisms for improved biocontrol activity. *Tn Biol-echndological Propec Plant Disease Control*: 211-235.
- Chowdappa P, Kumar SM, Lakshmi MJ, et al. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol Control*, 2013;65(1):109–117.
- Cohen, M. 1968. Exocortis virus as a possible factor in producing dwarf citrus trees. *Journal Article*, ss. 115-119.
- Compant S, Duffy B, Nowak J, et al. Use of plant growthpromoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl Environ Microbiol*. 2005;71(9):4951–4959.
- Cook, R. J., Baker, K.F., 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. *American Phytopathological Society*.
- Cooper, W. C. 1935. Hormones in relation to root formation on stem cuttings. *Plant physiology*, 10 (4): 789.
- Corden ME, Edgington L. 1965. A calcium requirement for growth regulator–induced resistance to *Fusarium* wilt of tomato. *Phytopathology*, 50, 625.
- Çalış, Ö. 2011. Bitki dayanıklılık genleri ve proteinleri. *Türk bilimsel derlemeler dergisi*, (2), 1-9.
- Çalış Ö. 2021. Kişisel görüşme. *Akdeniz Üniversitesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı*
- Çağlar, S., Sütyemez, M. ve Bayazit, S. 2004. “Seçilmiş Bazı Ceviz (*Juglans regia*) Tiplerinin Stoma Yoğunlukları”, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 17 (2), 169-174.
- Çakmakçı, R., Turan, M., Güllüce, M., and Şahin, F. 2014. Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat (*triticum aestivum* spp. *Vulgare*) and barley (*hordeum vulgare*) on aridisols in turkey. *International Journal of Plant Production*, 8 (2).

- Çelik, Y., Yarşı, G., ve Özarslandan, A. 2020. Yararlı Bakteri Uygulamalarının Bitkisel Verim ve Dayanıklılık Mekanizmalarına Etkileri. *DÜSTAD Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 3(1), 37-44.
- Çeliker, N. M., 1994. Ege Bölgesi'nde Beyaz kök çürüklüğü etmeni *Rosellinia necatrix* (Hartig) Berlese'e karşı biyolojik savaş olanakları üzerinde araştırmalar, *Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi*, 25-28 Ocak 1994.
- Çınar, A., and Tuzcu, O. 1976. Resistance study of the citrus rootstocks to *Phytophthora citrophthora* (smith and smith) leonian. II. The use of new method in selecting resistant citrus rootstocks to *Phytophthora citrophthora* (smith and smith) leonian. *Journal of Turkish phytopathology*, ss. 49-59.
- Çiftçi, K., Özkan, A., ve Türkyılmaz, N. 1995. Antalya ili elma zararlılarının biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması, *Bitki Koruma Bülteni*, 35, 1-2.
- Da Costa C.T., de Almeida M.R., Ruedell C.M., Schwambach J., Maraschin F.S., FettNeto A.G., 2013. When Stress and Development Go Hand in Hand: Main Hormonal Controls of Adventitious Rooting in Cuttings. *Front. Plant Sci.*, 4: 133.
- Datnoff, L. E., Nemec, S., ve Pernezny, K. 1995. Biological control of *Fusarium crown* and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biological Control*, 5(3), 427-431.
- Davies, F., and Albrigo, L. 1994. Rootstocks. Athern, J., Rees. A.(Eds.), *Citrus. CAB International, Wallingford, UK*, 254p.
- Davis D, Diamond AE (1953) Inducing resistance with plant growth regulators, *Phytopathology*, 43, 137.
- De Klerk G-J., Van der Krieken W., De Jong J.C., 1999. The Formation of Adventitious Roots: New Concepts, New Possibilities. *In Vitro Cell. Dev. Biol Plant.*, 35: 189-199.
- Demir, S., 1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerine Araştırmalar (doktora tezi basılmamış). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Demir, S., Akköprü, A., 2007. Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. In: *Biological Control of Plant Diseases*. Eds.S.B. Chincholkar, K.G. Mukerji, Haworth Press, NY, USA, p:17-37
- Demirözer, O., and Özgönen, H. (2013). Tarımsal Üretimde Arbusküler Mikorizal Funguslar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 9-15.
- Denance, N. Sanchez-Vallet, A. Goffner, D. and Molina, A. 2013. Disease resistance or growth: the role of plant hormones in balancing immune responses and fitness costs. *Front. Plant Sci.* 4: 1–12.

- Deryaoğlu, B. 2011. Turunçgil anaç ve çeşitlerinin turunçgillerde zamklanma hastalığına (*Phytophthora citrophthora*) karşı reaksiyonlarının ve bazı fungusitlerin infeksiyon oluşumu üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*, 88s.
- Dewitte W., Murray J.A., 2003. The Plant Cell Cycle. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 54, 235-264.
- Dimkić, I., Janakiev, T., Petrović, M., Degrassi, G., and Fira, D. (2022). Plant-associated *Bacillus* and *Pseudomonas* antimicrobial activities in plant disease suppression via biological control mechanisms-A review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 117, 101754.
- Djonovic, S., Vittone, G., Herrera, A.M., Kenerley, C.M., 2007. Enhanced biocontrol activity of *Trichoderma virens* transformants constitutively coexpressing β -1,3- and β -1,6- glucanase genes. *Molecular Plant Pathology*, 8(4): 469-480.
- Doğan S, Tüzer M., 2011. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1): 21-34.
- Dwiastuti, M. E., Widyaningsih, S., Wicaksono, R. C., Agustina, D., and Triasih, U. 2019. Identification of vesicular arbuscular mycorrhiza (vam) from soil and its potency in reducing disease development (*Phytophthora* sp.) on 5 citrus rootstock. *El-Hayah: Jurnal Biologi*, 7 (2): 74-83.
- Dwiastuti, M. E. 2020. Citrus foot rot disease (*Phytophthora* spp.) control in indonesia using good agricultural practices efforts green agroindustry. *Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, . 484 012097
- Edrava, A.. 1999. ‘‘Molecular Basis of Stress Plants’’, Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Moleküler Temelleri. Ege Üniv. Ziraat Fak.-EBİLTEM Yayını,1-33s.
- Eissenstat, D. M. 1991. On the relationship between specific root length and the rate of root proliferation: A field study using citrus rootstocks. *New phytologist*, 118 (1): 63-68.
- Eken, C., ve Demirci, E. 1997. Fungusların biyolojik mücadelede kullanımı, Atatürk Univ J Fac Agric, 28, 138-152.
- Elad, Y., Chet, I., Katan, J., 1981. *Trichoderma harzianum* A. biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70: 119-121.
- Elzawahry, A. M., Khalil, A. E. M., Allam, A. D. A., ve Mostafa, R. G. 2015. Effect of the bio-agents (*Bacillus megaterium* and *Trichoderma album*) on citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) infecting baladi orange and. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 1-8.

- Erdoğan, O., 2015. Pamukta Toprak Kökenli Fungal Patojenlere Karşı Floresan *Pseudomonas*’ lar ile Biyolojik Mücadele, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2(3): 268– 275
- Erzurumlu, G. S., and Kara, E. E. 2014. Mikoriza konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 55-65.
- Esertaş, Ü. Z. Ü., Karaoğlu, Ş. A., Uzunlioğlu, E., ve Bozdeveci, A. 2023. Identification of Bacteria Obtained from *Dactylorhiza urvilleana* Rhizoid Region, Metal Tolerances, Bioremidant Characteristics and Effects on Maize Germination in Copper Presence. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 26-37.
- Eşitken, A., Ercişli, S., Şevik, İ., Şahin, F., 2003. Effect of Indole 3 Butric Asit and different strains of *Agrobacterium rubi* on adventitive root formation from softwood and semi-hardwood wild sour cherry cuttings, *Turk J Agric For*, 37- 42. TÜBİTAK.
- Etemadi, M.; Gutjahr, C.; Couzigou, J.-M.; Zouine, M.; Lauressergues, D.; Timmers, A.; Audran, C.; Bouzayen, M.; Bécard, G.; Combier, J.-P. Auxin Perception Is Required for Arbuscule Development in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Plant Physiol.* 2014, 166, 281–292.
- Eyidogan F, Oz MT, Yucel M, Oktem HA. 2012. Signal transduction of phytohormones under abiotic stresses. In: Khan NA, Nazar R, Iqbal N, Anjum NA (eds) *Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants. Springer, Berlin*, pp 1–48.
- Fabbri, A., Bartolini, G., Lambardi, M. and Kailis, S., 2004, *Olive Propagation Manual*, CSIRO, *Printed in Australia*, 158p.
- Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F. A., Khaliq, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Khan, F., Ullah, N., vd. 2015. Phytohormones and plant responses to salinity stress: A review. *Plant growth regulation*, 75 (2): 391-404.
- FAO. 2018. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 224 pp. Licence: [Son erişim tarihi: 15.09.2022].
- FAO. 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Son erişim tarihi: 15.09.2022].
- Feichtenberger, E. 1990. Control of phytophthora gummosis of citrus with systemic fungicides in brazil 1. *EPPO Bulletin*, 20 (1): 139-148.
- Fesel, P. H., and Zuccaro, A. (2016). β -glucan: Crucial component of the fungal cell wall and elusive MAMP in plants. *Fungal Genetics and Biology*, 90, 53-60.
- Fidelibus, M., Martin, C., Wright, G., and Stutz, J. 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal (am) fungal communities on growth of ‘volkamer’lemon in continually moist or periodically dry soil. *Scientia horticulturae*, 84 (1-2): 127-140.

- Galvez L, Douds DD, Drinkwater LE, Wagoner P. 2001. Effect of Tillage and Farming System Upon VAM Fungus Populations and Mycorrhizas and Nutrient Uptake of Maize. *Plant and Soil*. 228: 299-308.
- Gardner G. Plant hormone signaling. *HortScience*. 2009;44(1):222–223.
- Ghanashyam C, Jain M. Role of auxin-responsive genes in biotic stress responses. *Plant Signal Behav*. 2009;4 (9):846–848.
- Glick BR, Cheng Z, Czarny J, Duan J, 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. In New perspectives and approaches in plant growth-promoting Rhizobacteria research. *Springer*, 329-339.
- Gmitter, F.G., Chen, C., Rao, M.N. and Soneji, J.R. 2007. Citrus fruits. In Fruits and Nuts, 265-279. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Goto, M., 2012, Fundamentals of bacterial plant pathology, Academic Press, p. 339
- Gökçe, A., ve Er, M. K. 2002. Entomopatojenik fungus *Paecilomyces fumosoroseus*(Wize) Brown and Smith kullanılarak sera beyazsineğinin, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, biyolojik mücadelesi ve sıcaklığın fungusun büyümesine etkisi, Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, 5, 4-7.
- Göksedef, M. O., 1980. Akdeniz Bölgesi Limonlarında [*Citrus limon* (L.) Burm.] Gövde Zamklanma Etmeni [*Phytophthora citrophthora* (Smith and Smith) Leonian]'ın Yayılışı, Bazı Biyolojik Özellikleri ve Tarımsal Savaş Yöntemleri ile Enfeksiyon Süresinde Etmene Karşı Farklı Duyarlılık Gösteren Turuncgil Çeşitlerindeki Dayanıklılık Nedenlerinin Saptanması Üzerinde Araştırmalar (Basılmamış doktora tezi).Bölge Ziraî Müc. Arş.Ens. Adana.
- Graham, J., and Syvertsen, J. 1984. Influence of vesicular–arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. *New Phytologist*, 97 (2): 277-284.
- Graham, J., and Syvertsen, J. 1985. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstock seedlings. *New Phytologist*, 101 (4): 667-676.
- Graham, J., Drouillard, D., and Hodge, N. 1996. Carbon economy of sour orange in response to different glomus spp. *Tree Physiology*, 16 (11-12): 1023-1029.
- Graham, J., Drouillard, D.L., Hodge,N.C. Topa, M.A., Rygiewicz, P.T. ve Cumming J.R. 1996. Carbon Economy of Sour Orange in Response to Different Glomus Spp. *TreePhysiology*. 16: 1023-1029
- Gürel A, Şenel Z., 2010. Tarım ve iklim değişikliği ilişkisinde alınması gereken önlemlerin tarımsal yayım açısından irdelenmesi. Türkiye 9. Tarım Ekonomisi Kongresi. 2. Cilt, 728-739, 22-24 Eylül, Şanlıurfa.

- Hansel, J. C. 2019. Evaluation of an isolate of *Bacillus subtilis* for biocontrol of phytophthora blight of North Carolina State University. North Carolina State University ProQuest Dissertations Publishing, 27772311.
- Harman G. ve Kubicek C. 1998. *Trichoderma and Gliocladium*, Volume 2: Enzymes, Biological Control and commercial applications, London, 393 p.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, 2 (1): 43-56.
- Harrison MA (2012) Cross-talk between phytohormone signaling pathways under both optimal and stressful environmental conditions. In: Khan NA, Nazar R, Iqbal N, Anjum NA (eds), *Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants. Springer, Berlin*, pp 49–76.
- Hartmann, H. T., Kester. D. E., Davies, F.T. and Geneve, R. L., 2002, *Plant Propagation, Principles and Practices*, 7th Ed., *Prentice Hall Inc., New Jersey*, 880p.
- Hayman, D. 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology*, 0031-949, 72, 8, 1119-1125.
- Heese, A., Hann, D. R., Gimenez-Ibanez, S., Jones, A. M. E., He, K., Li, J., Schroeder, J. I., Peck, S. C., Rathjen, J. P. 2007. The receptor-like kinase SERK3/BAK1 is a central regulator of innate immunity in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104:12217-12222.
- Hendelsman, J. and Stabb, E. V. 1996. Biocontrol of soilborne plant pathogens. *The Plant Cell*, 8, 1855-1869. doi: 10.1105/tpc.8.10.1855
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., and Monte, E. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*, 158(1), 17-25.
- Hildebrandt U, Regvar M, Bothe H. 2007. Arbuscular Mycorrhiza and Heavy Metal Tolerance. *Phytochemistry*. 68: 139-146. [26] Sannazzaro AI, Echeverria M, Alberto EO, Ruiz OA, Menendez AB. 2007. Modulation of Polyamine Balance in *Lotus Glaber* by Salinity and Arbuscular Mycorrhiza. *Plant Physiology and Biochemistry*. 45: 39-46.
- Hilooğlu, M. (2017). Bitki Kitinazları: Moleküler Yapıları, Önemleri ve Kullanımları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 65-71.
- Himaya, S. M. M., Sivasubramaniam, N., and Afreen, S. M. M. 2021. A review on role of mycorrhizal fungi in plant disease management.
- Hirayama, T ve Shinozaki, K., 2010. Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future, *The Plant Journal*, 61, 1041-1052.

- Hodge, A., 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology*, 32: 91-96.
- Hooker, J. E. ve Atkinson, D. 1996. Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Induced Alteration to Tree-Root Architecture and Longevity. *P. Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 159. 229-234.
- Howel, C.R. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the of biological control disease the history and evolution current concepts. *Plant Dis.* 87, 4-10.
- Howell, C.R., 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease*, 87(1): 4-10.
- Hunt, R. 1990. ‘Basic Growth Analysis’, Unwin Hyman Ltd. London, UK.
- Hussain, S., Luro, F., Costantino, G., Ollitrault, P., and Morillon, R. (2012). Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. *South African Journal of Botany*, 81, 103-112.
- Hutchinson, D. 1977. Influence of rootstock on the performance of ‘Valencia’ sweet orange. International Citrus Congress.
- Iqbal N, Umar S, Khan NA, Khan MIR 2014. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: regulation of proline metabolism. *Environ Exp Bot* 100:34–42.
- Jagtap, G., Thosar, R., and Dey, U. 2012. Evaluation of plant extracts and bioagents for the control of gummosis of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco) caused by phytophthora species. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (32): 4553-4558.
- Jentschel, K.; Thiel, D.; Rehn, F.; Ludwig-Müller, J. Arbuscular mycorrhiza enhances auxin levels and alters auxin biosynthesis in *Tropaeolum majus* during early stages of colonization. *Physiol. Plant.* 2007, 129, 320–333.
- Jiang C-H, Wu F, Yu Z-Y, et al. Study on screening and antagonistic mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* 54 against bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Microbiol Res.* 2015;170:95–104.
- Johnson, N. C., and Pfleger, F. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*, 54: 71-99.
- Jung, J., Park, C. 2011. Auxin modulation of salt stress signaling in *Arabidopsis* seed germination. *Plant Signal Behav* 6:1198–1200.
- Kafa G. ve Canhoş E. 2010. Turunçgil Yetiştiriciliği Kitabı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı.

- Kacar, B., Katkat, A., and Öztürk, Ş. 2002. Bitki fizyolojisi. Uludağ üniversitesi güçlendirme vakfı yayın, 198 (74).
- Kara H, Şahin M, Ay Ş., 2010. İklim değişikliğinin Uşak'ta tarım ürünlerine etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 39-46.
- Karagiannidis, N., Bletsos, F., and Stavropoulos, N. 2002. Effect of verticillium wilt (*Verticillium dahliae* kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia horticulturae*, 94 (1-2): 145-156.
- Karaman, İ., 2005. Sera Zararlılarından Aphidlere Karşı Etkili Olan Doğal Biyolojik Ajanların izolasyonu, Tanılanması ve Bu Zararlılara Karşı Etkilerinin Araştırılması (doktora tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. GEBZE.
- Karimi, A. K. and Altınok, H. H. (2019). In vitro antifungal activity of *Trichoderma harzianum* Rifai ve PGPR strains as biocontrol agents against gray mold and white mold in eggplant. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28, 6166- 6173.
- Kasprzewska A, 2003. Plant chitinases-regulation and function. *Cellular and Molecular Biology Letters*, 8(3): 809e24.
- Kazan, K., and Manners, J. M. 2009. Linking development to defense: Auxin in plant-pathogen interactions. *Trends in plant science*, 14 (7): 373-382.
- Kedici, R., Melan, K., ve Kodan, M. 1998. Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nın doğal düşmanlarının tespiti ve *Chrysoperla* sp.'nin zararlıının biyolojik mücadelesinde kullanılma imkanlarının araştırılması, Bitki Koruma Bülteni, 38,1-2 .
- Kendrick, B., 1992. The Fifth Kingdom. Mycologia Publications, 379 pp.
- Kenney G., Sudi J., Blackman G.E. 1969. The Uptake of Growth Substances XIII. Differential Uptake of Indole-3yl-Acetic Acid Through the Epidermal and Cut Surfaces of Etiolated Stem Segments. *J. Exp. Bot.*, 20: 820-840.
- Kepinski S., Leyser O., 2005. Plant Development: *Auxin in Loops*. *Curr Biol.*, 15(6): 208-210.
- Kerstng U. ve Özden Ö. 2005. Turunçgil Hastalıkları. Akdeniz İhracatçı Birlikleri.
- Keskin, K. 2016. Çeşitli uygulamaların bazı meyve türlerinde adventif kök oluşumu ve köklenme üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 123s.
- Khoushab F, Yamabhai M. 2010. Chitin research revisited. *Marine Drugs*. 8(7): 1988-2012.

- Kılınç, D., and Dinler, H. 2021. Biyolojik mücadelede Trichodermalar ve biyolojik kontrol mekanizmaları. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 201-224.
- Kıbar, B., and Pekşen, A. 2007. Ektomikorizanın tarım ve ormancılık bakımından önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (2): 232-238.
- Kieffer, M., Neve, J., and Kepinski, S. 2010. Defining auxin response contexts in plant development. *Current opinion in plant biology*, 13 (1): 12-20.
- Kleifeld, O. and Chet, I. 1992. Trichoderma harzianum interaction with plants on effect on growth response. *Plant Soil* 144, 267-272.
- Klotz, L. 1978. Fungal, bacterial, and nonparasitic diseases and injuries originating in the seedbed, nursery, and orchard. *Citrus industry*, 62-66.
- Kohli, A., Sreenivasulu, N., Lakshmanan, P., and Kumar, P. P. 2013. The phytohormone crosstalk paradigm takes center stage in understanding how plants respond to abiotic stresses. *Plant Cell Reports*, 32 (7): 945-957.
- Korkutal, İ., Bahar, E., and Mahmood, M. N. A. D. 2018. 110R Anacına Aşılı Merlot Üzüm Çeşidi Genç Omcalarına Farklı Dozlarda Uygulanan Trichoderma harzianum ve Bacillus subtilis' in II. Söküm Dönemindeki Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 67-75.
- Koske, R. E.; Gemma, J. N. A 1989. "Modified procedure for staining roots to detect mycorrhizas". *Mycological Research*, v. 92, n. 4, p. 486-488,
- Kotan R., E. Tozlu, A. Güneş ve F. Dadaşoğlu, 2021. Investigation of possibilities of using Bacillus subtilis microbial fertilizer in apple sapling growing. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 52 (1): 46-55.
- Kotan, R., Sahin, F., Demirci, E. ve Eken, C. 2002. Patates (Solanum tuberosum L.)'te kuru çürüklüğe sebep olan fungal patojenlerden Fusarium solani'ye karşı potansiyel bakteriyel etmenler kullanılarak biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması, Türkiye V. Biyolojik Mücadel Kongresi. Eylül 2002. Erzurum. 381-390.
- Kotan, R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11: 44-48.
- Kögl F and Kostermans DGFR. 1934. Hetero-auxin als Stoffwechselprodukt niederer pflanzlicher Organismen. XIII. Isolierung aus Hefe . *Z Phys Chem* 228 : 113-121.
- Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., Nagy, E., 2003. Influence of environmental parameters on Trichoderma strains with biocontrol potential. *Food Technology and Biotechnology*, 41(1): 37-42.
- Kundan R, Pant G, Jadon N, Agrawal PK, 2015. Plant growth promoting rhizobacteria: mechanism and current prospective. *J Fertil Pestic*, 6(2), 9.

- Kumar, S. P. M., Chowdappa, P., Krishna, V. and Sandhya, H. (2015). Induction of defense- related proteins and growth promotion in tomato by mixture of *Trichoderma harzianum* OTPB3 and *Bacillus subtilis* OTPB1 and *Pseudomonas putida* OPf1 against *Phytophthora infestans*. *African Journal of Microbiology Research*, 9, 96- 110. doi: 10.5897/AJMR2014.7141
- Kurepin L., Haslam T., Lopez-Villalobos A., Oinam G., Yeung E., 2011. Adventitious Root Formation in Ornamental Plants: II. The Role of Plant Growth Regulators. *Propag. Ornam. Plants*, 11: 161-71.
- Lee BD, Dutta S, Ryu H, et al. Induction of systemic resistance in *Panax ginseng* against *Phytophthora cactorum* by native *Bacillus amyloliquefaciens* HK34. *J Ginseng Res.* 2015;39(3):213–220.
- Leibinger, W., Breuker, B., Hahn, M., Mendgen, K., 1997. Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. *Phytopathology*, 87(11): 1103-1110.
- Leong, J. (1986). Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. *Annual review of Phytopathology*, 24(1), 187-209.
- Li L, Yi H, 2012. Differential expression of *Arabidopsis* defense-related genes in response to sulfur dioxide. *Chemosphere*, 87: 718–24.
- Lindermayr, C., and Durner, J. (2009). S-Nitrosylation in plants: pattern and function. *Journal of Proteomics*, 73(1), 1-9.
- Liu, X., Pang, J., ve Yang, Z. 2009. The biocontrol effect of *Trichoderma* and *Bacillus subtilis* syl1. *Journal of Agricultural Science*, 1 (2): 132.
- Lumsden, R.D., Lewis, J.A., Fravel, D.R., 1995. Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soilborne plant pathogens. *ACS Symposium Series*, 595(11):166-182.
- Maciejowska, Z., ve Williams, E. 1961. The isolation and identification of soil fungi and their relation to root rot of apple. *Abs. Proc. Ind. Acad. Sci*, 70 52-53.
- Madigan, T.M., Martinko, M.J., and Parker, J. 1997. *Brock Biology of Microorganisms. International Edition*, 8th Ed.
- Mahapatra, S., Yadav, R., and Ramakrishna, W. 2022. *Bacillus subtilis* impact on plant growth, soil health and environment: Dr. Jekyll and Mr. Hyde. *Journal of Applied Microbiology*, 132(5), 3543-3562.
- Malajczuk, N. 1983. Microbial antagonism to *Phytophthora*. *Plant pathogenic fungi*, pp 197–218.

- Malajczuk, N., McComb, A., and Parker, C. 1977. Infection by *Phytophthora cinnamomi* roots of roots of eucalyptus calophylla r. Br. And eucalyptus marginata donn. *Ex sm. Australian Journal of Botany*, 25 (5): 483-500.
- Malajczuk, N., Nesbitt, H., and Glenn, A. 1977. A light and electron microscope study of the interaction of soil bacteria with *Phytophthora cinnamomi* roots. *Canadian Journal of Microbiology*, 23 (11): 1518-1525.
- Mano, Y., and Nemoto, K. (2012). The pathway of auxin biosynthesis in plants. *Journal of experimental Botany*, 63(8), 2853-2872.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd (eds) Academic Press. New York, 15-22.
- Mastouri, F., Björkman, T., Harman, G.E., 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology*, 100(11): 1213-1221.
- Matheron, M., ve Matejka, J. 1993. Seasonal differences in susceptibility of three citrus rootstocks to root lesions caused by *Phytophthora citrophthora* and *P. Parasitica*. *Plant Disease*, 77 (7): 729-732.
- Meltem A. ve KOTAN R. 2021. Fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanılması. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 167-191.
- Mısraklı, D. 2018. Topraksız koşullarda yetiştirilen meyer limonunda farklı besleme kombinasyonlarının fidan kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 96s.
- Mitra, D., Uniyal, N., Panneerselvam, P., Senapati, A., and Ganeshamurthy, A. N. (2020). Role of mycorrhiza and its associated bacteria on plant growth promotion and nutrient management in sustainable agriculture. *International journal of life sciences and applied sciences*, 1(1), 1-1.
- Moser, M., Haselwandter, K., 1975. Ecophysiology of Mycorrhizal Symbioses. *Encyclopedia of Plant Physiology*, 12, 391-421, (1975).
- Moubayidin, L., Di Mambro R, Sabatini S., 2009. Cytokinin-Auxin Crosstalk. *Trends Plant Sci.*, 14, 557–562.
- Naser, V., and Shani, E. (2016). Auxin response under osmotic stress. *Plant molecular biology*, 91(6), 661-672.
- Nemec, S. 1978. Response of six citrus rootstocks to three species of *Glomus*, a mycorrhizal fungus. In *Proc. Fla. State Hort. Soc.* (Vol. 91, pp. 10-14).

- Nidhina, K., Sharadraj, K., Prathibha, V., Hegde, V., ve Gangaraj, K. 2016. Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. to *Phytophthora* infecting plantation crops and its beneficial effect on germination and plant growth promotion. *Vegetos*, 29 (2): 19-26.
- Nishizawa Y, 2005. Roles of Chitinases and beta-1,3-Glucanases in Plant Defense. <http://www.glycoforum.gr.jp/science/word/glycobiology/PS-A04E.html> (Erişim tarihi: 10 Kasım, 2016)
- Noël, G. M. A. M., Madrid, E. A., Bottini, R., and Lamattina, L. 2001. Indole acetic acid attenuates disease severity in potato *Phytophthora infestans* interaction and inhibits the pathogen growth in vitro. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (9): 815-823.
- Norman, J.R. and Hooker, J.E. (2000). Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal strawberry roots. *Mycological Research*, 104, 1069–1073.
- Nuangmek, W., Aiduang, W., Kumla, J., Lumyong, S., and Suwannarach, N. 2021. Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaoense* for plant growth promotion and biological control of gummy stem blight and wilt of muskmelon. *Frontiers in Microbiology*, 12, 634772.
- Oliveira, A., Weber, O., and da SILVA, A. 1992. Micorrizacao e crescimento de porta-enxertos de citros em funcao de inoculos micorrizicos vesiculo-arbusculares. *Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE.)*, 27 (7), 1049-1056.
- Ortaş, I., Ortakci, D., and Kaya, Z. 2002. Various mycorrhizal fungi propagated on different hosts have different effect on Citrus growth and nutrient uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (1-2): 259-272.
- Ortaş, I., Ortakçı, D., Kaya, Z., Çınar, A., and Önelge, N. 2002. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. *Journal of Plant nutrition*, 25 (6): 1263-1279.
- Ortaş, İ. 1998. “Toprak ve Bitkide Mikoriza”, Workshop, Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 20-22 Mayıs Adana 61 s.
- Ortaş, İ., Ortakçı, D., ve Kaya, Z. 2002a. Various Mycorrhizal Fungi Propagated on Different Hosts Have Different Effect on Citrus Growth and Nutrient Uptake. *Communication Soil Science And Plant Analyses*. 33(1 ve 2) 259-272.
- Ortaş, İ., Ortakçı, D., Kaya, Z., Çınar, A., Önelge, N. 2002b. Mycorrhizal Dependency of Sour Orange in Relation to Phosphorus and Zinc Nutrition. *J. Plant Nutrition* 25, 6: 1269-1279
- Ozgonen H, Erkilic A. 2007. Growth enhancement and *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. *Crop Protection*. 26: 1682–1688.

- Öncüler, C., Yoldaş, Z., Madanlar, N., ve Gül, A. 1994. İzmir’de sebze seralarında zararlılara karşı biyolojik savaş uygulamaları, Türkiye IV. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, Erzurum, 395-407.
- Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F., Kınay, P., 2010. Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1): 61-78.
- Özbek, C. K., ve Dalkılıç, Z. 2017. Üç yapraklı portakal çöğürlerinin büyümesi üzerine mikoriza ve solucan gübresinin etkisi, nagami kamkatı aşı kalemlerinin kobalt-60 ışınlanmasına dayanımının belirlenmesi ve farklı genotiplerin rapid belirteçleri ile tanımlanması. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 1-7.
- Özkan, C.F., Ateş, T., Kelten, M., Taşdemir, T. ve Arpacıoğlu, A. 2004. VA Mikoriza Uygulamasının Bazı Turunçgil Anaçlarının Çöğür Gelişimine Etkisi. Türkiye 4. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Antalya, 163-166.
- Öztürk, N., Basım, E., and Basım, H. 2017. Tarımda mikorizal fungusların etkinliği. *Mantar Dergisi*, 8(1), 20-34.
- Öztürk, N., ve Ulusoy, M. R. 2011. Doğu Akdeniz Bölgesi nar ve turunçgil bahçelerinde, Portakal güvesi [*Cryptoblabes gnidiella* Mill.(Lepidoptera: Pyralidae)]’nin parazitoit ve predatörlerinin belirlenmesi, *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2(1), 19-24.
- Pal, K. K., ve Gardener, B. M. 2006. Biological control of plant pathogens, *The plant health instructor*, 2, 1117-1142.
- Papavizas, G. 1985. Trichoderma and Gliocladium: Biology, ecology, and potential for biocontrol. *Annual review of phytopathology*, 23 (1): 23-54.
- Peleg, Z. and Blumwald, E. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14: 290–295.
- Perrot-Rechenmann, C., 2010. Cellular Responses to Auxin: Division Versus Expansion. Cold Spring Harb. *Perspect. Biol.*, 2, a001446
- Phillips, J.M. ve Hayman. D.S. 1970. “Improved Procedures for Clearing Roots and Staining parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection”, *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 157-160.
- Polat, Z., Coşkuntuna, A., 2014. Örtüaltında yetiştirilen marulda kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers.) hastalığına karşı mücadele imkânlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni* 2014, 54(4):371-380
- Poveda, J., Abril-Urias, P., and Escobar, C. 2020. Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: Trichoderma, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992.

- Pozo, M. J., Azcón-Aguilar, C., Dumas-Gaudot, E., and Barea, J. M. (1999). β -1, 3-glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. *Plant Science*, 141(2), 149-157.
- Ramaraj B, Vidhyasekaran P (1982) Possible involment of pectic enzymes in betelvine wilt development, *Indian Phytopathol.*, 35, 71.
- Ranganathswamy, M., Kadam, G. L., and Jhala, Y. K. 2019. An insight into Mycorrhiza involved in building soil and plant health. *In Soil Fertility Management for Sustainable Development*, pp. 211-229.
- Rillig, M. C., Mardatin, N. F., Leifheit, E. F., and Antunes, P. M. (2010). Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi increases soil water repellency and is sufficient to maintain water-stable soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(7), 1189-1191.
- Rioy J., 1993. Endogenous and Exogenous Auxin Conjugates in Rooting of Cuttings. *Acta Hort.*, 329: 284-288.
- Ruano-Rosa, D., Cazorla, F. M., Bonilla, N., Martín-Pérez, R., De Vicente, A. and López-Herrera, C. J. 2014. Biological control of avocado White root rot with combined applications of *Trichoderma* spp. and rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 138, 751- 762. doi: 10.1007/s10658-013-0347-8
- Ruiz, C., and Asins, M. 2003. Comparison between poncirus and Citrus genetic linkage maps. *Theoretical and Applied Genetics*, 106 (5): 826-836.
- Ryu, C. M., Farag, M. A., Hu, C. H., Reddy, M. S., Wei, H. X., Paré, P. W., and Kloepper, J. W. 2003. Bacterial volatiles promote growth in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(8), 4927-4932.
- Saddhe, A. A., Malvankar, M. R., Karle, S. B., and Kumar, K. 2019. Reactive nitrogen species: paradigms of cellular signaling and regulation of salt stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 161, 86-97.
- Salehin, M., Bagchi, R., and Estelle, M. 2015. Scftir1/afb-based auxin perception: Mechanism and role in plant growth and development. *The Plant Cell*, 27 (1): 9-19.
- Salih, H. 1974. Adana ve çevresinde turuğgillerde kökboğazı çürüklüğü yapan *Phytophthora citrophthora* (Simith ve Smith) Leonian'nın yayılışı ve biyoekolojisi üzerinde araştırmalar. Adana Bölge Zir. Müc. Araş. Enst. Yay. Araştırma Eserleri Serisi, (35).
- Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. *Phytopathology*, 96 (2): 195-206.

- Savage, E., and Gardner, F. 1965. The origin and history of Troyer and Carrizo citranges. *Citrus*, 46 (2): 5-7.
- Saygılı, H., Şahin, F., ve Aysan, Y. 2006. Fitobakteriyoloji. *Meta Basım Matbaacılık, İzmir*, 530s.
- Schaller, G. E., Bishopp, A., and Kieber, J. J. 2015. The yin-yang of hormones: Cytokinin and auxin interactions in plant development. *The Plant Cell*, 27 (1): 44-63.
- Schlicht M., Ludwig-Muller J., Burbach C., Volkmann D., Baluska F., 2013. Indole-3-Butyric Acid Induces Lateral Root Formation
- Schopfer, P., Liskay, A., Bechtold, M., Frahy, G., Wagner, A. 2002. Evidence that hydroxyl radicals mediate auxin-induced extension growth. *Planta* 214:821–828.
- Scott E.S., T.J. Wicks and T.C. Lee, 1992. The development of an assay for resistance to *Phytophthora cambivora* in almond rootstocks using shoots excised from tissue cultures. *Plant Pathology*, 41, 639–645.
- Selvi, T., Turgutoğlu, E., Eşitken, A., Güler, G., ve Dönmez, M. F. Rizobakteri Uygulamalarının Bazı Turunçgil Çöğürlerinin Büyüme ve Gelişme Performansı Üzerine Etkileri. *Meyve Bilimi*, 8(2), 30-33.
- Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C., and Savur, O. B. (2007). Responses of some different pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia horticulturae*, 113(1), 92-95.
- Shafi, J., Tian, H., and Ji, M. 2017. Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: A review. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 31 (3): 446-459.
- Sharma N, Sharma KP, Gaur RK, Gupta VK, 2011. Role of Chitinase in Plant Defense. *Asian Journal of Biochemistry*, 6: 29-37.
- Sharma V, 2013. Pathogenesis related defence functions of plant chitinases and β -1,3-glucanases. *Vegetos.*, 26: 205-218.
- Siddiqui, M., Akram, M., and Haque, Z. 2019. Strategies for management of Phytophthora diseases in Citrus in India. *Management*, 435: 451.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystems. *Technical Cooperation, Federal Republic of Germany* 372 pp.
- Sieverding, E., Friedrichsen, J., and Suden, W. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. *Sonderpublikation der GTZ (Germany)*, ss. 339-365.

- Silva, K. S., Hojo Reboucas, T. N., Bomfim, M. P., Silva, D. S., São José, A. R., and Sabin Benett, C. G. 2008. Atividade antagônica in vitro de isolados de *Trichoderma* spp. Ao fungo *Phytophthora citrophthora*. *Semina: Ciências Agrárias*, 749-753.
- Solanki, M. K., Kashyap, P. L., Kumari, B., Ansari, R. A., Sumbul, A., Rizvi, R., and Mahmood, I. (2020). Mycorrhizal fungi and its importance in plant health amelioration. In *Microbiomes and Plant Health* (pp. 205-223). Academic Press.
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., ... and Sharma, A. 2020. *Trichoderma: The “secrets” of a multit talented biocontrol agent*. *Plants*, 9(6), 762.
- Spaepen, S., Versées, W., Gocke, D., Pohl, M., Steyaert, J., and Vanderleyden, J. 2007. Characterization of phenylpyruvate decarboxylase, involved in auxin production of *Azospirillum brasilense*. *Journal of Bacteriology*, 189(21), 7626-7633.
- Spethmann W., Hamzah A., 1988. Growth Hormone Induced Root System Types in Cuttings of Some Broad Leaved Tree Species. *Acta Hortic.*, 226: 601-606.
- St-Arnaud, M., Hamel, C., and Fortin, J. 1994. Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhizal tagetes patula colonized with *glomus intraradices*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 16 (3): 187-194.
- Stewart, A., and Hill, R. 2014. Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. In *Biotechnology and biology of Trichoderma*. *Elsevier pp.* 415-428).
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., and Walter, M. H. 2003. Arbuscular mycorrhiza: Biological, chemical, and molecular aspects. *Journal of chemical ecology*, 29 (9): 1955-1979.
- Strader L.C., Bartel B., 2011. Transport and Metabolism of the Endogenous Auxin Precursor Indole-3- Butyric Acid. *Mol. Plant*, 4: 477-486.
- Stryer, L. 1988. Biochemistry. Third Ed. W.H. Freeman and company/newyork.
- Sudisha, J., Sharathchandra, R. G., Amruthesh, K. N., Kumar, A. and Shekar Shetty, H. (2012). Pathogenesis related protiens in plant defence response. In: *Plant defence: biological control*. (pp 379–403)
- Swarup, R. and Péret, B. 2012. AUX/LAX family of auxin influx carriers – an overview. *Front. Plant Sci.* 3: 225.
- Swarup, R., and Péret, B. 2012. Aux/lax family of auxin influx carriers—an overview. *Frontiers in plant science*, 3: 225.
- Syvertsen, J., Zablotowicz, R., and Smith, M. 1983. Soil temperature and flooding effects on two species of citrus. *Plant and Soil*, 72 (1): 3-12.

- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., and Murphy, A. 2015. Plant physiology and development (No. Ed. 6). *Sinauer Associates Incorporated*.
- Thimann, K. V. 1935. On the plant growth hormone produced by *Rhizopus suinus*. *J. Biol. Chem.* 109:279–291.
- Thomidis, T., Exadaktylou, E., and Sotiropoulos, T. 2005. Susceptibility of three Citrus rootstocks towards *Phytophthora cactorum*, *P. citrophthora*, *P. parasitica* and *P. citricola*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 204-207.
- Timmer, L. W., Garnsey, S. M., and Broadbent, P. 2003. Diseases of citrus. *Diseases of tropical fruit crops*, 163-195.
- Timmer, L., and Graham, J. 1991. The Florida phytophthora experience. *California grower (USA)*, 15 (4): 8-10.
- Tognetti, V. B., Mühlenbock, P. E. R., and Van Breusegem, F. (2012). Stress homeostasis—the redox and auxin perspective. *Plant, cell and environment*, 35(2), 321-333.
- Tozlu, G., Çoruh, İ., ve Gültekin, L, 2010. Türkiye’de *Amaranthus* (Amaranthaceae) Türlerine Karşı Biyolojik Mücadelede Böceklerin Kullanımı, *Journal of the Faculty of Agriculture*, 41(2).
- Tsao, P. H. 1990. Prospects of biological control of phytophthora root rots of woody perennials with antagonistic fungi. Paper presented at the 3. International Conference on Plant Protection in the Tropics, Genting Highlands, *Pahang (Malaysia)*, 13(9): 243-246.
- TÜİK. 2019. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> [Son erişim tarihi: 15.09.2022].
- Ubeda-Tomas S., Beemster G.T.S., Bennet M.J., 2012. Hormonal Regulation of Root Growth: Integrating Local Activities Into Global Behavior. *Trends in Plant Science*, 17(6): 326-331.
- Ubeda-Tomas S., R. Swarup J., Coates K., Swarup L., Laplaze G.T.S., Beemster P., Hedden R., Bhalerao M.J., Bennett 2008. Root Growth in Arabidopsis Requires Gibberellin/DELLA Signalling in the Endodermis. *Nat Cell Biol.* 10: 625-628.
- Ulukuş, İ., Akteke, Ş. A., Damıdere, H., ve Develier, O. 1997. Akdeniz bölgesi seralarında sebzelerde zarar yapan Kurşuni küf (*Botryotinia fuckeliana* De Bary/Whetzel) hastalığına karşı biyolojik mücadele olanakları üzerinde araştırmalar, *Bitki Koruma Bülteni*, 37, 1-2
- UN, 2015. World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs and Population Division, Working Paper No ESA/P/WP. 241.

- Uygun N. 2001. Türkiye Turunçgil Bahçelerinde Entegre Mücadele. (Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları)
- Uzun, A. ve Seday, Ü., 2011, Farklı IBA Dozlarının Bazı Turunçgil Anaçlarının Odun Çeliklerinin Köklenmeleri Üzerine Etkileri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 27 (2), 212-216.
- Üstüner, Ö. 2001. Değişik harç ortamlarında değişik mikoriza türlerinin turunç bitkisinin büyüme ve kök gelişimine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 70s.
- Vaikuntapu PR, Dutta S, Samudrala RB, Rao VR, Kalam S, Podile AR, 2014. Preferential promotion of *Lycopersicon esculentum* (Tomato) growth by plant growth promoting bacteria associated with tomato. *Indian Journal of Microbiology*, 54(4), 403-412.
- Van Wees SC, Van der Ent S, Pieterse CM. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr Opin Plant Biol.* 2008;11(4):443–448.
- Verhagen BW, Glazebrook J, Zhu T, Chang HS, Van Loon LC, Pieterse CM, 2004. The transcriptome of rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(8), 895-908.
- Vernière, C., Cohen, S., Raffanel, B., Dubois, A., Venard, P., and Panabières, F. 2004. Variability in pathogenicity among *Phytophthora* spp. Isolated from Citrus in corsica. *Journal of Phytopathology*, 152 (8-9): 476-483.
- Vernooij, B., Friedrich, L., Goy, P. A., Staub, T., Kessmann, H., and Ryals, J. (1995). 2, 6-Dichloroisonicotinic acid-induced resistance to pathogens without the accumulation of salicylic acid. *Molecular plant-microbe interactions: MPMI (USA)*.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, 255 (2): 571-586.
- Vial, A., Latorre, B., and Ortúzar, J. 2006. Characterization of *Phytophthora citrophthora* and p. *Inundata* associated to foot and root rot of citrus trees in Chile. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 33(3): 205-216.
- Vigo C, Norman JR, Hooker JE. 2000. Biocontrol of the Pathogen *Phytophthora parasitica* by Arbuscular Mycorrhizal Fungi is A Consequence of Effects on Infection Loci. *Plant Pathology*. 49: 509-514.

- Vinale, F., Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E., Lorito, M., and Sivasithamparam, K. 2006. Major secondary metabolites produced by two commercial trichoderma strains active against different phytopathogens. *Letters in applied microbiology*, 43 (2): 143-148.
- Vinale, F.R, Scala, F., Ghisalberti, E.L., Lorito, M., Sivasithamparam, K. 2006. Major secondary school metabolites produced by two commercial Trichoderma strains active againts different Phytopatholgens Lett Appl. *Microbiol.* 43, 143-148.
- Waghunde, R. R., Shelake, R. M. and Sabalpara, A. N. (2016). Trichoderma: a significant fungus for agriculture and environment. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 1952– 1965. doi: 10.5897/AJAR2015.10584
- Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U., 2005, Plant Roots The Hidden Half, Third Edition, published in the Taylor and Franchis e-library, New York, 1120p.
- Wang X, Wang L, Wang J, et al. Bacillus cereus AR156- induced resistance to Colletotrichum acutatum is associated with priming of defense responses in loquat fruit. *PLoS One*. 2014;9(11):e112494.
- Wang, Q., Ma, L., Zhou, Q., Chen, B., Zhang, X., Wu, Y., and Feng, Y. 2019. Inoculation of plant growth promoting bacteria from hyperaccumulator facilitated non-host root development and provided promising agents for elevated phytoremediation efficiency. *Chemosphere*, 234: 769-776.
- Waterhouse, G. M. 1963. Key to the species of Phytophthora de bary. *Commonwealth Mycological Institute*, 92: 22.
- Waterhouse, G. M., Waterston, J. M., 1966. Phytophthora cactorum. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. *CMI Mycological P*: 111.
- Weindling, R. 1932. Trichoderma lignorum as a parasite of other soil fungi. *Phytopathology*, 22 (8): 837-845.
- Went F.W., Thimann K.V., 1937. Phytohormones. New York, *The Macmillan Company*.
- Went, F. 1926. On growth-accelerating substances in the coleoptile of Avena sativa. In *Proc Kon Akad Wetensch Amsterdam*, Vol. 30, pp. 10-19.
- Went, F. W. 1927. On growth accelerating substances in the coleoptile of Avena sativa. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.* 30:1–19.
- Went, F. W. 1928. The growth substance and growth. *Rev. Trav. Bot. Neerl.* 25:1–116.
- Whipps, J. M. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Canadian journal of botany*, 82 (8): 1198-1227.

- Whiteside, J. 1970. Factors contributing to the restricted occurrence of Citrus brown rot in florida. *Plant Disease Reporter*, 54 (7): 608-612.
- Whiteside, J. O. 1973. Phytophthora studies on citrus rootstocks. Proc. First int. Citrus short course".(eds. Jackson, LK, Krezdron, AH and Soule, J.) *Gainesville, FL*, 15-21.
- Whiteside, J. O., Garnsey, S. M., and Trimmer, L. W. (1988). *Compendium of citrus diseases*.
- Widnyana IK, 2018. PGPR (Plant Growth Promoting Rizobacteria) Benefits in Spurring Germination, Growth and Increase the Yield of Tomato Plants. In *Recent Advances in Tomato Breeding and Production, IntechOpen*, 17-25.
- Windham, M.T., Elad, Y., Baker, R., 1986. A mechanism for increased plant-growth induced by Trichoderma spp. *Phytopathology*, 76(5): 518-521.
- Woo, S. L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., and Lorito, M. 2014. Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, 8 (1).
- Woodward A.W., Bartel B., 2005. Auxin: Regulation, Action, and Interaction. *Ann Bot.*, 95(5): 707-735.
- Woodward, A. W., and Bartel, B. Auxin: 2005. Regulation, action, and interaction. *Annals of botany*, 95 (5): 707-735.
- Wutscher, H. K. 1979. Citrus rootstocks. *Horticultural reviews*, 1: 237-269.
- Xayphakatsa K, Tsukiyama T, Inouye K, Okumoto Y, Nakazaki T, Tanisaka T, 2008. Gene cloning, expression, purification and characterization of rice (Oryza sativa L.) class II chitinase CHT11. *Enzyme Microb Technol.*, 43(1): 19-24.
- Xiang, N., Lawrence, K. S., Kloepper, J. W., Donald, P. A., and McInroy, J. A. 2017. Biological control of heterodera glycines by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr) on soybean. *PloS one*, 12 (7): e0181201.
- Yedidia, I., Benhamou, N., Chet, I., 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (Cucumis sativus L.) by the biocontrolagent Trichoderma harzianum. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 1061-1070.
- Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y., Chet, I., 2001. Effecet of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*, 235: 235-242

- Yendyo, S., Ramesh, G. C. and Panyed, B. R. 2018. Evaluation of *Trichoderma* spp., *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* for biological control of *Ralstonia* wilt of tomato. *F1000Research*, 6, 2028.
- Yılmaz, E. 2005. "Topraksız Ortama Arbusküler Mikoriza Aşılamanın Patlıcan (*Solanum Melongena* L.) Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri", Doktora Tezi 204 S.
- Yiğit, A., Canhilal, R., ve Zaman, K. 1994. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde turuncgil zararlıları ile Biyolojik mücadele uygulamalarına ilişkin bir anket çalışması, Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, Entomoloji Derneği Yayınları, (7), 409-420.
- Yiğit F., 2005. S.Ü Ziraat fakültesi dergisi 19 (36): 70-77
- Yin, C. Park, J.J. Gang, D.R. and Hulbert, S.H. 2014. Characterization of a tryptophan 2-monooxygenase gene from *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* involved in auxin biosynthesis and rust pathogenicity. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 27: 227-235.
- Young, R. H. 1977. The effect of rootstocks on citrus cold hardiness. *In Proc Int Soc Citriculture*, Vol. 2, pp. 518-522.
- Zhang, J., Jiang, L., Sun, C., Jin, L., Lin, M., Huang, Y., Yu, T. vd.. 2018. Indole-3-acetic acid inhibits blue mold rot by inducing resistance in pear fruit wounds. *Scientia Horticulturae*, 231: 227-232.
- Zhou, Y., Choi, Y. L., Sun, M., and Yu, Z. 2008. Novel roles of *Bacillus thuringiensis* to control plant diseases. *Applied microbiology and biotechnology*, 80, 563-572.
- Zhou, D.X., Liu, Y.F., Liu, X.B. 2009. "Effects of waterlogging stress on physiological and biochemical index in *Alternant phiioxeroides* Hubei", *Agricultural Sciences*, 48(3): 585-587.
- Zouaoui, M., Essghaier, B., Weslati, M., Smiri, M., Hajlaoui, M. R., and Zouaoui, N. S. 2019. Biological control of clementine branch canker caused by *Phytophthora citrophthora*. *Phytopathologia Mediterranea*, 58 (3): 547-558.

ÖZGEÇMİŞ

GÖKHAN KARADELİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2019	Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya