

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

***GLOMUS INTRARADICES* VE *TRICHODERMA HARZIANUM*'UN
PATLICANDA FUSARIUM OXYSPOURUM F.SP.
MELONGENAE 'YA KARŞI KİTİNAZ VE β -1,4-GLUKANAZ
SENTEZİNE ETKİLERİ**

Şükriye KIYAK

Danışman
Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

ISPARTA - 2021



© 2021 [Şükriye KIYAK]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Patlıcanda <i>Fusarium</i> spp. ile İlgili Yapılan Çalışmalar	5
2.2. Sebzelerde Biyolojik Mücadele ile İlgili Yapılan Çalışmalar	7
2.3. Patojenite ile İlgili Proteinlerle İlişkili Yapılan Çalışmalar	12
2.4. Biyolojik Mücadele Etmenlerinin Bitki Gelişim Parametrelerine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Denemenin kurulması	26
3.2.2. Bitkilerde mikorizal fungusun kök kolonizasyonunun belirlenmesi	28
3.2.3. <i>Glomus intraradices</i> ve <i>Trichoderma harzianum</i> 'un bitki gelişim parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi.....	29
3.2.4. Hastalık değerlendirmeleri	29
3.2.5. Enzim analizleri	30
3.2.5.1. Kitinaz aktivitesi	31
3.2.5.2. β -1,4-glukanaz aktivitesi	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Patlıcan Çeşitlerinde Mikorizal Fungusun Kök Kolonizasyonu	35
4.2. <i>Trichoderma harzianum</i> ve <i>Glomus intraradices</i> 'in Bitki Gelişimine Etkileri ..	36
4.3. <i>Trichoderma harzianum</i> ve <i>Glomus intraradices</i> 'in Patlıcanda <i>Fusarium</i> Solgunluğunun Hastalık Şiddetine Etkisi	40
4.4. <i>Trichoderma harzianum</i> ve <i>Glomus intraradices</i> 'in <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melongenae</i> 'ya Karşı Patlıcanda Enzim Üretimine Etkisi	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	67

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

***GLOMUS INTRARADICES* VE *TRICHODERMA HARZIANUM*'UN PATLICANDA *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *MELONGENAE* 'YA KARŞI KİTİNAZ VE β -1,4-GLUKANAZ SENTEZİNE ETKİLERİ**

Şükriye KIYAK

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

Bu tez çalışmasında, “Aydın siyahı” ve “Anamur” patlıcan çeşitlerinde; biyolojik mücadele etmenleri olan *Trichoderma harzianum* (Th) ve *Glomus intraradices* (Gi) uygulamalarının bitki gelişimi, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* (Fomg)’nın neden olduğu solgunluk hastalığı ve dayanıklılıkta rol oynayan patojenite ile ilgili proteinlerden kitinaz ve β -1,4-glukanaz aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre, Gi ve Th’nin tek tek ve kombinasyon halindeki uygulandığı “Aydın siyahı ve “Anamur” patlıcan çeşitlerinde, patojen inokulasyonun yapıldığı ve yapılmadığı durumlarda, bitkilerde; sürgün ve kök uzunluğu, gövde çapı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığında kontrole kıyasla arttığı gözlemlenmiştir.

Gi ve Th’nin tek tek ve kombinasyon halindeki uygulandığı “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde biyolojik mücadele etmenleri hastalık şiddetini azaltmada oldukça başarılı olmuştur. Buna bağlı olarak, biyolojik mücadele etmenleri kitinaz ve β -1,4-glukanaz enzimlerini arttırarak dayanıklılık mekanizmasında önemli rol oynamıştır.

Sonuç olarak, biyolojik mücadele etmenleri bitki gelişim parametrelerinde artışa neden olmuş, hastalığı baskılamış, kitinaz ve β -1,4-glukanaz enzimlerini arttırarak bitkinin patojene karşı dayanıklılığını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki gelişimi, Biyolojik mücadele, *Fusarium* solgunluğu, Mikorizal fungus, PR protein, *Solanum melongena* L.

2021, 67 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECTS OF *GLOMUS INTRARADICES* AND *TRICHODERMA HARZIANUM* ON *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *MELONGENAE* ON CHITINASE AND β -1,4-GLUCANASE SYNTHESIS IN EGGPLANT

Şükriye KIYAK

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

In this thesis, the effects of biological control agents *Trichoderma harzianum* (Th) and *Glomus intraradices* (Gi) applications on plant growth, wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* (Fomg) and the activities of pathogenesis related proteins including chitinase and β -1,4-glucanase that plays important role in diseases resistance in "Aydın siyahı" and "Anamur" eggplant varieties were investigated.

According to the results of the study, in the "Aydın siyahı" and "Anamur" eggplant varieties where Gi and Th were applied individually and in combination; it was observed that shoot and root length, stem diameter, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight increased in cases where pathogen inoculation was performed or not compared to the control.

Biological control agents were quite successful in reducing disease severity in "Anamur" and "Aydın siyahı" eggplant varieties where Gi and Th were applied individually and in combination. Accordingly, biological control agents played an important role in the resistance mechanism by increasing chitinase and β -1,4-glucanase enzymes.

As a result; biological control agents caused an increase in plant growth parameters, suppressed the disease, and increased the chitinase and β -1,4-glucanase enzymes to provide the plant's resistance to the pathogen.

Key Words: Plant development, Biological control, Fusarium wilt, Mycorrhizal fungus, PR protein, *Solanum melongena* L.

2021, 67 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA'ya çalışma süresince bana desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Jüri üyesi olarak tezime katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Gürsel KARACA ve Sayın Doç. Dr. Rağbet Ezgi DURAN hocalarımıza sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni yetiştiren, tezimin ve hayatımın her aşamasında maddi manevi desteğini esirgemeyen her durumda koşulsuz yanımda olan değerli annem, babam ve kardeşlerime, tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim Zir. Müh. Muhammed Ali KIYAK'a ve sevgili oğlum Baybars Efe KIYAK'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar yürekten teşekkür ederim.

Şükriye KIYAK
ISPARTA, 2021

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. İklim odasında patlıcan çeşitlerinin dikimden sonraki genel görünüm	26
Şekil 3.2. İklim odasında hastalık şiddeti ve bitki gelişim parametreleri denemesinden genel görünüm.....	27
Şekil 3.3. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melongenae</i> 'nın buğday kültürleri	27
Şekil 3.4. Enzim ekstraksiyonu için bitkilerden yaprak örneklerinin alınması.....	31
Şekil 3.5. Enzim ekstraksiyonu için bitkilerden alınan yaprak örneklerini ezme işlemi ve kullanılan satrifüj.....	31
Şekil 3.6. Kitinaz enziminin spektrofotometrik ölçümü	32
Şekil 3.7. β -1,4-glukanaz enzim ölçümünde inkübasyon işlemi.....	33
Şekil 3.8. β -1,4-glukanaz enziminin spektrofotometrik ölçümü.....	34
Şekil 4.1. "Anamur" çeşidinde uygulamaların bitki boyuna etkileri	37
Şekil 4.2. "Aydın siyahı" çeşidinde uygulamaların bitki boyuna etkileri.....	38
Şekil 4.3. Uygulamaların "Aydın siyahı" çeşidinde bitki kök gelişimine etkileri	38
Şekil 4.4. "Anamur" çeşidinde Fomg uygulanmış bitkiler	42
Şekil 4.5. "Anamur" çeşidinde Fomg'a karşı Gi (solda) ve Th (sağda) uygulanmış bitkiler.....	42
Şekil 4.6. "Aydın siyahı" çeşidinde Fomg uygulanmış bitkiler.....	43
Şekil 4.7. "Aydın siyahı" çeşidinde Fomg uygulanmış bitkilerin kökleri	43
Şekil 4.8. "Aydın siyahı" çeşidinde Th (solda) ve Gi'in (sağda) Fomg üzerine etkileri	44
Şekil 4.9. "Anamur" çeşidinde haftalık kitinaz enzim aktivitesi	45
Şekil 4.10. "Anamur" çeşidinde haftalık β -1,4-glukanaz enzim aktivitesi.....	46
Şekil 4.11. "Aydın siyahı" çeşidinde haftalık kitinaz enzim aktivitesi.....	47
Şekil 4.12. "Aydın siyahı" çeşidinde haftalık β -1,4-glukanaz enzim aktivitesi	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Mikorizal fungusun “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde kök kolonizasyon oranları (%).....	35
Çizelge 4.2. Uygulamaların “Anamur” patlıcan çeşidinde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve gövde çapı üzerine etkileri.....	36
Çizelge 4.3. Uygulamaların “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve gövde çapı üzerine etkileri.....	36
Çizelge 4.4. Uygulamaların “Anamur” patlıcan çeşidinde sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri.....	39
Çizelge 4.5. Uygulamaların “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri.....	39
Çizelge 4.6. Uygulamaların “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde hastalık şiddeti üzerine etkileri.....	41
Çizelge 4.7. “Anamur” çeşidinde uygulamalardaki kitinaz enzim miktarları	44
Çizelge 4.8. “Anamur” çeşidinde uygulamalardaki haftalık β -1,4 glukanaz enzim düzeyleri	46
Çizelge 4.9. “Aydın siyahı” çeşidinde uygulamalardaki haftalık Kitinaz enzim düzeyleri	47
Çizelge 4.10. “Aydın siyahı” çeşidinde uygulamalardaki haftalık β -1,4 glukanaz enzim düzeyleri	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Abs	Absorbans
AMF	Arbüsküler Mikorizal Fungus
BAP	Benzilaminopurin
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre Kare
CMC	Karboksimetil selüloz
dk	Dakika
DNS	Dinitrosalisilik asit
Endo-CH	Endogalaktronaz
Endo-PG	Endoplialaktronaz
Fomg	<i>Fusarium oxysporum f.sp. melongenae</i>
Fs	<i>Fusarium solani</i>
g	Gram
GA3	Giberellik asit
GE	<i>Glamus etunicatum</i>
GF	<i>Glamus fasciculatus</i>
GI	<i>Glamus intraradices</i>
GIM	<i>Gigaspora margarita</i>
GM	<i>Glamus mosseae</i>
IAA	İndol Asetik Asit
K	Kontrol
K	Potasyum
KOH	Potasyum Hidroksit
L	Litre
M	Molar
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
N	Azot
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre
P	Fosfor
P	Patojen
PDA	Patates Dekstroza Agar
pH	Çözeltinin asitlik bazlık derecesi
ppm	Milyonda bir birim
rpm	Dakikadaki devir sayısı
T-39	Trichodex
Th	<i>Trichoderma harzianum</i>
VAM	Vesiküler Arbüsküler Mikoriza
°C	Santigrat derece
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre

1. GİRİŞ

Solanaceae familyası üyelerinden patlıcan (*Solanum melongena* L.), tüm dünyada tarımsal üretimde önemli bir yeri olan ve gıda ihtiyacını karşılamak üzere yetiştiriciliği yapılan en eski sebze türlerinden birisidir. Patlıcan dünyada üretilen sebzeler içerisinde domates, biber ve hıyardan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Patlıcan ülkemizde başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Ege, Marmara, Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan önemli kültür bitkilerimizdendir (Anonim, 2016).

Anavatanı Hindistan ve Çin olarak bilinen patlıcan şu anda tüm dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan bir kültür bitkisidir. Afrika'da yabani türlerine rastlanmakta olup çok uzun yıllar önce Mısır üzerinden Kuzey Afrika'ya, oradan da Araplar tarafında İspanya'ya, Türkler tarafından da Balkanlar üzerinden Avrupa'ya taşınmış ve besin olarak tüketilmiştir (Anonim, 2016).

Patlıcanın tropik iklimlerde çok yıllık olarak yetiştiriciliği yapılabilen, adeta bir ağaçlık şeklinde birkaç yıl ürün alınabilmektedir. Bunun yanı sıra serin iklimlerde sera ve açık alanda tek yıllık olarak üretimi yapılan bir bitkidir. Ülkemizde de yetiştiriciliği açık alanda ve örtü altı koşullarda yapılmaktadır (Anonim, 2016).

Patlıcan çok yıllık yetişebilen sağlam ve güçlü bir yapıya sahip olup bitki boyu çeşit özelliğine bağlı olarak 60-120 cm arasında değişebilmektedir. Sera yetiştiriciliğinde bitki boyu daha fazla uzayabilmektedir. Patlıcan bitkisi kazık kök yapısında, güçlü bir kök sistemine sahiptir. Yapraklar büyük ve kenarları dalgalıdır. Çiçekler mor, açık mor ve beyaz renklerde olabilir. Yaprak, gövde ve çanak yapraklarda diken bulunabilir. Meyve şekli silindirik ve oval arasında değişir. Meyve rengi parlak koyu mor, beyaz, yeşil, sarımsı veya çizgili olabilir. Ülkemizde yaygın olarak siyah renkli, uzun silindirik tipte meyveleri olan patlıcan çeşitleri tercih edilmektedir.

Ülkemizde en çok yetiştirilen ve tüketilen patlıcan çeşitleri “Kemer”, “Halkapınar”, “Bostan”, “Kirmastı”, “Yalova 49”, “Gönen”, “Anamur”, “Aydın “siyahı ve “Pala” patlıcan çeşitleri olup bunlar hastalıklara karşı farklı düzeylerde duyarlılık ve dayanıklılık gösterebilmektedir (Anonim, 2015a).

Dünyada sebze üretiminde ülkemiz 30 869 967 ton ile Çin, Hindistan ve ABD'den sonra 4. sırada yer almaktadır. Sebze üretiminde önemli bir yeri olan patlıcan üretimi 15 368 70 ha alanda 17 889.9 kg/ha verim ile 27 649 140 tondur. Ülkemizde patlıcanda 2000 yılından itibaren yıllar itibariyle üretim %56.48 oranında artış göstermiştir (FAO, 2019).

Patlıcanın kültür formları birçok biyotik ve abiyotik strese karşı hassasiyet göstermekte, bu durum üreticilere verim kaybı olarak yansımaktadır. Biyotik stres faktörleri arasında zararlılar ve hastalıklar önemli bir yer tutar. Hastalık etmenleri arasında fungal, bakteriyel ve viral hastalık etmenleri verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Özellikle fungal hastalıklar arasında toprak kaynaklı solgunluk etmenleri üretimi sınırlayan hastalıklar arasında gösterilmektedir. En önemli solgunluk etmenlerinden biri olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae* (*Fusarium* solgunluğu) bitkinin büyüme ve gelişmesini sınırlayan ve verim kayıplarına neden olan etmendir. Toprak kökenli patojenlerden biri olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae* (Fomg) %50'ye varan verim kaybıyla ülkemizde örtü altı ve açık tarla patlıcan yetiştiriciliğinde önemli bir sorundur (Altınok, 2005). Hastalık yetiştiricilik sezonunda toprakta var olan sporları aracılığıyla konukçu bitkiye köklerden giriş yaparak iletim demetlerine ilerler ve su ve besin alışverişini engelleyerek turgor basıncının düşmesine sebep olur. Alt yapraklardan itibaren başlayan sararma ve solgunluk zamanla bitkinin genelinde görülür ve en son aşamada bitki ölür. Etmen bitki içinde ilerlerken iletim demetlerindeki kahverengileşme net bir şekilde farkedilir.

Patojenik *Fusarium* türleri 100'den fazla konukçu bitkide solgunluk veya kök çürüklüğü şeklinde simptom sergilemekte ve dayanıklı spor yapıları ile toprakta uzun süre canlılığını sürdürebilmektedir (Altınok, 2005). Patlıcanda *Fusarium* solgunluğunun sadece ülkemizde değil aynı zamanda dünya çapında patlıcan yetiştiriciliğini olumsuz bir şekilde etkilediği bildirilmiştir (Altınok ve Dikilitaş, 2014).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygın olan patlıcanda solgunluk hastalığına karşı tam olarak etkili bir mücadele yöntemi uygulanmamaktadır. Toprak kökenli fungal etmenlere karşı sera üretimi yapılan Akdeniz iklimine sahip Adana, Mersin ve

Antalya gibi sıcak illerde solarizasyon uygulamaları yapılmakta ve dönemsel olarak yapılması halinde etkisi görülmektedir. Bunun yanı sıra sınırlı da olsa *Fusarium*'a karşı bazı tolerant olduğu bilinen çeşitlerin üretimi yapılabilmektedir ancak ekonomik olarak tercih edilen her çeşit aynı dayanıklılığı gösterememekte ve seralarda hastalık problemleri gündeme gelmektedir. Daha da önemlisi hastalığa karşı kültürel önlemlerin her zaman istenilen sonucu verememesi, kimyasal mücadelede ise kullanılan pestisitlerin çevreye verdiği zararlar farklı mücadele yöntemlerinin araştırılmasına neden olmuştur. Bu nedenle biyolojik savaş, bitki hastalıkları ile mücadelede iyi bir seçenek olarak düşünülmektedir (Akköprü, 2012).

Biyolojik mücadele, bitki hastalıklarına karşı antagonizm, hiperparazitizm ve besin-yer rekabeti gibi mekanizmalarla etkili olan mikroorganizmaların kullanımına dayalı çevre dostu yöntemlerden birisidir. Biyolojik mücadele etmenleri ile yapılan hastalığın baskılanması; patojen, bitki, biyolojik etmenler, bitki çevresinde ve üzerindeki mikrobiyal topluluk ve fiziksel çevre arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkmaktadır. Bitki patojenlerinin biyokontrolü için dünya da 80'den fazla biyo-preparat ticari olarak pazarlanmaktadır (Paulitz ve Belanger, 2001).

Son yıllarda bitki gelişimine olumlu etkileri ve bitki hastalıklarına karşı kullanılabilme potansiyelleri nedeniyle mikorizal fungusların kullanımı biyolojik mücadelenin önemli bir parçası haline gelmiştir. Mikorizal funguslar içerisinde en büyük gurubu arbusküler mikorizal funguslar (AMF) oluşturur. Özellikle AMF bu yüzden bitki patojenlerine karşı etkinlikleri yönünden uzun yıllar çalışma konusu olmuştur. Doğada bitkilerin köklerinde kolonize olmaları nedeniyle bitkiler ile etkileşim halinde bulunan, bitki gelişimini teşvik eden AMF rizosferin en etkili mikroorganizmaları arasında yer almaktadır. Bitki köklerine kolonizasyonu sonrası bitkide su ve besin elementi alışverişini kolaylaytırmak suretiyle bitkiye fayda sağlarken mikorizal fungus da bitkiden kendisi için karbon kaynağı sağlamaktadır. Bitki kökleri ve mikorizal funguslar arasında kurulan ilişkiye mikoriza adı verilmektedir. Bu simbiyotik ilişkinin varlığı bitkilere, nematodlara ve toprak kaynaklı fungal patojenlere karşı savaşmada önemli bir avantaj sağlamaktadır (Yıldız, 2009).

Biyolojik mücadele etmenleri içerisinde *Trichoderma* spp. önemli bir yer tutmaktadır. *Trichoderma* türleri bitki hastalıklarına karşı antagonizm ve hiperparazitizm mekanizmasıyla etkili olmaktadır (Howell, 2003; Harman, 2006). *Trichoderma* spp.'nin ayrıca bitkilerde dayanıklılığın uyarılması, köklerdeki mikroflora kompozisyonunu değiştirmesi, besin maddesi alımını artırması ve kök gelişimini teşvik etmesi gibi etkilerinin de olduğunu gösterilmiştir (Howell, 2003; Harman, 2006). *Trichoderma* spp.'nin sistemik dayanıklılığı uyardığı da yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Hanson, 2000; Hoitink vd., 2006). *Trichoderma harzianum*, bitki kökünde hızla çoğalabilen ve bitki köklerinde biyofilm oluşturarak kökü zırh gibi saran bir fungustur. Köklerin gelişmesine katkıda bulunmakta ve kökler uzayarak toprağın derinliklerine inmektedir. Böylece toprak üstü kısmın daha iyi gelişmesini ve bitkinin kuraklığa karşı direncinin artmasını sağlamaktadır. Kökleri kapladığı için toprakta mevcut olan zararlı fungusların bitkiye saldırısını önlemektedir. Hastalık yapan bu fungusların önlenmesi *Trichoderma*'nın antagonist özelliğinden kaynaklanmaktadır (Inbar vd., 1994; Yedidia vd., 2000).

Bitki, patojen saldırılarına maruz kaldığında farklı karşı koyma mekanizmaları ile hastalıkların üstesinden gelmeye çalışır. Dayanıklılık mekanizmaları içerisinde bu gibi streslere karşı bitkide hızlıca sentezlenen, patojenlerin hücre duvarını yıkıcı enzimler önemli bir yer tutmaktadır. Patojenite ile ilgili proteinler (PR protein) arasında fungusların hücre duvarının ana maddesini oluşturan kitin ve glukanolari parçalayıcı enzimlerden kitinaz ve β -1,3 ve 1,4 glukanolaz enzimleri önemli rol oynamaktadır. β -1,3 glukanolaz ve kitinazlar fungal patojenlere karşı bitki savunmasında önemli hidrolazlar olup, özellikle birbirleriyle kombinasyonlu bir şekilde olduklarında fungal hücre duvarını hidrolize edebilme kabiliyetindedirler. Patojenin gelişmesinin etkili bir şekilde önlenmesi için, fungal hücre duvarını delerek antifungal etki göstermektedir. (Sela-Buurlage vd., 1993). Bitkide PR proteinlerinin sentezini arttıran en önemli uyarıcılardan birisi de biyolojik mücadele etmenlerinin kullanılmasıdır. Bu bağlamda, bu tez çalışmasında, patlıcanda önemli fungal bir hastalık olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*'nin neden olduğu solgunluk hastalığına karşı biyolojik mücadele etmeni olan *Trichoderma harzianum* ve *Glomus intraradices*'in tek tek ve kombinasyon halinde uygulamalarının hastalık şiddeti, patojenin bazı hücre duvarı enzimlerine etkileri ve bu yararlı mikroorganizmaların bitki gelişimine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Patlıcanda *Fusarium* spp. ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Patlıcanlarda *Fusarium* solgunluğu en önemli solgunluk hastalıklarından birisi olup hastalıkla mücadelede dayanıklı çeşit kullanımı önem kazanmıştır. Bu bağlamda patlıcanda bu hastalığa karşı dayanıklılık çalışmaları otuz yılı aşkın bir süredir yürütülmektedir. Rusya'nın Krasnodar bölgesinde yetiştirilen patlıcanlarda görülen en önemli hastalıkların *Verticillium* ve *Fusarium* solgunluğu olduğu bildirilmiştir. 615 adet materyal bu solgunluk etmenlerine karşı testlendiğinde; 2 genotipin fungal solgunluğa karşı yüksek derecede dayanıklı, 73'ünün orta derecede dayanıklı, 7 genotipin ise solgunluğun her iki tipine de dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Dikii vd., 1975).

Patlıcan bitkisi bazı hastalıklara karşı yetersiz seviyede veya kısmi bir direnç oluşturabilmektedir (Dhawan ve Sethi, 1976; Nothman ve Ben-Yephet, 1979; Yamakawa ve Mochizuki, 1979; Daunay vd., 1991); bazı çeşitler ise *Fusarium* spp. gibi bir çok patojene ve böceklerle karşı hiç direnç gösterememektedir (Sihachakr vd., 1994; Magioli ve Mansur, 2005).

Yamakawa ve Mochizuki (1979), patlıcanın kültür ve yabani formları ile yaptıkları bir çalışmada *S. incanum*'un *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. Sp. *melongenae*'ya dayanıklı olduğunu bulmuşlardır.

Özer ve Soran (1991), Türkiye'de bugüne kadar *Fusarium* türleri ile yapılan çalışmaları incelemişler ve 53 bitki türünde 31 *Fusarium* türünün saptandığını bildirmişlerdir. Patlıcanda Ege Bölgesinde *Fusarium* sp. (Turhan, 1973), *Fusarium solani* (Bora, 1970) mevcut olduğu belirtilmiştir.

Fusarium türlerinin patlıcan yetiştiriciliğinin her aşamasında bitkiyi enfekte ederek bitki kayıplarına neden olduğu dolayısıyla sera yetiştiriciliğinde kalite ve verim kaybına sebep olduğu bildirilmiştir (Miller vd., 1996).

Yücel vd. (2002), tarafından Doğu Akdeniz Bölgesinde patlıcan yetiştirilen seralarda yapılan bir çalışma sonucunda toprak kökenli patojenlerden *Fusarium oxysporum*'un primer hastalık etmeni olduğunu belirtmişlerdir.

Patlıcanda *Fusarium solgunluğu* hem açık alanda hemde örtü altı yetiştiricilikte önemli verim kaybına neden olmaktadır (Urrutia Herrada vd., 2004).

Ülkemizde patlıcan yetiştiriciliği yapan üreticiler üretim sezonu içerisinde verim ve kaliteyi azaltan birçok bitki koruma sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Bu sorunlardan en önemlisi *Fusarium Solgunluğu* olup ülkemizde %50'ye varan ürün kayıplarına sebep olmaktadır (Altınok, 2005).

Ülkemizin patlıcan üretimi yapılan bölgelerinde yürütülen bir sörvey çalışmasında, açık tarlada yetiştirilen patlıcan bitkisinde *Fusarium Solgunluğunun* yaygın olduğu belirlenmiştir. Farklı coğrafik bölgelerdeki üretim alanlarından alınan hastalıklı bitki örneklerinden elde edilen *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* (Fomg) izolatları ile yürütülen patojenisite çalışmaları sonucunda izolatların ortalama %75'inin virülensinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Altınok, 2005).

Altınok ve Kamberoğlu (2005), tarafından Adana ve Mersin illerinde patlıcan üretim alanlarında yapılan bir sörvey çalışmasında *Fusarium* ve *Verticillium solgunluk* hastalıklarının yaygınlığı ve şiddeti belirlenmiş ve patlıcan seralarında bu fungal solgunluk hastalıkların ekonomik kayba sebep olduğu ortaya konulmuştur.

Patlıcan bitkisinde *F. oxysporum* f.sp. *melongenae* en yaygın görülen solgunluk etmeni olarak bildirilmiştir (Altınok, 2006).

Fusarium solgunluğuna karşı çeşitli kimyasal mücadele yöntemlerinin etkinlikleri de incelenmiş ancak kimyasal mücadelede uygulanan fungisitlerin etkili, pratik ve ekonomik olmaması nedeniyle hastalıkla mücadelede dayanıklı çeşit kullanımının önemi daha da artmıştır ve etkili ve ekonomik bir mücadele yöntemi olduğu bildirilmiştir (Demir vd., 2006).

Chakraborty ve Chatterjee (2008), patlıcanda *Fusarium* türlerinin belirlenmesine yönelik yürüttükleri bir çalışmada en yaygın türün *F. solani* olduğunu ortaya koymuşlardır.

Patlıcan (*Solanum melongena* L.) ülkemizde yetiştiriciliği yapılan önemli kültür bitkilerimizdendir. Türkiye’de patlıcan üretimi hem tarlada hem de serada yapılmakta, ancak iklim ve toprak isteği yanında bakım şartları ve ekim nöbeti tercihinden dolayı her bölgede yetiştirilememektedir. Ancak başta Akdeniz olmak üzere Ege, Marmara, Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Altınok vd., 2014).

2.2. Sebzelerde Biyolojik Mücadele ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bitki ile mikorizal funguslar arasındaki simbiyotik ilişki bitki patojen ilişkilerini de etkilemektedir. VAM oluşumunun görüldüğü bitkiler toprak kaynaklı fungal patojenlere ve nematodlara karşı daha dayanıklı hale gelmekte böylelikle mücadelesi oldukça güç olan toprak kaynaklı patojenlere karşı mücadelede önemli bir avantaj elde edilmektedir (Dehne, 1982).

Harley ve Smith (1983), Solanaceae familyasına ait bitkiler dâhil olmak üzere değişik bitkilerin rizosferlerinde birçok mikoriza türünün mevcut olduğu ve bu simbiyosizm ile karşılıklı fayda sağladıkları bildirilmiştir.

Domateste farklı yetiştirme ortamlarında mikorizal fungus *G. intraradices*’in domateste kök kolonizasyonu, bitki gelişimi ve kök çürüklüğü etmenlerine karşı etkilerinin araştırıldığı çalışmada; kullanılan tüm yetiştirme ortamlarında *G. intraradices* uygulanmış bitkilerde kök nekrozu azalmıştır. Bunun yanısıra yetiştirme ortamları, endomikorizal fungus tarafından gerçekleştirilen kök kolonizasyonu ve konukçu bitkinin gelişimi üzerinde olumlu etkilere sahip olmuştur (Caron vd., 1985).

Bitki hastalıklarının biyolojik mücadelesinde önemli bir etkiye sahip olan VAM funguslarının bu olumlu etkileri bitkide bazı mekanizmalar üzerinde etkili olması ile açıklanmaktadır. Bunlar bitkide besin alımının artması, köklerdeki morfolojik değişiklikler, bitki dokularında bulunan kimyasal bileşiklerdeki değişiklikler,

abiyotik stres koşullarının azaltılması ve mikorizofosferdeki değışikliklerdir (Pfleger ve Linderman, 1988).

Bethlenfalvay vd. (1989), sebze tarımında Vesiküler Arbüsküler Mikorizal (VAM) fungusların topraktaki biyolojik aktivitede önemli rolleri olması sebebiyle hastalıklara karşı etkili bir şekilde kullanılabileceğı bildirilmiştir. VAM'ın özellikle Solanaceae familyasına ait bitkilerin köklerine toprağın üst katmanında fazla oranda bulunmaları sebebiyle kolaylıkla kolonize olabileceğı ifade edilmiştir.

Afek vd. (1990), tarafından yapılan bir araştırmada önceden fumige edilmiş topraklarda, *G. intraradices* ile inokule edilen ve mikorizal kolonizasyonunun sağlandığı soğan ve biber bitkilerinde kök uzunluğunun, fumigasyon yapılmayanlara göre daha fazla olduğunu ve *Pythium ultimum*'un önemli oranda baskılandığını saptamışlardır. Ayrıca hastalıkla mücadelede metalaxyl uygulamalarının da AMF oluşumu üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı ortaya konulmuştur.

Trichoderma virens izolatlarının G-4 ve P ırklarının "Gliovirin", G-6 ve Q ırklarının ise Gliotoksin" isimli antibiyotikleri ürettiğini, bu antibiyotikler yardımıyla *Verticillium solgunluk* hastalığının baskılandığını saptamışlardır (Howell vd., 1993).

Gonçalves ve Muvhovajil (1991), domateste yaptıkları bir çalışmada, AMF uygulanmayan bitkilerde *Fusarium solgunluğu*un hastalık şiddeti %45 oranında iken AMF kolonizasyonunun gerçekleştiğı bitki grubunda hastalık şiddeti oranı %24'e düşmüştür.

Elad vd. (1993), İsrail'de sera koşullarında yaptıkları bir denemede hıyarda *Botrytis cinerea*'nın neden olduğu kurşuni küfe karşı *Trichoderma harzianum* T-39 ırkı (Trichodex) kullanılarak hastalığın başarılı bir şekilde kontrol edildiğini bildirmişlerdir.

Trichoderma spp.'den izole edilen endokitinaz enzimi tahıl kist nematodu olan *Heterodera avena* üzerinde etkili olmuş, zararlının kist formundan çıkmasını engellemiştir (Inbar ve Chet, 1995).

Florida’da yapılan çalışmalarda, domateslerde *Trichoderma harzianum* kullanımının *Fusarium* solgunluğu ve kök çürüklüğüne etkileri araştırılmıştır. *Trichoderma harzianum* T-22 içeren RootShield isimli biyopreparat saksıda yetiştirilen ve tarlaya şaşırtılan domateslerde kök ve kök boğazı çürüklüğünü önemli ölçüde kontrol etmiştir (Datnoff vd., 1995).

Basım vd. (1999), sebzelerde yaptığı çalışmalarda kök çürüklüğü hastalık etmenlerine karşı (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp.) *Trichoderma harzianum* içerikli preparatların etkili olduğunu tespit etmiştir.

Fasulye, biber, domates, patlıcan, turp, salatalık gibi birçok sebze de görülen toprak kökenli fungal hastalıkları kontrol etmede kullanılan *T. harzianum* izolatları kimyasal mücadeleye alternatif olarak kullanılmaktadır. *T. harzianum* aynı zamanda çeşitli antibiyotik bileşikler ürettiği için biyolojik mücadelede tercih edilmektedir. (Basım vd., 1999; Whipps ve Davies, 2000).

Hanson (2000), pamuk tohumlarına *Trichoderma virens* uygulamasının *Verticillium* solgunluğuna etkisini araştırmış ve *T. virens*’in G-4 ırkının antibiyotik üretmesinin yanı sıra sistemik uyarılmış dayanıklılık yoluyla da *V. dahliae*’yı baskı altına aldığını tespit etmiştir.

Lewis ve Lumsden (2000), biberde çökertene neden olan *R. solani*’ye karşı *Trichoderma viride*, *T. hamatum*, *T. harzianum*, *Gliocladium virens* ve *G. roseum* uygulamıştır. *R. solani* uygulanmış saksılardaki fide çıkış oranı %20 iken, kontrolde %85, *G. roseum*’da %33, *G. virens*’de %82, *T. harzianum*’da %48, *T. hamatum*’da %77 ve *T. viride*’de ise %42 olmuştur. Aynı zamanda *Trichoderma hamatum* ve *T. virens*’in patlıcan, hıyar ve lahanada *R. solani*’nin neden olduğu çökerteni azalttığı belirtilmiştir.

Sebzelerde önemli bitki patojenlerden *Fusarium* ve *Pythium* türlerine karşı yapılan birçok araştırmanın sonuçlarına göre mikorizal fungusların bitki köklerinde kolonizasyonları sonucunda bitkilerdeki hastalık şiddetini azaltabileceği görülmüştür. Bitkinin rizosfer bölgesinde mikorizal fungus ve patojen arasındaki etkileşimde kök tarafından salgılanan salgıların konsantrasyonu ve içeriğinde meydana gelen birtakım

değişimlerin patojenin etkisini zayıflatığı bildirilmiştir. Aynı zamanda mikorizal kökler tarafından üretilen antibiyotiklerin patojenleri baskılayıcı etkiye sahip olduğu ve bu bölgede sinerjistik etki yaratarak diğer yararlı mikroorganizma popülasyonunu arttırmak suretiyle patojenlerin köklere zarar vermesini engellemektedir (Ortaş vd., 2000).

Norman ve Hooker (2000), *G. etunicatum* ve *G. monosporum* ile inokule edilen çilek bitkilerinin köklerinde *Phytophthora fragariae*'nin sporulasyonunun 48 saat sonra sırasıyla %67 ve %64 oranında, 72 saat sonra ise %83 ve %89 oranında azaltığını belirlemişlerdir.

Küçük ve Kıvanç (2001), tarafından yapılan bir çalışmada, *Trichoderma harzianum* izolatlarının *Fusarium oxysporum*, *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *Rhizoctonia solani*, *R. cerealis*, *Sclerotium rolfsii*, *Bipolaris sorokiniana*, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* 'ye karşı etkili oldukları bildirilmiştir.

Patlıcanda *Fusarium solgunluğuna* karşı etkinliklerini belirlemek üzere kontrollü ve tarla koşullarında beş farklı *Trichoderma* türü (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. lignorum*, *T. hamatum* ve *T. reesei*) ile denemeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, kontrollü koşullarda kullanılan tüm *Trichoderma* türleri *Fusarium solgunluğuna* karşı %100 etkili bulunurken; tarla koşullarında sadece *T. harzianum* ve *T. viride*'nin topraktaki *Fusarium solani* popülasyonunu azaltmada başarılı bulunmuştur (Chakraborty ve Chatterjee, 2008).

Yücel vd. (2008), sera koşullarında yetiştirilen hıyar bitkilerinde önemli verim kayıplarına neden olan kök çürüklük kompleksine karşı (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*) *Trichoderma harzianum* içeren biyolojik preparatın etkisini incelemişlerdir. Preparatın 650 ve 750g/m³ dozlarının uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar arasında istatistikî bir farklılık bulunmamış ve kontrol parsellere göre hastalık çıkışında yaklaşık %60 oranında etki sağlandığı belirlenmiştir.

Fusarium solgunluğuna neden olan etmenlerden birisi olan *Fusarium solani*'yi kontrol altına almak için, fungal antogonistlerden olan *T. harzianum* ve *T. viride*'nin etkisi *in vivo* ve *in vitro*'da değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda biyolojik

mücadele etmenleri hastalığı sırasıyla %86 ve %83 oranında azaltmıştır. Sera denemelerinde toprak solarizasyonu yapıldıktan sonra *T. harzianum* ve Bavistin (carbendazim) uygulamalarının hastalığı etkili bir şekilde kontrol edebildiği bildirilmiştir (Chakraborty vd., 2009).

Özgönen vd. (2010), Kala'da yumru izolasyonları ile fungus florasının ve bazı fungal hastalıklar üzerine *Trichoderma harzianum*'un etkilerinin belirlenmesinin amaçlandığı araştırmalarında saksı çalışmaları sonucunda *T. harzianum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *R. solani* ve *S. rolfsii*'nin hastalık şiddetini sırasıyla %60.6, %68.2, %66.7 ve %62.1 oranlarında azalttığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak mevcut *T. harzianum* izolatının toprak kökenli hastalıklara karşı başarıyla kullanılabileceği belirlenmiştir.

Kara Tutar ve Erkılıç (2016), tarafından yapılan bir çalışmada, patlıcan bitkisinde *Fusarium solgunluğu* etmeni Fomg'a karşı *Gigaspora margarita* (GIM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatus* (GF), *Glomus intradices* (GI) ve *Glomus mosseae* (GM) mikorizal funguslarının saksı koşullarında solgunluk patojeninin hastalık oluşumu üzerinde etkisi araştırılmış ve çalışma sonucunda Fomg'un patlıcan bitkilerinde oluşturduğu solgunluğu GE'un %79 oranında engellediği bildirilmiştir.

Adhikary vd. (2017)'nin patlıcanda önemli bir solgunluk etmeni olan *F. oxysporum* f.sp. *melongenae*'ya karşı *T. asperellum* türünün bitkiye patojen inokulasyonundan önce ve sonra uygulandığı durumlarda hastalık şiddeti üzerine etkilerinin incelediği çalışmada, hastalık şiddetini sırasıyla %83.3 ve %20.7 oranlarında azalttığı ortaya konulmuştur.

Mokhtari vd. (2018), tarafından üç farklı *Trichoderma* türünün (*T. afro-harzianum*, *T. guizouhense* ve *T. reseei*) patlıcanda solgunluk hastalığı *Verticillium dahliae*'ya karşı etkinliğinin belirlendiği çalışmada *T. afro-harzianum*'un solgunluk hastalık şiddetini azaltmada başarılı olduğu ortaya konulmuştur.

2.3. Patojenite ile İlgili Proteinlerle İlişkili Yapılan Çalışmalar

Uzun yıllar önce yapılan çalışmalara göre bakteriyel ve fungal kaynaklı kitinazların, tarımsal üretimde verim kayıplarına neden olan bitki patojenleri ve zararlılara karşı biyolojik kontrol etmeni olarak etkili olduğu ortaya konulmuş (Monreal ve Reese, 1969) ve günümüze kadar olan zamanda bu konuda oldukça ilerleme kaydedilmiştir. Kitin ve glukanlar, daha çok fungusların hücre duvarlarının önemli bileşenleridir. Kitinaz ve β -1,3 glukanazlar (glukanaz, 1,3- β -D glukanaz, glukanohidrolaz ve laminarinaz) kitin ve glukanları parçalayan litik enzimlerdir. Bu enzimler hem mikroorganizmalar hem de bitkiler tarafından salgılanırlar. Mikroorganizmalardan elde edilen bu enzimlerin *in vitro*'da fungal hücre duvarında hidrolize neden oldukları açık bir şekilde belgelenmiştir. Kitinaz ve glukanaz'ın *in vivo*'da fungal hif erimesine sebep olduğu rapor edilmiştir (Pegg ve Vessey, 1973). Dayanıklı kavunlarda 1,3- β glukanaz aktivitesinin yüksek olmasının *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* 0 ırkına karşı monogenik dayanıklılığın nedeni olabileceği ileri sürülmüştür (Netzer vd., 1974). Araştırmacılar, dayanıklı ve duyarlı kavun bitkilerinde 1,3- β glukanaz aktivitesini ve *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'in gelişimini araştırdıkları çalışmalarında, enzim aktivitesinin enfeksiyona yanıtı arttırdığını, dayanıklı fidelerin köklerindeki enzimin aktivitesindeki artışın duyarlı fidelerdekinden yaklaşık iki kat daha fazla olduğunu ve enzim aktivitesinin hastalık süreciyle başladığını tespit etmişlerdir. Wargo (1975), akçaağaç, siyah, kırmızı ve beyaz meşe ağaçlarının sağlıklı gövde ve kök dokularında β -1,3-glukanaz ve kitinazın varlığını tespit etmiş ve bu enzimlerin bu ağaçlarda patojen olan *Armillaria mellea*'nın hif çeperlerinin erimesine sebep olduğunu bildirmiştir.

V. dahliae poligalakturonaz ve diğer pektinolitik enzimlere sahip olmayan pamuk bitkisinde solgunluk oluşturabilmektedir (Howel, 1976). Bu nedenle bitki hücre duvarına ait pektin tabakasının sadece patojen tarafından salınan enzimler ile parçalanmadığı, bu parçalanmanın konukçu bitki tarafından da yapılabileceği düşünülmektedir. Patojene ait bazı metabolitlerin konukçu bitkideki etilen sentezini teşvik ettiği ve bunun da poligalakturonaz enzimini aktifleştirdiği düşünülmektedir (Cooper ve Wood, 1980).

V. dahliae ile bulaşık bitkilerde kitinaz salınımı ile fungal gelişme ve bitkiye verdiği hasarın durdurulması arasında pozitif bir ilişkinin olduğu vurgulanmıştır (Kurosaki vd., 1987).

Mikoparazitik bir fungus olan *T. harzianum*'un salgıladığı kitinolitik enzimler sayesinde çok sayıda bitki patojeni fungusa karşı inhibe edici etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Lorito vd., 1993).

Fungal kaynaklı kitinazlar, fungusun beslenmesinde, morfogenezde, gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Fungus kitinazları, GH18 (Glikozid Hidrolaz) ailesine aittir ve bitki kitinazlarına büyük ölçüde benzemektedir (Sahai ve Manocha, 1993).

Berg vd. (1994), *in vitro*'da *Bacillus* spp. ve *Serratia plymuthica*'da olduğu gibi antagonist floresan *Pseudomonas* bakterilerinin *V. dahliae*'yı kitinaz enzimi ve bazı litik enzimler sayesinde engellediğini belirlemişlerdir.

Böceklerin dış kabukları ve patojenik fungusların hücre duvarları kitin içerdiğinden bitkiler kitinaz salgılayarak bunlara karşı bir savunma cevabı verirler (Kombrink ve Somssich, 1995).

Kitinaz üreticisi mikroorganizmaların biyolojik mücadelede kullanılmaları ya doğrudan bitkiye inokule edilerek ya da kitinaz enzimini kodlayan genlerinin bitkilere transgenik olarak aktarılmalarıyla gerçekleştirilebilmektedir (Chet, 1993; Harman ve Kubicek, 1998; Lorito vd., 1998; Harman, 2000).

Soesanto vd. (2000), önemli solgunluk etmeni *V. dahliae*'ya karşı etkinliğini test etmek üzere *Tessaracocus flavus* R1 ırkını ve *Pseudomonas fluorescens* P60 ırkını kullanmışlardır. *P. fluorescens* P60 ırkının 2,4- diacetylphloroglucinal ile *T. flavus*'un ise glikoz oksidaz aktivitesi ile *V. dahliae*'nın mikrosklerotlarında %45'lik bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Roco ve Perez (2001), *in vitro*'da, Gibberellic asit (GA3), Indol asetik asit (IAA) ve Benzilaminopurine (BAP) varlığında *Trichoderma harzianum*'un yaprak lekesine neden olan *Alternaria alternata* üzerindeki biyokontrol aktivitesini incelemişlerdir.

Kullanılan bitki hormonlarının *A. alternata*'nın endopoligalaktronaz (endo-PG) salgılamasını yaklaşık %20 azalttığını buna karşılık endokitinaz (endo-CH) salgılamasının fungusun konidi çimlenmesi ve misel gelişmesinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Doğada en çok bulunan polimerlerden birisi olan kitinin β -1,4 n-asetil glukozamin birimlerinden oluştuğu bilinmekte ve fungusların hücre duvarlarında ve omurgasız organizmaların dış iskeletinde bulunmaktadır (Tharanathan ve Kittur, 2003).

Önemli biyolojik mücadele etmenlerinden *Trichoderma harzianum* tarafından üretilen bazı metabolitler arasında yer alan glukanaaz ve kitinaz gibi enzimlerin patojen fungusların hücre duvarına sağlamlık kazandıran polisakkaritler, kitin ve β -4,5 glukonların bozulmasını sağlayarak, hücre duvarı bütünlüğünü yok ederek toprak kökenli bitki patojenlerinin baskılanmasında veya engellenmesinde etkili oldukları; antibiyosis ve mikoparazitik etkilerin biyolojik mücadelede rol oynayan mekanizmalar olduğu bildirilmiştir (Xu vd., 1993; Michalikova ve Michrina, 1997; Howell, 2003; Küçük ve Kıvanç, 2004).

Bir glikonohidrolaz olan kitinaz enzimi, *V. dahliae* patojeninin ana yapısal polisakkariti olan kitini bozarak patojenin yayılmasını sınırlandırmaktadır (Adams, 2004).

β -1,3-glukanaaz, taumatin benzeri proteinler, kitinazlar ve bir poligalakuronaz inhibitör proteinini içeren çeşitli antifriz aktivitesi olan PR proteinleri de bitkilerden izole edilmiştir (Griffith ve Yaish, 2004).

Ligninleşmenin biberde *V. dahliae* ile enfeksiyon sonrasında ksilemde patojenin hifsel gelişimini durdurmak için gerekli olduğu öne sürülmüştür (Pomar vd., 2004).

Bitkilerde patojenlere karşı yapısal ve biyokimyasal savunma mekanizmaları mevcuttur. Buna göre hastalıklara karşı dayanıklılıkla ilgili yapılan biyokimyasal çalışmalarda patojenlerin hücre duvarını yıkıcı hidrolitik enzimlerin çok önemli etkileri olduğu bilinmektedir (Daimon vd., 2005).

Bugün kimyasallarla bile tam bir kontrolü sağlanamamış olan bitki patojeni funguslarla mücadelede kitinaz enzimi son yıllarda en çok çalışılan enzim olmuştur (Patidar vd., 2005).

Kitinazlar, kitin polimerinin β -1,4 bağlarını hidrolize ederek N, N'-diasetilkitobioz oluşturmaktadırlar. Kitinin enzimatik hidrolizi sonucunda N-asetil glukozamin 12 (GlcNAc) monomeri oluşmaktadır. Kitinaz enzimi bitkiler, funguslar, bakteriler ve omurgasızlar arasında yaygın bir dağılım göstermektedir (Lu vd., 2005).

Trichoderma atroviride kullanılarak kitinaz indüksiyonu gerçekleştirilmiştir. *T. atroviride* kitinazının antifungal etkisi çeşitli fitopatojenler kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre *Trichoderma* kitinazının kullanılan fitopatojenlere karşı etkili olduğu görülmüştür (Reithner vd., 2005).

Tarımsal zararlılarının biyolojik savaşında kullanılan yeni yaklaşımlardan birisi mikroorganizmaların kullanımına alternatif olarak bunların biyolojik ürünleri veya metabolitlerinin kullanılmasıdır. Biyolojik mücadelede özellikle kitinaz enzimi bu amaçla kullanılabilmekte ve kayda değer sonuçlar elde edilmektedir (Hansoylu, 2003; Kuzu, 2008).

Patlıcan bitkisinde *Fusarium solgunluğu* ile mücadelede, fungal hücre duvarını parçalayarak hastalık etmeninin ölmesini sağlayan bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada, fungal hücre duvarı parçalayıcı enzim (Kitinaz ve β 1-3 Glukanaz) bulunduran 5 *Trichoderma* türü (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. lignorum*, *T. hamatum* ve *T. reesei*) ile patlıcan bitkisinde *Fusarium solgunluk* hastalığının kontrolü sağlanmaya çalışılmıştır. *In vitro*' da hepsi %100 *Fusarium Solgunluğu* üzerinde etkili olabilmişken tarla koşullarında sadece *T. harzianum* ve *T. viride* türleri toprakta bulunan *Fusarium solani* patojen popülasyonunu azaltabilmiştir (Chakraborty ve Chatterjee, 2008).

Fasulyedeki endokitinaz geninin pamuk bitkisinde *V. dahliae*'e karşı dayanıklılığı artırmada etkili olduğu belirtilmiştir (Tohidfar vd., 2009).

Houssien vd. (2010), domateste *Fusarium* solgunluğuna karşı antagonist *Trichoderma harzianum* ve salisilik asit kullanımının polifenol oksidaz, peroksidaz ve asit invertaz gibi enzimlerin, suda çözünür toplam fenol ve proteinlerin bitki savunmasındaki rolleri araştırılmıştır. Yapılan incelemelerde uygulamaların tüm fizyolojik parametrelerin seviyesinde büyük oranda artış meydana getirdiği belirtilmiştir. *T. harzianum* ve salisilik asitin *Fusarium* solgunluğuna karşı sözkonusu mekanizmalarda artış sağlayarak patojene karşı bitkide koruma sağladığı ortaya konulmuştur.

Bir çok çalışmada kitinazlar çeşitli bitkilere transfer edilerek patojenlere karşı artırılmış direnç elde edilmiştir (Ignacimuthu ve Ceasar, 2012; Pan vd., 2013; Molla vd., 2016). Yine yapılan bazı çalışmalarda bitki patojenlerine karşı kitinaz ve β -1,3-glukanaz enzimlerinin birlikte daha etkili olduğu bildirilmiştir (Grover, 2012; Senthilraja vd., 2013).

Kitinolitik enzimler üreten bakterilerin, patojenik fungus türlerinin *in vitro* büyümesini inhibe etme ve sera deneylerinde fitopatojenik fungusların sebep olduğu bitki hastalıklarını iyileştirme etkileri bilinmektedir (Brezinska vd., 2013).

Kitinazlar; böcekler, bakteriler, virüsler, bitkiler ve omurgalılar tarafından morfogenez, patogenez, parazitlik ve savunma gibi farklı amaçlar için sentezlenirler (Adrangi ve Faramarzi, 2013).

Altınok ve Dikilitaş (2014), tarafından yapılan bir çalışmada abiyotik uyarıcı olarak Acidobenzolar-S-methyl bitki aktivatörü ve biyotik uyarıcı olarak (patlıcanda hastalık oluşturmayan) FOMG'un birlikte uygulanmasının FOMG patojeninin patlıcan bitkisinde sebep olduğu *Fusarium* solgunluk hastalığına karşı direnci artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan bu uygulamanın patlıcan bitkisinde hipersensitif reaksiyonu etkileyerek yapısal bariyerde yer alan kalloz ve hidrojen peroksit birikimine neden olduğu belirtilmiştir.

Kitinaz enzimi, doğada temelde 3 farklı amaç için organizmalarda bulunmaktadır. Bunlar; organizmaların büyümesi ve vücut büyüklüğünü arttırması için kabuğun kırılmasında, organizmaların kitin bulunduran diğer organizmalarla beslenebilmesi

ve enerji eldesi için kitinin yıkılmasında ve organizmaların enfeksiyonu engellemek için kitin bulunduran mikroorganizmalara karşı bağışıklığını güçlü tutmak içindir (Rathore ve Gupta, 2015).

Mısır bitkisinde bazı stres faktörleri sayesinde *Fusarium* ve *Bipolaris* fungus türlerine karşı korunmaya yardımcı olan iki sınıf IV kitinazı (ChitA ve ChitB) üretildiği ortaya konulmuştur (Price vd., 2015).

Solgunluk patojeni tarafından salgılanan enzimler bitkide fiziksel bariyer görevi gören hücre duvarını parçalayı özelliğe sahiptir. Bu enzimler *V. dahliae*'nin bir ırkında mutasyon ile azalması durumunda fungal patojenin kolonizasyonunu da ciddi şekilde etkilediği bildirilmiştir (Tzima vd., 2011). Bu durum da hücre duvarı delici enzimlerin patojenitedeki önemini açığa çıkarmaktadır. *V. dahliae*'den salınan proteinlerin domates bitkisi hücresinin dış kısmında bulunan kitinazları parçalayabildiği gözlemlenmiştir. *V. dahliae* genomunda *Fusarium* fungusunda bulunan proteaz enzimlerden olan ve kitinaz aktivitesi gösteren metalloproteaz (MEP1) ve serinproteaz (SEP1)'in homologları tespit edilmiş ve bu enzimlerin virülenslik için gerekli olduğu belirtilmiştir (Sain ve Rep, 2015).

Pseudomonas fluorescens'den saflaştırılan kitinaz çay zararlısı olan *Helopeltis theivora* üzerinde öldürücü etki göstermiştir Dolayısıyla son yıllarda bakteriyel kaynaklı kitinaz böceklerle biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan önemli kaynaklar haline gelmiştir (Suganthi vd., 2017).

Patlıcanda gövde çürüklüğü etmeni *Sclerotium rolfsii*'ye karşı *Trichoderma* izolatlarının tek veya kombinasyon halinde uygulandığı bitkilerde önemli savunma enzimlerinden β -1,3-glukanaz, peroksidaz, polifenol oksidaz ve PAL (Fenil alanin amonyum liyaz) aktivitelerinde kontrole kıyasla artış sağlanarak hastalığa karşı dayanıklılıkta önemli rol oynadığı ortaya konulmuştur (Bisen vd., 2019).

2.4. Biyolojik M¼cadele Etmenlerinin Bitki Gelişim Parametrelerine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Mikorizal funguslar bitki besin alımını arttıracak bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır. Mikorizal fungus bitki köklerine kolonize olarak bitkinin yüzey alanını arttıracaklar. Mikorizal fungus hifleri kökün bir uzantısı gibi görev görerek kökün ulaşabileceği alanın dışında kalan başta hareketsiz bitki besin elementlerinden birisi olan fosfor ve diğerk elementlerin bitki tarafından alımını sağlayarak bitkiye yardımcı olmaktadır (Mosse, 1981).

Plenchette vd. (1983), kültürü yapılan farklı sebze türlerinde steril edilmeyen ve steril edilmiş yetiştirme ortamlarında mikorizal fungus inokulasyonunun bitki büyümesine etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, steril edilmiş toprak koşullarında yapılan mikoriza uygulamasında steril edilmeyen toprakta yetişen bitkilere yakın bir gelişme göstermiştir. Steril edilen topraklarda büyük verim düşüşü olmuştur.

Windham vd. (1986), çalışmalarında *Trichoderma harzianum*'un domates ve tütünde bitki büyümesini teşvik edici özelliklerinin mekanizmasını araştırmışlardır. *T. harzianum*'un bitki büyümesini teşvik edici bileşenlenler üreterek, tohumların çimlenme oranını ve fidelerde kök ve sürgün yaş ağırlığını arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Dört farklı *Glomus* türünü içeren mikorizal inokulumun inokule edildiği çilek ve yonca bitkilerinde bu fungusların bitki gelişimini teşvik ettiği saptanmıştır (Koomen vd., 1987).

Mikorizal funguslar bitki köklerine kolonizasyonu sonrası hifleri aracılığıyla bitki için su ve besin alımını arttıracak bitki gelişimine önemli katkılarda bulunmaktadır (George vd., 1992).

Kleifeld ve Chet (1992), patojensiz toprağa uygulanan *Trichoderma harzianum* fungusunun, domates, hıyar, fasulye gibi bitkilerin boyunu, yaprak alanını ve kuru ağırlığını arttırdığını saptamıştır.

Inbar vd. (1994), hıyar ve biber fidelerine *Trichoderma harzianum* uygulamasının bitki gelişimine ve hastalık kontrolüne etkisini araştırmışlardır. 18 ve 30 gün sonra yapılan ölçümlerde hıyar ve biber fidelerinde kontrollerle kıyaslandığında sırasıyla bitki boyunda, yaprak alanında, bitki kuru ağırlığında ise artış tespit edilmiştir. Ayrıca *T. harzianum* uygulanan bitkilerin daha kuvvetli geliştiği ve daha fazla klorofil içerdiği belirtilmiştir.

Arbüsküler mikorizal fungus topraklarda yoğun popülasyonlarda bulunduğu zaman toprağın biyolojik yapısını iyileştirmektedir. Mikorizal fungusun kendisi olumlu etkiler göstemesinin yanısıra diğer yararlı mikroorganizmaların popülasyonlarının da artmasına sebep olarak bitki açısından sinergistik etkiler göstermektedir (Azcon Aguliar ve Barea, 1997).

AMF'ler özellikle bitki gelişimini besin elementi bakımından fakir olan topraklarda teşvik etmektedirler. Simbiyotik ilişki kurdukları bitkilerin su ve bazı bitki besin elementlerini doğrudan almalarını sağlayarak bitki gelişimine katkıda bulunurlar. Yapılan çalışmada kök gelişimi bakımından mikorizalı bitkilerin daha iyi olduğu ve daha geniş hacimli kök yapısına sahip olduklarını bildirilmiş ve kök aksam yaş ağırlığının mikorizalı bitkilerde daha yüksek olduğu saptamıştır (Demir, 1998).

Onoğur ve Demir (1998), patlıcan bitkisine arbüsküler mikorizal fungus (AMF) *Glomus intraradices* (Gi) uygulamalarının bitki gelişimine etkilerini değerlendirmişlerdir. AMF uygulanmış bitkilerin kontrole göre daha fazla yaprak oluşturduğunu belirtmiştir. Sürgün ve kökteki yaş ve kuru ağırlıkların AMF uygulaması ile arttığını gözlemişlerdir. Gi uygulamaları fidelerin sürgün ve kökteki yaş ve kuru ağırlıkların artmasına neden olmuştur.

Aguilera-Gomez vd. (1999), tarafından yapılan bir araştırmada fosfor (P) düzeyi düşük kumlu toprakta yetiştirilen ve *Glomus intraradices* ile inokule edilen biber fidelerinin düşük P uygulamasında mikorizal olmayan bitkilere göre daha fazla yaprak sayısı ve alanına, sürgün, kök ve meyve ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca düşük P konsantrasyonunda kök kolonizasyonunun (arbüskül, vesikül, internal ve ekstraradikal hif gelişimi) daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Yedidia vd. (2001), *Trichoderma harzianum*'un hıyar bitkisinin gelişimi ve mikro element içeriğine etkisini araştırmışlardır. 28. günde kök alanında %95, kümülatif kök uzunluğunda %75, kuru ağırlıkta %80, sürgün uzunluğunda %45 ve yaprak alanında %80 oranlarında önemli artış olduğu tespit edilmiştir. *T. harzianum* uygulaması sonucunda kök kuru ağırlığında %25 ve sürgün kuru ağırlığında %40 artış olduğunu belirtmişlerdir.

Yao vd. (2002), *R. solani* ile inokule edilen patates bitkilerinde yumru sayısı ve kök yaş ağırlığının önemli oranda azaldığı, ancak mikorizal fungus *G. etunicatum* ile inokule edilen bitkilerde ise sürgün yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve bitki başına düşen yumru sayısının önemli oranda arttığını belirtmiştir.

Sharma ve Adholeya (2004), mikorizal fungusların meyve ağırlığı, büyüklüğü ve bitki başına düşen meyve sayısı üzerine olumlu etkileri olduğu bildirmişlerdir. Çilekte yapılan bir çalışmada mikorizal fungusların bitki başına düşen meyve sayısı üzerinde arttırıcı etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Özbay vd. (2004), çalışmalarında *Trichoderma harzianum* izolatlarının domates fidelerinin gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında domateste *T. harzianum* izolatları rizosfer bölgesine inoküle edilmiştir. Sonuç olarak *T. harzianum* izolatlarının domates fidelerinin büyümesinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca inokülasyondan 4 hafta sonra kontrol bitkileri ve *T. harzianum* uygulanmış bitkiler arasında kuru ve yaş ağırlık dışındaki tüm büyüme parametreleri bakımından farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Vinale vd. (2004), domates ve biberde *Trichoderma harzianum* uygulamasının bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada *T. harzianum* uygulanmış parsellerde kontrollere göre biber ve domateste ürün veriminin arttığı, bitki boyu, yaprak sayısı, meyve sayısının %300 oranında bir artış gösterdiği belirlenmiştir.

Yonsel vd. (2006), *Trichoderma harzianum*'un domates bitkisinde verim üzerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda Sim Derma uygulanan tohumlardan elde edilen fide köklerinin kontrole göre %68 daha uzun olduğu ve kuru

kök ağırlığının ortalama %34 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sim Derma ile kaplanmış tohumların bitkilerinin verdiği domateslerin ağırlığının da kontrole göre %43 daha fazla olduğu saptanmıştır. *T. harzianum*'un biber bitkisinde verim üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada Sim Derma uygulaması ile biber bitkilerinin kök ağırlıklarının kontrole göre %28 daha fazla ağırlıkta olduğu tespit edilmiştir. Sim Derma ile kaplanmış biber fidelerinin bitkilerinden kontrole göre %50 daha fazla (ağırlık) biber ve %45 daha fazla ürün elde edilmiştir. Yine hıyarda 11 haftalık hasat sonucunda elde edilen verilere göre *T. harzianum* uygulanmış hıyar tohumlarının bitkileri kontrole göre ağırlık olarak %26 ve adet olarak %34 daha fazla ürün vermiştir. Yine patlıcanda yaptıkları bir çalışmada kontrole göre ağırlık olarak %47 ve meyve adedi olarak %31 daha fazla ürün vermiştir. Daha sonra ise hem kontrol hem de uygulama yapılmış olan bitkilerde verimin düştüğü gözlenmiştir. 215. güne kadar yapılan hasatta Sim Derma ile muamele edilen bitkilerin verimi kontrollerle aralarını daha da açmış ve fark bitki başına ağırlıkta %83 ve dane adedinde %68 olarak belirlenmiştir. *Trichoderma*'nın bitki köklerine yerleştikten sonra kimyasal fungusitlerden etkilenmediği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda seralarda bitkilerin yaprak gelişimi, klorofil miktarı gibi ölçülebilir parametrelerinde iyileşmeler gözlenmiştir (Yonsel vd., 2006).

Uysal (2007), tarafından mısır bitkisine yapılan mikorizal fungus uygulamasında, bazı bitki parametrelerine olumlu etki görülürken sadece bitkinin yaprak sayısına etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Chacon vd. (2007), *Trichoderma harzianum* CECT 2413 fungusunun köklerde kolonize olma kapasitesi ve bitki büyümesine etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmada; *T.harzianum* inokule edilmiş petri kaplarına transfer edilen tütün fidelerinde (*Nicotiana benthamiana*) bitki yaş ağırlığında %140, yaprak alanında %300, gerçek yaprak oluşumunda %140, ayrıca sekonder kök oluşumunda %300 oranında artış görülmüştür. *T. harzianum* tarafından üretilen metabolitlerin bitki gelişimini arttırdığı belirtilmiştir. Domates bitkisinde de *T. harzianum*'un kök ve bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır.

Türkmen vd. (2008)'nin tuzlu toprak koşullarında AMF uygulamalarının biberde fide gelişimi ve besin elementi içeriklerine etkisini araştırmış ve sürgün çapının kontrole göre AMF uygulamalarında arttığı gözlemlenmiştir.

Şen (2008)'in yaptığı araştırmada, mikorizal fungus *Glomus intraradices*'in patlıcan köklerine kolonizasyonu sonucu fide sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak sayısı, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığında artışlar gözlemlenmiştir.

Yıldız ve Benlioğlu (2008), *Trichoderma harzianum* Kuen 1585'u içeren mikrobiyal gübrenin, pamukta *Verticillium* solgunluk hastalığı etmeni *Verticillium dahliae* ile pamukta çökerten etmeni *Rhizoctonia solani*'ye ve pamuk fidesinin gelişimine etkisini *in vivo*'da tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışma sonunda, bitki gelişim kriterleri değerlendirildiğinde *T. harzianum* uygulamasının bitki kuru ağırlığının kontrole göre %32 arttırdığı saptanmıştır.

Keskin (2009), arbüsküler mikorizal fungus *Gigaspora margarita* uygulamaları ile hipokotil uzunluğu, kotiledon genişliği, kotiledon uzunluğu, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, kök yaş ağırlığı, K miktarı, Mg miktarı, Mn miktarı, artmışken; *Glomus intraradices* uygulamasının sürgün yaş ağırlığı, P miktarı, Zn miktarı alımında daha etkin olduğunu belirlemiştir.

AMF'lerin yapılan araştırmalarda değişik bitki türlerinde yaprak sayısında artış meydana getirdiği Oladelle (2015), tarafından yapılan çalışmada belirtilmiştir.

Erdoğan (2010), tarafından yapılan bir çalışmada, mikorizal fungus *Gigaspora margarita* (Gm)'nin kotiledon yapraklarından sonra ilk gerçek yaprak görünme süresine, hipokotil uzunluğuna, kotiledon genişliğine, kotiledon uzunluğuna, fide sürgün uzunluğuna, fide sürgün çapına, sürgün yaş ağırlığına, kök yaş ağırlığına, sürgün kuru ağırlığına ve kök kuru ağırlığına, sürgünde N, P, Ca ve Pb, kökte Pb alımı üzerine olumlu etkiler gözlenmiştir. Bunun yanısıra, *Glomus intraradices* (Gi)'nin ise sürgünde K, kökte ise N ve K içeriğinin yeterli düzeyde olmasını sağladığı saptanmıştır.

Yıldız ve Şirin (2010), *Trichoderma harzianum* Kuen 1585 (Tr)'u içeren mikrobiyal gübre, *Glomus aggregatum*, *G. clarum*, *G. deserticola*, *G. intraradices*, *G. monosporus*, *G. mosseae*, *Gigaspora margarita* ve *Paraglomus brasilianum* (Bio) içerikli biyopreparat ile Aydın ili mısır alanlarından elde edilmiş *Glomus* sp.'nin lilyumda bitki gelişimine ve soğanlarda çürümeye neden olan *Rhizoctonia solani* Kühn. (Rs)' ye etkilerini saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada; uygulamaların çiçek sapı uzunluğu, sap çapı, yaprak sayısı, kandil sayısı ve uzunluğu, çiçek sapı ya ağırlığı üzerine olumlu etkilerde bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca Tr ve *Glomus* sp. uygulamalarının soğanlardaki kök gelişimi üzerine de olumlu etkileri olduğu görülmüş ve istatistiki olarak ayrı bir grup oluşturmuştur.

Oladele (2015), tarafından yapılan bir çalışmada *Glomus mossae*'nin kakao bitkisinde bitki uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı, yaprak alanı, sürgün ve kök yaş ağırlığı, sürgün ve kök kuru ağırlığı ile yaş kök/sürgün oranı bakımından en etkili performansı sergilediğini tespit etmişlerdir.

Kara Tutar ve Erkılcı (2016), patlıcan bitkisinde *Fusarium solgunluğu* etmenine karşı *Gigaspora margarita* (GIM), *Glomus etunicatum* (GE), *Glomus fasciculatus* (GF), *Glomus intradices* (GI) ve *Glomus mosseae* (GM) etkilerini incelerken aynı zamanda bitki gelişim parametreleri yönünden değerlendirmeler de yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre GI yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklarını sırasıyla %33.6 ve %10.89 oranında arttırırken; GE ve GI kök yaş ve kuru ağırlıklarında önemli düzeyde artışlara sebep olmuştur. Mikorizal fungus inokulasyonu sonrasında bitki besin elementi alımındaki artışlar da değerlendirilmiş; söz konusu mikorizal funguslar patlıcan bitkisindeki P alımını %9.2-23.8 oranında arttırmıştır. Benzer şekilde, GF ve GI çinko alımında %127.2-128.8 oranlarında artışla en etkili mikorizal funguslar olarak belirlenmiştir.

Mokhtari vd. (2018), tarafından yapılan bir çalışmada *Trichoderma afro-harzianum*, *T. guizouhense* ve *T. reseei* türlerinin patlıcanda bitki gelişimini değişen oranlarda arttırdığı ve en fazla artış sağlayan türün *T. afro-harzianum* olduğu ortaya konulmuştur.

Boyno (2019), tarafından yapılan çalışmada ise, biyolojik mücadele etmenlerinden *Glomus mosseae*, *Bacillus velezensis* ve *Trichoderma viride*'nin tek tek ve kombinasyon halinde domates bitkilerine uygulanmasının bitki gelişimini arttırdığı bildirilmiştir. *G. mosseae* tekli uygulamasının bitkiyi patojene karşı daha duyarlı hale getirdiği ve bu nedenle hastalık şiddetini baskılamada diğer uygulamalara göre daha etkisiz kaldığı belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bitki materyali: Çalışmada bitki materyali olarak patlıcan (*Solanum melongena* L.) cv. “Anamur” ve “Aydın siyahı” çeşitleri kullanılmıştır. Patlıcan çeşitlerinin fideleri Destek Fide firmasından (Antalya) temin edilmiştir. “Anamur” çeşidi hibrit, yüksek verimli, soğuğa dayanıklı, yaprak sararması olmayan, kuvvetli gelişen bir patlıcan çeşididir. Meyveleri dikensiz, koyu mor renkli olup, uzun raf ömrüne sahiptir ve yola dayanıklıdır. Ülkemizin pek çok bölgesinde örtü altı ve tarla koşullarında yaygın olarak yetiştirilir (Anonim, 2018). “Aydın siyahı” çeşidi ise standart, yüksek boylu, kuvvetli gelişen bir patlıcan çeşididir. Meyveler 22 cm uzunlukta, 4-5 cm çapındadır. Meyveler koyu mor renkli olup, meyve eti serttir ve yola dayanıklıdır. Ülkemizin pek çok bölgesinde örtü altı ve tarla koşullarında yaygın olarak yetiştirilir (Anonim, 2007).

Biyolojik preparatlar: Biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılan *Trichoderma harzianum* hazır preparat halinde temin edilmiş ve tavsiye edilen dozda kullanılmıştır (Bioglobal A.Ş.). Çalışmada daha önce mısır bitkisinde üretimi yapılan ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü koleksiyonunda bulunan arbüsküler mikorizal fungus *Glomus intraradices* kullanılmıştır.

Patojen: Çalışmada kullanılan *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae* izolatu hastalıklı patlıcan bitkilerinden izole edilmiştir. Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarında tanısı Booth (1971)’a göre yapılacak patojenite testi ile virülensi belirlenmiştir.

Yetiştirme ortamı: Saksı çalışmalarında yetiştirme ortamı olarak toprak:kum:torf (1:1:1, v:v:v) karışımı kullanılmıştır. Denemede kullanılan yetiştirme ortamı 160°C sıcaklıkta toprak sterilizatörü yardımıyla iki kez 8 saat süreyle pastörize edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin kurulması

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerine ait fideler, içerisinde toprak:kum:torf (1:1:1, v:v:v) karışımından oluşan yetiştirme ortamı bulunan 15 cm çaplı saksılara dikilmiştir. *Glomus intraradices* dikimle birlikte bitkilere ve 10 g toprakta 1000 spor olacak şekilde uygulanmıştır. Yine, dikim yapıldıktan hemen sonra *T. harzianum*’un 10^6 spor /ml olacak şekilde spor süspansiyonu hazırlanmış ve her bitkinin kök civarına 10 ml uygulanmıştır. Dikim sonrası fideler $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklık, 16:8 fotoperiyotta bir iklim odasına yerleştirilerek birkaç gün adaptasyon sağlanmıştır (Şekil 3.1; Şekil 3.2).

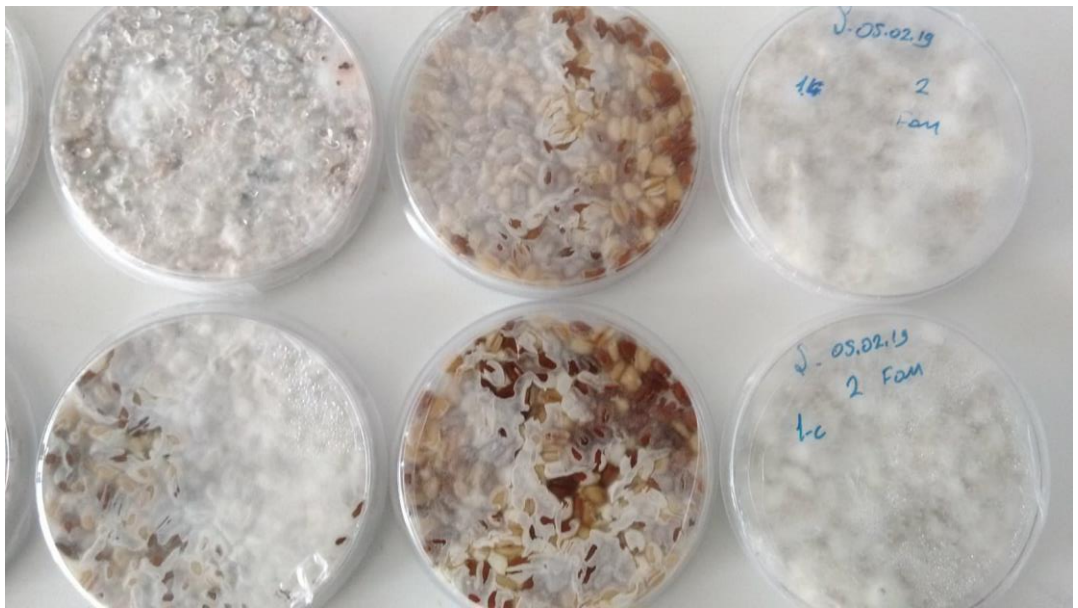


Şekil 3.1. İklim odasında patlıcan çeşitlerinin dikimden sonraki genel görünüm



Şekil 3.2. İklim odasında hastalık şiddeti ve bitki gelişim parametreleri denemesinden genel görünüm

Patojen inokulasyonu için *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*'nin buğday kültürü hazırlanmıştır. Bunun için önce buğday haşlanmış ve daha sonra vidalı kapaklı şişelere yerleştirilmiştir. Haşlanmış buğdaylar otoklavda 121°C, 1 atm basınçta 1 saat süreyle 2 kez steril edilmiştir. Buğdaylar soğutulduktan sonra daha önceden Patates Dekstroz Agar (PDA) üzerinde geliştirilmiş taze kültürden 6 mm çaplı birkaç disk buğdaya inokule edilmiş ve 25°C±2 sıcaklıktaki inkübatörde 2 hafta süreyle inkübe edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*'nin buğday kültürleri

İnkübasyon sonunda gelişen kültür steril bistüri ile parçalara ayrıldıktan sonra 1 g inokulum bitkilerin kökboğazı civarına uygulanmıştır. Patojen inokulasyonu *T. harzianum* ve mikorizal fungus uygulamasından 3 hafta sonra gerçekleştirilmiştir.

Deneme süresince bitkiler düzenli olarak sulanmıştır. Hastalık şiddetinin belirlenmesi ve bitki gelişim parametrelerinin değerlendirilmesi için kurulan deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Denemede hiçbir uygulama yapılmayan negatif kontrol ve patojen uygulaması yapılan pozitif kontrol yer almıştır. Dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesine ilişkin çalışmada 7 hafta süreyle periyodik yapılan her analiz için 3'er bitki kullanılmıştır.

Deneme desenine göre deneme içerisinde yer alan uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanmıştır. “Anamur” patlıcan çeşidi ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşidi için uygulamalar;

1. Kontrol (K)
2. Patojen (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*) (Fomg)
3. *Glomus intraradices* (Gi)
4. *Glomus intraradices* + Patojen (Gi +Fomg)
5. *Trichoderma harzianum* (Th)
6. *Trichoderma harzianum* +Patojen (Th+Fomg)
7. *Trichoderma harzianum*+ *Glomus intraradices* (Th+Gi)
8. *Trichoderma harzianum*+ *Glomus intraradices*+Patojen (Th+Gi+Fomg)

3.2.2. Bitkilerde mikorizal fungusun kök kolonizasyonunun belirlenmesi

Patlıcan bitkisinde mikorizal fungusların kök kolonizasyonlarının belirlenmesi bitkiler söküldükten sonra yani deneme kurulduktan sonra yaklaşık 6 hafta sonra Koske ve Gemma (1989)' ya göre yapılmıştır. Her bitki örneğinden 3 tekerrür yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için her bir tekerrürden alınan kök örnekleri bol çeşme suyu ile yıkanıp toprağından arındırılmıştır. Kök yüzeyindeki fazla su kurutma kâğıdı ile alındıktan sonra mikoriza uygulaması yapılan her bitki kökünden 1 g tartılmıştır. Kökler yaklaşık 1 cm uzunluğunda kesilerek vidalı kapaklı cam tüpler

içerisine konulmuştur. Köklerin yumuşaması sağlamak için üzeri kapanacak şekilde %20'lik KOH ilave edilerek 1- 3 gün bekletilmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra KOH boşaltılarak tüpler içerisindeki kökler saf sudan geçirilerek ve süzölmüştür.

Daha sonra aynı tüplere yeterli miktarda %0.1'lik Trypan mavisi eklenerek 1- 3 gün bekletilmiştir. Tüplerin içerisinden Trypan mavisi uzaklaştırıldıktan sonra laktik asit eklenerek bir gece veya daha fazla beklenmiştir. Örnekler gridline intersection yöntemine göre (Giovannetti ve Mosse, 1980) 1 cm²'lik bölümlere işaretlenmiş 9 cm çaplı plastik petrilere boşaltılarak toplam kök sayısı ve mikorizalı kök sayısı belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi (P<0.05) ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur (Karman, 1971).

3.2.3. *Glomus intraradices* ve *Trichoderma harzianum*'un bitki gelişim parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi

Gi ve Th'nin bitki gelişimine etkisini saptamak amacıyla deneme süresi sonunda sökümü yapılan bitkilerin kökleri musluk altında yıkanarak toprak partiküllerinden arındırılması sağlanmıştır. Bitkilerin sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu cetvel kullanılarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Bitkilerin gövde çapları kumpas yardımı ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Sürgün ve kök yaş ağırlıkları tartı kullanılarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Sürgün ve kök kuru ağırlıklarını ölçmek için bitkiler etüvde 80°C'de 2 gün kurutulduktan sonra tartı yardımı ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Deneme Fomg varlığında ve Fomg yokluğunda olmak üzere 2 şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi (P<0.05) ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur (Karman, 1971).

3.2.4. Hastalık değerlendirmeleri

Deneme sonunda *F. oxysporum* f.sp. *melongenae* için simptom değerlendirmesinde yaprak kurumaları, iletim demetlerindeki renk değişiklikleri ve solgunluk belirtileri dikkate alınmıştır ve aşağıdaki 0-4 skalası kullanılmıştır (Matsubara vd., 2004). Denemede kullanılan 0-4 skalası;

- 0 = Sağlıklı bitki; solgunluk belirtileri yok,
1 = Hafif solgunluk ve alt yapraklarda sararma, sadece asıl kök bölgesinde vasküler renk bozukluğu,
2 = Yaprakların yarısı sararmış, orta derecede solgunluk, yaygın vasküler kahverengileşmenin yayılması,
3 = Şiddetli solgunluk, uç yapraklar dışında bütün yapraklar solmuş ve kurumuş,
4 = Bütün yapraklarda sararmış ve bitkide ölüm.

Skala değerleri üzerinden indeks değerleri ve hastalık şiddeti (%) hesaplanmıştır. Abbot formülüne göre ise % Etki değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Hastalık Şiddeti (\%)} = \frac{\sum(n.V)}{N.V} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Etki (\%)} = \frac{\text{Kontrol-Uygulama}}{\text{Kontrol}} \times 100 \quad (3.2)$$

Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ($P < 0.05$) ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur (Karman, 1971).

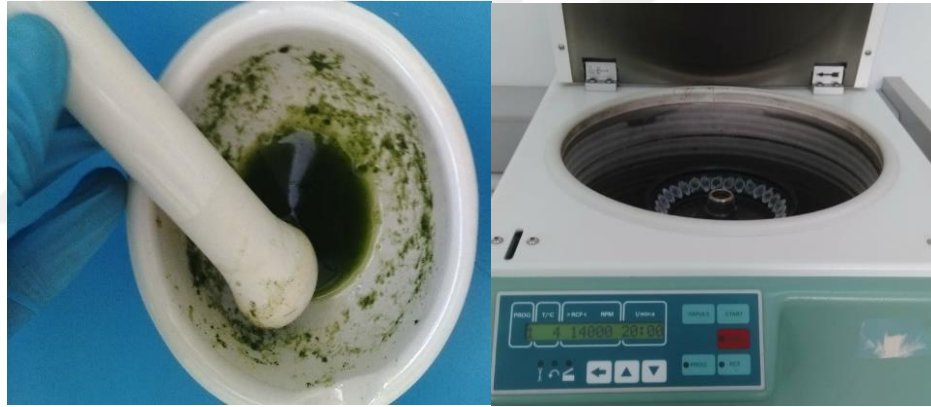
3.2.5. Enzim analizleri

Kitinaz ve β -1,4-glukanaz enzim analizleri 7 hafta süreyle 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Enzim analizlerinin ilk değerlendirmesi patojen bitkiye inokule edildikten hemen sonra, diğer analizler ise 1'er hafta arayla yapılmıştır.

Glukanaz ve kitinaz enzim ekstraksiyonu için 0.5 g örneklenmiş yapraklar sıvı azot içinde ezilerek toz haline getirilmiştir. Toz haline gelen örnekler sodyum asetat tamponu (0.05 M, pH 5) eklenmiş, 3 dakika daha ezme işlemi yapılmıştır. 4°C' de 20 dakika boyunca 14.000 rpm' de santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı alınarak 1.5 mL'lik bir şişeye aktararak kullanıma kadar -20°C' de saklanmıştır (Madhaiyan vd., 2004) (Şekil 3.4; Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Enzim ekstraksiyonu için bitkilerden yaprak örneklerinin alınması



Şekil 3.5. Enzim ekstraksiyonu için bitkilerden alınan yaprak örneklerini ezme işlemi ve kullanılan santrifüj

3.2.5.1. Kitinaz aktivitesi

Ekstraksiyon sonrası 0.5 ml ham enzim preparasyonu, 2.5 mL sodyum asetat tamponu, 2.5 mL% 1 Substrat (koloidal kitin), tüplere eklenmiştir. Karışım 1 saat süreyle 40°C'de inkübe edilmiştir. Daha sonra 3.0 mL% 10 dinitrosalisilik asit (DNSA) eklenmiş, ardından kaynar su banyosunda ısıtılmıştır. Renkli çözelti daha sonra 5 dakika boyunca 8000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant 540 nm dalga boyunda spektrofotometre (Varian, Cary100 conc) ile ölçülmüştür (Bansode ve Bajekals, 2006).

Kör için; 2.5 mL sodyum asetat tamponu, 2.5 mL% 1 Substrat (kolloidal kitin), tüpe eklenmiştir. Karışım 1 saat süreyle 40°C'de inkübe edilmiştir. Daha sonra 3.0 mL% 10 dinitrosalisilik asit (DNSA) eklenmiş, ardından kaynar su banyosunda ısıtılmıştır. Renkli çözelti daha sonra 5 dakika boyunca 8000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant 540 nm dalga boyunda spektrofotometre (Varian, Cary100 conc) ile ölçülmüştür (Şekil 3.6).

Sitrat tamponu içinde %'lik N-asetilglukozamin (GlcNAc) çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiden 0.004-0.05 mg/ml konsantrasyonlarında seyreltik N-asetilglukozamin standartları hazırlanmıştır. Absorbans ve N-asetilglukozamin konsantrasyonları arasında standart eğri çizilmiştir.

Kitinaz miktarlarının hesaplanmasında kullanılan denklem

$$y = 0,2136x + 0,3194 \quad R^2=0,9953 \quad (3.3)$$



Şekil 3.6. Kitinaz enziminin spektrofotometrik ölçümü

3.2.5.2. β -1,4-glukanaz aktivitesi

β -1,4-glukanaz aktivitesi bir substrat olarak karboksimetilselüloz (CMC) kullanılarak test edilmiştir. 100 μ L ham enzim preparasyonu (200 μ L), 100 μ L% 0.1 CMC stok çözeltisi (Sigma), 100 μ L asetat tamponu (0.05 M, pH = 5) eklenerek 50°C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra 600 μ L dinitrosalisilik asit (DNS) eklenmiştir.

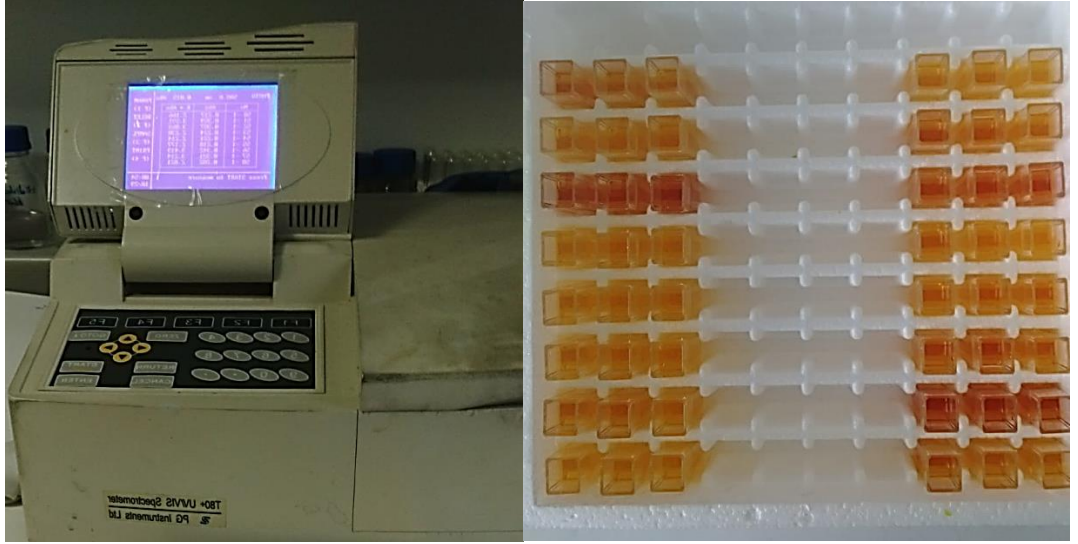
Oluşan karışım 500 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür (Yedidia vd., 2000).

Kör için; 100 µL% 0.1 CMC stok çözeltisi (Sigma), 100 µL asetat tamponu (0.05 M, pH = 5) eklenerek 50°C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra 600 µL dinitrosalisilik asit (DNS) eklenmiştir. Oluşan karışım 500 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür (Yedidia vd., 2000).

β-1,4-glukanaz aktivitesi azalan şeker miktarı, farklı konsantrasyonlarda glikoz ile hazırlanan standart eğri kullanılarak hesaplanmıştır. Bir ünite enzim, 1 g taze yaprak dokusunda bulunan enzime eşdeğer miligram glikoz miktarı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.7; Şekil 3.8).



Şekil 3.7. β-1,4-glukanaz enzim ölçümünde inkübasyon işlemi



Şekil 3.8. β -1,4-glukanaz enziminin spektrofotometrik ölçümü

DNS yönteminin yapılması için kimyasal hazırlık kısmında 500 ml miktar için; 5 g NaOH, 100 ml saf su, 5 gr DNS ısı verilerek çözündürülmüştür. Başka bir beherde 150 g sodyum potasyum tetratartarak, 100ml saf su içinde çözündürülmüştür. Ayrı ayrı çözödürölen karışimlar, magnetik karıştırıcı üstünde ısı vererek karıştırılmış ve son hacim 500 ml'ye tamamlanmıştır.

Glukanaz miktarlarının hesaplanmasında kullanılan denklem,

$$y = 0,1322x + 0,2718 \quad (R^2=0,9933) \quad (3.4)$$

Enzim çalışmaları için elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ($P<0.05$) ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur (Karman, 1971).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Patlıcan Çeşitlerinde Mikorizal Fungusun Kök Kolonizasyonu

“Aydın siyahı” ve “Anamur” patlıcan çeşitlerinde Gi’in tek başına, Th ve Fomg ile kombinasyon halinde uygulamalarında kök kolonizasyon oranları (%) belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Mikorizal fungusun “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde kök kolonizasyon oranları (%)

Uygulamalar	Kök kolonizasyon oranları (%)	
	“Anamur”	“Aydın siyahı”
Gi	41.3 a*	55.7 a
Gi+Fomg	43.3 a	50.9 a
Gi+ Th	36.5 b	42.9 b
Gi+ Th+Fomg	40.3 a	46.5 ab

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Mikorizal fungusun tek ve kombinasyon halinde uygulamalarında “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde kolonizasyon oranları %36.5-43.3 ve %42.9-55.7 arasında değişmiştir. “Anamur” çeşidinde en yüksek kolonizasyon oranı Gi+Fomg uygulamasında olurken “Aydın siyahı” çeşidinde en yüksek kolonizasyon oranı Gi uygulamasında olmuştur. Mikorizal fungusun Th ile birlikte olan uygulamalarında kolonizasyon oranlarında rakamsal olarak azalma görülse de mikorizal fungusun aktivitesinde herhangi olumsuz bir etki yaratmadığı gözlemlenmiştir. Bu durumun Th’nin kök bölgesindeki aktivitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Doğada pekçok bitki türü ile ortak yaşama sahip mikorizal funguslar toprakta varolan sporları aracılığıyla bitkilerin köklerinde kolonize olma yeteneğine sahiptir. Güçlü bir kök simbiyontu olarak bilinen mikorizal funguslarla ilgili yapılan birçok çalışmaya göre AMF’ler özellikle Solanaceae familyasına ait bitkilerin köklerinde yüksek oranda kolonize olabilme yeteneğine sahiptirler (Demir, 2002; Demir vd., 2015). Kara Tutar ve Erkılıç (2016), *Gigaspora* ve *Glomus* türlerinin patlıcanda %78-90 oranlarında kolonize olduğunu en yüksek kolonizasyon oranının *G. mosseea* tarafından sağlandığını bildirmişlerdir.

4.2. *Trichoderma harzianum* ve *Glomus intraradices*'in Bitki Gelişimine Etkileri

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae* (Fomg) varlığında ve yokluğunda, *Trichoderma harzianum* (Th) ve *Glomus intraradices* (Gi)'nin tek tek ve kombinasyon halinde uygulamalarının sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapına olan etkileri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Uygulamaların “Anamur” patlıcan çeşidinde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve gövde çapı üzerine etkileri

Uygulamalar	Sürgün uzunluğu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Gövde çapı (mm)
Fomg yokluğunda			
Kontrol	19.35 b*	11.90 b	4.6 b
Gi	23.10 a	15.10 a	5.0 a
Th	21.45 ab	12.15 b	4.8 ab
Gi+Th	24.50 a	15.55 a	5.3 a
Fomg varlığında			
Kontrol	19.35 a	11.90 ab	4.6 a
Fom	16.90 b	8.50 b	3.8 b
Gi+Fomg	21.30 a	13.15 a	4.9 a
Th+Fomg	21.05 a	12.00 a	4.7 a
Gi+Th+Fomg	22.25 a	13.85 a	5.0 a

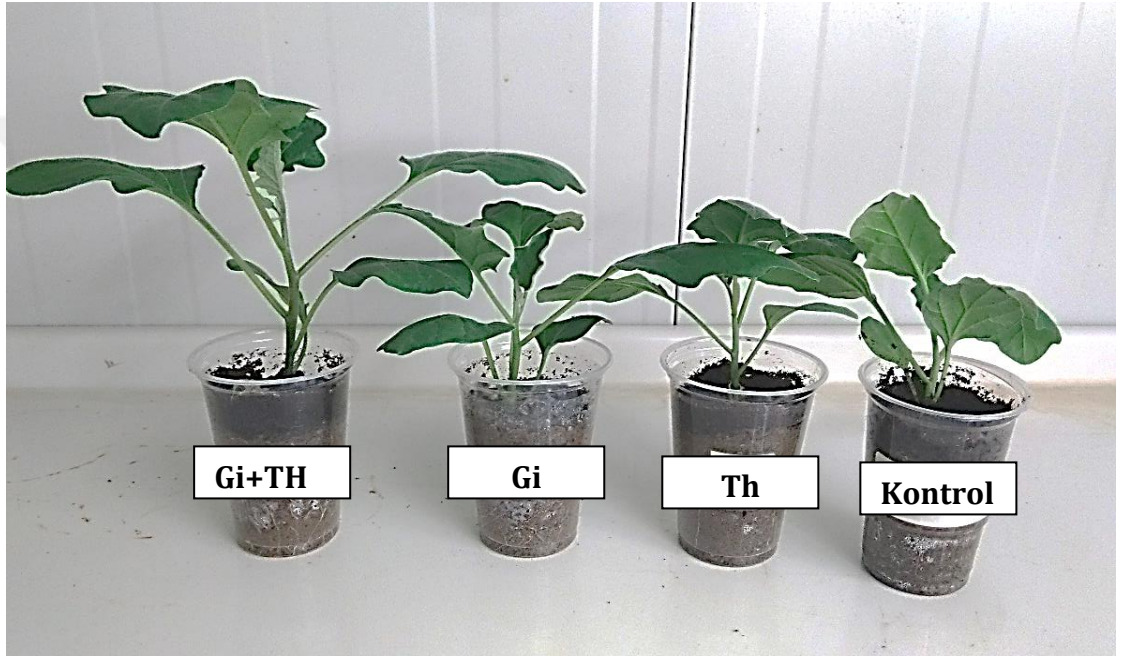
*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.3. Uygulamaların “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve gövde çapı üzerine etkileri

Uygulamalar	Sürgün uzunluğu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Gövde çapı (mm)
Fomg yokluğunda			
Kontrol	21.20 c*	12.55 a	4.3 b
Gi	26.25 b	13.25 a	5.4 a
TH	23.45 bc	12.85 a	5.1 a
Gi+Th	33.75 a	14.05 a	5.7 a
Fomg varlığında			
Kontrol	21.20 b	12.55 a	4.3 c
Fomg	17.30 c	7.95 b	3.5 d
Gi+Fomg	23.30 b	12.80 a	5.0 a
Th+Fomg	21.50 b	12.60 a	4.8 b
Gi+Th+Fomg	27.30 a	13.55 a	5.2 a

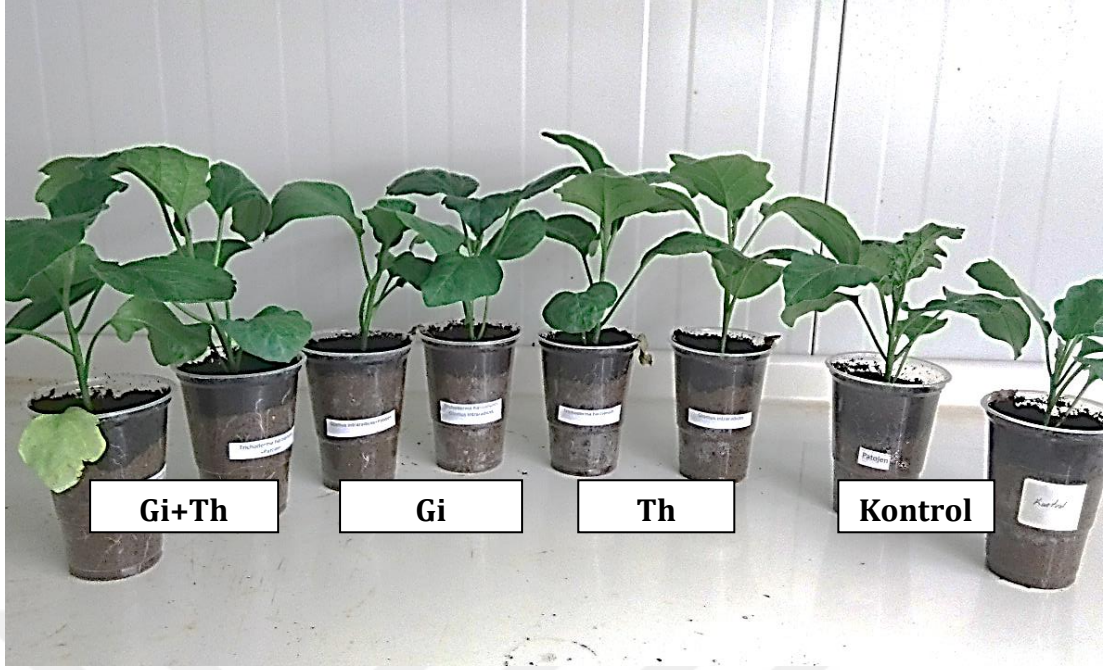
*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

“Anamur” çeşidinde Fomg yokluğunda sürgün uzunluğu Gi ve Gi+Th uygulamalarında kontrole kıyasla artmıştır. Gi ve Gi+Th uygulamaları kök uzunluğunda artış sağlamıştır (Şekil 4.1). Gövde çapı Gi ve Th’nin tek ve kombinasyon halinde uygulamalarında kontrole göre artış gözlemlenmiştir. “Anamur” çeşidinde Fomg varlığında kök uzunluğu biyolojik mücadele etmenlerinin tek ve kombinasyon halinde uygulamalarında sadece patojen uygulamasına kıyasla artış göstermiştir. Bu çeşitte sürgün uzunluğu ve gövde çapı Fomg uygulaması haricindeki tüm uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

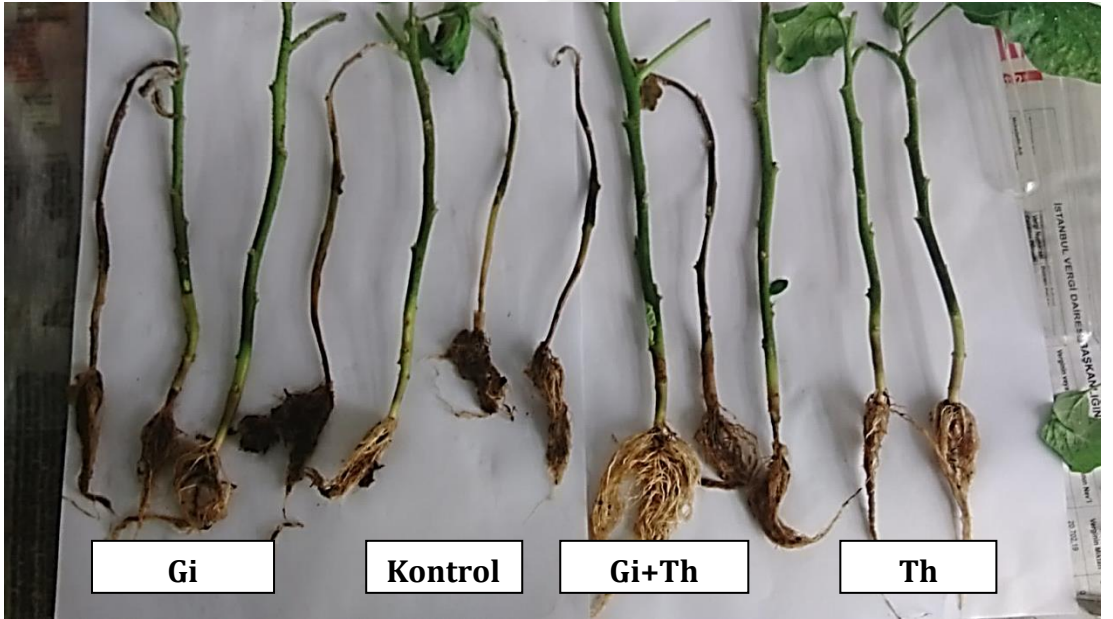


Şekil 4.1. “Anamur” çeşidinde uygulamaların bitki boyuna etkileri

“Aydın siyahı” çeşidi açısından değerlendirildiğinde; Fomg inokulasyonu yapılmadığı durumda Gi ve Gi+Th kombinasyonunda sürgün uzunluğu kontrole kıyasla artmıştır. Bu çeşitte kök uzunluğu açısından tüm uygulamalar aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Gi ve Th ile kombinasyonlarının bitkilerdeki gövde çapını kontrole göre arttırdığı görülmüştür. Fomg inokulasyonu yapıldığı durumda ise sürgün uzunluğu artışında Gi ve Th kombinasyonu en yüksek etkiyi gösterirken; biyolojik mücadele etmenlerinin uygulandığı bitkilerde gövde çapı kontrol ve Fomg uygulamasına göre artış göstermiştir (Şekil 4.2; Şekil 4.3).



Şekil 4.2. “Aydın siyahı” çeşidinde uygulamaların bitki boyuna etkileri



Şekil 4.3. Uygulamaların “Aydın siyahı” çeşidinde bitki kök gelişimine etkileri

Glomus intraradices ve *Trichoderma harzianum* 'un bitkilerde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapı gibi parametreleri arttırarak bitki gelişimine olumlu katkı sağladığı bilinmektedir. Yaptığımız çalışmayı destekler nitelikte biyolojik etmenlerin bitki gelişim parametrelerine olumlu etkileri yapılan diğer çalışmalarda da belirlenmiştir (Aguilera- Gomez vd., 1999; Karagiannidis vd., 2002; Şen, 2008; Begum vd., 2010; Chowdappa vd., 2013; Joseph vd., 2017). Gi ve Th'nin bitkilere tek uygulanmasının yanı sıra, birlikte uygulandığı çalışmalarda da benzer artışların

gözlendiği yapılan diğer çalışmalarda da belirlenmiştir (Akköprü vd., 2005; Kabdwal vd., 2019).

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerine Fomg varlığında ve yokluğunda, Th ve Gi’in tek tek ve kombinasyon halinde uygulamalarının sürgün ve kök yaş ağırlığı, sürgün ve kök kuru ağırlığına olan etkilerinin değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Uygulamaların “Anamur” patlıcan çeşidinde sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri

Uygulamalar	Sürgün yaş ağırlığı (g)	Sürgün kuru ağırlığı (g)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)
Fomg yokluğunda				
Kontrol	12.89 c*	0.706 b	5.21 b	0.236 b
Gi	16.45 b	0.782 b	7.47 a	0.294 b
Th	15.91 b	0.721 b	7.27 a	0.255 b
Gi+Th	17.21 a	0.804 a	7.72 a	0.477 a
Fomg varlığında				
Kontrol	12.89 b	0.706 a	5.21 b	0.236 b
Fomg	11.98 b	0.543 b	4.41 b	0.189 c
Gi+Fomg	15.51 a	0.739 a	7.28 a	0.240 b
Th+Fomg	15.82 a	0.715 a	7.22 a	0.239 b
Gi+Th+Fomg	16.91 a	0.778 a	7.38 a	0.370 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.5. Uygulamaların “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri

Uygulamalar	Sürgün yaş ağırlığı (g)	Sürgün kuru ağırlığı (g)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)
Fomg yokluğunda				
Kontrol	7.13 c*	0.573 d	3.38 c	0.263 c
Gi	12.29 a	0.908 b	7.76 a	0.307 b
Th	9.74 b	0.716 c	5.57 b	0.291 c
Gi+Th	15.14 a	1.733 a	8.37 a	0.321 a
Fomg varlığında				
Kontrol	7.13 b	0.573 c	3.38 b	0.263 b
Fomg	4.28 c	0.383 d	1.86 c	0.208 c
Gi+Fomg	7.21 b	0.708 b	5.42 a	0.283 b
Th+Fomg	7.19 b	0.704 b	5.39 a	0.271 b
Gi+Th+Fomg	12.65 a	1.368 a	6.54 a	0.307 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

“Anamur” çeşidinde sürgün ve kök yaş ağırlığı Fomg inokulasyonu yapılmadığı durumda Gi ve Th’nin tek ve kombinasyon halinde uygulamalarında kontrole kıyasla artış göstermiştir. Buna paralel olarak aynı uygulamalardaki sürgün kuru ağırlıkları da artmıştır. Söz konusu değerlerdeki artışlar Fomg inokulasyonu yapıldığı durumda ise benzer sonuçlar vererek patojen inokulasyonundan etkilenmemiş görünmektedir.

“Aydın siyahı” çeşidi açısından değerlendirildiğinde de Fomg inokulasyonu yapıldığı ve yapılmadığı durumda da sürgün ve kök yaş ağırlığı ile sürgün ve kök kuru ağırlığı Gi ve Th’nin tek ve kombinasyon halinde uygulamalarında benzer şekilde artış göstermiştir.

Mikorizal fungus uygulamaları ile sürgün ve kök ağırlık artışı başka çalışmalarda da gözlemlenmiştir. Demir (1998) tarafından yapılan bir çalışmada kök gelişimi bakımından mikorizalı bitkilerin daha iyi olduğu ve daha geniş hacimli kök yapısına sahip oldukları bildirilmiştir. Onoğur ve Demir (1998), sürgün ve kökteki yaş ve kuru ağırlıkların AMF uygulaması ile arttığını gözlemiştir. Yine Şen (2008)’de patlıcanda yapmış olduğu araştırmada sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığında Gi uygulamalarının pozitif etkisini gözlemlemiştir. Diğer yapılan bazı çalışmalarda ise, Th’nin ve Gi’nin bitkide sürgün yaş ve kuru ağırlığını ve kök yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını gözlemlemiştirlerdir (Akköprü vd., 2005; Fritz vd., 2006; Noval vd., 2007; Begum vd., 2010). Kara Tutar ve Erkalıç (2016), beş farklı mikorizal fungus türünün patlıcanda bitki gelişimine etkilerini belirledikleri çalışmada, *G. etucatum* yaş ve kuru ağırlık artışı sağlarken *G. intraradices* ise kök yaş ve kuru ağırlığı arttırmada başarılı olmuştur.

4.3. *Trichoderma harzianum* ve *Glomus intraradices*’in Patlıcanda *Fusarium Solgunluğunun* Hastalık Şiddetine Etkisi

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerine Th ve Gi uygulamalarının tek tek ve kombinasyon halinde uygulamalarının ardından deneme süresi sonunda hastalık şiddetine olan etkileri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Uygulamaların “Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde hastalık şiddeti üzerine etkileri

Uygulamalar	“Anamur” çeşidi				“Aydın siyahı” çeşidi		
	Hastalık indeksi	Hastalık şiddeti (%)	% Etki		Hastalık indeksi	Hastalık şiddeti (%)	% Etki
Fomg	1.10 a*	27.5	-		3.4 a	85	-
Gi+Fomg	0.75 b	18.8	31.8		1.75 c	43.8	60.3
Th+Fomg	0.60 c	15.0	45.5		1.9 b	47.5	66.2
Gi+Th+Fomg	0.50 d	12.5	54.5		1.25 d	34.3	80.9

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde Fomg uygulaması yapılan bitkilerde hastalık şiddeti oranları sırasıyla %27.35 ve %85 olarak belirlenmiştir. Anamur çeşidi daha düşük hastalık şiddeti değerine sahip olup Aydın siyahı çeşidine göre hastalığı karşı belirli bir düzeyde tolerant görülmektedir. Anamur çeşidinde Gi ve Th’nin tek ve kombinasyon halinde uygulamaları hastalık şiddetinde hatırı sayılır bir azalma sonuçlamış ve hastalık %31.8-%54.5 oranında azaltılmıştır (Şekil 4.4; Şekil 4.5). Daha hassas olan “Aydın siyahı” çeşidinde biyolojik mücadele etmenleri daha etkin bir kontrol sağladığı görülmektedir. Gi ve Th’nin birlikte uygulamaları hastalığı %80.9 oranında azaltmıştır (Şekil 4.6; Şekil 4.7; Şekil 4.8).

Yukarıdaki değerlere bakıldığında Gi ve Th uygulamaları Fomg’un patlıcan bitkilerinde hastalık gelişimini kontrol altında tuttuğu gözlemlenmiştir. AMF ve Trichoderma’lar bitkilerde hastalıkların kontrol altına alınmasında önemli roller üstlenen biyolojik kontrol etmenleri olarak nitelendirilmektedir (Murphy vd., 2003; Harman, 2006; Woo vd., 2006). Kara Tutar ve Erkilic (2016) patlıcanda beş farklı mikorizal fungus türünün patlıcan solgunluk etmenleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, *G. etunicatum*’un Fomg’un hastalık şiddetini %78.6, *G. mosseae*’nin enfeksiyon uzunluğunu %38.6 oranlarında azaltırken; *G. intraradices* *Verticillium dahliae*’nin hastalık şiddetini %52.6 ve enfeksiyon uzunluğunu 36.9 oranlarında azaltmıştır.



Şekil 4.4. “Anamur” çeşidinde Fomg uygulanmış bitkiler



Şekil 4.5. “Anamur” çeşidinde Fomg’a karşı Gi (solda) ve Th (sağda) uygulanmış bitkiler



Şekil 4.6. “Aydın siyahı” çeşidinde Fomg uygulanmış bitkiler



Şekil 4.7. “Aydın siyahı” çeşidinde Fomg uygulanmış bitkilerin kökleri



Şekil 4.8. “Aydın siyahı” çeşidinde Th (solda) ve Gi’in (sağda) Fomg üzerine etkileri

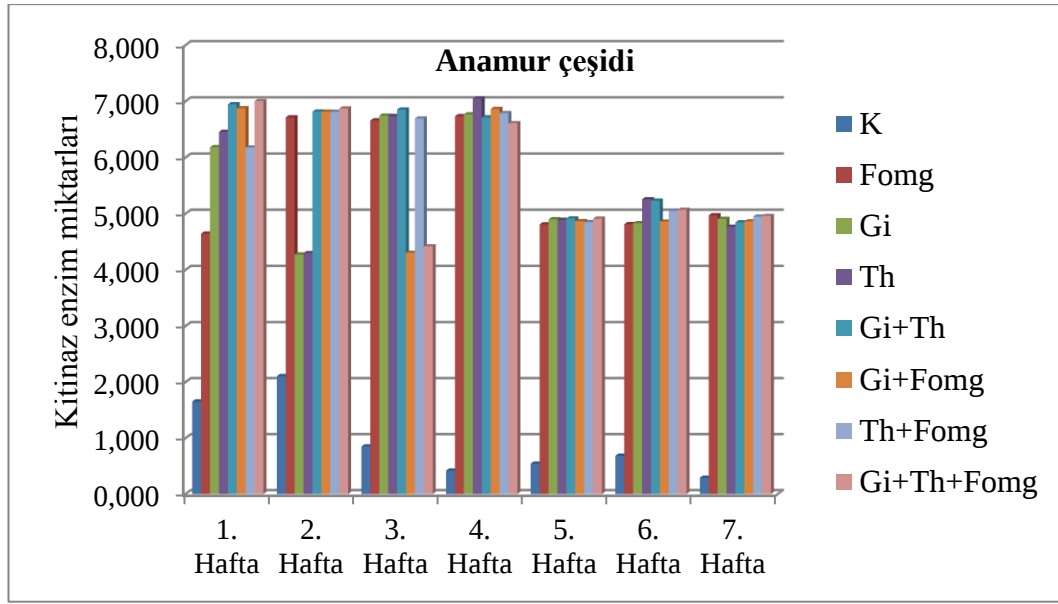
4.4. *Trichoderma harzianum* ve *Glomus intraradices*’in *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*’ya Karşı Patlıcanda Enzim Üretimine Etkisi

“Anamur” ve “Aydın siyahı” patlıcan çeşitlerinde *T. harzianum* ve *G. intraradices*’in tek tek ve kombinasyon halinde uygulamalarının ilki patojen uygulamasının hemen sonrasında olmak üzere periyodik olarak 7 hafta süreyle kitinaz ve β -1,4-glukanaz enzimleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. “Anamur” çeşidinde 7 hafta süreyle takip edilen kitinaz enzimi ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.7 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.7. “Anamur” çeşidinde uygulamalardaki kitinaz enzim miktarları

Uygulama	Kitinaz enzim miktarları ($\mu\text{g/ml}$)						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
Kontrol	1.654 d *	2.106 c	0.850 c	0.418 c	0.543 b	0.683 c	0.290 b
Fomg	4.645 c	6.713 a	6.660 a	6.735 b	4.809 a	4.812 b	4.970 a
Gi	6.183 b	4.272 b	6.744 a	6.766 b	4.900 a	4.830 b	4.906 a
TH	6.456 b	4.297 b	6.737 a	7.049 a	4.890 a	5.256 a	4.767 a
Gi+Th	6.947 b	6.816 a	6.854 a	6.713 b	4.914 a	5.231 a	4.845 a
Gi+ Fomg	6.875 b	6.815 a	4.304 b	6.863 b	4.865 a	4.858 b	4.862 a
Th+ Fomg	6.176 b	6.813 a	6.693 a	6.788 b	4.850 a	5.050 a	4.948 a
Gi+Th+ Fomg	7.002 a	6.871 a	4.418 b	6.610 b	4.912 a	5.068 a	4.959 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey ($P<0.05$) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.



Şekil 4.9. "Anamur" çeşidinde haftalık kitinaz enzim aktivitesi

"Anamur" çeşidinde kitinaz enzim miktarları Fomg, Gi, Th'nin tek tek ve kombinasyon şeklinde uygulamalarda kontrole göre tüm haftalarda daha yüksek değerlerde seyretmiştir. Patojen uygulaması tüm haftalar değerlendirildiğinde ilk 4 hafta artan seviyelerde seyretmiş, son 3 hafta birbirine yakın seviyelerde azalarak devam etmiştir. Biyolojik mücadele etmenleri Gi ve Th'nin tek tek ve kombinasyon halindeki uygulamalarında kitinaz enzim düzeylerini arttırmada başarılı olmuştur. Biyolojik mücadele etmenlerinin teşvik ettiği kitinaz enzim seviyeleri 4. haftada pik seviyeye ulaşmış ve kalan 5, 6 ve 7. haftalarda azalma göstermiştir. Gi ve Th'nin Fomg ile birlikte uygulanması sonucunda kitinaz seviyesi deneme süresince belirli seviyelerde artış göstermiş 4. haftada en yüksek seviyeye ulaşsa da son 3 haftada azalma eğrisi göstermektedir.

"Anamur" patlıcan çeşitlerinde 7 hafta süreyle takip edilen β -1,4 glukanaaz enzimi üzerine etkisi değerlendirilmiş sonuçlar Çizelge 4.8. ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

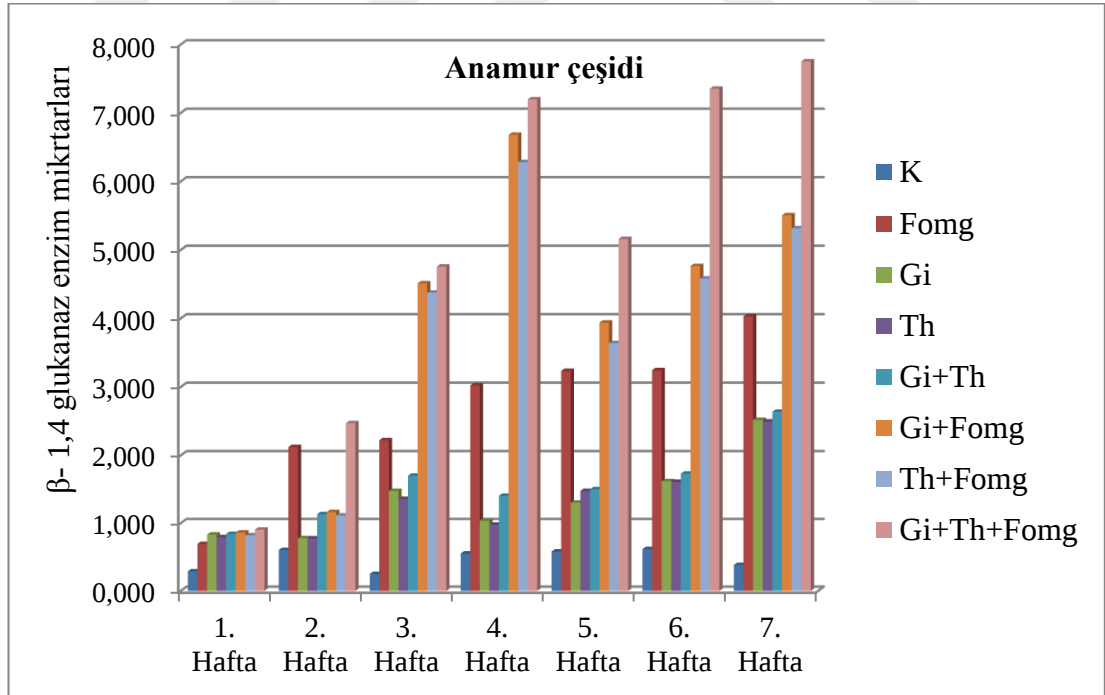
Benzer şekilde, "Anamur" çeşidinde 7 hafta süreyle takip edilen β -1,4-glukanaaz enzim miktarları; Fomg, Gi, Th'nin tek tek ve kombinasyon şeklinde uygulamalarda değerlendirilmiştir. Tüm bu uygulamalarda β -1,4-glukanaaz enzim miktarları kontrole göre daha yüksek değerlerde seyretmiştir. Patojen uygulaması ilk haftalardan son haftalara doğru düzenli bir artış göstermiştir. Biyolojik mücadele etmenleri Gi ve Th'nin tek tek ve kombinasyon halindeki uygulamalarında β -1,4-glukanaaz enzim

düzeylerini patojen kadar arttırmadığı gözlenirse de son haftalara doğru düzenli bir artış gözlenmiştir. Gi ve Th'nin Fomg ile birlikte uygulandığı durumlarda düzenli artmış son haftalara doğru en yüksek seviyelere ulaşmıştır. “Anamur” çeşidi biraz daha tolerant olduğu için β -1,4-glukanaz enzim seviyesinde son haftalarda da artış devam etmiştir.

Çizelge 4.8. “Anamur” çeşidinde uygulamalardaki haftalık β -1,4 glukanaz enzim düzeyleri

Uygulama	β -1,4 glukanaz enzim miktarları (μ g/ml)						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
Kontrol	0.289 e*	0.604 d	0.249 d	0.551 f	0.581 d	0.617 e	0.382 e
Fomg	0.692 d	2.122 a	2.223 b	3.022c	3.234 b	3.244 c	4.031 c
Gi	0.831 b	0.778 c	1.477 c	1.035d	1.303 c	1.620 d	2.518 d
Th	0.793 c	0.776 c	1.358 c	0.977 e	1.477 c	1.610 d	2.495 d
Gi+Th	0.841 b	1.134 b	1.701 c	1.403d	1.502 c	1.731 d	2.636 d
Gi+ Fomg	0.861 b	1.164 b	4.512 a	6.681 b	3.940 b	4.764 b	5.506 b
Th+ Fomg	0.821 b	1.113 b	4.376 a	6.282 b	3.640 b	4.583 b	5.317 b
Gi+Th+Fomg	0.904 a	2.470 a	4.757 a	7.198 a	5.160 a	7.354 a	7.752 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey ($P<0.05$) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.



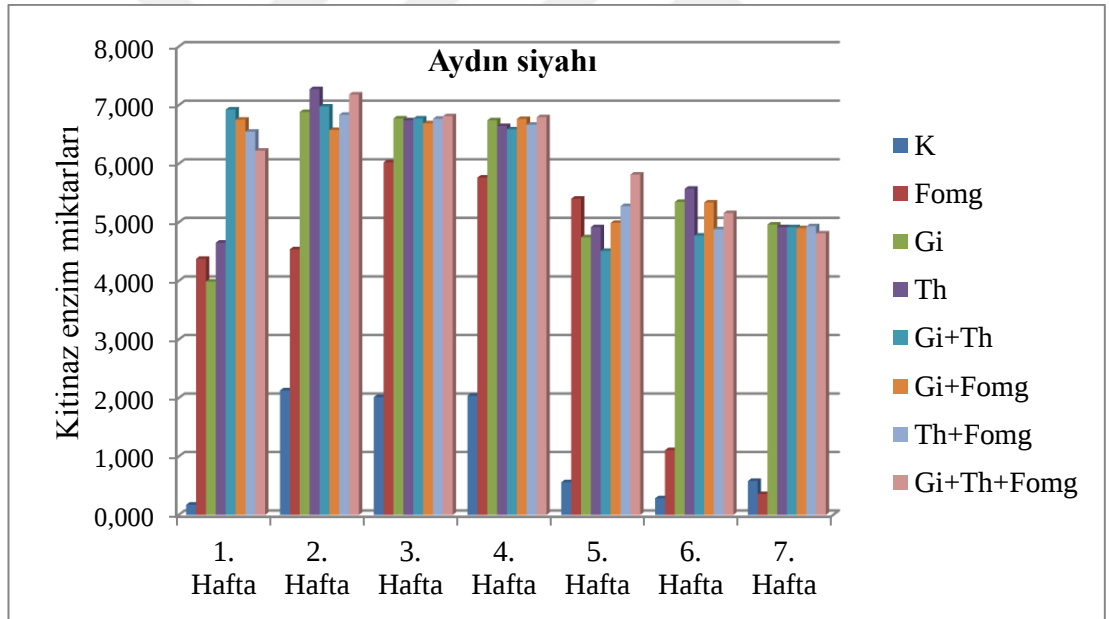
Şekil 4.10. “Anamur” çeşidinde haftalık β -1,4-glukanaz enzim aktivitesi

“Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde uygulamalardaki periyodik olarak takip edilen kitinaz enzimi üzerine etkiler değerlendirilmiştir (Çizelge 4.9; Şekil 4.11).

Çizelge 4.9. “Aydın siyahı” çeşidinde uygulamalardaki haftalık Kitinaz enzim düzeyleri

Uygulama	Kitinaz enzim miktarları (µg/ml)						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
Kontrol	0.174 d*	2.130 d	2.014 b	2.038 c	0.558 c	0.284 d	0.580 b
Fomg	4.377 b	4.539 c	6.023 a	5.764 b	5.402 a	1.108 c	0.355 c
Gi	3.988 c	6.883 b	6.772 a	6.741 a	4.744 b	5.348 a	4.962 a
Th	4.652 b	7.273 a	6.741 a	6.643 a	4.917 b	5.572 a	4.917 a
Gi+Th	6.925 a	6.977 b	6.772 a	6.587 a	4.511 b	4.773 b	4.915 a
Gi+ Fomg	6.752 a	6.576 b	6.690 a	6.765 a	4.990 b	5.338 a	4.900 a
Th+ Fomg	6.548 a	6.836 b	6.768 a	6.666 a	5.276 a	4.881 b	4.933 a
Gi+Th+ Fomg	6.223 a	7.181 a	6.811 a	6.794 a	5.814 a	5.157 a	4.811 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.



Şekil 4.11. “Aydın siyahı” çeşidinde haftalık kitinaz enzim aktivitesi

“Aydın siyahı” çeşidinde 7 hafta süreyle takip edilen kitinaz enzim miktarları Fomg, Gi, Th, tek tek ve kombinasyonları şeklinde değerlendirilmiştir. Tüm bu uygulamalarda kitinaz enzim miktarlarının kontrole kıyaslandığında daha yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Gi, Th ve Fomg uygulamaları tek tek uygulandığı durumlarda yüksek seviyelerde seyretmiştir ve tek uygulandıklarında daha yüksek koruma sağladığı görülmüştür. Kombinasyon halindeki uygulamalarda

ise ilk 4 hafta oldukça yüksek seviyede devam etmiş, son haftalarda ise azalmalar görülmüştür

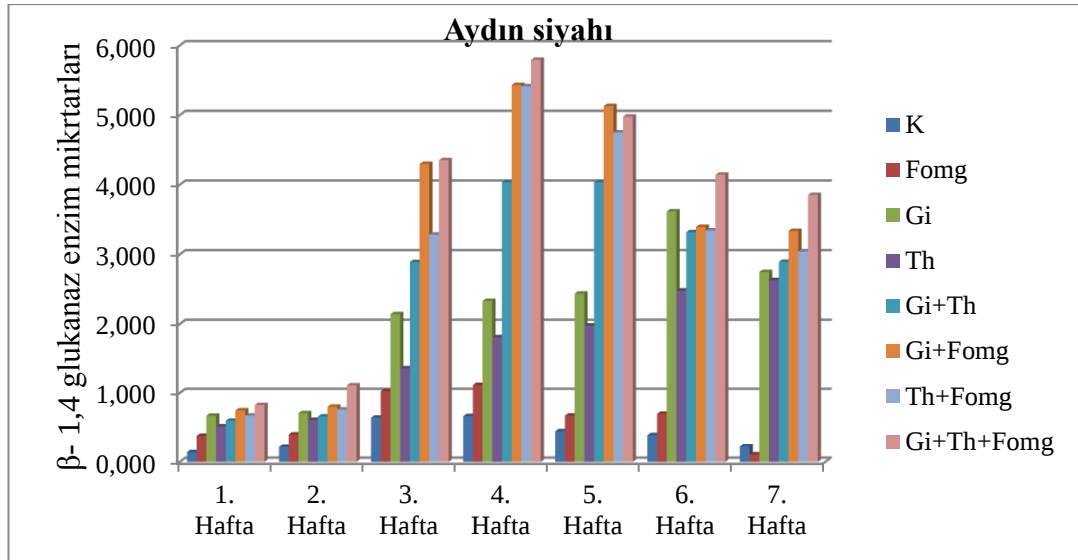
“Aydın siyahı” patlıcan çeşidinde β -1,4 glukanaaz enzimi üzerine etkiler değerlendirildiğinde haftalar arasında dalgalanmalar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10; Şekil 4.12). “Aydın siyahı” çeşidinde 7 hafta süreyle Fomg, Gi, Th, tek tek ve kombinasyonlarında β -1,4-glukanaaz enzim miktarları kontrole göre daha yüksek değerlerde seyretmiştir. Patojen uygulamasının tek başına uygulandığı durumlarda kontrole yakın yükselme görülmüştür. Gi ve Th tek tek uygulandığında patojene kıyasla 3. haftadan sonra yakın şekilde artış göstermiş ve 6. hafta en yüksek seviyeye ulaşmıştır.

Biyolojik mücadele etmenleri Gi ve Th’nin kombinasyon halindeki uygulamalarında β -1,4-glukanaaz enzim düzeyleri ilk 2 hafta az yükselme gösterse de 3. Haftadan sonra artmış ve 4. haftada pik yapmıştır. 5, 6, 7. haftalarda azalma gösterse de Gi ve Th’nin Fomg ile birlikte uygulandığı durumlarda patojene karşı etkili olmuş ve koruma sağladığı görülmüştür.

Çizelge 4.10. “Aydın siyahı” çeşidinde uygulamalardaki haftalık β -1,4 glukanaaz enzim düzeyleri

Uygulama	β -1,4 glukanaaz enzim miktarları (μ g/ml)						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
Kontrol	0.143 f*	0.218 f	0.642 e	0.665 e	0.445 f	0.387 e	0.223 c
Fomg	0.377 e	0.397 e	1.028 d	1.116 d	0.672 e	0.697 d	0.110 d
Gi	0.670 c	0.708 c	2.142 c	2.331 c	2.437 c	3.617 b	2.747 b
Th	0.516 d	0.609 d	1.358 d	1.809 d	1.978 d	2.483 c	2.631 b
Gi+Th	0.597 d	0.660 d	2.891 c	4.038 b	4.036 b	3.320 b	2.894 b
Gi+ Fomg	0.748 b	0.801 b	4.301 a	5.433 a	5.130 a	3.395 b	3.337 a
Th+ Fomg	0.672 c	0.760 c	3.284 b	5.415 a	4.752 b	3.345 b	3.042 a
Gi+Th+Fomg	0.826 a	1.111 a	4.354 a	5.793 a	4.979 b	4.144 a	3.854 a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey ($P<0.05$) testine göre istatistik olarak birbirinden farklıdır.



Şekil 4.12. "Aydın siyahı" çeşidinde haftalık β-1,4-glukanaz enzim aktivitesi

Çalışmamızda patojen Fomg ve biyolojik mücedele etmenlerinden Gi ve Th kitinaz ve β-1,4-glukanaz düzeylerini kontrole göre tüm haftalarda arttırmış ve bunların kombinasyon halinde uygulandıkları bitkilerde artış daha fazla olmuştur. Sonuçlara göre her iki enzim hastalık şiddetinin azaltılmasında bu enzimlerin etkileri olduğunu açık bir şekilde göstermektedir.

Konukçu bitkinin biyolojik kontrol etmenini tanıma sürecinde bazı savunma mekanizmalarını aktif hale getirip, enzim ve hormon aktivitelerini arttırdığı ve bu süreçte aktivasyonların en yüksek seviyeye ulaştığı bilinmektedir (Azcon-Aguilar ve Barea, 1996; Morandi, 1996). Bu aktivasyonun etkisi ve mekanizmaları tam olarak ortaya konulmamakla birlikte; hızlı ve lokalize olmuş bir şekilde biyokimyasal savunma mekanizmaları neticesinde ortaya çıkan lignifikasyon, hidroksiproline ve hipersensitif reaksiyonlarla zenginleştirilmiş hücre duvarının oluşması ile aktive edilmiş fiziksel bariyerler ve antifungal enzimlerin üretilmesi gibi, mekanizmaların da etkili olduğu belirtilmektedir (Demir ve Akköprü, 2007).

PR proteinler bitkilerde birçok stres koşullarında sentezlenen bileşiklerdir. Bu stres faktörleri arasında patojen enfeksiyonu veya abiyotik stresler sayılabilir. Ancak, biyolojik mücadele etmenlerinin uygulanması sonucunda da bu enzimler aktive edilerek daha sonraki patojen saldırılarına karşı bitkide koruma sağlamaktadır. PR proteinlerinin sentezlenmesi sonucu bitkide sistemik dayanıklılık oluşabilmektedir. Farklı familyalara ayrılan PR proteinler daha önceleri tütünde yapılan çalışmalarda

tespit edilmiş ve bunlar arasında glukanaazlar (PR-2) ve kitinaazın (PR-3 ve PR-4) dayanıklılıkta önemli bir yere sahip olduğu bildirilmiştir Stres faktörleriyle birlikte savunma ile bağlantılı genler aktive edilir; PR proteinleri olarak bilinen kitinaaz, glukanaaz, defensin, peroksidaaz ve fitoaleksinin sentez yolunda yer alan enzimleri kodlayan direnç genleri transkriptleri patojen saldırısına uğramış hücreler tarafından birikirler (Koç ve Üstün, 2008). Solanaceae familyası üyelerinden iki patates çeşidinde (dayanıklı Diamond ve duyarlı Granola) erken yanıklık etmeni *Alternaria solani* uygulaması sonrasında β -1,3-glukanaaz and β -1,4-glukanaaz aktivitesi değerlendirilmiştir. Her iki enzim aktivitesi sağlıklı ve patojen inokulasyonu yapılmış patateslerde inokulasyondan sonra 10 gün süreyle incelenmiş hastalıklı yapraklarda enzim aktivitesi daha yüksek oranda gözlemlenmiştir. Bu enzim aktiviteleri dayanıklı çeşitte daha az oranda duyarlı çeşitte ise daha yüksek oranda belirlenmiştir (Shahbazi vd., 2011).

PR proteinleri ile ilgili olarak başka bitki patojen sistemlerinde yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Özgönen vd. (2009), tarafından biber-*Phytophthora capsici* bitki patojen sisteminde yapılan bir çalışmada, *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. fasciculatus* ve *Gigaspora margarita* mikorizal fungus inokulasyonlarının patojenite ile ilgili proteinlere etkisi araştırılmıştır. Bitkilere mikorizal fungus ve patojenin aynı anda yapılmış uygulamalarında kitinaaz ve glukanaaz enzim aktiviteleri artmış ve dayanıklılıkta önemli rol oynayabileceği ortaya konulmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, “Aydın siyahı” ve “Anamur” patlıcan çeşitlerinde önemli solgunluk etmenlerinden *Fusarium oxysporium* f. sp. *melongenae*’ya karşı biyolojik mücadele etmenleri olan *Trichoderma harzianum* ve *Glomus intraradices*’in hastalık şiddeti ve bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Buna ilaveten bitkide dayanıklılıkta önemli rol oynayan ve patojenin hücre duvarını parçalayıcı etkiye sahip olduğu bilinen PR proteinlerden kitinaz ve β -1,4-glukanaz sentezi üzerine etkileri de araştırılmıştır.

İklim odasında yürütülen saksı çalışmalarında iki farklı çeşitte hastalık gelişimi ve bitki gelişim parametreleri ve üzerine etkiler değerlendirilmiştir. Patlıcan çeşitlerinde sadece patojen uygulanmasında hastalık şiddeti değerlerine göre “Aydın siyahı” çeşidi daha hassas “Anamur” ise biraz daha tolerant görülmektedir.

Mikorizal fungus *G. intraradices* her iki çeşitte sekiz hafta süre sonunda yüksek oranda kolonize olmuştur. Çalışma sonuçlarına göre “Aydın siyahı” çeşidinde tek tek ve kombinasyon halinde *T. harzianum* ve *G. intraradices* uygulamalarının bitki sürgün ve kök uzunluğu, gövde çapı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığında kontrole kıyasla arttığı gözlemlenmiştir. Yine benzer şekilde bu uygulamalar patojen inokulasyonu yapıldığı ve yapılmadığı durumlarda “Anamur” çeşidinde bitki sürgün ve kök uzunluğu, gövde çapı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığında kontrole kıyasla artışa neden olmuştur. Mikorizal fungus bitki gelişim parametrelerini arttırmada her iki çeşitte *T. harzianum*’a göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

G. intraradices ve *T. harzianum*’un “Aydın siyahı” ve “Anamur” çeşidinde hastalık şiddeti üzerine etkileri değerlendirildiğinde, biyolojik mücadele etmenlerinin tek tek veya kombinasyon halinde uygulamaları hastalık şiddetini azaltmıştır. “Aydın siyahı” çeşidinde hastalık şiddetini azaltıcı etkiler daha belirgin ve yüksek oranda gözlemlenmiştir. “Aydın siyahı” çeşidinde patojen uygulaması yüksek oranda hastalık şiddetine sahipken biyolojik mücadele etmenleri tek tek ve kombinasyon halinde uygulandığında hastalık şiddetini azaltmada oldukça başarılı olmuştur. Hastalık şiddeti üzerine etkiler açısından bakıldığında *T. harzianum*, *G. intraradices*’e göre

daha başarılı bulunmuş ancak ikisinin kombinasyon halinde uygulamalarının daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Patojene karşı etki mekanizmasının değerlendirildiği çalışmanın son bölümünde uygulamaların yapıldığı bitkilerdeki kitinaz ve β -1,4-glukanaz aktiviteleri 7 hafta boyunca izlenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. “Anamur” ve “Aydın siyahı” çeşitlerinde biyolojik mücadele etmenlerinin tek tek ve kombinasyon halinde uygulanması kitinaz ve β -1,4-glukanaz enzimlerini arttırarak dayanıklılık mekanizmasında önemli role sahip olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada etkileri değerlendirilen her iki biyolojik mücadele etmeninden kendilerine göre avantajları olduğu gözlemlenmiştir. Şöyle ki; *G. intraradices* hem bitki gelişimini destekleyici etkileri hem de hastalığa karşı her iki enzim düzeyinde artışa neden olarak hastalığı baskılamış; diğer yandan *T. harzianum*’un da enzim aktivitelerinde artışa neden olmasının yanısıra uygulamalarda antagonistik ve/veya hiperparazitik etkileri söz konusu olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları *G. intraradices* ve *T. harzianum*’un gerek tek tek gerekse kombinasyon halinde patlıcanda bitki gelişimini destekleme ve hastalığı baskılayıcı özellikleri bakımından başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Bu bilgiler ışığında çalışmada elde edilen sonuçlar daha sonraki planlanacak çalışmalara temel teşkil ederek pratiğe aktarma açısından önemli bulunmuştur. Sera koşullarında planlanacak çalışmalar ile patlıcanda etkileri üretici koşullarında değerlendirilebilecektir. Ayrıca farklı dayanıklılık mekanizmalarının da devreye girebileceği gözönünde bulundurulursa bazı morfolojik ve biyokimyasal dayanıklılık mekanizmalarına da bakılarak daha geniş çaplı etkileri ortaya konulabilecektir. Hatta bunların sera şartlarında solarizasyon ile kombine edilerek uygulanması çok daha başarılı sonuçlar verebilecektir.

KAYNAKLAR

- Adams, D.J., (2004). Fungal Cell Wall Chitinases And Glucanases. *Microbiology*, 150, 2029-2035.
- Adhikary, M.C., Begum, H.A. & Meah, M.B. (2017). Possibility of recovering Fusarium wilt affected eggplants by Trichoderma. *International Journal of Agriculture Research Innovation and Technology*, 7, 38-42.
- Adrangi, S. & Faramarzi, M.A. (2013). From bacteria to human: a journey into the world of chitinases. *Biotechnology Advances*, 31(8), 1786-1795.
- Afek, U., Menge, J.A. & Johnson, E.L.V. (1990). Effect of *Pythium ultimum* and Metalaxyl Treatments on Root Length and Mycorrhizal Colonization of Cotton, Onion, and Pepper. *Plant Disease*, 74, 117-120.
- Aguilera-Gomez, L., Davies, F.T. & Olalde-Portugal, V. (1999). Influence of phosphorus and endomycorrhizae on gas Exchange, plant growth and mycorrhizal development of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L cv. San Luis). *Photosynthetica*, 36, 441-449.
- Akköprü, A., Demir, S. & Özaktan, H. (2005). Farklı Fluoresant Pseudomonas (FP) izolatları ve arbusküler mikorhizal fungus (AMF) *Glomus intraradices*'in domatesteki bazı morfolojik parametrelere ve Fusarium solgunluğuna (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc) Syd. Et Hans.) etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2), 131-138.
- Akköprü, A. (2012). *Hıyar Bakteriyel Köşeli Yaprak Leke Hastalığının (Pseudomonas syringae pv. lachrymans) Bazı Kök Bakterileriyle Biyolojik Savaşımı Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Altınok, H.H. (2005). First Report of Fusarium Wilt of Eggplant Caused By in Turkey. *Plant Pathology*, 54, 577.
- Altınok, H.H. & Kamberoğlu, M.A. (2005). Adana ve Mersin illerinde patlıcan üretim alanlarında Fusarium ve Verticillium solgunluk hastalıklarının yaygınlığı ve şiddeti. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(4), 1-8.
- Altınok, H.H. (2006). *Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Patlıcanda Fusarium Solgunluğu Hastalığı (Fusarium oxysporum Schlecht. f. sp. melongenae Matuo And Ishigami)'Nin Yaygınlığı, Etmenin Moleküler Karakterizasyonu Ve Bitkide Hastalığa Karşı Dayanıklılığın Uyarılması*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Altınok, H.H., Can, C., Boyacı, H.F. & Topcu, V. (2014). Genetic Variability Among Breeding Lines And Cultivars Of Eggplant Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* From Turkey. *Phytoparasitica*, 42, 75-84.

- Altınok, H.H. & Dikilitaş, M. (2014). Antioxydant Response To Biotic And Abiotic Inducers For The Resistance Against Fusarium Wilt Disease İn Eggplant (*Solanum melongenae* L.). *Acta Botanica Croatica*, 73(1), 79– 92.
- Anonim, (2007). Kemer, Topan, Aydın Siyahı çeşidinin özellikleri. www.aari.gov.tr. (Son erişim tarihi: 23.01.2007)
- Anonim, (2015a). Patlıcan çeşitleri. (Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (tarimorman.gov.tr))
- Anonim, (2015b). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/>
- Anonim, (2016). Patlıcan genel özellikler, patlıcan yetiştiriciliği. (bitkisagligi@tarimorman.gov.tr)
- Anonim, (2018). Anamur Patlıcan Çeşitinin Özellikleri. <https://www.tarimtedarik.com/Anamur-F1> (Son erişim tarihi: 26.11.2018)
- Azcón-Aguilar, C. & Barea, J.M. (1996). Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6, 457–464.
- Azcon-Aguilior, C. & Barea, J.M. (1997). Physiological and nutritional responses by *Lactuca sativa* L. to nitrogen sources and Mycorrhizal Fungi under drought conditions. *Biology and Ferility of Soils*, 22, 155-161.
- Bansode, Y. & Bajekals, S. (2006). Characterization of Chitinase From Microorganisms İsolated From Lonar Lake. *Indian Journal of Biotechnology*, 5, 357-363.
- Basım, H., Öztürk, B. & Yeen, O. (1999). *Biyolojik Bir Fungisid (Planter Box T. harzianum rifaii T-22)'in Pamuk Fide Kök Çürüklüğü Etmenlerine (Rhizoctonia solani, Fusarium spp.) Karşı Etkinliinin Araştırılması*. Gap I. Tarım Kongresi, Şanlıurfa, 137-144
- Begum, M.F., Rahman, M.A. & Alam, M.F. (2010). Biological control of Alternaria fruit rot of chili by Trichoderma species under field conditions. *Mycobiology*, 38(2), 113-117.
- Berg, G., Knaepe, C., Ballin, G., & Seidel, D. (1994). Biological control of *V. dahliae* Kleb. By natural occuring rhizosphere bacteria. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 29, 249-262.
- Bethlenfalvay, G.J., Franson, R.L., Brown, S.M. & Mikara, K.L. (1989). The Glycine-Glomus-Bradyrhizobiumsym biyosis, IX, Nutritional, Morphological and Physiological Responses of Nodulated Soy Bean to Georophic İsolates of The Mycorrhical Fungus *Glomus moseae*. *Physiologia Plantarum*, 76, 226-232.

- Bisen, K., Ray, S. & Singh, S.P. (2019). Consortium of compatible *Trichoderma* isolates mediated elicitation of immune response in *Solanum melongena* after challenge with *Sclerotium rolfsii*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 52, 733-756.
- Bora, T. (1970). İzmir, Manisa ve Muğla İllerinde Tütün Fideliklerinde Çökerten Hastalığının Derecesi, Fungal Etmenlerin Genuslarının Tanımı, Dağılışı ve 87 Patojenisiteleri Üzerinde Araştırmalar. *E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*, 183, 83s.
- Booth, C. (1971). *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 237p.
- Boyno, G. (2019). *Van'da Domates Alanlarından İzole Edilen Alternaria solani (Ell. ve G. Martin) Sor.'nin Biyolojik Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Brzezinska, M.S., Jankiewicz, U. & Lisiecki, K. (2013). Optimization of cultural conditions for the production of antifungal chitinase by *Streptomyces sporovirgulis*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 49(2), 154-159.
- Chacon, M.R., Rodriguez-Galan, O., Benitez, T., Sousa, S., Rey, M., Llobell, A. & Delgado-Jarana, J. (2007). Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum*. *International Microbiology*, 10(1), 19-27.
- Chet, I. (1993), "Biotechnology in Plant Disease Control", Wiley-Liss, New York.
- Caron, M., Fortin, J.A. & Richard, C. (1985). Influence of Substrate on the Interactions of *Glomus intraradices* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* on Tomatoes. *Plant and Soil*, 87, 233–236.
- Chakraborty, M.R. & Chatterjee, N.C. (2008). Control of Fusarium Wilt of *Solanum melongena* By *Trichoderma* spp. *Biologia Plantarum*, 52(3), 582-586.
- Chakraborty, M.R., Chatterjee, N.C. & Quimio, T.H. (2009). Integrated Management Of Fusarial Wilt Of Eggplant (*Solanum melongena*) With Soil Solarization *Micologia Aplicada International*, 21(1), 25- 36.
- Chowdappa, P., Mohan Kumar, S.P., Jyothi Lakshmi, M. & Upreti K.K. (2013). Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological Control*, 65(1), 109–117.
- Cooper, R.M. & Wood, R.K.S. (1980). Cell Wall Degrading Enzymes of Vascular Wilt Fungi. III. Possible Involvement of Endo-Pectin Lyase in Verticillium Wilt of Tomato. *Physiological Plant Pathology*, 16, 285–300.
- Daimon, T., Katsuma, S., Iwanaga, M., Kang, W. & Shimada, T. (2005). The BmChi-h gene, a bacterial-type chitinase gene of Bombyx mori, encodes a

functional exochitinase that plays a role in the chitin degradation during the molting process. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 35(10), 1112-1123.

Daunay, M.C., Lester, R.N. & Laterrot, H. (1991). The Use Of Wild Species For The Genetic Improvement of Brinjal Eggplant (*Solanum melongena*) And Tomato (*Lycopersicon Esculentum*). In, Hawkes Jc, Lester Rn, Nee M, Estrada N (Eds) Solanaceae 3, Taxonomy, Chemistry, *Evolution*, 27, 389-413.

Datnoff, L.E., Nemec, S. & Pernezny, K. (1995). Biological Control of Fusarium Crown and Root Rot of Tomato in Florida Using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biological Control*, 5, 427-431.

Dehne, H.W. (1982). Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathology*, 72, 115–119.

Demir, S. (1998). *Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikoriza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Demir, S. (2002). Arbusküler mikorhizal fungus (AMF) *Glomus intraradices* (Schenck&Smith)'in bazı sebze bitkilerinde oluşumu ve kolonizasyonu. *YYÜ Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1), 53-57.

Demir, S., Türkmen, Ö., Şensoy, S., Akköprü, A., Erdinc, C., Yildiz, M. & Kabay, T. (2006). Reactions of Melon Landraces Grown in the Lake Van Basin to the Physiologic Races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. *European Journal of Horticultural Science*, 71(2), 91-95.

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*, 17-37.

Demir, S., Şensoy, S., Ocak, E., Tüfenkci, Ş., Durak, E.D., Erdinc, C. & Ünsal, H. (2015). Effects of arbuscular mycorrhizal fungus, humic acid, and whey on wilt disease caused by *Verticillium dahliae* Kleb. in three solanaceous crops. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(2), 300-309.

Dhawan, S.C. & Sethi, C.L. (1976). Observations On The Pathogenicity Of Meloidogyne Incognita To Eggplant And On Relative Susceptibility Of Some Varieties To The Nematode. *Indian Journal of Nematology*, 6, 39-46.

Dikii, S.P., Neklyudova, E.T. & Krivchenko, V.I. (1975). Study of A Collection of Eggplants For Resistance To Wilt. *Immunity of Crops: Imminute Sel'skokhozyaistvennykhkul*, 50, 65-69.

Elad, Y., Zimand, G., Zaqs, Y., Zuriel, S. & Chet, I., (1993). Use of *Trichoderma harzianum* in Combination or Alternation with Fungicides to Control Cucumber Grey Mould (*Botrytis cinerea*) under Commercial Greenhouse Conditions. *Plant Pathology*, 42, 324-332.

- Erdoğan, F. (2010). *Patlıcanda Kurşun ve Arbuscular Mycorizal Fungus Uygulamalarının (Glomus intraradices ve Gigaspora margarita) Fide Gelişimi ve Besin Elementi Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- FAO, (2019). www.fao.org. (Son erişim tarihi: 01.01.2021)
- Fritz, M., Jakobsen, I., Lyngkjær, M.F., Thordal-Christensen, H. & Pons-Kühnemann, J. (2006). Arbuscular mycorrhiza reduces susceptibility of tomato to *Alternaria solani*. *Mycorrhiza*, 16(6), 413.
- George, E., Haussler, K.L., Vetterlei, D., Gorgus, E. & Marschner, H. (1992). Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. *Canadian Journal of Botany*, 70, 2130- 2137.
- Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An Evaluation of Techniques For Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*. 84, 489-500.
- Gonçalves, E.I. & Muvhovájl., R.M.C. (1991). Effect Of Kind And Method Of Fungicidal Traitment Of Besn Seed On İnfectiomı By The VA Mycorrhizal Fungus *Glomus macrocarpum* And By The Pathogenic Fungus *Fusarium solani*. *Fungal And Plant Paramders Plant And Soil*, 132, 41-46.
- Griffith, M. & Yaish, M.W.F. (2004). Antifreeze proteins in overwintering plants: A tale of two activities. *Trends Plant Science*, 9(8), 399-405.
- Grover, A. (2012). Plant Chitinases: Genetic Diversity and Physiological Roles. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, 31, 57-73.
- Hanson, L.E. (2000). Reduction of Verticillium wilt symptoms in cotton following seed treatment with *T. virens*. *The Journal of Cotton Science*, 4, 224-231.
- Harley, J.L. & Smith, S.E. (1983). Mycorrhizal symbiosis academic pres. London UK. Hayman, D.S. 1975. Plant growth responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza V. Effect of light and temperature. *New Phytologist*, 73, 71-80.
- Harman, G.E. & Kubicek, C.P. (1998). “*Trichoderma and Gliocladium*, Vol. 2, *Enzymes, Biological Control and Commercial Applications*.”, Taylor & Francis, London.
- Harman, G.E. (2000). The myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderms harzianum* strain T-22, *Plant Disease*, 84(4), 377-393.
- Harman, G.E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96, 190-194.

- Hansoylu, R.B. (2003). *Türkiye Topraklarından İzole Edilen Entomopatojen Fungus Beauveria Bassiana Suşlarının Biyolojik Kontrol Ajanı Olarak Kullanılması*. (Hacettepe Üniversitesi Bilim Uzmanlığı Tezi, 47-67, Ankara)
- Hoitink, H.A.J., Madden, Ü. & Dorrance, A.E. (2006). Systemic Resistance Induced by *Trichoderma* spp.: Interactions Between the Host, the Pathogen, the Biocontrol Agent, and Soil Organic Matter Quality. *Phytopathology*, 96, 186-189.
- Houssien, A.A., Ahmed, S.M. & İsmail, A.A. (2010). Activation of Tomato Plant Defense Response Against Fusarium Wilt Disease Using *Trichoderma harzianum* and Salicylic Acid under Greenhouse Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 328-338.
- Howel, C.R. (1976). The Use of Enzyme-Deficient Mutants of *Verticillium dahliae* To Assess The Importance of Pectolytic Enzymes in Symptom Expression of Verticillium Wilt of Cotton. *Physiological Plant Pathology*, 9, 279-283.
- Howell, C.R., Stipanovic, R.D. & Lumsden, R.D. (1993). Antibiotic production by strains of *G. virens* and its relation to the biocontrol of cotton seedling diseases. *Biocontrol Science and Technology*, 3, 435-441.
- 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.
- Ignacimuthu, S. & Ceasar, S.A. (2012). Development of transgenic finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) resistant to leaf blast disease. *Journal of Bioscience*, 37, 135–147.
- Inbar, J., Abramsky, D.C. & Chet, I. (1994). Plant Growth Enhancement and Disease Control by *Trichoderma harzianum* in Vegetable Seedling Grown under Commercial Conditions. *Plant Pathology*, 100, 337-346.
- Inbar, J., & Chet, I. (1995). The role of recognition in the induction of specific chitinases during mycoparasitism by *Trichoderma harzianum*. *Microbiology*, 141(11), 2823-2829.
- Joseph, A., Igbinosa, O.B., Alori, E.T., Ademiluyi, B.O. & Aluko, A.P. (2017). Effectiveness of *Pseudomonas* species in the management of tomato early blight pathogen *Alternaria solani*. *African Journal of Microbiology Research*, 11(23), 972-976.
- Kabdwal, B.C., Sharma, R., Tewari, R., Tewari, A.K., Singh, R.P. & Dandona, J.K., (2019). Field efficacy of different combinations of *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, and arbuscular mycorrhiza fungus against the major diseases of tomato in Uttarakhand (India). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1.

- Kara Tutar, F. & Erkılıç, A. (2016). Patlıcanda Solgunluk Hastalıkları (*Verticillium Dahliae* ve *Fusarium oxysporum f.sp. melongenae*)'Na Karşı Mikorizal Fungusların Ve Abiyotik Uyarıcıların Etkilerinin Belirlenmesi. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(5), 32-42.
- Karagiannidis, N., Bletsos, F. & 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(12), 145-156.
- Karman, M., (1971). *Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları*. T.C Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları. 279s. Bornova/İzmir.
- Keskin, L., (2009). *Bazı Patlıcan Genotiplerinde Fide Gelişimi ve Besin Elementi İçeriklerine Arbuscular Mycorrhizal Fungus Uygulamalarının Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kleifeld, O. & Chet, I. (1992). *Trichoderma harzianum* Interaction with Plants on Effect on Growth Response. *Plant Soil*, 144, 267-272.
- Koç, E. & Üstün, A.S. (2008). Patojenlere karşı bitkilerde savunma ve antioksidanlar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1-2), 82-100.
- Kombrink, E. & Somssich, I.E. (1995). Defense responses of plants to pathogens, *Advances in Botanical Research*, 21, 2-34.
- Koomen, I., Grace, C. & Hayman, D.S. (1987). Effectiveness of single and multiple mycorrhizal inocula on growth of clover and strawberry plants at two soil pHs. *Soil Biology & Biochemistry*, 19(5), 539-544.
- Koske, R.E. & Gemma, J.N. (1989). A Modified Procedure For Staining Root To Detect Vam. *Mycological Research*, 92, 486-505.
- Küçük, Ç. & Kıvanç, M. (2001). Sera ve Laboratuar Koullarında *Trichoderma harzianum*'un Toprak Kökenli Bazı Fungal Bitki Patojenleri Üzerine Etkisi. *Biyoteknoloji Dergisi*, 25(2), 85-92.
- Küçük, Ç. & Kıvanç, M. (2004). In vitro Antifungal Activity of Strains of *Trichoderma harzianum*. *Turkish Journal of Biology*, 28, 111-115.
- Kurosaki, F., Tashiro, N. & Nishi, A. (1987). Secretion of Chitinase From Cultured Cells Treated With Fungal Mycelium Walls. *Molecular Plant Pathology*, 31, 211-216.
- Kuzu, S.B. (2008). *Kitinaz Üreten Bacillus İzolasyonu, Enzimin Kısmi Saflaştırılması ve Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi)

- Lewis, J.A. & Lumsden, R.D. (2000). Biocontrol of Damping-off of Greenhouse-Grown Crops Caused by *Rhizoctonia solani* with a Formulation of *Trichoderma* spp., *Crop Protection*, 20, 49-56.
- Lorito, M., Harman, G.E., Hayes, C.K., Broadway, R.M., Tronsmo, A., Woo, S.L. & Di Pietro, A. (1993). Chitinolytic enzymes produced by *Trichoderma harzianum*: antifungal activity of purified endochitinase and chitobiosidase, *Phytopathology*, 83, 302-307.
- Lorito, M., Woo, S.L., Garcia Fernandez, I., Colucci, G., Harman, G.E., Pintor-Toro, J.A., Filippone, E., Mucciflora, S., Lawrence, C.B., Zonia, A., Tuzun, S. & Scala, F., (1998), "Genes from mycoparasitic fungi as a source for improving plant resistance to fungal pathogens", *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 95, 7860-7865.
- Lu, Z.X., Laroche, A. & Huang, H.C. (2005). Isolation and characterization of chitinases from *Verticillium lecanii*. *Canadian Journal of Microbiology*, 51, 1045-1055.
- Madhaiyan, M.S., Poonguzhali, M., Senthikumar, S., Seshadri, H., Chung, J., Yong, S. & Sa, T. (2004). Growth Promotion And Induction of Systemic Resistance in Rice Cultivar Co-47 (*Oryza Sativa*) By *Methylobacterium* Spp. *Botanical Bulletin of Academia Sinica.*, 45, 315-324.
- Magioli, C. & Mansur, E. (2005). Eggplant (*Solanum melongena* L.), Tissue Culture, Genetic Transformation And Use As An Alternative Model Plant. *Acta Botanica Brasilica*, 19(1), 139-148.
- Matsubara, T., Hirano, I., Sassa, D. & Koshikawa, K. (2004). Increased Tolerance To Fusarium Wilt in Mycorrhizal Strawberry Plants Raised By Capillary Watering Methods. *Environmental Control in Biology*, 42, 185-191.
- Michalikova, A. & Michrina, J. (1997). Biological Control of Fusarium Foot Rot in Wheat Seedlings by *Trichoderma harzianum*. *Biologia*, 52(4), 591-598.
- Miller, A.S., Rowe, C.R. & Riedel, M.R. (1996). Fusarium And Verticillium Wilts of Tomato, Potato, Pepper And Eggplant. The Ohio State University Extension Plant Pathology, Hgy-3122- 96. 2021 Cofey Road. Columbus, Oh 432101087.
- Mokhtari, W., Achouri, M., Remah, A. & Baubeker, H. (2018). *Verticillium dahliae*-eggplant as the pathosystem model to reveal biocontrol potential of three *Trichoderma* spp. in greenhouse conditions. *Atlas Journal of Biology*, 417-421.
- Molla, K.A., Karmakar, S., Chanda, P.K., Sarkar, S.N., Datta, S.K. & Datta, K. (2016). Tissue-specific expression of Arabidopsis NPR1 gene in rice for sheath blight resistance without compromising phenotypic cost. *Plant Science*, 250, 105-114.

- Monreal, J. & Reese, E.T. (1969). The chitinase of *Serratia marcescens*, *Canadian Journal of Microbiology*, 15(7), 689-696.
- Morandi, D. (1996). Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. *Plant and Soil*, 2, 241 - 251.
- Mosse, B. (1981). *Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza research for tropical agriculture*. Research Bulletin. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, 82 pp.
- Murphy, J.F., Reddy, M.S., Ryu, C.M., Kloepper, J.W. & Li, R. (2003). Rhizobacteriamediated growth promotion of tomato leads to protection against Cucumber mosaic virus. *Phytopathology*, 93(10), 1301-1307.
- Netzer, D., Kritzman, G. & Chet, I. (1974). β -(1,3)- glucanase activity and quantity of fungus in relation to Fusarium wilt in resistant and susceptible nearisogenic lines of muskmelon, *Physiological Plant Pathology*, 14, 47.
- Norman, J.R. & Hooker, J.E. (2000). Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal strawberry roots. *Mycological Research*, 104, 1069–1073.
- Nothmann, J. & Ben-Yephet, Y. (1979). Screening Eggplant And Other Solanum Species For Resistance to *Verticillium Dahliae*. *Plant Disease Reporter*, 63(1), 70-73.
- Noval, B., Pérez, E., Martínez, B., León, O., Martínez-Gallardo, N. & Délano-Frier, J. (2007). Exogenous systemin has a contrasting effect on disease resistance in mycorrhizal tomato (*Solanum lycopersicum*) plants infected with necrotrophic or hemibiotrophic pathogens. *Mycorrhiza*, 17(5), 449-460.
- Oladele, S.O. (2015). Mycorrhizal fungus (*Glomus mossae*) inoculation effects on performance and root biomass development of cacao seedlings in the nursery. *Agriculture & Forestry*, 61(3), 69-76.
- Onoğur, E. & Demir, S. (1998). Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. TUBİTAK. Tarım ve Ormancılık Grubu. Proje No: TOGTAG-1506.
- Ortaş, İ., Kaya, Z., Sarı, N., Gök, M., Çakmak, İ., Almaca, A., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S. & Bolat, H. (2000). Doğal Bir Gübre Olan Mikoriza Uygulamasının Bitkisel Verim ve Mineral Gübre Tasarrufundaki Rolü ve Mikorizaya Bağımlılık Duyan Kültür Bitkilerinin Seleksiyonu. DPT Proje No: 96K 120-580

- Özbay, N., Newman, S.E. & Brown, W.M. (2004). The Effect of the *Trichoderma harzianum* Strains on the Growth of Tomato Seedlings. Proc. XXVI IthManaging Soil-Borne Pathogens. *Acta Horticulturae.*, 635, 131-135.
- Özer, N. & Soran, H. (1991). *Fusarium* Genus And *Fusarium* Species Isolated From The Cultivated Plants İn Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 20(2-3), 69-80.
- Ozgonen, H., Yardimci, N. & Culal Kilic, H. (2009). Induction of Phenolic Compounds and Pathogenesis-Related Proteins by Mycorrhizal Fungal Inoculations Against *Phytophthora capsici* Leonian in Pepper. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(17), 1181-1187.
- Özgönen, H., Kazaz, S. & Bilge, G. (2010). *Kala (Zandeteschia aethiopica cv innocence)'da Yumru Kökenli Fungal Hastalıklar ve Trichoderma harzianum'un Etkilerinin Belirlenmesi*. IV. Süs Bitkileri Kongresi. Bildiri Özetleri.
- Pan, X.Q., Fu, D.Q., Zhu, B.Z., Lu, C.W. & Luo, Y.B. (2013). Overexpression of the ethylene response factor SlERF1 gene enhances resistance of tomato fruit to *Rhizopus nigricans*. *Postharvest Biology and Technology.*, 75, 28-36.
- Patidar, P., Agrawal, D. & Banerjee, T., vd. (2005). Optimisation of process parameters for chitinase production by soil isolates of *Penicillium chrysogenum* under solid substrate fermentation, *Process Biochemistry*, 40, 2962-2967.
- Paulitz, T.C. & Belanger, R.R. (2001). Biological control in greenhouse system. *Annual Review of Phytopathology*, 39(1), 103-133.
- Pegg, G.F. & Vessey, J.C. (1973). Chitinase activity in *Lycopersicon esculentum* and its relationship to the in vivo of *Verticillium albo-atrum* mycelium, *Physiological Plant Pathology*, 3, 207.
- Pfleger, R.G. & Linderman, R. (1988). Role of VAM fungi in biocontrol. Mycorrhizae and plant health. (ed) APS Pres, 1–27.
- Plenchette, C., Furlan, V. & Fortin, J.A. (1983). Growth responses of several plant species to Mycorrhizae in a soil of low fertility. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant And Soil*, 70, 199-209.
- Pomar, F., Novo, M., Bernal, M.A., Merino, F. & Barcelo, A.R. (2004). Changes İn Stem Lignins (Monomer Composition And Crosslinking) And Peroxidase Are Related With The Maintenance Of Leaf Photosynthetic Integrity During Verticillium Wilt İn *Capsicum Annuum*. *New Phytol*, 163, 111 – 123.
- Price, N.P.J., Momany, F.A., Schnupf, U. & Naumann, T.A. (2015). Structure and disulfide bonding pattern of the hevein-like peptide domains from plant class IV chitinases2. *Physiological and Molecular Plant Pathology.*, 89(1), 25-30.

- Rathore, A.S. & Gupta, R.D. (2015). Chitinases from bacteria to human: properties, applications, and future perspectives. *Enzyme Research*. Article ID 791907, <https://doi.org/10.1155/2015/791907>
- Reithner, B., Brunner, K. & Schuhmacher, R., vd. (2005). The G protein subunit Tga1 of *Trichoderma atroviride* is involved in chitinase formation and differential production of antifungal metabolites. *Fungal Genetics and Biology*, 42, 749-760.
- Roco, A. & Perez, L.M. (2001). In vitro Biocontrol Activity of *Trichoderma harzianum* on *Alternaria alternata* in the Presence of Growth Regulators. *Ejb Electronic Journal of Biotechnology*, 4(2), 15.
- Sahai, A.S. & Manocha, M.S. (1993). Chitinases of fungi and plants: their involvement in morphogenesis and host-parasite interaction. *FEMS Microbiology Reviews*, 11(4), 317–338.
- Sain, M. & Rep, M. (2015). The Role Of Pathogen-Secreted Proteins in Fungal Vascular Wilt Diseases. *International Journal of Molecular Science*, 16, 23970-23993.
- Sela-Buurlage, M.B., Ponstein, A.S., Bres-Vloemans, S.A., Melchers, L.S., Van Den Elzen, P.J.M. & Cornelissen, B.J.C. (1993). Only Specific Tobacco (*Nicotiana tabacum*) Chitinases And B-1,3-Glucanases Exhibit Antifungal Activity. *Plant Physiology*, 101, 857–863.
- Senthilraj, G., Anand, T., Kennedy, J.S., Raguchander, T. & Samiyappan, R. (2013). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Entomopathogenic Fungus Bioformulation Enhance The Expression of Defense Enzymes and Pathogenesis-Related Proteins in Groundnut Plants Against Leafminer Insect and Collar Rot Pathogen. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 82, 10-19.
- Sharma, M.P. & Adholeya, A. (2004). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on the post vitro growth and yield of micropropagated strawberry grown in a sandy loam soil. *Canadian Journal of Botany*, 82(3), 322–328.
- Shahbazi, H., Aminian, H., Sahebani, N. & Halterman, D.A. (2011). Activity of β -1,3-glucanase and β -1,4-glucanase in two potato cultivars following challenge by the fungal pathogen *Alternaria solani*. *Phytoparasitica*, 39, 455–460.
- Sihachakr, D., Daunay, M.C., Serraf, I., Chaput, M.H., Mussio, I., Haicour, R., Rossignol, L. & Ducreux, G. (1994). Somatic Hybridization of Eggplant (*Solanum melongena* L.) With Its Close And Wild Relatives. In, Bajaj Yps (Ed) *Biotechnology In Agriculture And Forestry*, 1 (Somatic Hybridization In Crop Improvement. Springer, Berlin Heidelberg New York), 255-278.

- Soesanto, L., Termorshuizen, A.J. & Raaijmakers, J.M. (2000). Consistent control of Verticillium Wilt by combination of *P. fluorescens* 60 and *T. flavus*. Wageningen uni. 120 pp.;10pp.
- Suganthi, M., Senthilkumar, P., Arvinth, S., & KN, C., (2017). Chitinase from *Pseudomonas fluorescens* and its insecticidal activity against *Helopeltis theivora*. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 63(4), 222-227.
- Şen, Ö. (2008). *Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Patlıcan Fidelerinin Gelişimi ve Besin Elementi İçerikleri Üzerine Arbuscular Mikorizal Fungus Uygulamalarının Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Ziraat Fakültesi)
- Tharanathan, R.N. & Kittur F.S. (2003). Chitin—the undisputed Biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 63-86.
- Tohidfar, M., Rassouli, H., Haghazari, A., Ghareyazie, B. & Najafi, J. (2009). Evaluation of Stability of Chitinase Gene in Transgenic Offspring of Cotton (*Gossypium Hirsutum*). *Iraian Journal of Biotechnology*, 7(1), 45-50.
- Türkmen, Ö., Şensoy S., Demir, S. & Erdiñ, C. (2008). Effect of two different AMF species on growth and nutrient content of pepper seedlings grown under moderate salt stres. *African Journal of Biotechnology*, 7(4), 394-396.
- Turhan, G. (1973). Fungi Isolated From The Roots Of Disease Vegetables Seedlings. *Journal of Turkish Phytopathology*, 2(3), 100-112.
- Tzima, A.K., Paplomatas, E.J., Rauyaree, P., Ospina-Giraldo, M.D. & Kang, S. (2011). Vdsnf1, The Sucrose Nonfermenting Protein Kinase Gene of *Verticillium Dahliae*, is Required For Virulence and Eexpression of Genes Involved in Cell-Wall Degradation. *Molecular Plant Microbe Interaction*, 24, 129–142.
- Urrutia Herrada, M.T., Gomez Garcia, V.M. & Tello Marquina, J. (2004). Fusarium Wilt On Eggplant In Almeria (Spain). Boletin De Sanidad Vegetal, *Plagas*, 30(1), 85-92.
- Vinale, F., D’ambrosio, G., Abadi, K., Scala, F., Marra, R., Tura, D., Woo, S.L. & Lorito, M. (2004). Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as Plant Growth Promoters and Their Compatibility with Copper Oxychloride. *Journal of Zhejiang University, Science B*, 30, 2-8.
- Wargo, P.M. (1975). Lysis of the cell wallof Armillaria mellea by the enzymes from forest trees, *Physiol. Plant Pathology*, 5, 99.
- Whipps, J.M. & Davies, K.G. (2000). Biocontrol of Plantpathogens and Nematods by Microorganisms. In: Gurr G., Wratten, Sd (Eds). Measures of Success in Biological Control. Kluwer, Dordrecht, 231-269.

- Windham, M.T., Elad, Y. & Baker, R. (1986). A Mechanism for Increased Plant Growth Induced by *Trichoderma harzianum* spp. *Phytopathology*, 76, 518-521.
- Woo, S.L., Scala, F., Ruocco, M. & Lorito, M. (2006). The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp. phytopathogenic fungi, and plants. *Phytopathology*, 96, 181-185.
- Xu, T., Zhong, J. & Li, D.B. (1993). Antagonism of *Trichoderma harzianum* T82 and *Trichoderma* sp. NF9 Against Soil-Borne Fungus Pathogens. *Acta Phytopathologica Sinica*, 23(1), 63-67.
- Yamakawa, K. & Mochizuki, H. (1979). Nature And Inheritance Of Fusarium Wilt Resistance in Eggplant Cultivars And Related Wild Solanum Species, *Bulletin of Vegetable And Ornamental Crops*, 6, 19-27.
- Yao, M., Tweddell, R. & Desilets, H. (2002). Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Mycorrhizae*, 12, 235-242.
- Yedidia, I., Benhamon, N., Kapulnik, Y. & Chet, I. (2000). Induction And Accumulation Of Prproteins Activity During Early Stages Of Root Colonization By The Mycoparasite *Trichoderma harzianum* Strain T203. *Plant Physiology And Biochemistry*, 38, 863-873.
- Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y. & Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on Microelement Concentrations and Increased Growth of Cucumber Plants. *Plant and Soil*, 235, 235-242.
- Yıldız, A. & Benlioğlu, S. (2008). *Trichoderma harzianum*'un Pamuklarda Çökerten (*Rhizoctonia solani* Kühn) ve Verticillium Solgunluğu Hastalığı (*Verticillium dahliae* kleb)'na Etkisinin in-Vivo Koşullarda Saptanması. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 3-7.
- Yıldız, A. (2009). Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 91-101.
- Yıldız, A. & Şirin, U. (2010). *Trichoderma harzianum* ve Bazı Mikorizal Fungusların *Lilium longiflorum* Thunb.'da Bitki Geliimine ve *Rhizoctonia solani* Kühn.'ye Etkisinin In-Vivo Koşullarda Saptanması. IV. Süs Bitkileri Kongresi. Bildiri Özetleri.
- Yonsel, Ş., Batur, M.Ş. & Yanık, T. (2006). Mikrobiyal Gübreler Simbiyotek Biyolojik Ürünler A.Ş. Katoloğu, Tuzla-İstanbul. http://www.simbiyotek.com/Mikrobiyal_Gubreler_yonsel.pdf
- Yücel, S., Elekçioğlu, İ.H., Uludağ, A., Can, C., Gözel, U., Söğüt, M., Özarslandan, A. & Aksoy, E. (2002). The Second Year Result of Methyl Bromide Alternatives in The Eastern Mediterranean. Annual International Research Conference On Methyl Bromide Alternatives And Emissions Reductions. 6-8

November, The Rosen Centre Hotel 9840, International Drive Orlando, Florida, 32819.

Yücel, S., Ay, T. & Çolak, A., (2008). Örtüaltı Yetiştiriciliğinde Hıyar Kök Çürüklüğü Hastalığına (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*) Karşı *Trichoderma harzianum* Rifai KRL AG2'nin Etkisinin Belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 48(2), 41-47.



ÖZGEÇMİŞ

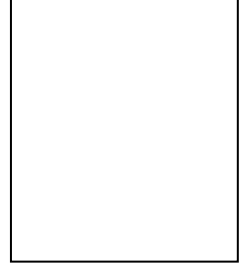
Adı Soyadı :

Doğum Yeri ve Yılı :

Medeni Hali :

Yabancı Dili :

E-posta :



Eğitim Durumu

Lise :

Lisans :