



**SOĞANDA DİP ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞI ETMENİ
Fusarium proliferatum'un BİYOLOJİK MÜCADELESİ**

Fırat Gürkan AKSOY

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Elif TOZLU

Bitki Koruma Ana Bilim Dalı

2025

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

**SOĞANDA DİP ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞI ETMENİ *Fusarium proliferatum*'UN
BİYOLOJİK MÜCADELESİ**

(Biological Control of *Fusarium proliferatum*, the Cause of Bottom Rot Disease in Onion)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fırat Gürkan AKSOY

Danışman: Prof. Dr. Elif TOZLU

Erzurum
Temmuz, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Fırat Gürkan AKSOY tarafından hazırlanan “**Soğanda Dip Çürüklüğü Hastalığı Etmeni *Fusarium proliferatum*’un Biyolojik Mücadelesi**” başlıklı çalışması 08/07/2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Fitopatoloji Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Fatih DADAŞOĞLU	Aslı Islak İmzalıdır
	<i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Danışman:	Prof. Dr. Elif TOZLU	Aslı Islak İmzalıdır
	<i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Kenan KARAGÖZ	Aslı Islak İmzalıdır
	<i>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi</i>	

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Alper NUHOĞLU

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, tablo, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Elif TOZLU danışmanlığında sunulan “**Soğanda Dip Çürüklüğü Hastalığı Etmeni *Fusarium proliferatum*’un Biyolojik Mücadelesi**” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	17	30
Kuramsal Temeller	9	30
Materyal ve Yöntem	32	35
Bulgular	17	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	22	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Fırat Gürkan AKSOY	Prof. Dr. Elif TOZLU
...../...../2025	/...../2025
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayımlamasına ilişkin bir engelleme var - ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca derslerimin ve çalışmalarımın tüm aşamalarını takip edip yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Elif TOZLU'ya, tezimi yazma aşamasında yardımını esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Dr. Nasibe TEKİNER ile laboratuvar aşamasında yardımcı olan Eslam Mohamed Abdelfatah Mohamed ALBASTAWISI'ye teşekkür ederim. Ayrıca çalışmada kullanılan biyoajan bakterileri temin ettiğim hocam Sayın Prof. Dr. Recep KOTAN'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Fırat Gürkan AKSOY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SOĞANDA DİP ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIK ETMENİ *Fusarium proliferatum*'UN BİYOLOJİK MÜCADELESİ

Fırat Gürkan AKSOY

Danışman: Prof. Dr. Elif TOZLU

Amaç: Soğan ülke ekonomisi açısından büyük önem taşıyan önemli bir ihracat ürünüdür. Ancak soğan üretimi ve verimi hem hasat öncesi hem de hasat sonrası çeşitli biyotik (canlı) ve abiyotik (cansız) faktörlerden olumsuz etkilenebilmektedir. Özellikle hasat sonrası dönemde fungal ve bakteriyel patojenler soğanlarda ciddi ürün kayıplarına neden olabilmektedir. Bu kayıplar hem üreticiler hem de ülke ekonomisi açısından önemli bir sorundur. Türkiye'de soğan üretimi yapılan bölgelerde *Fusarium proliferatum*'un neden olduğu soğan dip çürüklüğü sorunu oldukça önemlidir. Bu hastalık etmeni soğanın kök bölgesinde ciddi hasarlara neden olarak ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu kayıpların önlenmesi için dayanıklı soğan çeşitlerinin kullanımı, ürün rotasyonu, solarizasyon, sanitasyon, biyolojik kontrol ve fungusit uygulamaları gibi çeşitli mücadele metodları önerilmektedir. Fungusit uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalarda benomil, benomil + mankozeb, karbendazim, karboksın, maneb, metoksietil civa klorür, procymidon, penconazole, tebuconazole, thiram ve vinclozolin gibi çeşitli fungusitlerin tohumlara uygulandığında soğanlarda kök ve soğan çürüklüğü zararını azalttığı da tespit edilmiştir. Ancak bu fungusitlerin insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri dünyada ve ülkemizde kullanımlarının yasaklanmasına neden olmuştur. Ayrıca diğer fungusitler de doğrudan tüketilen ürünlerde kalıntı sorununa yol açabilmektedir. Bu nedenle bu patojenle mücadele için yeni stratejilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu bağlamda bu çalışmada soğan dip çürüklüğü hastalığı etmeninin mücadelesinde bazı bakteriyel biyokontrol ajanlarının etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot: Besi otamında geliştirilen 24 bakteriyel biyokontrol ajanının *F. proliferatum*'a karşı etkinliği, ikili kültür denemeleri yoluyla in vitro koşullar altında test edilmiştir.

Bulgular: İkili kültür testlerinde bakteriyel biyokontrol ajanlarının etmenin gelişmesini engelleme oranları %18,85 ile %66,67 arasında değişmiştir. Yapılan bu çalışma ile in vitro koşullarda soğan dip çürüklüğü patojeni *F. proliferatum*'un gelişimi üzerinde en yüksek etki PM-18 (*Pseudomonas chlororaphis*) (%66,67) straininde tespit edilmiş, bunu TV-17C (*Bacillus subtilis*) (%66,53) ve A-16 (*Agrobacterium radiobacter*) (%65,26) strainlerinin takip ettiği görülmüştür.

Sonuç: Sonuç olarak; hastalığın kontrolü açısından en etkili bulunan 3 bakteri straininin uygulamasının soğan yetiştiriciliğinde soğan dip çürüklüğü hastalığının kontrolünde biokontrol ajanı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, *Fusarium proliferatum*, Soğan dip çürüklüğü

Temmuz 2025, 49 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE BIOLOGICAL CONTROL OF *Fusarium proliferatum*, THE CAUSAL AGENT OF ONION BASAL ROT DISEASE

Fırat Gürkan AKSOY

Supervisor: Prof. Dr. Elif TOZLU

Aim: Onions are a significant export product with great importance for the national economy. However, onion production and yield can be negatively affected by various biotic (living) and abiotic (non-living) factors, both before and after harvest. Particularly in the post-harvest period, fungal and bacterial pathogens can cause substantial crop losses in onions. These losses represent a major issue for both producers and the national economy. In regions of Turkey where onions are produced, the onion basal rot problem caused by *Fusarium proliferatum* is quite significant. This pathogen leads to severe damage in the root area of onions, resulting in yield losses. To prevent these losses, several control methods are recommended, including the use of resistant onion varieties, crop rotation, solarization, sanitation, biological control, and fungicide applications. Studies on fungicide applications have identified that various fungicides, such as benomyl, benomyl + mancozeb, carbendazim, carboxin, maneb, methoxyethyl mercury chloride, procymidone, penconazole, tebuconazole, thiram, and vinclozolin, reduce root and onion rot damage when applied to seeds. However, the negative effects of these fungicides on human health and the environment have led to their ban in both the world and our country. Additionally, other fungicides can also lead to residue issues in directly consumed products. Therefore, new strategies are needed to combat this pathogen. In this context, this study aims to investigate the effects of certain bacterial biocontrol agents in managing the pathogen causing onion basal rot

Materials and Methods: The efficacy of 24 bacterial biocontrol agents developed in culture medium against *F. proliferatum* was tested under in vitro conditions through dual culture assays.

Results: In the dual culture tests, the inhibition rates of the bacterial biocontrol agents on the growth of the pathogen ranged between 18,85% and 66,67%. In this study, under in vitro conditions, the highest inhibitory effect on the growth of the onion basal rot pathogen *F. proliferatum* was observed in the PM-18 strain (*Pseudomonas chlororaphis*) (66,67%), followed by the TV-17C (*Bacillus subtilis*) (66,53%) and A-16 (*Agrobacterium radiobacter*) (65,26%) strains.

Conclusion: In conclusion, the application of the three most effective bacterial strains identified in this study is considered to have potential as biocontrol agents for managing onion basal rot disease in onion cultivation.

Keywords: Biological control, *Fusarium proliferatum*, Onion basal rot

July 2025, 49 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	7
MATERYAL ve YÖNTEM	12
Materyal	12
Yararlanılan cihazlar	12
Çalışmada kullanılan besiyerleri ve çözeltilerin hazırlanışı.....	12
Çalışmada kullanılan patojen fungus	13
Çalışmada kullanılan potansiyel biyoajan bakteriler	14
Yöntem.....	15
Patojen fungus izolasyonu	15
Patojen fungus izolatlarının patojenite testi	15
Patojen fungusun tanılanması	15
Biyolojik mücadele çalışmaları.....	16
Sonuçların Analiz Edilmesi	17
ARAŞTIRMA BULGULARI	18
<i>Fusarium proliferatum</i> 'un Oluşturduğu Hastalık Belirtileri.....	18
Patojen fungus izolatlarının patojenite testi	18
Patojen fungusun tanılanması	19
Biyolojik mücadele çalışmaları.....	21
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	28
KAYNAKLAR.....	30
ÖZGEÇMİŞ.....	38

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Soğan Bitkisine Ait Bilimsel Sınıflandırma	1
Tablo 2. Kıtalara Göre 2022 Yılı Kuru Soğan Üretim Verileri	2
Tablo 3. Dünyada Kuru Soğan Üretim Alanı ve Üretim Miktarı	2
Tablo 4. Dünya’da Ülkelere Göre 2022 Yılı Kuru Soğan Üretim Miktarları.....	2
Tablo 5. Türkiye’de Son Beş Yıla Ait Kuru Soğan Üretim Miktarları ve Üretim Alanları	3
Tablo 6. Türkiye’de En Çok Kuru Soğan Üretimi Yapılan İller ve Üretim Miktarları	3
Tablo 7. <i>Fusarium proliferatum</i> Türünün Taksonomik Sınıflandırması	8
Tablo 8. <i>Fusarium proliferatum</i> ’un Tespit Edildiği Bazı Bitkiler ve Hastalıklar	8
Tablo 9. Çalışmada Elde Edilen Patojen Fungus İzolatları	13
Tablo 10. Çalışmada Kullanılan Biyoajan Bakteri Strainleri, MIS Tanıları, Benzerlik Oranları ve Aşırı Duyarlılık Test Sonuçları	14
Tablo 11. <i>Fusarium proliferatum</i> ET 122 İzolatının Koloni Yapısı.....	20
Tablo 12. <i>Fusarium proliferatum</i> ET 122 İzolatının Moleküler Tanısı, Benzerlik İndeksi ve Erişim Numarası.....	21
Tablo 13. İn Vitro Petri Denemelerinde <i>Fusarium proliferatum</i> ET 122 İzolatına Karşı Test Edilen Potansiyel Biyoajan Bakteri İzolatlarının Etkililiği.....	21

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Patojenite testi yapılan soğan yumruları	19
Şekil 2. <i>Fusarium proliferatum</i> ET 122 izolatının petri gelişimi.....	20
Şekil 3. <i>Fusarium proliferatum</i> morfolojik özellikleri (a) Mono- ve polifiyalidler, (b) Mikrokonidya zinciri, (c) mikro- ve makrokonidiler, (d) klamidospore oluşumu görülmemiştir (Ölçek çubukları= 10 mikrometre)	20
Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde <i>Fusarium proliferatum</i> ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri.....	23

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
da	Dekar
dH ₂ O	Distile su
dk	Dakika
FAO	Food and Agriculture Organization
g	Gram
ha	Hektar
HR	Aşırı Duyarlılık Reaksiyonu
kg	Kilogram
kob	Koloni oluşturan birim
L	Litre
LB	Luria Broth
mg	Miligram
MIS	Microbial Identification System
ml	Mililitre
N	Azot
NA	Nutrient Agar
NB	Nutrient Broth
P	Fosfat
PDA	Potato Dextrose Agar
sa	Saat
sdH ₂ O	Steril ve distil su
sH ₂ O	Steril su
sn	Saniye
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre

GİRİŞ

Son dönemlerde, sağlıklı yaşam sürdürmenin ve hastalıkları önlemenin yolları, tıp ve bilim alanlarında yoğun bir şekilde araştırılan konuların başında gelmektedir. Özellikle kanser, kalp-damar hastalıkları, şeker hastalığı gibi ciddi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını engelleyen faktörler üzerinde odaklanılmaktadır. Bu faktörler arasında, birçok bitki türünde bol miktarda bulunan fenolik bileşikler, insan sağlığı üzerindeki etkileri nedeniyle biyolojik aktif maddeler olarak kabul edilmekte ve pek çok araştırmanın konusu haline gelmektedir. Fenolik bileşiklerin en önemli özelliklerinden biri, metabolik reaksiyonlar sonucu oluşan serbest radikalleri etkisiz hale getirme yetenekleridir. Bu nedenle bu bileşikler, antioksidan aktiviteleri ile öne çıkarlar. Sebzeler ve meyveler gibi doğal kaynaklardan alınan antioksidanlar, vücuda giren zararlı maddelere karşı koruyucu bir kalkan oluşturarak sağlığı koruma potansiyeline sahiptirler (Karaman 2008). Bu bağlamda, sağlığımızı korumak ve hastalıkları önlemek için doğal antioksidanları içeren besinleri tüketmek önemlidir. Bu bileşikler, vücudu serbest radikallerin neden olduğu oksidatif strese koruyarak sağlığın sürdürülmesine katkı sağlarlar.

Soğan (*Allium cepa* L.), Amaryllidaceae familyasına ait çok yıllık bir bitki olup ülke ekonomisi için büyük öneme sahip bir ihracat ürünüdür (Tablo 1). Genellikle 15 ila 50 cm büyüyeabilen bir bitki olan soğanın yaprakları sarımsı ila mavimsi yeşil, içleri boş ve silindirik; soğanı küresel; gövdesi silindirik ve içi boş; çiçekleri yeşilimsi beyaz renklidir (Anonim 2024a).

Tablo 1. Soğan Bitkisine Ait Bilimsel Sınıflandırma (Anonymous, 2024)

Alem	Plantae
Şube	Streptophyta
Sınıf	Equisetopsida
Ordo	Asparagales
Familya	Amaryllidaceae
Cins	<i>Allium</i>
Tür	<i>Allium cepa</i>

Soğan, domates bitkisinden sonra dünya çapında en önemli ikinci bahçe bitkisidir. Köken olarak soğan bitkisi Orta Asya orijinlidir ancak popüler bir mutfak sebzesi olması nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak her mevsim üretilip tüketilmektedir (Anonim 2024a).

Dünyada soğan üretimi kıtalararası kıyaslandığında en çok üretimin Asya kıtasında (76.434.858.21 ton), en az üretimin ise Okyanus (305.000 ton) kıtasında olduğu görülmüştür (FAO 2022; Tablo 2).

Tablo 2. Kıtalaraya Göre 2022 Yılı Kuru Soğan Üretim Verileri (FAO 2022)

Kıtalar	2022 Yılı Üretim Verileri (Ton)
Asya	76.434.858.21
Afrika	14.896.148.32
Avrupa	9.543.390.42
Amerika	9.436.872.86
Okyanus	305.000

Dünyada kuru soğan üretimi 2022 yılında yaklaşık ~6 milyon hektar (ha) alanda ~111 milyon tondur (FAO 2022). Son beş yıla ait verilere bakıldığında dünyada soğan üretiminde sürekli artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Dünyada Kuru Soğan Üretim Alanı ve Üretim Miktarı (FAO 2022)

Yıl	Dünyada Toplanan Alan (ha)	Dünyada Üretim Miktarı (Ton)
2018	5.136.769	97.409.036.97
2019	5.146.820	100.080.528.18
2020	5.459.688	105.110.959.04
2021	5.698.402	106.748.886.16
2022	5.967.491	110.616.269.81

Dünyada kuru soğan üretim verileri incelendiğinde en çok üretim alanına sahip ve en çok üretimi yapan ülke 32 milyon ton ile Hindistan'dır. Hindistanı, Çin (24.5 milyon ton) ve Mısır (3.663.943.34 milyon ton) takip etmektedir. Ülkemiz ise 2.252.139 milyon ton ile beşinci sırada yer almaktadır. Üretim yapılan alana göre elde edilen ürün miktarı oranlandığında üretilen kuru soğanın dekara veriminin yüksek olduğu görülmektedir (FAO 2022; Tablo 4).

Tablo 4. Dünya'da Ülkelere Göre 2022 Yılı Kuru Soğan Üretim Miktarları (FAO 2022)

Ülkeler	Üretim (Ton)	Üretim Yapılan Alan (ha)
Hindistan	31.687.000	1.941.000
Çin	24.542.011.2	1.121.596
Mısır	3.663.943.34	105.880
Amerika Birleşik Devletleri	2.918.958	51.477
Bangladeş	2.517.070	205.405
Türkiye	2.350.000	57.630
Pakistan	2.062.336	140.838
Endonezya	1.982.360.22	184.984
İran	1.900.000	50.000
Cezayir	1.763.117.95	50.078

Ülkemizde kuru soğan tarımı için elverişli koşullara sahip olup son beş yıla ait kuru soğan üretim ve üretim yapılan alan miktarları Tablo 5’de verilmiştir. Son beş yıla ait verilere bakıldığında kuru soğan üretiminde artış görülmüş ancak 2022 yılında elde edilen verilerde 2021 yılına göre bir gerileme söz konusu olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Türkiye’de Son Beş Yıla Ait Kuru Soğan Üretim Miktarları ve Üretim Alanları (FAO 2022)

Yıl	Üretim Miktarı (Ton)	Üretim Yapılan Alan (ha)
2018	1.930.695	56.506
2019	2.200.000	61.359
2020	2.280.000	68.491
2021	2.500.000	69.897
2022	2.350.000	57.630
2023	2.600.000	60.487
2024	2.737.000	60.489

Ülkemizde neredeyse her bölgemizde kuru soğan yetiştiriciliği yapılmakta ve en fazla İç Anadolu Bölgesi’nde yetiştiriciliği yapılmaktadır (TÜİK 2023). 2022 yılında yetmiş ilde kuru soğan üretimi yapılmış ve en çok üretimin Ankara ilinde olduğu (733.972 ton), onu da Amasya (338.840 ton) ve Çorum (262.066 ton) illeri takip ettiği belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Türkiye’de En Çok Kuru Soğan Üretimi Yapılan İller ve Üretim Miktarları (ton) (TÜİK 2023)

İller	Yıllar				
	2018	2019	2020	2021	2022
Ankara	510.414	669.134	567.788	835.269	733.972
Amasya	248.599	317.106	334.856	286.078	338.840
Çorum	166.460	168.087	251.037	295.503	262.066
Hatay	108.899	106.587	196.804	167.653	153.295
Eskişehir	106.040	132.807	135.414	154.384	128.295

Soğan yetiştiriciliğinde, doğrudan tohum ekimi, kısa (arpacık) ile yapılan yetiştiricilik, fide yetiştiriciliği olmak üzere 3 farklı şekilde yetiştirme tekniği kullanılmaktadır. Soğan bitkisi, hafif bünyeli, bitki besin elementlerince noksan olmayan humusça zengin kumlu-tınlı toprakları sever. Soğan bitkisi toprak asitliğine az toleranslı olduğundan toprak pH’sı 6-6,5 olmalıdır. Bitkinin erken gelişme evresinde serin havaya; baş bağlama ve başın büyümesi için sıcak havaya; başın olgunlaşması için 24-27°C sıcaklığa ihtiyaç vardır. Vejetasyon dönemi içinde yeterli yağış varsa (450-500 mm) sulamadan da yetiştirilebilir, yeterli yağış olmadığında baş olgunlaştırma dönemine kadar yağmurlama sulama yapılmalıdır. Toprak analizi yaptırılarak

yeterli ve dengeli gübreleme yapılmalıdır. Hasat ise soğanlar belli bir büyüklüğü aldığı zaman, yani bitkilerin yaklaşık %80'inin toprak üstü aksamalarının üçte ikisinin kurumuş olması ile anlaşılmaktadır. Bu dönemde soğanın dış kabuğu koyulaşır ve 2-3 kabuk oluşur. Daha sonra sökülmesi yapılan soğanlar, toprak yüzeyinde yaklaşık 10 gün tutularak güneşte kurutulur ve uygun koşullara sahip depolara alınır (Günay 1983).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de soğan bitkisi yetiştiriciliği yapılırken optimum şartlar sağlansa da farklı gelişme dönemlerinde verim ve kalite kaybına neden olan birçok biyotik faktör mevcuttur. Özellikle hasat sonrası dönemde, funguslar ve bakteriler gibi çeşitli hastalık etmenleri, soğanlarda ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu hastalıkların soğan ürünlerinde neden olduğu kayıplar genellikle %35 ila %40 arasında değişmektedir (Kumar *et al.* 2015). Bu durumu başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, soğanların depolanması ve pazarlanması sürecinde fungal ve bakteriyel hastalıkların etkileri nedeniyle ürün kaybı yaşanmaktadır. Bu kayıplar, hem üreticiler hem de ülke ekonomisi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Toprak, tohum ve hava kaynaklı bu hastalıklar; antraknoz (*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes), siyah küf (*Aspergillus niger* Tiegh.), mavi küf (*Penicillium* sp.), kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers.:Fr.), *Cercospora* yaprak lekesi (*Cercospora duddia* Welles), kömür çürüklüğü (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.), çökerten (*Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp.), mildiyö (*Peronospora destructor* Berk.) Casp. ex Berk.), yaprak lekesi (*Cladosporium allii-cepae* (Ranoj.) M. B. Ellis), yumuşak çürüklük (*Rhizopus* sp.), Pembe Kök (*Setophoma terrestris* (H. N. Hansen) Gruyter, Aveskamp, & Verkley), külleme (*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud), mor leke (*Alternaria porri* (Ellis) Cif.), pas (*Puccinia allii* F. Rudolphi), *Sclerotinia* çürüklüğü (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), sürme (*Urocystis* sp.), beyaz çürüklük (*Sclerotium cepivorum* Berk.), *Fusarium* dip çürüklüğü (*Fusarium oxysporum* sp. *cepae* (H. N. Hansen) W. C. Snyder & H. N. Hansen, *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg)'dür (Anonim, 2024b).

Bu etmenler içerisinde *Fusarium*'un birkaç türü dip çürüklüğü hastalığına neden olmaktadır. En yaygın etmenleri *F. oxysporum* f. sp. *cepae* ve *F. proliferatum*'dur (Stankovic *et al.* 2007; Ghanbarzadeh *et al.* 2014; Haapalainen *et al.* 2016). Dip Çürüklüğü hastalığı etmenleri ciddi birer sorun haline gelmiş olup, tarlada ve depolama sırasında verim ve kaliteyi azaltarak ürünün bozulmasına ve %50'nin üzerinde kayıp meydana gelmesine neden olmaktadır (Cramer 2000; Schwartz and Mohan 2007; Dissanayake *et al.* 2009; Haapalainen *et al.* 2016).

Hastalık tarla koşullarında başlar, hasat sonrası aşamada devam eder ve depo koşullarında da soğanlarda nicelik ve kalite kayıplarına neden olur. Bu hastalık, soğanların kök

bölgesinde ciddi hasara yol açmakta ve ürün kayıplarına neden olmaktadır (Türkkan ve Karaca 2006). Dip çürüklüğü, *Fusarium* cinsinin farklı türleri tarafından da meydana gelebilir. Örneğin, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* türü soğanlarda, *F. culmorum* türü ise sarımsak ve pırasalarda dip çürüklüğüne sebep olabilirken, *F. proliferatum* türü hem soğanları hem de sarımsak yumrularını etkileyebilir.

Bu hastalığın bitkilerdeki belirtileri, büyüme sezonunun herhangi bir döneminde yeşil kısımların genel bir sararma, yaprak uçlarından aşağıya doğru nekroz (hücre ölümü) ve solgunluk şeklinde ortaya çıkar. Soğanlarda etkilenen kökler koyu kahverengi ile koyu pembe arasında renk değiştirir (Anonim 2023). Soğanlarda çürüme genellikle soğanın dip kısmında başlar, sonra iç kısımlara doğru ilerler. Bazı durumlarda çürüme, muhtemelen yaralar yoluyla soğanın yan tarafında veya boyun kısmında başlayabilir ve köklerin yumru ile birleştiği bölgede beyaz renkte misel gelişimi görülür (Anonim 2024c). Sarımsaklarda ise yumru ve gövdelerde kırmızı-mor renklenme gözlemlenir. Tüm *Allium* türlerinde etkilenen köklerin dip kısmında çürüme meydana gelir. Bu çürüme, başlangıçta suda ıslanmış ve açık kahverengi renkte olan sert doku ile başlar. Zamanla dokular yumuşar ve yumru içine doğru ilerleyerek bitkinin çökmesine neden olur.

Fusarium dip çürüklüğü, toprak kökenli bir hastalıktır ve hastalık etmeni klamidosporeleri ile toprakta uzun süre yaşayabilir. Bu etmen, bitki köklerinden içeri girer ve köklerin dip bölgesinde yayılım gösterir. Etmen soğanlara sağlıklı dokular yoluyla doğrudan girebileceği gibi, kültür yoluyla veya soğan kurtlarının beslenmesi sonucu oluşan yaralar yoluyla da girebilir. Enfeksiyon ve hastalık gelişimi yüksek toprak sıcaklıkları tarafından desteklenir. Hastalık 14-32°C toprak sıcaklığında gelişebilir ancak optimum 28-32°C’de gelişir. Daha düşük depolama sıcaklıkları (8°C veya altında) çürüme yavaşlar (Anonim 2024c). Hastalık etmeni, toprakta bol miktarda spor ürettiği için rüzgar, sulama suyu ve toprak böcekleri aracılığıyla yayılabilir (Anonim 2023). Ayrıca, *F. proliferatum* gizli bir patojen olarak kalarak sarımsak köklerini kolonize eder ve depolama sırasında çürümeye neden olur.

Son 10 yılda, *F. proliferatum*’un çeşitli soğan ve sarımsak mahsullerini enfekte ettiğine dair raporlar birçok ülkede ve ülkemizde de bildirilmiştir (Stankovic et al. 2007; Bayraktar and Dolar 2011; Palmero et al. 2012; Carrieri et al. 2013; Kara 2021). Etmen abiyotik faktörlerdeki değişimlere çok hızlı uyum sağladığı için patojenin konukçu (mısır, arpa, buğday, pirinç, kuşkonmaz, muz, hurma, sarımsak ve soğan) yelpazesi oldukça geniştir (Jimenez et al. 1993; Marín et al. 1998; Abdalla et al. 2000; Seefelder et al. 2002; Park et al. 2005; Desjardins et al. 2007; Stankovic et al. 2007; Jurado et al. 2010; Palmero et al. 2012).

Bunun yanı sıra, *F. proliferatum* ile enfekte olmuş soğan ve sarımsak bitkilerinden elde edilen örnekler kullanılarak yapılan bir çalışmada, toplam on bir izolatın patojenite ve toksijenite özellikleri incelenmiştir. Analizler sonucunda, bu izolatlardan altısının 25–3000 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında fumonisin B1 ve 400–550 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında beauverisin ürettiği belirlenmiştir. Ayrıca on izolat 80–950 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında fusarik asit ve 50–520 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında moniliformin üretirken, tüm izolatların ise 400 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'e kadar fusaproliferin sentezlediği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, *F. proliferatum*'un hem soğan hem de sarımsak bitkilerinde mikotoksin birikimine neden olabilecek önemli bir risk faktörü olduğunu ortaya koymaktadır (Stanković et al., 2007).

Soğan dip çürüklüğü hastalığına karşı mücadelede çeşitli yöntemler önerilmektedir. Bunlar arasında, sağlıklı bitki materyali kullanmak, ürün rotasyonu yapmak, bitki artıklarını gömmek, solarizasyon, sanitasyon, biyolojik kontrol ve fungusit uygulamaları yer almaktadır. Hasat sırasında ve sonraki işlemler sırasında da soğan yaralanmasından kaçınmak ve hasat sonrası uygun çevre koşullarının sağlanması, hastalığın şiddetini büyük ölçüde etkileyen çok önemli faktörlerdir (Cramer 2000, Galvez et al. 2022). Gerçekten etkili bir rotasyon elde etmek için konukçu olmayan ürünün seçilmesi bazen zor olabilmektedir. Yapılan tohum uygulamalarının veya kimyasal kontrolün *Fusarium* dip çürüklüğünün kontrolü üzerinde sınırlı bir etkisi bulunmaktadır (Galvez et al. 2022). Ayrıca, bu fungusitlerin bazıları insan sağlığına ve çevreye zarar verebilecek potansiyel tehlikeler taşıdığı için dünya genelinde ve ülkemizde yasaklanmıştır.

Hastalık etmeni ile mücadelede kültürel mücadele yöntemlerinin yetersiz oluşu ve uzun süreli bir koruma sağlayamaması (Özer vd. 2003); kimyasal mücadelenin ise yüksek maliyet ile yoğun iş gücü gerektirmesi (Abbo et al. 2014), ilaçlara zamanla dayanıklılık oluşması, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri, sınırlı ve dezavantajlı bir mücadele olmasından (Kotan et al. 2009; Heydari and Pessarakli 2010) dolayı bitki hastalıklarının yönetiminde çevre açısından güvenli, uzun süreli ve etkili biyolojik mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar önemli hale gelmiştir (Abdalla et al. 2014).

Bu çalışmanın temel amacı; soğan bitkisinde hastalık yapan *Fusarium proliferatum*'a karşı biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilecek bakterilerin *in vitro* ve depo şartlarında test edilmesi ve en etkili olan izolatlardan ileride yapılacak çalışmalarda biyopestisitlerin geliştirilmesidir.

KURAMSAL TEMELLER

Toprak kaynaklı fungal patojenler soğan bitkisinde verimi %60 oranında azaltır ve fungal patojenler arasında *Fusarium* dip çürüklüğü en yaygın olandır (Sogoba et al. 2023; Haapalainen et al. 2023; Poursakhi et al. 2024).

Fusarium cinsine ait farklı türler (*F. proliferatum*, *F. oxysporum* f. sp. *cepae*, *Fusarium acutatum* and *Fusarium anthophilum* vb.) *Fusarium* dip çürüklüğü hastalığına neden olur (Schwartz and Mohan 2008; Zlata et al. 2008). *Fusarium* türleri çeşitli yaşam alanlarına uyum sağlamışlardır. *Fusarium* cinsine ait türler; bitkiler, hayvanlar ve insanlar için hem saprofit hem de patojen olan, bitki hastalıklarının %70'inden fazlasının gıda güvenliğini tehdit eden, mikotoksin üreten önemli fungal patojenler olup (Leslie and Summerell 2013; Tian et al. 2020; Stępień 2023), filamentli, septalı, hiyalin, hafif kavisli ve uzun makrokonidilere sahip olmalarıyla karakterize edilirler (Moss and Thrane 2004; Leslie 2006). *Fusarium* cinsine ait bitki patojeni türler, bitki gelişiminin herhangi bir aşamasında (fide, kök ve kök boğazı, sap, gövde, meyve çürüklüğü ve depo çürüklüğü) hastalığa neden olabilir (Ma et al. 2013).

Bazı türler eşeysiz üreme yapıları olarak makrokonidi veya mikrokonidi üretirken, bazı türler ise hem makrokonidi hem de mikrokonidi üretir. Miselyum ve sporları genellikle parlak renklidir, ayrıca pembe, sarı ve mor tonlarında pamuksu bir dizi misel üretir. Bazı türlerde, daha küçük, 0 ya da 1 septalı mikrokonidi ve klamidosporlara sahiptir (Booth 1971, Jay 1987, Munkvold 2017). Mikroskobik özelliklerinin morfolojisi (makrokonidilerin, mikrokonidilerin, klamidosporların ve sklerotların genel şekli ile boyutları, eşeysel aşamaları ve pigmentasyon oluşumu) *Fusarium* türlerinin tanımlanması için kullanılan birincil özelliklerdir (Moss and Thrane 2004). Bu zamana kadar yaklaşık 70 tür tanımlanmış ve yaklaşık 300 tür henüz tanımlanmamıştır (Munkvold 2017).

Bu türler içerisinde *F. proliferatum* soğan ve sarımsakta hasat sonrası hastalığa ve önemli verim kayıplarına neden olan ana tür olarak tanımlanmıştır. Belirtiler, depolama süresi boyunca ilerleyebilen, susuz kalmış bir görünüme sahip küçük kahverengi lezyonlar olarak başlayarak zamanla büyümektedir. *F. proliferatum* geniş bir konukçu yelpazesine sahip polifag bir patojendir. Bu patojen, gizli bir patojen olarak soğan ve sarımsak köklerini kolonize eder ve depolama sırasında çürümeye neden olur. Patojen kışı toprakta, istila edilmiş ürün artıklarında ve yabani otlarda geçirebilir.

F. proliferatum türüne ait taksonomik sınıflandırma Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. *Fusarium proliferatum* Türünün Taksonomik Sınıflandırması

Üst Alem	Eukaryota
Alem	Fungi
Şube	Ascomycota
Alt Şube	Pezizomycotina
Sınıf	Sordariomycetes
Alt Sınıf	Hypocreomycetidae
Takım	Hypocreales
Familiya	Nectriaceae
Cins	<i>Fusarium</i>
Tür	<i>Fusarium proliferatum</i>

F. proliferatum'un tespit edildiği bazı bitkiler ve hastalıklar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. *Fusarium proliferatum*'un Tespit Edildiği Bazı Bitkiler ve Hastalıklar

Bitki Adı	Hastalık Adı	Kaynak
Zambak (<i>Lilium</i> sp.)	Kök ve soğan hastalığı	Prados-Ligero et al. 2008
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	Yaprak lekesi, Malformasyon	Omar et al. 2018 Leslie 1995
Ananas (<i>Ananas comosus</i>)	Meyve çekirdeği çürüklüğü	Barral et al. 2020
Kırmızıbiber (<i>Capsicum annuum</i>)	Meyve çürüklüğü	Rampersad and Teelucksingh 2011 Şahinoğlu and Tozlu 2023
Kuşkonmaz (<i>Asparagus officinalis</i>)	Kök boğazı ve kök çürüklüğü	Corpas-Hervias et al. 2006
Muz (<i>Musa</i> sp.)	Kök boğazı çürüklüğü	Anthony et al. 2004 Jimenez et al. 1997
Mandalina (<i>Citrus reticulata</i>)	Meyve çürüklüğü	Hyun et al. 2000
İncir (<i>Ficus carica</i>)	Meyve çürüklüğü	Moretti et al. 2000
Mısır (<i>Zea mays</i>)	Mısır yaprak, sap ve kök çürüklüğü	Desjardins et al. 2000 Ghianian et al. 2004 Munkvold et al. 1998
Sarımsak (<i>Allium sativum</i>)	Soğan çürüklüğü	Dugan et al. 2003 Stankovic et al. 2007
Soğan (<i>Allium cepa</i>)	Soğan çürüklüğü	Stankovic et al. 2007

Tablo 8. (devamı)

Hurma ağacı (<i>Phoenix canariensis</i>)	Solgunluk ve geriye doğru ölüm	Abdalla et al. 2000; Armengol et al. 2005
Veymut çamı (<i>Pinus strobus</i>)	Kök çürüklüğü	Ocamb et al. 2002
Domates (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	Solgunluk	Moretti et al. 2000
Karanfil (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	Kök çürüklüğü	Basallote-Ureba et al. 2016
Karnabahar (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.)	Solgunluk	Yan 2020
Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i>)	Şeker kamışında bıçak kesigi hastalığı	Taherkhani 1995
Kırmızı etli ejder meyvesi (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	Gövde çürüklüğü	Masratul Hawa et al. 2013
Kenevir (<i>Cannabis sativa</i>)	Kök boğazı ve gövde çürüklüğü ve öz nekrozu	Punja 2021
Soya fasulyesi (<i>Glycine max</i>)	Kök çürüklüğü	Chang et al. 2015
Pirinç (<i>Oryza sativa</i>)	Pirinçte ayak çürüklüğü	Abbaszadeh et al. 2007

F. proliferatum zaman içerisinde bitkilerde zamanla patojen olarak tanımlanmasına rağmen diğer *Fusarium* türlerine göre daha az çalışılmıştır. Bunun sonucu olarak konukçu dizisinin yeterince bilinmemesi etkili bir hastalık mücadele yönetiminde eksik kalınmasına sebep olmuştur (Morris and Moury 2019). Etmen ile mücadelede Galván et al. (2008)'de dayanıklı soğan çeşitlerinin bulunması üzerine yaptıkları çalışmada *F. proliferatum*'a dayanıklı bir soğan çeşidinin olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca *Allium* türlerinin enfeksiyona verdiği yanıt, gelişim evrelerine (Galeano et al. 2014), patojenin virölansına ve çeşit özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Dissanayake et al. 2009; Gei et al. 2014). Kültürel mücadele yöntemlerinden olan solarizasyon uygulaması, tarla, sera, fidanlık ve bahçelerde toprak kaynaklı patojenlerin mükemmel kontrolünü sağlayabilen kimyasal olmayan bir yöntemdir. Carrieri et al. (2013) soğanda ve Borrego-Benjumea et al. (2015) kuşkonmaz bitkisinde solarizasyonun *F. proliferatum* patojenin inokulum seviyesini azalttığını ortaya koymuşlardır. Solarizasyon ile 4-6 hafta boyunca toprak yüzeyi plastik bir filmle kaplanır ve toprak sıcaklığı artar. Bunun sonucunda toprak içerisinde bulunan mikrobiyal canlıların ve toprağın (kimyasal

ve fiziksel) özelliklerinde değişikliklere neden olur. Solarizasyon yönteminin küçük alanlar için iyi bir alternatif olabilirken, geniş araziler için uygulanabilir olmadığı bildirilmiştir (Galvez and Palmero 2022). Aynı araştırmacılar şimdiye kadar hastalığın ilerlemesini kontrol etmenin etkili yolu olarak hasat sonrası sıcaklık ve nem koşullarının iyi bir şekilde kontrol etmenin gerekliliğini savunmuşlardır. Ancak Palmero et al. (2013), düşük sıcaklığın *F. proliferatum*'un aktivitesini yavaşlattığını ancak canlılığını etkilemediğini ve sıcaklık arttığında fungusun büyümesinin ve metabolizmasının hızla yeniden başladığını göstermişlerdir. Bazı araştırmacılar soğanda dip çürüklüğüne karşı karbendazim, benomil, prokloraz ve antrakol'ün çoğunlukla tek başına veya diğer fungusitlerle birlikte toprak işleme yoluyla hastalığı kontrol etmek amacıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Abd-Elrazik et al. 1990; Naik and Burden 1981; Özer and Köycü 1998; Sintayehu et al. 2011; Behrani et al. 2015). Naik ve Burden (1981) soğan yumrularının ekimden önce benomil solüsyonuna daldırılma usulü uygulanmasının (15 dakika boyunca 100 µg.mL⁻¹) dip çürüklüğünü %65 oranında azalttığını ve verimi %54 oranında artırdığını ortaya koymuşlardır. Özer ve Ömeroğlu (1995) vinklozolin veya mankozeb etken maddeli fungusitlerin bir arada uygulanması ile benzer sonuçlar elde ettiklerini kaydetmişlerdir. Ancak Avrupa Birliği (AB) tarafından tarımda kimyasalların kullanımının azaltılması gerekliliği ve fungusit uygulamalarının iyi bir çözüm yolu olmadığı belirtilmiştir (Carrieri et al. 2013). Bununla birlikte, fungusitlerin topraktaki yararlı mikroorganizmaları öldürebilmesinin, ayrıca fungusitlere karşı hızlı bir direnç oluşmasının ciddi bir sorun haline geldiği ortaya konulmuştur (Leadbeater 2014).

Bitki hastalıkları ile alternatif mücadele yöntemlerinden olan biyolojik mücadelenin, bitki patojenlerine karşı yararlı biyolojik mücadele ajanlarının (fungal, bakteriyel, viral) ya da onların ürettikleri metabolitlerin kullanıldığı umut vadeden, doğal, çevre dostu, geniş spektrumlu, ekonomik ve sürdürülebilir yöntemlerden biri olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Chet et al. 1993; Baker and Paulitz 1996; Ongena and Jacques 2008; Lahlali et al. 2022; Tozlu et al. 2018; Tekiner et al. 2019; Tekiner et al. 2020; Tekiner et al. 2023; Şahinoğlu and Tozlu 2023).

Son 40 yıldır biyolojik mücadele, kimyasal mücadeleye alternatif olarak büyük ilgi görmüştür. Tarımda kullanılan kimyasal pestisidlerin neden olduğu çevre kirliliği ve kalıntı sorunları gibi nedenlerden dolayı, bitki hastalıklarıyla mücadelede alternatif yöntemlerin bulunması bir zorunluluk haline gelmiştir. Biyolojik mücadele kimyasal mücadeleye alternatif olarak geliştirilmiştir. Trichoderma'lar biyolojik mücadelede en çok kullanılan antagonistler olarak bilinmektedir. Doğada hemen hemen tüm toprak ve doğal habitatlarda ve özellikle organik madde içeren alanlarda bulunmaktadır. Bitki patojenlerine karşı mikoparazitizm,

antibiyotik üretimi, yer-besin için yarışma ve bitkide gelişimi teşvik etme şeklindeki mekanizmaları kullanmaktadır. Günümüzde üzerinde en fazla araştırma yapılan konulardan biri haline gelmiştir. Bununla birlikte çok sayıda ticari preparat geliştirilip, bitki patolenlerine karşı kullanılmaktadır. Bu makalede, *Trichoderma*'nın bitki hastalıklarıyla mücadeledeki önemi, antagonistik özellikleri, etki mekanizmaları üzerinde durulmuş ve bu konu ile ilgili Türkiye'de ve Dünya'da yapılan bazı çalışmalardan örnekler verilmiştir (Aydın, 2015). Son yıllarda, bitki gelişiminin herhangi bir aşamasında karşılaşılan hastalıklara karşı yaygın olarak *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., *Trichoderma* spp., *Pichia* spp., *Candida* spp. gibi biyolojik mücadele ajanlarının kullanıldığı bildirilmiştir (İmriz vd 2014; Narayanasamy 2013; Sellitto et al. 2021; Fenta et al. 2023).

Biyolojik mücadele ajanları sahip oldukları farklı mekanizmalar aracılığı ile bitki hastalıklarını kontrol edebilirler. Bu mekanizmalar; antibiyozis, hiperparazitizm, rekabet ve sistemik dayanıklılık mekanizmasının teşvik edilmesidir (Compant et al. 2005; Köhl et al. 2019).

Dünyada *F. proliferatum*'un biyolojik mücadelesine yönelik yapılmış çalışmalar mevcuttur. Mondani et al. (2021a), farklı etki mekanizmalarına sahip dört seçilmiş biyolojik kontrol ajanının, yani *Bacillus subtilis*, *F. oxysporum*, *Streptomyces grioseoviridis* ve *Trichoderma harzianum* + *Trichoderma gamsii* karışımının (*T. harzianum* + *T. gamsii*), etkilerini incelemişler, tüm durumlarda, sarımsak kökünden elde ettikleri *F. proliferatum* izolatının *in vitro* büyümesinde azalma yaptığını ve ortalama büyüme inhibisyonunun %64,9 olduğunu bulmuşlardır. Yapılan çalışmada, Washington'un merkezindeki Columbia Havzasındaki 20 dönümlük iki alanın her birinde ekili olan soğanlarda (*Allium cepa* L.) soğan çürüklüğü belirtileri görülmüş, izolasyon sonucunda elde edilen izolatlardan *F. proliferatum*'a özgü fungus kolonileri elde edilmiştir. *F. proliferatum* izolatlarının patojenitesi beyaz soğan üzerinde yapılmıştır. Soğanlar 13°C'de nemli bir odada inkübe edilmiş ve dış kabuktaki renk değişimi ve soğan çürüklüğü gelişimi açısından incelenmiştir. 2 hafta sonra soğan çürüklüğü belirtileri görülmeye başlanmıştır (Anonymous, 2025). Yapılan bir çalışmada, nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta solgunluğa neden olan *F. oxysporum*'un biyolojik mücadelesi araştırılmış ve *Trichoderma*'ların nohut solgunluk patojenlerini farklı oranlarda etkilediği tespit edilmiştir (Aydın, 2019). Bir başka çalışmada ise, 3 farklı ticari tanen ekstraktının (Artutan K, Artutan ve Farmatan) farklı konsantrasyonlarının soğan (*Allium cepa* L.) dip çürüklüğü hastalık etmeni *F. oxysporum* f.sp. *cepae*'nin misel gelişimi üzerine antifungal özellik gösterdiği belirlenmiştir (Bektaş et al., 2020).

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Yararlanılan cihazlar

Çalışma esnasında aşağıdaki cihazlar kullanılmıştır.

- Sterilizatör (Nüve, TÜRKİYE, FN 500, SN 303–3051)
- Otoklav (Hirayama, JAPAN, HVE 50, SN 030787253)
- İnkübatör (Nüve, TÜRKİYE, ES 500, SN 03–0591)
- Mikroskop (Olympus, JAPAN, B x 50, ODO4368)
- Hematolojik çalkalayıcı (GERMANY, GEL–3025, SN 10365703 F)
- Steril kabin (LABCAIRE)
- Derin dondurucu (Nuaire, U. S. A, -86 Ultralow Freezer, SN P07K–476316-PK)
- Hassas terazi (Scaltec, GERMANY, SPB42, SN SPB42–90908239)
- Buzdolabı (Arçelik, TÜRKİYE, 8190NF)
- Saf su cihazı (Ateks, 7x35, Eu)
- Mini karıştırıcı (IKA, U.S.A., M51, SN 03017581)
- İklimlendirme odası (Digital ayarlanabilir oda)
- Vorteks (Velp Scientifica)
- Plastik petri kapları (90 mm, 60 mm)
- Çeşitli kimyasal malzemeler

Çalışmada kullanılan besiyerleri ve çözeltilerin hazırlanışı

Araştırma süresince kullanılan besiyerleri ve çözeltilerin hazırlanışı detaylı olarak aşağıda verilmiştir:

PDA (Patates Dekstroz Agar)

PDA besiyeri, fungusların laboratuvar koşullarında üretilmesi için genel amaçlı bir ortam olarak kullanılmıştır. Hazırlık aşamasında, hassas terazide 39 gram hazır PDA tozu (Difco) tartılarak 1 litre distile su (dH₂O) içerisine ilave edilmiştir. Çözelti, 121°C sıcaklıkta 15 dakika süreyle otoklavda sterilize edildikten sonra yaklaşık 45°C'ye kadar soğutulmuş ve steril Petri kaplarına 20 ml hacminde dökülerek katılaşması sağlanmıştır.

NA (Nutrient Agar)

Bakteri izolatlarının geliştirilmesinde kullanılan genel besiyeri olan NA, Lelliot ve Stead (1987) tarafından önerilen yönteme göre hazırlanmıştır. Bu amaçla 23 gram NA tozu (Difco), 1 litre distile suda çözülmüş, ortamın pH değeri 7.0'a ayarlanmış ve 121 C'de 15 dakika süreyle otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilizasyon sonrası 45 C'ye kadar soğutulan besiyeri, steril Petri kaplarına aktarılmış ve katılaşmaya bırakılmıştır.

%70'lik Etil Alkol

Dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılmak üzere, 70 ml mutlak etil alkol, steril distile su ile 100 ml'ye tamamlanarak %70'lik alkol çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan solüsyon, a - 20 C'de saklanmıştır.

Hastalık tespiti için öncelikle hastalıklı sebzeler araştırılıp toplanmıştır. Toplanan  rnekler içinde daha az çalışma yapılmış olan soğan örnekleri incelenmiştir. Bu soğanlardan izole edilen hastalık petriye aktarılarak saf kültür halinde üretilmiştir. Saf kültür halinde üretilen hastalık sağlıklı soğanlara tekrar bulaştırılmıştır. Bulaştırma neticesinde soğanlar tekrar aynı hastalık etmenini taşıyarak aynı belirtileri göstermiştir. Daha sonra bu soğanlardan hastalık etmeni tekrar izole edilmiş ve tekrar saf kültür ortamında  retilibilmiştir. Böylece Koch Post latları uygulanmıştır.

Elde edilen hastalığın tam adının belirlenmesi için alınan hastalıklı örnek laboratuvara gönderilmiş olup hastalığın adının Soğanda Dip  r kl ğ  Hastalığı Etmeni (*Fusarium proliferatum*) olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra hastalığa çeşitli bakteriler uygulanarak sonuçlar incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan patojen fungus

Araştırmada kullanılan patojen fungus, Erzurum ilinde bulunan çeşitli marketlerden temin edilen ve dip  r kl ğ  belirtileri gösteren soğan yumrularından izole edilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerden yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen farklı fungal izolatlar arasında gerçekleştirilen patojenite testleri neticesinde, en yüksek virülens özelliği gösteren izolat çalışma materyali olarak seçilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Çalışmada Elde Edilen Patojen Fungus İzolatları

İzolat	İzole edildiği bitki	Lokasyon
ET 121	Soğan	Erzurum
ET 122	Soğan	Erzurum
ET 123	Soğan	Erzurum

Çalışmada kullanılan potansiyel biyoajan bakteriler

Bu araştırmada değerlendirilen 24 adet potansiyel biyolojik kontrol ajanı bakteri izolatı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait Mikrobiyal Kültür Koleksiyonu'ndan sağlanmıştır. Söz konusu bakteri suşlarına ilişkin detaylı bilgiler Çizelge 10'da sunulmuştur (Tablo 10).

Tablo 10. Çalışmada Kullanılan Biyoajan Bakteri Strainleri, MIS Tanıları, Benzerlik Oranları ve Aşırı Duyarlılık Test Sonuçları

Strain	MIS TANI	MBI*	İzole edildiği materyal	HR	Kaynak
PM-18	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	0.205	-	-	Mohammadi 2018
TV-17C	<i>Bacillus subtilis</i>	0,677	Ahududu	-	Çakmakçı <i>et al.</i> 2010
A-16	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	0,786	Elma	-	Mohamadi <i>et al.</i> 2017
FDG-37	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.222	Toprak	-	Güneş <i>et al.</i> 2015
TV-6F	<i>Bacillus subtilis</i>	0,831	Toprak	-	Çakmakçı <i>et al.</i> 2010
QST-3	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Şeker pancarı	-	Albastawisi 2023
CP-1	<i>Bacillus subtilis</i>		<i>Ricania simulans</i>	-	Göktürk <i>et al.</i> 2018
B-2	<i>Pseudomonas fluorescens</i> biotype A	0.895	Çay		
TV-53D	<i>Brevibacillus choshinensis</i>	0.689	Taraxacum	-	Erman <i>et al.</i> 2010
R2/2	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	-	-	-	Kutlu 2013
TV-91C	<i>Bacillus megaterium</i>	0.474	Buğdaygil	-	Güneş <i>et al.</i> , 2015
B-1					
TV-6D	<i>Bacillus megaterium</i>	0.750	Buğdaygil		Erman <i>et al.</i> 2010
CP-2	<i>Bacillus subtilis</i>	0.650	<i>Ricania simulans</i>	-	Göktürk <i>et al.</i> 2018
TV-49A	<i>Bacillus megaterium</i>	0.577	Buğdaygil	-	Tekiner <i>et al.</i> , 2019
QST-2	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Şeker pancarı	-	Albastawisi 2023
M-3	<i>Bacillus megaterium</i>	0.741	Listede yok		Kotan <i>et al.</i> 2009
TV-12E	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	0.551	Buğdaygil		Erman vd., 2010
TV-3D	<i>Bacillus pumilus</i>	0.563	Çavdar		Ekinci <i>et al.</i> 2014
QST-1	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Şeker pancarı		Albastawisi 2023
TV-60D	<i>Bacillus megaterium</i>	0.575	Kamış		Fırat Oral ve Kotan 2021
RK-92	<i>Pantoea agglomerans</i>	0,889	Armut-Dal	-	Karagöz <i>et al.</i> 2010
RK-79	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.762	Elma-Dal	-	Karakurt <i>et al.</i> , 2010

*MBI: MIS Benzerlik oranı, HR: Aşırı duyarlılık

Yöntem

Patojen fungus izolasyonu

Erzurum ilindeki çeşitli manavlardan hastalık belirtisi gösteren soğan yumruları temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler, analiz öncesine kadar 5°C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir. İnokulasyon işlemi öncesinde, örnekler musluk suyuyla yıkanarak yüzey kirlerinden arındırılmış, ardından laminar akış kabini içerisinde enfekte dokudan yaklaşık 1 cm boyutunda parçalar kesilmiştir. Bu doku parçaları, 3 dakika boyunca tekrar musluk suyuyla yıkanmış, ardından %1’lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 1-2 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Steril saf su ile durulanan örnekler, steril ortamda 5 dakika kurutulduktan sonra PDA (Potato Dextrose Agar) besiyeri içeren Petri kaplarına yerleştirilmiş ve 20-25°C’de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 4-5. günlerinde oluşan mantar kolonilerinin uç kısmından 4 mm çapında misel diskleri alınarak yeni PDA besiyerine transfer edilmek suretiyle saf kültürler elde edilmiştir. Elde edilen izolatlar, ileriki deneysel çalışmalar için PDA içeren test tüplerine aktararak +4°C’de saklanmıştır.

Patojen fungus izolatlarının patojenite testi

Patojenitenin belirlenmesi amacıyla sağlıklı soğan yumruları kullanılmıştır. PDA ortamında 7-10 gün boyunca geliştirilen üç farklı fungus izolatının aktif büyüyen bölgelerinden 4 mm çapında misel diskleri alınmıştır. Bu diskler, soğan yumrularında önceden oluşturulan küçük yarıklar içerisine, 30 µl steril su damlatılarak yerleştirilmiştir. Kontrol grubu olarak kullanılan yumrulara ise yalnızca steril su ve steril PDA diskleri uygulanmıştır. Tüm yumrular, yüksek nem sağlamak amacıyla ıslak polietilen torbalar içerisinde 25°C’de 24 saat süreyle bekletilmiş ve her gün gelişen semptomlar kaydedilmiştir. İnokulasyondan 14 gün sonra hastalık belirtilerinin gözlemlendiği örneklerden tekrar izolasyon yapılmış, aynı patojenin yeniden elde edilmesiyle Koch postülatları doğrulanmıştır.

Patojen fungusun tanılanması

Patojen fungusun makroskopik ve mikroskopik tanısı

Patojenite testleri sonucunda en yüksek virülens özelliği gösterdiği belirlenen ET 122 kodlu izolat, PDA ortamında kültüre alınmıştır. Koloninin kültürel ve morfolojik karakteristikleri dikkate alınarak Hasenekoğlu (1991) literatürüne göre tür teşhisi gerçekleştirilmiştir. Tanısı yapılan izolat, sonraki deneylerde kullanılmak üzere PDA içeren tüplere alınarak +4°C’de saklanmıştır.

Patojen fungusun moleküler tanısı

ET 122 izolatının moleküler düzeyde tanılanması amacıyla 18S-ITS1-5.8S-ITS2-28S bölgesi hedef alınarak DNA analizi yapılmıştır. Bu amaçla izolat, 50 ml PDB (Patates Dextroz Broth) ortamında 25°C’de, 100 rpm hızında 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnokulasyon süresi sonunda elde edilen yaklaşık 200 mg taze misel biyokütlesi homojenize edilerek, ticari bir DNA izolasyon kiti protokolü doğrultusunda genomik DNA ekstraksiyonu yapılmıştır. Elde edilen DNA örneklerinin kalitesi ve bütünlüğü, %0.8’lik agaroz jel elektroforezi ile 75 V gerilim altında 60 dakika yürütülerek değerlendirilmiştir.

Devamında, ITS1 (5’TCC GTA GGT GAA CCT TGC GG 3’) ve ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primerleri (White et al., 1990) kullanılarak ITS bölgesinin PCR ile amplifikasyonu yapılmıştır. Reaksiyon karışımı; her bir primerden 2 µl, 10x Taq tamponundan 5 µl, 0.5 µl (2.5 U) Taq DNA polimeraz, 2 µl dNTP karışımı, 3 µl MgCl₂, 4.5 µl DNA örneği ve 31 µl steril dH₂O ile toplam 50 µl hacme tamamlanmıştır. PCR döngüsü şu şekilde programlanmıştır: 95°C’de 2 dakika başlangıç denatürasyonu, ardından 35 döngü boyunca 94°C’de 1 dakika denatürasyon, 55°C’de 2 dakika primer bağlanması, 72°C’de 3 dakika uzama; son olarak 72°C’de 10 dakika son uzama.

Amplifikasyon ürünleri, %1 agaroz jelde 1X TAE tamponu eşliğinde DNA merdiveni ile birlikte 80 V’da 50 dakika süreyle elektroforeze tabi tutulmuştur. Saflaştırma işlemi PureLink™ Quick PCR purification kiti ile gerçekleştirilmiş ve her iki primer yönünde DNA dizileme analizi, ECO-TECH Biyoteknoloji firması aracılığıyla yapılmıştır. Elde edilen dizi verileri BioEdit yazılımında birleştirilmiş, ardından BLASTN 2.2.26+ yazılımı kullanılarak GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) veri tabanındaki dizilerle karşılaştırılmış (Zhang et al. 2000) ve tür teşhisi yapılmıştır.

Biyolojik mücadele çalışmaları

In vitro testler

Daha önce etkinliği çeşitli çalışmalarda ortaya konmuş bazı biyolojik ajan bakteri izolatlarının, fitopatojen fungus üzerindeki biyokontrol potansiyelini belirlemek amacıyla, hedef patojenin ET 122 kodlu izolatı PDA ortamında 4-5 gün süreyle geliştirilmiş ve kolonilerin aktif bölgesinden 4 mm çapında misel diskleri alınarak, her bir disk PDA içeren Petri kaplarının merkezine yerleştirilmiştir. Biyokontrol ajanı olarak değerlendirilen bakteri izolatları ise NA (Nutrient Agar) ortamında 24 saat süreyle geliştirilmiş, bu kültürlerden alınan materyal steril eküvyon çubuğu yardımıyla Petri kabının çevresine çizgisel olarak inokule edilmiştir.

Hazırlanan düzenekler karanlık koşullarda, 25°C sıcaklıkta, 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır (Tozlu, 2018).

Bakteri ile fungus arasındaki etkileşim antibiyotik etkiler çerçevesinde değerlendirilmiş, patojen mantarın gelişiminin durdurulduğu alanın çapı (inhibisyon zonu) milimetre cinsinden ölçülmüştür. Bakteriyel izolatların patojenin koloni gelişimini ne ölçüde engellediği, Mari ve ark. (1996) tarafından önerilen radyal gelişmenin engellenme yüzdesi formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir bakteri izolatı için üç adet Petri kabı kullanılmış ve çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

$$\% \text{ Engelleme} = \frac{(C-T) \times 100}{(C-M)}$$

C: Kontrol grubundaki fungal koloni çapı

T: Bakteri uygulaması yapılan gruptaki fungal koloni çapı

M: Başlangıçtaki misel diskin çapı (6 mm)

Bu yöntemle, test edilen potansiyel biyokontrol bakterilerinin patojen fungus üzerindeki baskılayıcı etkisi ortaya konmuştur (Skidmore and Dickinson, 1976; Mari *et al.* 1996).

Sonuçların Analiz Edilmesi

In vitro testler sonucunda elde edilen veriler, varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile JMP istatistik yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sayesinde, bakteri izolatlarının fitopatojen üzerinde oluşturduğu etkiler arasındaki istatistiksel farklar belirlenmiştir.

ARAşTIRMA BULGULARI

***Fusarium proliferatum*'un Oluşturduğu Hastalık Belirtileri**

Soğanlarda etkilenen kökler koyu kahverengi ile koyu pembe arasında bir renk alır. Beyaz bir fungal gelişme enfekte olan köklerin yumru ile birleşen kaidesinde gözle görülebilir. Sarımsakların yumru ve gövdelerinde kırmızı-mor renklenme dikkati çeker. Etkilenen tüm *Allium* türlerinde kökün kök boğazına bağlandığı bazal kısımda çürüme meydana gelir. Bu çürüme başlangıçta suda ıslanmış, açık kahverenginden koyu kahverengine kadar değişen renktedir ve doku serttir. Daha sonra doku yumuşar ve yumru içine doğru ilerler sonuçta bitki çöker. Nemli koşullarda etkilenen dokular üzerinde hastalık etmeninin tüylü-kabarık beyaz renkte misel gelişimi gözlenir. Enfekte olan soğanlar dikey olarak kesildiklerinde dokularında kahverengi bir renk değişimi açıkça görülebilir (Anonim 2025).

Patojen fungus izolatlarının patojenite testi

Marketlerden alınan hastalıklı soğanlardan elde edilen 3 izolat ile patojenite testi yapılmıştır. İnokulasyon yapılan soğanlarda hastalık belirtileri kaydedilmiş ve izolatlar içerisinde ET 122'nin en virulent olduğu görülmüştür (Şekil 1). Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında ET 122 izolatı kullanılmıştır.



ET 121



ET 122



ET 123

Şekil 1. Patojenite testi yapılan soğan yumruları

Patojen fungusun tanılanması

***Fusarium proliferatum* ET 122 izolatının morfolojik tanısı**

***Fusarium proliferatum* ET 122 izolatının makroskopik özellikleri**

Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyerinde 25-28°C’de 7 gün inkübasyon sonrası beyazdan pembemsi-lilaya kadar değişen renkte, pamuksu veya kadifemsi dokuda, arka yüzeyi genellikle mor ya da eflatun tonlarda koloni yapısı görülmüştür. Hızlı büyüyen bir koloni olup; 7 günde 6–7 cm çapına ulaşabilir (Şekil 2, Tablo 11).



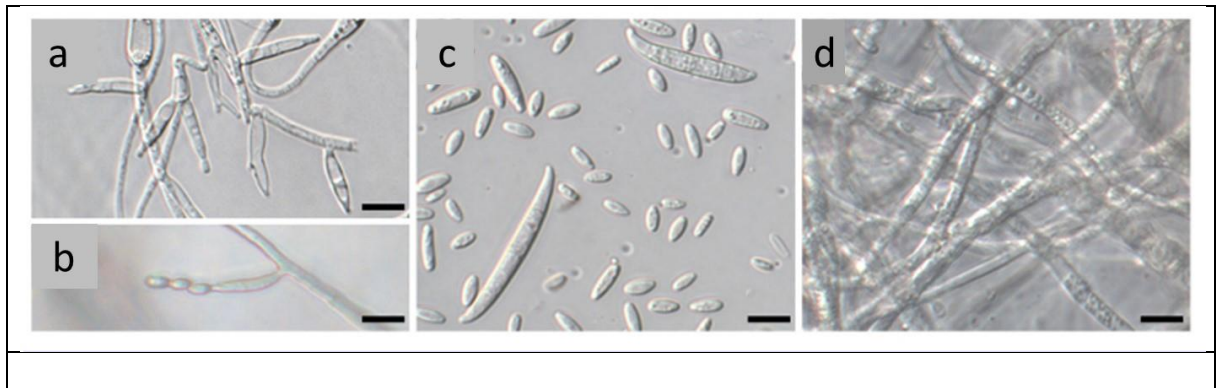
Şekil 2. *Fusarium proliferatum* ET 122 izolatının petri gelişimi

Tablo 11. *Fusarium proliferatum* ET 122 İzolatının Koloni Yapısı

Koloni görünüşü				
Büyüme şekli	Renk	Şekil	Yapısı	Koloni çapı (cm) / gün
Yuvarlak	Pembemsi beyaz	Yuvarlak	Pamuksu	8 cm/8 gün

Fusarium proliferatum ET 122 izolatının mikroskopik özellikleri

F. proliferatum'un mikrokonidya zincirleri üretmesi ayırt edici özellik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, *F. proliferatum*'un mikrokonidya zincirleri, monofiyalidler ve polifiyalidler üzerinde oluşur. Bu morfolojik özellikler, türün tanımlanmasında önemli kriterlerdir (Shine *et al.* 2023).



Şekil 3. *Fusarium proliferatum* morfolojik özellikleri (a) Mono- ve polifiyalidler, (b) Mikrokonidya zinciri, (c) mikro- ve makrokonidiler, (d) klamidospor oluşumu görülmemiştir (Ölçek çubukları= 10 mikrometre) (Shine *et al.* 2023)

Fusarium proliferatum ET 122 izolatının moleküler tanısı

Patojen fungus izolatının yapılan moleküler tanısı sonucunda %99 benzerlikle *Fusarium proliferatum* olduğu belirlenmiştir (Tablo 12). ET 122 izolatının sekansı Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. *Fusarium proliferatum* ET 122 İzolatının Moleküler Tanısı, Benzerlik İndeksi ve Erişim Numarası

İzole edildiği bitki	ITS tanılama sonucu	Tanısı (%)	Erişim numarası*
Soğan	<i>Fusarium proliferatum</i>	99	

*GenBank

Biyolojik mücadele çalışmaları

İn vitro testler

Bu çalışmada *F. proliferatum*’un ET 122 izolatına karşı daha önce yapılan çalışmalarda farklı patojenlere karşı test edilmiş ve etkililiği belirlenmiş olan 24 bakteri straini in vitro şartlarda test edilmiştir. Test sonuçları Tablo 13 ve Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 13. İn Vitro Petri Denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET 122 İzolatına Karşı Test Edilen Potansiyel Biyoajan Bakteri İzolatlarının Etkililiği

Strain	Koloni çapı (cm)	Yüzde Engelleme Oranı (%)
PM-18	0,62 DE	66,67 A
TV-17C	0,65 DE	66,53 A
A-16	0,55 EF	65,26 AB
FDG-37	1,25 A	64,70 AB
TV-6F	0,57 EF	63,29 AB
QST-3	0,70 D	57,67 BC
CP-1	0,87 C	49,37 CD
B-2	0,55 EF	48,66 D
TV-53D	1,10 B	48,18 D
R2/2	1,30 A	47,54 D
TV-91C	0,48 FGH	45,99 D

Tablo 13. (devamı)

B-1	0,48 FGH	44,30 D
TV-6D	0,47 FGH	44,02 D
CP-2	0,70 D	42,90 D
TV-49A	0,62 DE	42,48 DE
QST-2	0,50 FG	34,18 EF
M-3	0,50 FG	33,61 F
TV-12E	0,38 HI	33,19 F
TV-3D	0,42 GHI	32,07 FG
QST-1	0,40 GHI	31,22 FGH
TV-60D	0,38 HI	30,10 FGH
RK-92	0,32 IJ	24,33 GHI
RK-79	0,25 J	23,21 HI
Ca BEYAZ	0,38 HI	18,85 I
KONTROL	0,00 K	0,00 J
LSD	0,11	8,38
CV	11,97	12,07
F (p<0.01)	50,5848	29,6781

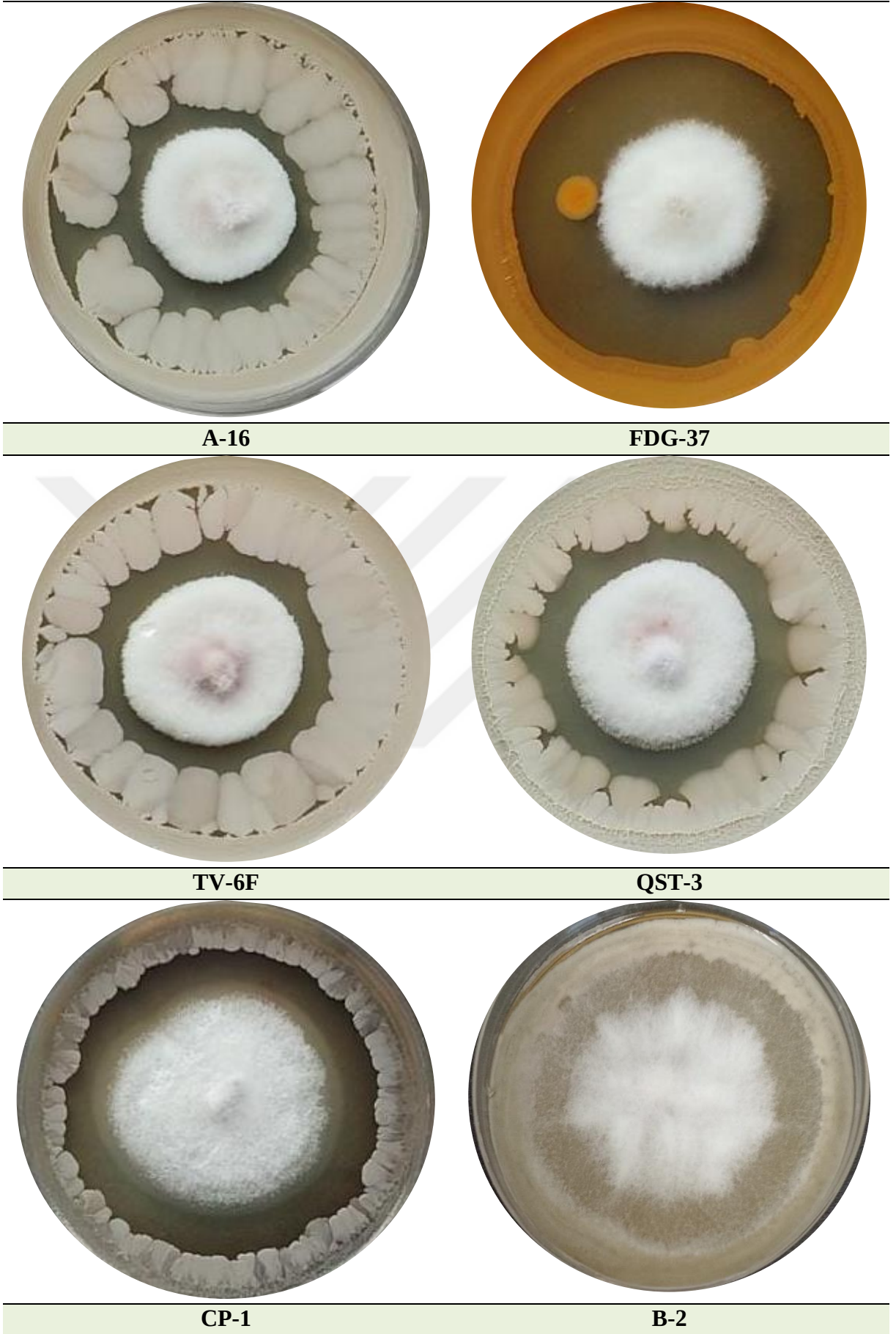
Bu çalışmada, *F. proliferatum* ET 122 izolatına karşı biyolojik mücadele potansiyeline sahip 24 farklı bakteri straini *in vitro* koşullarda test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, test edilen izolatların patojenin gelişimini farklı oranlarda engellediği gözlemlenmiştir. En yüksek etkiyi gösteren strainler PM-18 ve TV-17C olmuş, her iki strain de sırasıyla %66,67 ve %66,53 oranlarında engelleme sağlamıştır (Tablo 13, Şekil 4). Bu strainler istatistiksel olarak anlamlı şekilde A grubunda yer almış ve en etkili biyolojik ajan adayları olarak değerlendirilmiştir. A-16, FDG-37 ve TV-6F strainleri de sırasıyla %65,26, %64,70 ve %63,29 oranında engelleme sağlayarak yüksek etkinlik gösteren strainler arasında yer almıştır (Tablo 13, Şekil 4). Bu strainler A ve AB gruplarında yer almakta olup biyokontrol açısından umut verici adaylar olarak öne çıkmaktadır. QST-3, CP-1, B-2, TV-53D, R2/2, TV-91C, B-1, TV-6D, CP-2 ve TV-49A strainleri ise %42,48 ile %57,67 arasında değişen engelleme oranları ile orta düzeyde biyolojik etkililik göstermiştir (Tablo 13, Şekil 4). Bu strainlerin çoğunluğu C, D ve DE gruplarında yer almakta olup, belirli koşullarda biyolojik mücadelede değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir. Diğer yandan, QST-2, M-3, TV-12E, TV-3D, QST-1, TV-60D, RK-92,

RK-79 ve Ca BEYAZ strainleri %18,85 ile %34,18 arasında düşük düzeyde engelleme sağlamıştır (Tablo 13, Şekil 4). Bu strainlerin FG, GHI, HI ve I gibi alt gruplarda yer alması, biyokontrol potansiyellerinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Çalışmada kontrol grubu ile kıyaslama yapıldığında, tüm test edilen strainlerin *F. proliferatum*'a karşı belirli düzeyde büyüme engelleyici etki gösterdiği görülmüştür. Kontrol grubunda herhangi bir engelleme gözlenmemiştir (%0) (Tablo 13, Şekil 4). Varyans analizine göre her iki parametre açısından da farklılıklar istatistiksel olarak son derece anlamlı bulunmuştur (F değerleri sırasıyla 50.58 ve 29.67; $p < 0.01$). Ayrıca elde edilen varyasyon katsayıları (CV) %11,97 ve %12,07 olup, yapılan deneyin güvenilirliğini desteklemektedir (Tablo 13).

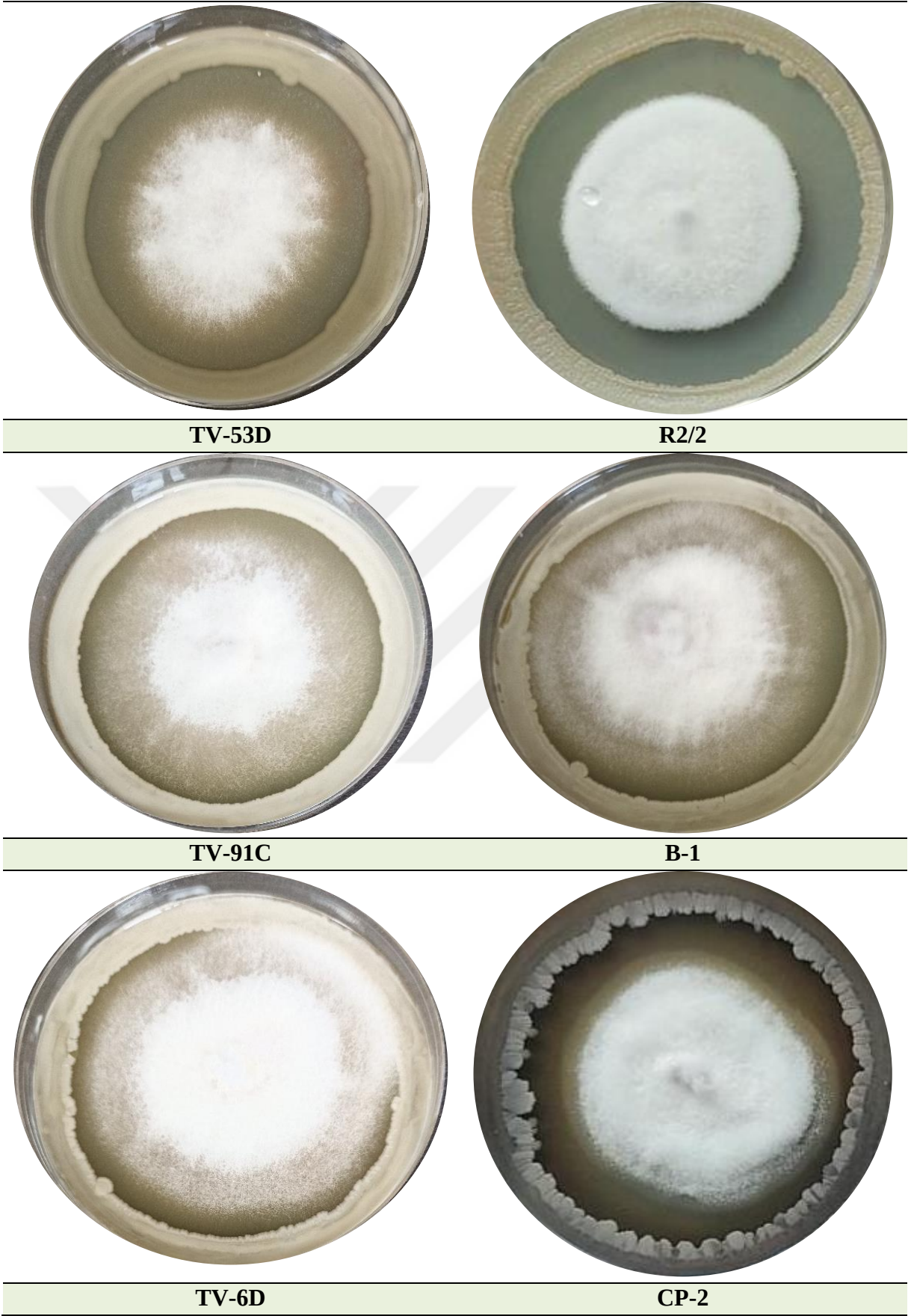
Sonuç olarak, PM-18 ve TV-17C strainleri *F. proliferatum*'a karşı en etkili biyolojik ajan adayları olarak belirlenmiş, A-16, FDG-37 ve TV-6F strainleri de yüksek etkili grupta değerlendirilmiştir. Bu bulgular, söz konusu strainlerin ileri aşamalarda biyolojik mücadele programlarında değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır.



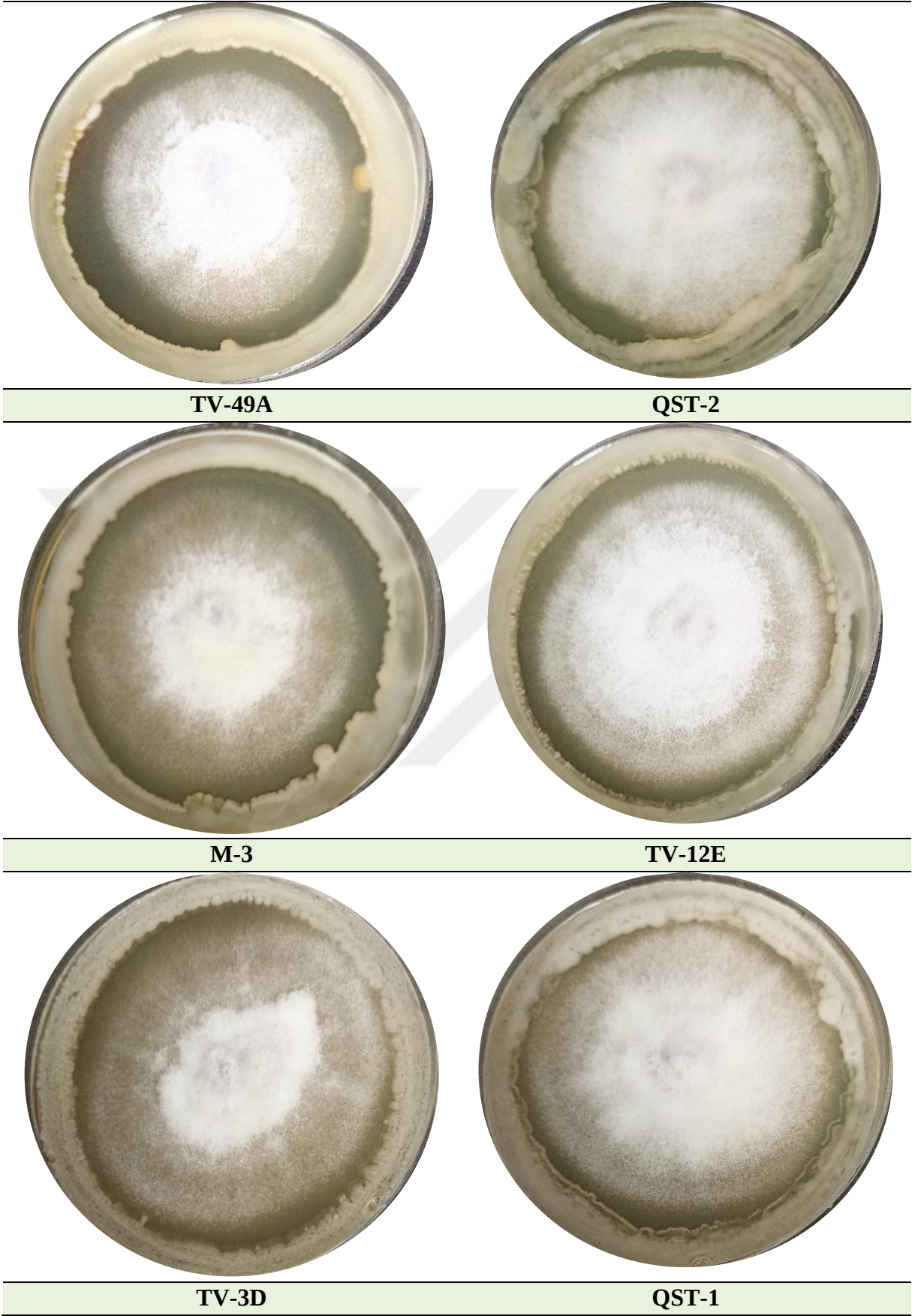
Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri



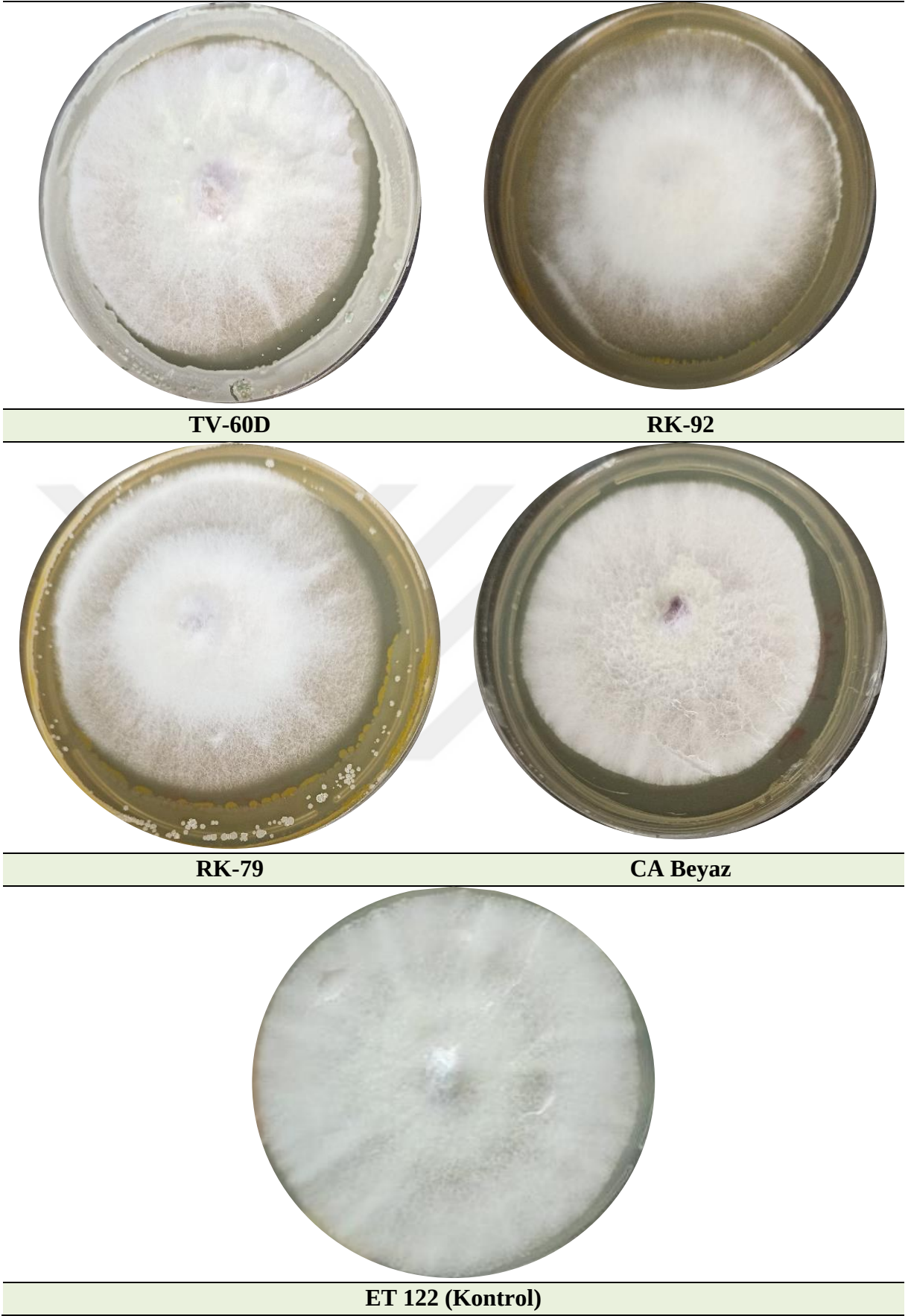
Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri (devamı)



Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri (devamı)



Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri (devamı)



Şekil 4. İn vitro petri denemelerinde *Fusarium proliferatum* ET122 izolatına karşı test edilen potansiyel biyoajan bakteri izolatlarının etkinlikleri (devamı)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, *Fusarium proliferatum* ET 122 izolatına karşı biyolojik mücadele potansiyeline sahip 24 farklı bakteri izolatının in vitro koşullardaki etkileri değerlendirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen veriler, bazı strainlerin *F. proliferatum*'un koloni gelişimini yüksek oranda inhibe edebildiğini göstermiştir. Özellikle PM-18 (%66,67), TV-17C (%66,53), A-16 (%65,26), FDG-37 (%64,70) ve TV-6F (%63,29) strainlerinin patojenin büyümesini anlamlı düzeyde engellediği tespit edilmiştir.

Bu strainlerin MIS tanılarına göre PM-18'in *Pseudomonas chlororaphis* türüne ait olduğu ve Mohammadi (2018) tarafından tanımlandığı belirtilmiştir. *Pseudomonas* türlerinin *Fusarium* spp. gibi toprak kökenli fungal patojenlere karşı antagonistik etkileri literatürde sıkça rapor edilmiştir. Özellikle *P. chlororaphis*'in antifungal metabolitler salgılama yeteneği, bu etkinliğin temel nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir (Mohammadi 2018).

TV-17C ve TV-6F strainlerinin her ikisinin de *Bacillus subtilis* olarak tanımlandığı ve Çakmakcı *et al.* (2010) tarafından daha önce tanımlandığı görülmektedir. *B. subtilis*'in hem spor oluşturabilme kapasitesi hem de antibiyotik benzeri bileşikler (iturin, surfaktin gibi lipopeptitler) üretme yeteneği nedeniyle pek çok çalışmada etkili bir biyokontrol ajanı olarak öne çıktığı bildirilmektedir (Çakmakcı *et al.* 2010). Bu durum, söz konusu strainlerin *F. proliferatum*'a karşı gösterdiği yüksek engelleme oranlarını desteklemektedir.

Araştırmada, test edilen 24 bakteri straini arasında en yüksek inhibisyon oranı *P. chlororaphis* türüne ait strainde gözlenmiş ve bunu sırasıyla *B.s subtilis* ile *A. radiobacter* strainleri izlemiştir. Bu sonuçlar, *F. proliferatum*'un büyümesini engellemede özellikle *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinslerine ait bakterilerin potansiyel biyokontrol ajanları olarak öne çıktığını göstermektedir. Nitekim literatürde de benzer bulgular mevcuttur. Örneğin, Mondani *et al.* (2021b), *B. subtilis*, *Streptomyces griseoviridis* türlerinin *F. proliferatum*'a karşı ortalama %60'ın üzerinde büyüme engelleyici etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu sonuç, bu çalışmada elde edilen verilerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Ayrıca, *P. chlororaphis*'in geniş spektrumlu antifungal aktiviteye sahip olduğu ve *Fusarium* türlerine karşı biyofilm oluşturma, siderofor üretimi ve antibiyotik sentezi gibi çeşitli mekanizmalarla etkili olduğu da belirtilmiştir (Compant *et al.* 2005, Weller 2007).

A-16 straini ise *A. radiobacter* olarak tanımlanmıştır (Mohamadi *et al.* 2017). Bu türün antagonistik etkinliği genellikle siderofor üretimi ve kök yüzeyine sıkı kolonizasyon yeteneği

ile ilişkilendirilmiştir. FDG-37 straini ise *P. fluorescens* olup, Güneş *et al.* (2015) tarafından karakterize edilmiştir. *P. fluorescens*'in de biyokontrol potansiyeli yüksek olup, özellikle rizosferde patojenlere karşı rekabet avantajı sağlayan ikincil metabolitleri ile tanınmaktadır (Güneş *et al.* 2015).

Orta düzeyde etkinlik gösteren strainler (QST-3, CP-1, B-2, TV-53D) %42–57 arasında engelleme sağlamıştır. Bu gruptaki strainlerin çoğu *Bacillus* spp. olarak tanımlanmıştır ve bu türlerin patojenlere karşı etki düzeylerinin çevresel koşullara ve suş spesifik özelliklere bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği bilinmektedir (Albastawisi 2023; Tozlu *et al.* 2018).

Düşük düzeyde etkili olan (RK-92, RK-79, Ca BEYAZ) strainlerin ise %20'nin altında inhibisyon sağladığı görülmüştür. Bu strainler arasında yer alan RK-92 ve RK-79'un *Pantoea agglomerans* türüne ait olduğu bildirilmiştir (Karagöz *et al.*, 2010; Karakurt *et al.*, 2010). *Pantoea* türlerinin bazı suşlarının biyokontrol potansiyeli taşıdığı rapor edilmiş olsa da, bu çalışmada kullanılan suşların *F. proliferatum*'a karşı yeterli düzeyde etkinlik göstermediği değerlendirilmiştir (Karagöz *et al.* 2010; Karakurt *et al.* 2010).

Özellikle fungusitlerin çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri (Leadbeater 2014) göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada elde edilen bulgular biyolojik mücadele stratejilerinin tarımsal üretimde daha güvenli bir alternatif olduğunu desteklemektedir. Avrupa Birliği tarafından birçok fungusitin yasaklanması (Carrieri *et al.* 2013) ve tüketici taleplerinin daha doğal ürünlere yönelmesi, biyolojik mücadele yöntemlerini daha da değerli kılmaktadır.

Ancak bu çalışmanın yalnızca *in vitro* koşullarda gerçekleştirildiği dikkate alınmalıdır. *In vivo* (sera veya tarla ortamında) yapılan testlerde çevresel faktörler, mikrobiyal rekabet, nem, pH ve toprak yapısı gibi parametreler biyokontrol ajanlarının etkinliğini doğrudan etkilemektedir (Palmero *et al.* 2013). Bu bağlamda, elde edilen umut verici sonuçların gelecekte sera veya tarla denemeleriyle desteklenmesi ve mikrobiyal konsorsiyumlar oluşturularak uygulama tekniklerinin optimize edilmesi önerilmektedir.

Ayrıca *F. proliferatum*'un mikotoksin üretme potansiyeli göz önünde bulundurularak (Stanković *et al.* 2007), yalnızca büyüme engelleme değil, aynı zamanda toksin baskılayıcı etkilerin de ileri çalışmalarda değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, *Fusarium proliferatum*'un neden olduğu soğan dip çürüklüğü hastalığına karşı biyolojik mücadelenin uygulanabilirliğini ortaya koymakta; bazı bakteriyel biyokontrol ajanlarının bu patojenin gelişimini yüksek oranda inhibe ettiğini göstermektedir. Bu bulgular, kimyasal yöntemlerin yerini alabilecek sürdürülebilir ve çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbaszadeh, M., Nikkhah, M. J., Padasht Dehkayi, F. and Mousanejad, S., 2007. Sexual fertility and mating types of *Gibberella fujikuroi* species complex, the cause of Bakanae disease and foot rot in Guilan province, Iran. *Iran. J. Agri. Sci.*, 38, 685-692.
- Abbo, A.Z., Idris, M.O. and Hammad, A.M. 2014. The antifungal effects of four tomato rhizosphere *Bacillus* spp. Against *Alternaria alternata*. *International Journal of Science and Research*, 3(7), 1324-1328.
- Abdalla, M., Al-Rokibah, A., Moretti, A., and Mule, G., 2000. Pathogenicity of toxigenic *Fusarium proliferatum* from date palm in Saudi Arabia. *Plant Disease*, 84, 321-324.
- Abdalla, S.A., Algarni, S.A.A., Ibrahim, E.A. and Naim, A.M.E., 2014. In vitro screening of *Bacillus* isolates for biological control of early blight disease of tomato in Shambat soil. *World Journal of Agriculture Research*, 2(1), 47-50.
- Abd-Elrazik, A.A., Fahmy, F.G., Ameen, A.M., El-Ameen, A.I., 1990. Role of onion seeds in transmission of damping-off causal fungi and chemical control of the disease. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 21, 173-193.
- Albastawisi, E.M.A.M., 2023. Şeker pancarında *Rhizoctonia solani*'nin neden olduğu hastalıklara karşı bakteriyel biyokontrol ajanları ile biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 55 s.
- Anonim 2024c. <https://ipm.ucanr.edu/agriculture/onion-and-garlic/basal-rot/#gsc.tab=0> (Erişim Tarihi 16.10.2024).
- Anonim, 2023. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43448/mod_resource/content/0/KONU%206.pdf (Erişim tarihi: 15.09.2023).
- Anonim, 2024a. [https://kocaelibitkileri.com/allium-cepa/#:~:text=Allium%20cepa%20\(So%C4%9Fan\)%20genellikle%2015,So%C4%9Fan%C4%B1%20k%C3%BCreseldir](https://kocaelibitkileri.com/allium-cepa/#:~:text=Allium%20cepa%20(So%C4%9Fan)%20genellikle%2015,So%C4%9Fan%C4%B1%20k%C3%BCreseldir) . (Erişim tarihi 07.10.2024).
- Anonim, 2024b. <https://www.apsnet.org/edcenter/resources/commonnames/Pages/OnionandGarlic.aspx>. (Erişim tarihi 08.10.2024).
- Anonim, 2025. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43448/mod_resource/content/0/KONU%206.pdf#:~:text=F.%20proliferatum%20so%C4%9Fan%20ve%20sarm%C4%B1sak,solgunluk%20olarak%20hastal%C4%B1k%20belirtileri%20g%C3%B6r%C3%BClmektedir (erişim tarihi: 05.02.2025).
- Anonymous, 2024. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:527795-1#higher-classification>. (Erişim tarihi 07.10.2024).
- Anonymous, 2025. https://mtvernon.wsu.edu/path_team/dg90l/ (Erişim tarihi 07.02.2025).
- Anthony, S., Abeywickrama, K., Dayananda, R., Wijeratnam, S. and Arambewela, L., 2004. Fungal pathogens associated with banana fruit in Sri Lanka, and their treatment with essential oils. *Mycopathologia*, 157, 91-97.
- Armengol, J., Moretti, A., Perrone, G., Vicent, A., Bengoechea, J.A. and García-Jiménez, J., 2005. Identification, incidence and characterization of *Fusarium proliferatum* on ornamental palms in Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 112, 123-131.

- Aydın, M.H., 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta Trichoderma'lar. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2(2), 135-148.
- Aydın, M.H., 2019. Nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta Solgunluğa neden olan *Fusarium oxysporum*'un biyolojik mücadelesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(1), 65-72.
- Baker, R. and Paulitz, T.C., 1996. Theoretical basis for microbial interactions leading to biological control of soil borne plant pathogens. In: Hall R, ed., Principles and Practice of Managing Soil Borne Plant Pathogens. The American Phytopathological Society, 50-79.
- Barral, B., Chillet, M., Doizy, A., Grassi, M., Ragot, L., Léchaudel, M., Durand, N., Rose, L.J., Viljoen, A. and Schorr-Galindo, S., 2020. Diversity and Toxigenicity of Fungi that Cause Pineapple Fruitlet Core Rot. Toxins, 12, 339.
- Basallote-Ureba, M.J., Vela-Delgado, M.D., Capote, N., Melero-Vara, J.M., López-Herrera, C.J., Prados-Ligero, A.M. and Talavera- Rubia, M.F., 2016. Control of *Fusarium* Wilt of Carnation Using Organic Amendments Combined with Soil Solarization, and Report of Associated *Fusarium* Species in Southern Spain. Crop Prot., 89, 184-192.
- Bayraktar, H. and Dolar, F.S., 2011. Molecular identification and genetic diversity of *Fusarium* species associated with onion fields in Turkey. Journal of Phytopathology, 159, 28-34.
- Behrani, G., Syed, R., Abro, M., Jiskani, M. and Khanzada, M., 2015. Pathogenicity and chemical control of basal rot of onion caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences, 31(1), 60-70.
- Bektaş, İ., Ücük, C. ve Küsek, M., 2020. Bazı tanenlerin soğan (*Allium cepa* L.) dip çürüklüğü hastalık etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* üzerine antifungal etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23(1), 1-6.
- Booth, C., 1971. The Genus *Fusarium*; Commonwealth Mycological Institute, The Eastern Press Limited: London, UK.
- Borrego-Benjumea, A.I., Melero-Vara, J. and Basallote-Ureba, M., 2015. Organic amendments conditions on the control of *Fusarium* crown and root rot of asparagus caused by three *Fusarium* spp. Spanish Journal of Agricultural Research, 13(4), e1009, doi: 10.5424/sjar/2015134-7905.
- Carrieri, R., Raimo, F., Pentangelo, A. and Lahoz, E., 2013. *Fusarium proliferatum* and *Fusarium tricinctum* as causal agents of pink rot of onion bulbs and the effect of soil solarization combined with compost amendment in controlling their infections in field. Crop Protection, 43, 31-7.
- Chang, K.F., Hwang, S.F., Conner, R.L., Ahmed, H.U., Zhou, Q., Turnbull, G.D., Strelkov, S.E., McLaren, D.L. and Gossen, B.D., 2015. First report of *Fusarium proliferatum* causing root rot in soybean (*Glycine max* L.) in Canada. Crop Prot., 67, 52-58.
- Chet, I., Barak, Z. and Oppenheim, A., 1993. Genetic engineering of microorganisms for improved biocontrol activity. Biotechnology in plant disease control. John Wiley (ed), Newyork, USA.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C. and Barka, E.A., 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology, 71(9), 4951-4959. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>

- Corpas-Hervias, C., Melero-Vara, J. M., Molinero-Ruiz, M. L., Zurera-Muñoz, C. and Basallote-Ureba, M.J., 2006. Characterization of isolates of *Fusarium* spp. obtained from asparagus in Spain. *Plant Disease*, 90(11), 1441-1451.
- Cramer, C.S., 2000. Breeding and genetics of *Fusarium* basal rot resistance in onion. *Euphytica*, 115, 159-166.
- Çakmakçı, R., Erman, M., Kotan, R., Çığ, F., Karagöz, K. and Sezen, M., 2010. Growth promotion and yield enhancement of sugar beet and wheat by application of plant growth promotion rhizobacteria. *International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems.*, 03-07 February. Famagusta, Cyprus Island, 198-202.
- Desjardins, A.E., Busman, M., Proctor, R.H. and Stessman, R., 2007. Wheat kernel black point and fumonisin contamination by *Fusarium proliferatum*. *Food Additives and Contaminants*, 24, 1131-1137.
- Desjardins, A.E., Manandhar, G., Plattner, R.D., Maragos, C.M., Shrestha, K. and McCormick, S.P., 2000. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Nepalese maize and wheat and the effect of traditional processing methods on mycotoxin levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1377-1383.
- Dissanayake, M.L.M.C., Kashima, R., Tanaka, S. and Ito, S., 2009. Pathogenic variation and molecular characterization of *Fusarium* species isolated from wilted welsh onion in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, 75:37-45.
- Dugan, F.M., Hellier, B.C. and Lupien, S.L., 2003. First report of *Fusarium proliferatum* causing rot of garlic bulbs in North America. *Plant Pathology*, 52(3), 426.
- Ekinci, M., Turan, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Kotan, R. and Dursun, A. 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) transplants. *Acta Scientiarum Polonorum*, 13(6), 71-85.
- Erman, M., Kotan, R., Çakmakçı, R., Çığ, F., Karagöz, K. and Sezen, M., 2010. Effect of nitrogen fixing and phosphatesolubilizing rhizobacteria isolated from Van Lake Basin on the growth and quality properties in wheat and sugar beet. *Turkey IV. Organic Farming Symposium*, 28 June - 1 July 2010, Erzurum, Turkey.
- FAO, Food and Agriculture Organization, 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (Erişim tarihi 07.10.2024).
- Fenta, L., Mekonnen, H. and Kabtimer, N., 2023. The exploitation of microbial antagonists against postharvest plant pathogens. *Microorganisms*, 11, 1044.
- Fırat Oral, S. and Kotan, R., 2021. Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domateste bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 12(1), 47-65.
- Galeano, P., Gonzalez, P.H., Fraguas, L.F. and Galvan, G.A., 2014. Age-related resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and associated enzymatic changes in seedlings of *Allium cepa* and *A. fistulosum*. *Tropical Plant Pathology*, 39, 374-383.
- Gálvez, L. and Palmero, D., 2022. *Fusarium* dry rot of garlic bulbs caused by *Fusarium proliferatum*: A Review. *Horticulturae*, 8, 628. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070628>
- Gei, P.F..C, Valdez, J.G., Piccolo, R.G. and Galmarini, C.R., 2014. Influence of *Fusarium* spp. isolate and inoculum density on resistance screening tests in onion. *Tropical Plant Pathology*, 39, 19-27.

- Ghanbarzadeh, B., Goltapeh, E.M. and Safaie, N., 2014. Identification of *Fusarium* species causing basal rot of onion in East Azarbaijan province, Iran and evaluation of their virulence on onion bulbs and seedlings. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47, 1050-1062.
- Ghiasian, S.A., Kord-Bacheh, P., Rezayat, S.M., Maghsood, A.H. and Taherkhani, H. 2004. Mycoflora of Iranian maize harvested in the main production areas in 2000. Mycopathologia, 158, 113-121.
- Göktürk, T., Tozlu, E. and Kotan, R., 2018. Prospects of entomopathogenic bacteria and fungi for biological control of *Ricania simulans* (Walker 1851) (Hemiptera: Ricaniidae). Pakistan J. Zool., 50(1), 75-82.
- Günay, A., 1983. Özel sebze yetiştiriciliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, Cilt II.
- Güneş, A., Karagöz, K., Turan, M., Kotan, R., Yıldırım, E., Çakmakçı, R. and Şahin, F., 2015. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. Research Journal of Soil Biology, 7(2), 28-45.
- Haapalainen, M., Kuivainen, E., Iivonen, S., Niemi, M. and Latvala, S., 2023. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium proliferatum* isolates from symptomless onions (*Allium cepae*) and onions with fusarium basal rot. Plant Pathol., 72, 1122-1135.
- Haapalainen, M., Latvala, S., Kuivainen, E., Qiu, Y., Segerstedt, M. and Hannukkala, A.O., 2016. *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. redolens* associated with basal rot of onion in Finland. Plant Pathology, 65(8), 1310-1320. <https://doi.org/10.1111/ppa.12521>
- Hasenekoğlu, İ., 1991. Toprak Mikrofungusları. Atatürk Üniv. Yayınları, No: 689, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayınları No:11, Cilt 1-7, Erzurum.
- Heydari, A. and Pessarakli, M.A., 2010. A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. Journal of Biological Sciences, 10, 273-290.
- Hyun, J.W., Lee, S.C., Kim, D.H., Ko, S.W. and Kim, K.S., 2000. *Fusarium* fruit rot of citrus in Jeju Island. Mycobiology, 28(3), 158-162.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M., Yakışır, E. ve Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 2, 1.
- Jay, J.M., 1978. Modern Food Microbiology, 3rd ed.; CBS Publishers and Distributors: New Delhi, India, 541-551.
- Jimenez, M., Huerta, T. and Mateo, R., 1997. Mycotoxin production by *Fusarium* species isolated from bananas. Applied and Environmental Microbiology, 63(2), 364-369.
- Jimenez, M., Logrieco, A. and Bottalico, A., 1993. Occurrence and pathogenicity of *Fusarium* species in banana fruits. Journal of Phytopathology, 137, 214-220.
- Jurado, M., Marín, P., Callejas, C., Moretti, A., Vázquez, C. and González-Jaén, M.T., 2010. Genetic variability and fumonisin production by *Fusarium proliferatum*. Food Microbiology, 27, 50-57.
- Kara, M., 2021. Hatay, Amasya ve Tokat İllerinde Yetişen Soğan Bitkisinde (*Allium cepa* L.) görülen *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinsine ait hastalık etmenlerinin morfolojik, patojenik ve moleküler karakterizasyonu. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, Doktora Tezi 146s.

- Karagöz, K. ve Kotan R., 2010. Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 1(2), 165-179.
- Karakurt, H., Kotan, R., Aslantaş, R., Dadaşoğlu, F., Karagöz, K. ve Şahin, F., 2010. Bitki büyümesini teşvik eden bazı bakteri strainlerinin 'şekerpare' kayısı çöğürlerinin bitki gelişimi üzerine etkileri. Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University, 41(1), 7-12.
- Karaman, Ş., 2008. Türkiyede yetiştirilen bazı elma çeşitlerinin toplam antioksidan kapasitelerinin ve antioksidan özellik gösteren başlıca bileşenlerinin karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 139s, İstanbul.
- Kotan, R., Dikbaş, N. and Bostan, H., 2009. Biological control of post harvest disease caused by *Aspergillus flavus* on stored lemon fruits. African Journal of Biotechnology, 8(2), 209-214.
- Köhl, J., Kolnaar, R., Ravensberg, W. and Ravensberg J., 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. Front. Plant Sci., 10, 845.
- Kumar, V., Sunil Sharma, N. and Sagar, N.A., 2015. Post Harvest Management of Fungal Diseases in Onion. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 4(6), 737-752.
- Kutlu, M. (2013). Farklı karbon kaynağı kullanım oranına sahip bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin İzmir kekiğinin (*Origanum onites* L.) gelişme, verim ve kalitesine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 111s.
- Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmaeel, Q., El Hamss, H., Belabess, Z. and Barka, E.A., 2022. Biological control of plant pathogens: A Global Perspective. Microorganisms, 10, 596.
- Leadbeater, A. (2014). Fungicide resistance: Managing the risk. Plant Protection Science, 50(Special Issue), 3-9.
- Leslie, J.F., 1995. *Gibberella fujikuroi*: available populations and variable traits. Canadian Journal of Botany, 73(S1), 282-291.
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A., 2006. The Fusarium Laboratory Manual; Blackwell Publishing: Hoboken, NJ, USA.
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A., 2013. An overview of *Fusarium*, in *Fusarium: Genomics, molecular and cellular biology*. Eds. D. W. Brown and R. H. Proctor (Norfolk: Caister Academic Press), 1-9.
- Ma, L.J., Geiser, D.M., Proctor, R.H., Rooney, A.P., O'Donnell, K., Trail, F., Gardiner, D.M., Manners, J.M., and Kazan, K., 2013. *Fusarium* pathogenomics. Annual Review of Microbiology, 67: 399-416.
- Mari M., Guizzardi M. and Pratella G.C., 1996. Biological control of gray mould in pears by antagonistic bacteria. Biological Control, 7, 30-37.
- Marín, S., Sanchis, V., Rull, F., Ramos, A.J. and Magan, N., 1998. Colonization of maize grain by *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* in the presence of competing fungi and their impact on fumonisin production. Journal of Food Protection, 61, 1489-1496.
- Masratul Hawa, M., Salleh, B. and Latiffah, Z., 2013. Characterization and pathogenicity of *Fusarium proliferatum* causing stem rot of *Hylocereus polyrhizus* in Malaysia. Ann. Appl. Biol., 163, 269-280.

- Mohammadi, P., 2018. Domates Bakteriyel Solgunluk ve Kanser Hastalığı Etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et al.)'nin Biyoajan Bakteriler Kullanılarak Mücadele İmkânlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 112s.
- Mohammadi, P., Tozlu, E., Kotan, R. and Kotan, M.Ş., 2017. Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. Plant Protection Science, 53 (3), 134-143.
- Mondani, F., Soltani, J., Moghaddam, M.S. and Moradi, H., 2021b. Antifungal activity of biocontrol agents against *Fusarium proliferatum*, causal agent of garlic basal rot disease. Biological Control, 160, 104716. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104716>
- Mondani, L., Chiusa, G. and Battilani, P., 2021a. Chemical and biological control of *Fusarium* species involved in garlic dry rot at early crop stages. Eur. J. Plant Pathol., 160, 575-587.
- Moretti, A., Ferracane, R., Ritieni, A., Frisullo, S., Lops, A. and Logrieco, A., 2000. *Fusarium* species from fig in Apulia: Biological and toxicological characterization. Mitteilungen-Biologischen Bundesanstalt Fur Land Und Forstwirtschaft, 31.
- Morris, C.E. and Moury, B., 2019. Revisiting the concept of host range of plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol., 57, 63-90.
- Moss, M.O., 2004. Thrane, U. *Fusarium* taxonomy with relation to trichothecene formation. Toxicol. Lett., 153, 23-28.
- Munkvold, G., 2017. *Fusarium* species and their associated mycotoxins. In Mycotoxigenic Fungi: Moretti, A., Susca, A., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 51-106. ISBN 978-1-4939-6705-6.
- Munkvold, G., Stahr, H. M., Logrieco, A., Moretti, A. and Ritieni, A., 1998. Occurrence of fusaproliferin and beauvericin in *Fusarium*-contaminated livestock feed in Iowa. Applied and Environmental Microbiology, 64(10), 3923-3926.
- Naik, D.M. and Burden, O.J., 1981. Chemical control of basal rot of onion in Zambia. Tropical Pest Management, 27, 455-460.
- Narayanasamy, P., 2013. Biological management of diseases of crops; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 673.
- Ocamb, C.M., Juzwik, J. and Martin, F.B., 2002. *Fusarium* spp. and *Pinus strobus* seedlings: root disease pathogens and taxa associated with seed. New forests, 24, 67-79.
- Omar, N.H., Mohd, M., Nor, N.M.I.M. and Zakaria, L., 2018. Characterization and pathogenicity of *Fusarium* species associated with leaf spot of mango (*Mangifera indica* L.). Microb. Pathog., 114, 362-368.
- Ongena, M. and Jacques, P., 2008. *Bacillus lipopeptides*: versatile weapons for plant disease biocontrol. Trends Microbiol, 16(3), 115-125.
- Özer, N. and Köycü, N.D., 1998. Evaluation of seed treatments for controlling *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum* on onion seed. Phytopathologia Mediterranea, 37, 8
- Özer, N. and Ömeroğlu, M., 1995. Chemical control and determination of fungal causal agents of wilt disease of onion in Terikdağ province. Journal of Turkish Phytopathology, 24, 47-55.
- Özer, N., Köycü, N.D., Chilos, G., Pizzuolo, P.H., Coşkuntuna, A. and Magro, P., 2003. Pectolytic isoenzymes by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and antifungal compounds

- in onion cultivars as a response to pathogen infection. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25, 249-257.
- Palmero, D., de Cara, M., Nosir, W., Paton, L.G., Cruz, A., Woodward, S., Gonzalez-Jaen, M.T. and Tello, J.C., 2012. *Fusarium proliferatum* isolated from garlic in Spain: identification, toxigenic potential and pathogenicity on related *Allium* species. *Phytopathologia Mediterranea* 51, 207-18.
- Palmero, D., Iglesias, C. and de Cara, M., 2013. *Fusarium proliferatum*: Biology, ecology and toxicology. In *Fusarium: Epidemiology, Environmental Sources and Prevention* Nova Science Publishers, 123-144.
- Park, J.W., Choi, S.Y., Hwang, H.J. and Kim, Y.B., 2005. Fungal mycoflora and mycotoxins in Korean polished rice destined for humans. *International Journal of Food Microbiology*, 103, 305-314.
- Poursakhi, S., Asadi-Gharneh, H.A., Nasr-Esfahani, M., Abbasi, Z. and Khankahdani, H.H., 2024. Identification of novel associations of candidate marker genes with resistance to onion-*Fusarium* basal rot interaction pathosystem. *Plant Gene*, 37, 100440.
- Punja, Z.K., 2021. First Report of *Fusarium proliferatum* causing crown and stem rot, and pith necrosis, in cannabis (*Cannabis sativa* L., Marijuana). *Plants. Can. J. Plant Pathol.*, 43, 236-255.
- Rajendran, K., and Ranganathan, K., 1996. Biological control of onion basal rot (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) by combined application of fungal and bacterial antagonists. *Journal of Biological Control*, 10, 97-102.
- Rampersad, S.N. and Teelucksingh, L.D., 2011. First report of *Fusarium proliferatum* infecting pimento chili peppers in Trinidad. *Plant Dis.*, 5, 13.
- Schwartz, H.F. and Mohan, S.K., 2007. *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests*. 2nd Edition, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, 136 p.
- Schwartz, H.F. and Mohan, S.K., 2008. *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests*. 2nd Edition, The American Phytopathological Society, St. Paul, 23-25.
- Seefelder, W., Gossmann, M. and Humpf, H.U., 2002. Analysis of fumonisin B1 in *Fusarium proliferatum* infected asparagus spears and garlic bulbs from Germany by liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2778-2781.
- Sellitto, V.M., Zara, S., Fracchetti, F., Capozzi, V. and Nardi, T., 2021. Microbial biocontrol as an alternative to synthetic fungicides: Boundaries between pre-and postharvest applications on vegetables and fruits. *Fermentation*, 7, 60.
- Shina, J.H., Lee, H.K., Backa, C.G., Kang, S.H., Han, J.W., ChanLee, S. and Han, Y.K., 2023. Identification of *Fusarium* basal rot pathogens of onion and evaluation of fungicides against the pathogens. *Microbiology*, 51(4), 264-272.
- Sintayehu, A., Sakhuja, P.K., Fininsa, C. and Ahmed, S., 2011. Management of *Fusarium* basal rot (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) on shallot through fungicidal bulb treatment. *Crop Protection*, 30, 560-565.
- Skidmore, A.M. and Dickinson, C.M., 1976. Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 66, 57-64.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, E.M., Üremiş, İ., Sertkaya, E., Bozkurt, İ.A. ve Öztürk, M., 2022. Amik Ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 25 (6), 1326-1340.

- Stanković, S., Lević, J., Krnjaja, V. and Petković, M., 2007. Pathogenicity and toxigenic potential of *Fusarium proliferatum* isolated from garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*) in Serbia. Archives of Biological Sciences, 59(1), 1-7.
- Stępień, L., Koczyk, G., and Waśkiewicz, A., 2011. Genetic and phenotypic variation of *Fusarium proliferatum* isolates from different host species. J. Appl. Genetics, 52, 487-496.
- Şahinoğlu, E. and Tozlu, E., 2023. An investigation of biological control possibilities against *Fusarium proliferatum* on red pepper. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 47(4), 467-478.
- Taherkhani, K., 1995. Study of sugarcane fusariosis diseases in khouzestan province. M.Sc. thesis, University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran.
- Tekiner Aydın, N., Tozlu, E., Kotan, R. and Guarnaccia, V., 2023. Investigation of means of biological control of *Diaporthe foeniculina*, a fruit rot agent in lemon. Erwerbs-Obstbau, 65(5), 1675-1684.
- Tekiner, N., Kotan, R., Tozlu, E. and Dadaşoğlu, F., 2019. Determination of some biological control agents against *Alternaria* fruit rot in quince. Alinteri Journal of Agriculture Science, 34(1), 25-31.
- Tekiner, N., Kotan, R., Tozlu, E. and Dadaşoğlu, F., 2020. Biological control of *Coniella granati* Saccardo in pomegranate. Universal Journal of Agricultural Research, 8(1), 18-24.
- Tekiner, N., Tozlu, E. and Kotan, R., 2019. Domateste *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl'nın bazı bakteriler ile biyolojik mücadelesi. Plant Protection Bulletin, 59(4), 57-68.
- Tian, B., Xie, J., Fu, Y., Cheng, J., Li, B., Chen, T., Zhao, Y., Gao, Z., Yang, P., Barbetti, M.J., Tyler, B.M. and Jiang, D., 2020. A cosmopolitan fungal pathogen of dicots adopts an endophytic lifestyle on cereal crops and protects them from major fungal diseases. ISME J., 14, 3120-3135.
- Tozlu, E., Tekiner, N., Kotan, R. and Örtücü, S., 2018a. Investigation on the biological control of *Alternaria alternata*. Indian Journal of Agricultural Sciences, 88(8), 1241-1247.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi 07.10.2024).
- Türkkan, M., 2015. Evaluation of inhibitory effect of organic and inorganic salts against *ilyonectria liriodendri*, the causal agent of root rot disease of kiwifruit. J Phytopathol., 163(7-8), 103-110.
- Weller, D.M., 2007. *Pseudomonas* biocontrol agents of soilborne pathogens: Looking back over 30 years. Phytopathology, 97(2), 250-256.
- Yan, L., 2020. First report of vascular wilt caused by *Fusarium proliferatum* on Cauliflower in China. Plant Dis., 104, 3065
- Yıldızbakan, N., Atakan, A. and Özgönen Özkaya, H., 2022. Diagnosis of *Fusarium* species in garlic cultivation areas in Gaziantep province. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 37(1), 88-95.
- Zlata, K.Š., Jelena, L., Stevan, M., Jelica, G.V., Mirjana, V. and Svjetlana, A., 2008. *Fusarium* rot of onion and possible use of bioproduct. Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke, 114, 135-148.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Fırat Gürkan AKSOY
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Oltu Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen fakültesi Fizik Bölümü, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Fitopatoloji Bölümü