



## Kompostlardan elde edilen antagonist bakteri izolatlarının kavun solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'e karşı *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi

Determination of antagonistic effects antagonist bacterial isolates obtained from composts against melon wilt disease agent *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* *in vitro* conditions

Senem ÖZKAYA<sup>1</sup> , Emine Mine SOYLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>T.C Tarım ve Orman Bakanlığı, Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Osmaniye, Türkiye.

<sup>2</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 31034 Hatay, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

#### Makale tarihçesi / Article history:


DOI: [10.37908/mkutbd.1139502](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1139502)


Geliş tarihi /Received:01.07.2022

Kabul tarihi/Accepted:03.08.2022

#### Keywords:

*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, melon, compost, antagonist, biological control.

 Corresponding author: E. Mine SOYLU

 [msoylu@mku.edu.tr](mailto:msoylu@mku.edu.tr)

### ÖZET / ABSTRACT

**Aims:** Isolation, identification and antagonistic potentials of bacteria obtained from 5 different composts, which were made from olive cake, cotton seed cake and animal manure, were investigated on inhibition of mycelial growth of the melon wilt disease agent *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*) *in vitro* conditions.

**Methods and Results:** An increase in the number of bacterial populations was observed depending on the fermentation of the composts. The highest bacterial population was determined in 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> months of fermentation. The putative antagonist bacterial isolates obtained from different compost materials were identified by Microbial Identification System (MIS) according to their Fatty Acid-Methyl Ester (FAME) profiles. The antagonistic potentials of bacteria against *Fom* were determined by dual culture tests. Among the putative bacterial isolates obtained, 31 bacterial isolates showed antagonistic activity on inhibition of mycelial growth of *Fom* at varying rates in dual culture tests. Most of the bacterial isolates having antagonistic potential were identified as *Bacillus* spp. (73.3%). Among the antagonistic bacteria isolated from different compost materials, the highest antagonistic effect was displayed by *Enterobacter gergoviae* K4B:4:7:1 with a 48.33% inhibition rate, and this isolate was followed by *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 (47.5%), *Salmonella typhimurium* K5B:1:4:3 (46.67%), *Bacillus amyloliquefaciens* K5B:0:5:1 (43.33%) and *Bacillus subtilis* K3B:4:8:1 (40.83%) isolates, respectively.

**Conclusions:** Composts prepared from organic wastes host effective bacteria that have an antagonistic effect against soil-borne diseases. Future studies should be conducted to investigate the *in vivo* potential of composts against *Fom*, to select the most suitable bacterial isolates for use as biological preparations, and to identify mechanisms used to prevent disease development.

**Significance and Impact of the Study:** The results indicated that the use of organic waste composts, where microorganisms with antagonistic potential are intensively developed, can play an effective role in growing areas with limited space such as greenhouses.

**Atif / Citation:** Özkaya S, Soylu EM (2022) Kompostlardan elde edilen antagonist bakteri izolatlarının kavun solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'e karşı *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3) : 565-577. DOI: 10.37908/mkutbd.1139502

## GİRİŞ

Kavun ülkemizde ve Hatay ilinde geniş çapta yetiştiriciliği yapılan ürünlerden birisidir. Dünya genelinde 1.068.238 ha kavun üretimi alanından 28.467.920 ton kavun üretilmiş olup, bunun 13.838.234 tonunu Çin tek başına gerçekleştirmektedir. Ülkemiz ise 76.129 ha yetiştirme alanında yapılan yaklaşık 1.724.856 milyon ton üretimi ile ikinci sırada yer almakta ve dünya üretiminin yaklaşık % 12.46'sını karşılamıştır (Anonymous, 2020). Dünyada ve ülkemizde kavun yetiştirilen bölgelerde üretimi sınırlayan, verim ve kaliteyi etkileyen faktörler arasında kuraklık, yağış, toprak yapısı gibi abiyotik, viral, bakteriyel ve fungal hastalık etmenleri gibi biyotik faktörler önemli bir yer tutmaktadır. Biyotik faktörler arasında üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisi toprak kökenli fungal hastalık etmenleri tarafından oluşturulan hastalıklardır (Zitter ve ark., 1996). Toprak kökenli fungal hastalık etmenleri arasında *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f.sp. *melonis* (Leach & Currence) W.C. Snyder & H.N. Hansen'in (*Fom*) neden olduğu kavun *Fusarium* solgunluğu, kavun yetiştiriciliğini ve verimini sınırlayan en önemli biyotik faktörlerin başında gelmektedir. Hastalık etmeni Kuzey Amerika, Hindistan, Doğu Asya, Orta Doğu ve Türkiye'de pek çok kavun üretim alanlarında ekonomik olarak önemli bir hastalıktır (Yıldız, 1977; Zitter ve ark., 1996; Schreuder ve ark., 2000; Tok ve Kurt, 2010). Toprak kökenli bir fungus olan hastalık etmeni kavunlara özelleşmiş olup, misellerinin kalınlaşması ile oluşan klamidospore halinde tohum, toprak ve hastalıklı hasat ve bitki materyalleri üzerinde uzun süre canlılığını koruyabilir.

Hastalığın görüldüğü tarlalarda enfekteli bitkilerin sürgünlerinde solgunlukla başlayan belirtiler enfeksiyonun ilerleyen aşamalarında bitkinin tamamında çökme ve sonuçta kuruma şeklinde ölümle sonuçlanır. Bitki gövdeleri uzunlamasına kesildiğinde iletim demetlerinin tipik renk değişikliği ile kök bölgesine yakın noktadaki gövdelerde sarı-kahverengi zampakıntılar olarak görülür. Ülkemizde hastalık, ilk kez 1939 yılında Bremen isimli araştırmacı tarafından Manisa ilinde yetiştirilen kavun bitkilerinde saptanmıştır. Ülkemizin farklı bölgelerinde daha sonra yapılan çalışmalarda hastalık etmeninin Trakya (Soran, 1975), Ege (Yıldız, 1977; Evcil ve Yalçın, 1977), Orta Anadolu (Erzurum ve ark., 1999), Güneydoğu Anadolu (Kurt ve ark., 2002) ve Doğu Akdeniz (Kurt ve ark. 2002) bölgelerinde yaygın ve ekonomik boyutlarda olduğu bildirilmiştir. Dünyada ve ülkemizde kavun *Fusarium* solgunluğu ile mücadelede dayanıklı çeşit kullanımını sınırlayan en önemli faktör etmeninin genetik farklılığı yüksek ırk sayısının yüksek olmasıdır. Ege ve Akdeniz bölgesinde *Fom*'in 3 fizyolojik

ırkı saptanmıştır (Yıldız, 1977; Yücel ve ark. 1994). Ülkemizde son olarak Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde kavun yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı alanlarda *Fom*'in 0, 1, 2 ve 1-2 nolu ırkları belirlenmiştir (Kurt ve ark. 2002). Ülkemizin kavun ekim alanlarında bu hastalığın, her yıl kademeli olarak şiddetli verim kayıplarına neden olduğu gözlenmektedir.

Toprak kökenli patojenlerle mücadelede genellikle dayanıklı çeşit ekimi, tohum ilaçlaması ve kültürel tedbirlerin alınması önerilmekle birlikte, hastalıklara karşı pek etkili sonuç alınmamaktadır. *Fusarium* spp. ve diğer toprak kökenli bu fungal hastalıkların mücadelesinde Metil Bromid uzun yıllar yaygın olarak kullanılmıştır. Günümüzde Metil Bromid'in çevre ve insan sağlığı açısından doğurduğu olumsuz etkiler nedeniyle ülkemizde ve dünyada kullanımdan kaldırılması, bu konuda araştırmacıları ve üreticiyi mevcut kimyasallara alternatif, sürdürülebilir tarımı destekleyen ve çevre dostu mücadele yöntemlerini daha yoğun kullanmaya yöneltmiştir (Duniway, 2002; Yücel ve ark., 2007).

Son yıllarda patojenlere karşı yoğun pestisit uygulamalarının çevreyi ve doğal dengeyi tehdit etmesi, patojenlerin bu pestisitlere karşı hızla direnç kazanmaya başlaması ve organik tarımın giderek önem kazanması, hastalıklarla mücadelede alternatif yöntemlerin araştırılmasına neden olmuştur. Hastalıklarla alternatif mücadele yollarından biri olan biyolojik mücadele, günümüzde oldukça rağbet görmekte olup birçok bitki hastalık etmenine karşı çoğunlukla fungal kökenli biyolojik preparatlar geliştirilerek başarılı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Tariq ve ark., 2020). Biyolojik preparat geliştirmenin en önemli adımlarından biri antagonistik potansiyele sahip mikroorganizmaların doğadan izolasyonu ve bunların patojen gelişimi üzerine olan etkinliğinin araştırılmasıdır (Soylu ve ark., 2021). Organik materyalin aerobik ayrışmasının son ürünü olarak ortaya çıkan kompostların pek çok bitki hastalıklarının ortaya çıkışını engellemede belirgin bir etkisinin olduğu bildirilmiştir (Angelopoulou ve ark., 2014; Kefalogianni ve ark., 2017). Aynı zamanda bu kompostların bitkinin büyüme ve gelişmesinde olumlu etkisinin olduğu ortaya konmuştur (Raviv ve ark., 1998). Farklı hammaddelerden hazırlanan kompostlar tarafından hastalıkların engellenmesi/baskılanmasının en önemli nedenlerinden birinin içeriğindeki faydalı mikrobiyal çeşitliliğin oldukça zengin ve yoğun olmasından kaynaklı olduğu yapılan birçok çalışma ile ortaya konulmuştur (McKellar ve Nelson, 2003; Ntougias ve ark., 2008; Pane ve ark., 2011; Pugliese ve ark., 2011; Soylu ve ark., 2020). Bitki hastalıklarıyla mücadelede kompost uygulamalarında farklı mekanizmaların rol

oyunadığı belirlenmiştir. Bu mekanizmalar; patojenlerin besinler için rekabeti (Noble ve Coventry, 2005), antibiyosis ve hiperparazitizm (Hoitink ve Grebus, 1997), yararlı mikroorganizmalardan antibiyotik üretimi (Weller ve ark., 2002) veya bitkilerde hastalığa karşı dayanıklılık genlerinin aktivasyonu gibi yöntemlerden oluşmaktadır (Hoitink ve Boehm, 1999; Avilés ve ark., 2011). Kompost, torf, vermikompost, hayvan gübresi ve yeşil gübre gibi organik materyaller geleneksel ve organik tarımda yoğun olarak kullanılan, kullanıldığı toprakların yapısını ve verimliliğini pozitif yönde etkilemelerinin yanı sıra (Magid ve ark., 2001; Conklin ve ark., 2002; Cavigelli ve Thien, 2003), *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Phytophthora nicotianae*, *Phytophthora ultimum*, *Sclerotium rolfsii* ve *Rhizoctonia solani* gibi toprak kökenli solgunluk, çökerten, kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenlerinin neden olduğu hastalıkların çıkışının engellenmesinde (Hadar ve Gorodecki, 1991; Hardy ve Sivasithamparam, 1991; Litterick ve ark., 2004; Noble ve Coventry, 2005; Bonanomi ve ark., 2010; Mendes ve ark., 2013; Corato ve ark., 2018; Soylu ve ark., 2020) aktif rol oynayan uygulamalardır.

*Fusarium* türlerinin kompostlar tarafından baskılanması birçok çalışmada ele alınmıştır (Reuveni ve ark., 2002; Cheuk ve ark., 2005; Raviv, 2005). Heterojen bitki artıklarından elde edilen kompostların hastalıklara neden olan bitki patojenlerinden *Pythium* (Pascual ve ark., 2000), *Phytophthora* (Hoitink ve Boehm, 1999), *Rhizoctonia* (Tuitter ve ark., 1998) ve *Fusarium* (Suarez-

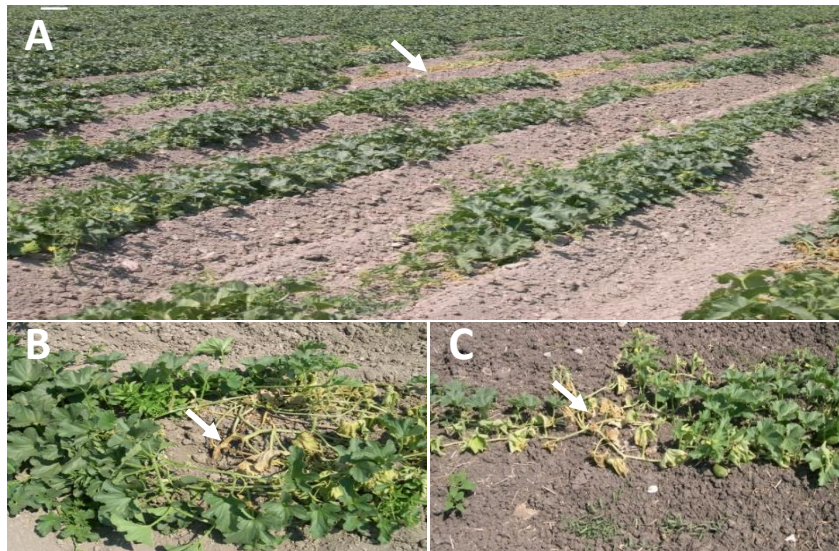
Estrella ve ark., 2001; Corato ve ark., 2018) türlerini engellemede önemli sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda kompost içerisinde bulunan *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., gibi bakteriyel mikrobiyomların yanı sıra *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Trichoderma* spp., *Gliricium virens* gibi funguslar biyolojik savaş etmenleri olarak belirlenmiştir (Chung ve Hoitink, 1990; Hadar ve Gorodecki, 1991; Hardy ve Sivasithamparam, 1991; Hoitink ve Boehm, 1999; Hoitink ve ark., 2001).

Bu çalışmada çeşitli ürün atıkları ve çiftlik gübresinden hazırlanan kompost materyallerinde antagonistik etkiye sahip bakteriyel popülasyonların belirlenmesi, kompostlardan izole edilen antagonist bakterilerin tanılanması ve bakteriyel izolatların kavunda *Fusarium* solgunluğuna neden olan *Fom*'in misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antagonistik etkileri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Hastalık etmeni

Biyoetkinlik çalışmalarında kullanılan hastalık etmeni Kırıkhan kavun ekim alanlarındaki tipik hastalık belirtileri gösteren kavun bitkilerin kök boğazından (Şekil 1) izole edilip *Fom*'in ırk 1-2 olarak tanılanan *Fom*-6 izolatı kullanılmıştır.



Şekil 1. Kavun tarlalarında *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ile enfekteli kavun bitkilerinde gözlenen tipik solgunluk belirtileri (ok)

Figure 1. Typical wilt symptoms (arrows) observed on melon plants infected by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* in melon fields

**Kompost materyali**

Bu çalışmada kullanılmış olan pirina, zeytin yaprağı, tavuk gübresi, mısır silaj ve pamuk küspe kompost materyalleri (Çizelge 1) Hatay ili ve çevresindeki tavuk çiftliği, zeytinyağı ve yem fabrikalarından sağlanmıştır. Zeytinyağı fabrikasından ve küspe üretim tesislerinden

sağlanan pirina ve pamuk küspesi 1/20 (L Kg<sup>-1</sup>) oranında steril saf su ile ıslatılmak suretiyle hazırlanmıştır. Kompostlar hava almayacak şekilde kapatılarak 50 litrelik plastik variller içerisinde hazırlanarak, açık havada bekletilmiştir (Şekil 2). Ticari mısır silajı 3 aylık döneminde iken temin edilmiştir.



Şekil 2. Kompost materyallerinin doğal görünüşleri. (A) Mısır Silajı, (B) Pirina, (C) Pamuk Küspesi, (D) Plastik variller içerisinde kompost materyallerinin hazırlanması, (E ve F) Bakteri izolatlarının elde edildiği tipik kompost materyalleri  
Figure 2. Natural appearance of compost materials. (A) Corn silage (B) Olive cake, (C) Cotton seed cake, (D) Compost materials in plastic barrels, (E and F) Typical compost materials where bacterial isolates were obtained

**Çizelge 1. Bakterilerin izole edildikleri kompost materyalleri ve içerikleri****Table 1. Compost materials and contents from which bacterial isolates were obtained**

Kompost No	Kompost Materyalleri
K1	Pirina % 50 +Zeytin Yapracağı % 40 + Tavuk Gübresi % 10 (Pi: Ze: Tg; 50:40:10)
K2	Mısır Silaj %50 +Üre % 15 +Pamuk Küspe % 35 (Ms: Ü: Pk; 50:15:35)
K3	Pirina % 100 (Pi; 100)
K4	Mısır Silaj % 100 (Ms; 100)
K5	Pamuk Küspe % 100 (Pk; 100)

**Kompostların mikrobiyal analizleri**

Kompostların mikrobiyal popülasyonlarının durumu 0-4 ayları arasında ayda 1 kez yapılan analizlerle belirlenmiştir. Farklı kompost materyallerinden alınan 10 g örnekler 250 ml'lik erlenler içerisindeki 90 ml steril saf

suya ilave edildikten sonra, orbital çalkalayıcıda 20 dk. süreyle 200 rpm hızda çalkalanarak, süspansiyonlar elde edilmiştir. Elde edilen süspansiyonlar seri halinde (10<sup>-1</sup>-10<sup>-5</sup>) seyreltilerek seçici King B Agar (KB) besi yerlerine 200 µl' lik süspansiyonlar halinde yayılmış, daha sonra

petriler 25°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bakteri ekimi yapılan petrilerdeki besi yerleri üzerinde gelişen bakteri izolatlarının tamamı sayılarak toplam bakteri yoğunluğu (hücre g<sup>-1</sup>) belirlenmiştir (Soylu ve ark., 2020).

#### **Kompostlardan antagonist bakteri izolatlarının seçimi ve tanılanmaları**

Farklı kompost türlerinde gelişen aday bakteri izolatları koloni morfolojileri, kompost türü ve geliştikleri petrileri temsil edecek şekilde seçilmiştir. Seçili aday bakteri izolatlarının tamamı fungal etmene karşı *in vitro* etkinliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara başlamadan önce tütünde aşırı duyarlık (HR) testi ve patates dilimleri üzerinde yumuşak çürüklük testlerine tabi tutularak bitki patojeni olmadığı teyit edilmiştir (Lelliot ve Stead, 1987; Soylu ve ark., 2021). Çalışmalar sonucu tütünde HR reaksiyonu, patates dilimleri üzerinde yumuşak çürüklük belirtilerine neden olmayan izolatlar tanılama ve biyo etkinlik çalışmalarında kullanılmak üzere 4 °C de NA besi yerinde saf izolat olarak saklanmıştır.

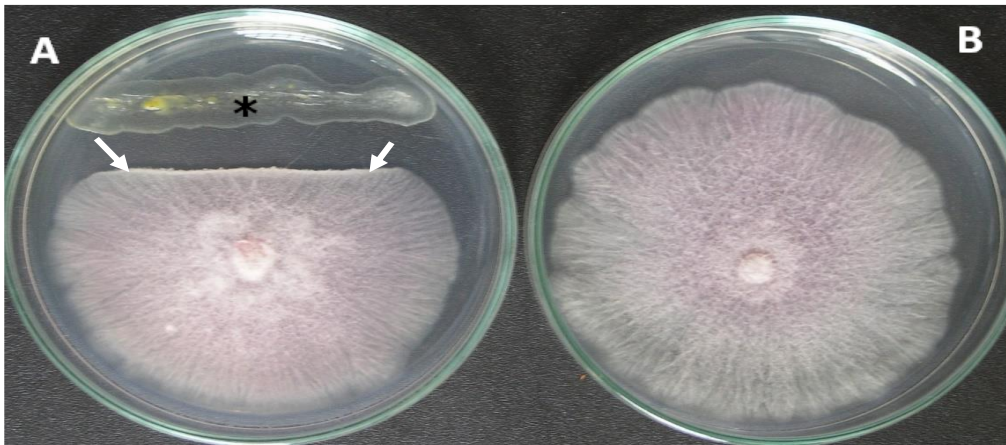
#### **Kompostlardan antagonist bakteri izolatlarının tanılanmaları**

Fungal hastalık etmenine karşı biyoetkinliği araştırılan bakteriyel izolatların tanılanmaları yağ asitleri metil ester analizleri (FAME MIDI, MIS Microbial Identification System) ile standart protokolüne göre yapılmıştır (Sasser, 1990; Bozkurt ve Soylu, 2019). Bu protokole göre, steril bir öze ile test edilecek bakteri kültürlerinin tek kolonilerinden alınarak Tryptic Soy Agar (TSA) besi yerine 4 fazlı çizgi ekim yapılmıştır. Kültürler 25 °C' de 48 saat inkübe edilmiş ve inkübasyon sonrası bakteri

kültürlerinin 3. ve 4. fazlarından steril öze ile alınarak teflon kapaklı steril cam tüplere aktarılmıştır. İzolatların yağ asitleri 4 farklı çözeltinin kullanıldığı 4 aşamada yapılmıştır. Elde edilen yağ asitlerinin karakterizasyonu, yağ asitleri metil esterler gaz kromatografisi (Agilent Technologies 6890N Network GC System) ile yapılmıştır ve yağ asitleri özelliklerine göre bakterilerin tanımlanması Sherlock MIS 4.5, Microbial ID, Inc., Newark, Delaware bilgisayar programı ile % benzerlik oranlarına göre yapılmıştır.

#### **Kompost bakteri izolatlarının *Fom*'e karşı *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi**

Farklı kompostlardan izole edilerek tanılanması yapılmış bakteriyel izolatların hastalık etmenine karşı antagonistik potansiyelleri, Patates Dekstroz Agar (PDA) içeren petri kaplarında ikili kültür testleriyle belirlenmiştir (Kara ve Soylu, 2022). Bu testlerde her bir petrinin bir ucuna test edilecek bakteri izolatı çizilerek 25°C'de 1 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bakterilerin gelişmesini takiben, PDA ortamında gelişmiş 10 günlük *Fom*'in kültürünün uç kısımlarından alınan 5 mm çapında misel diskleri gelişen bakterilerin 4 cm uzağına yerleştirilerek 25°C'de inkübatörler içerisinde gelişmeye bırakılmıştır. Kontrol olarak kullanılan PDA petrilerine herhangi bir bakteri izolatı ekilmemiştir (Şekil 3). Kontrol petrilerinde fungusun 4 cm uzaklıktaki bakteri çizilen alana ulaşmasıyla birlikte, bakterilerin çizildiği tüm petrilerde bakteriyeye doğru yönelen fungusun misel gelişimi ölçülmüş ve kontrol petrilerdeki misel gelişmeye kıyaslanmak suretiyle engelleme oranlarının % Abbot formülüne göre hesaplanmıştır (Soylu ve ark, 2020). İkili kültür testlerinde ölçümler 3 farklı petride yapılmış olup, deneme 2 farklı zamanda tekrarlanmıştır.



Şekil 3. (A) Kompost bakteri izolatının (\*) ikili kültür testinde *Fom*'in misel gelişiminin engellenmesi üzerine *in vitro* antagonistik etkinliği (ok). (B) Kontrol petrisinde *Fom* izolatının misel gelişimi  
 Figure 3. (A) *In vitro* antagonistic activity (arrow) of compost bacterial isolate (\*) on mycelial growth inhibition of *Fom* in dual culture test. (B) Mycelial growth of *Fom* isolate in the control plate

**Deneme deseni ve istatistik analizler**

Tüm *in vitro* denemeleri tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve patojen gelişiminin engellenme oranları % oranlarına çevrilmeden SPSS istatistik programı kullanılarak tek yönlü ANOVA ile varyans analizi yapılmış ve izolatlar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

**Kompostlarda bakteri popülasyonunun belirlenmesi**

Hatay ili ve çevresindeki üretim alanları, çiftlik ve ticari tesislerden temin edilen hammaddelerle hazırlanan kompost materyallerinden 0-4 ayları arasında yapılan izolasyonlar sonucu uygun seyreltme oranında ( $10^{-4}$  seyreltmede) elde edilen toplam bakteri sayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı kompostlardan izole edilen bakteri sayılarının (log değerleri)<sup>a</sup> aylara göre dağılımı  
Table 2. Distribution of bacterial numbers (log values) isolated from different composts by months

Kompost No	Aylar				
	0	1	2	3	4
K1 (Pi: Ze: Tg; 50:40:10)*	5.97aA	6.17bA	7.88cB	9.43aC	9.63aC
K2 (Ms: Ü: Pk; 50:15:35)	5.99aA	6.16bA	6.49aB	9.37aC	9.51aC
K3 (Pi; 100)	5.59aA	5.73aA	7.73bcB	9.41aC	9.57aC
K4 (Ms; 100)	5.59aA	6.26bB	7.79cC	10.18bD	10.61bE
K5 (Pk; 100)	5.67aA	5.76aA	7.58bB	9.40aC	10.67bD

\* **Pi:** Pirina; **Ze:** Zeytin yaprağı; **Tg:** Tavuk gübresi; **Ms:** Mısır silajı; **Pk:** Pamuk küspesi ve kompost içerisinde bulunan % oranları

<sup>a</sup> Her bir sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki benzer küçük harfler ile satır içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki benzer büyük harfler kompostlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermektedir (Tukey Test,  $P \leq 0.05$ ).

Kompostlama sürecine başlangıç ayında (0. ay) ortalama bakteri koloni sayısı (log değeri) 5.59-5.99 aralığında kaydedilmiştir. Bu örneklerdeki bakteri koloni sayılarında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir. Farklı fermentasyon sürecinde yapılan değerlendirmelerde hazırlanan farklı kompost türlerinin tamamında bakteri sayısı aylar içerisinde önemli düzeyde arttığı gözlenmiş olup, bu sayı fermentasyonun 3. ve 4. aylarında en yüksek seviyeye ulaşmıştır (9.51-10.67). Kompostlama sürecinde yapılan değerlendirmelerde aylar içerisinde en yüksek bakteri sayısı K4 (10.61) ve K5 (10.67) kompost türlerinde kayıt edilmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada kompost olgunlaşma düzeyinin, antagonistik mikroorganizmaların sayısı ile ilişkili olduğunu (Suarez-Estrella ve ark., 2007), pek çok araştırmacı ise aşırı olgunlaşmış kompostların biyolojik savaş etmenlerinin etkinlikleri arasında herhangi bir korelasyonun bulunmadığını bildirmişlerdir (Workneh ve ark., 1993; Hoitink ve Grebus, 1997).

**Kompostlardan aday antagonist bakterilerin seçimi ve antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi**

Kompostlardan yapılan izolasyonlarda genel popülasyonu temsil eden, tütünde HR ve patates dilimi üzerinde yumuşak çürüklük belirtisi oluşturmayan 34 bakteriyel izolat fungal hastalık etmenine karşı biyoetkinlik çalışmalarında kullanılmak üzere seçilmiştir (Çizelge 3). Hastalık etmenine karşı değişen oranlarda antagonistik etki gösteren 31 bakteriyel izolattan, 7

tanesi (% 22) K1 kompostundan, 3'ü (% 9) K2, 8'i (% 25) K3, 3'ü K4 (% 9) ve 10'u (% 32) K5 kompostundan izole edilmiştir. Test edilen 31 aday antagonist bakteri izolatı arasından nispeten yüksek etkinlik gösteren 12 izolatın yanısıra, etkisi düşük seviyede tespit edilen 3 bakteri izolatının tanılması yağ asit metil ester özelliklerine göre yapılmıştır. Tanılması yapılmış bakteriyel izolatların cins düzeyinde büyük bir kısmını *Bacillus* sp. (% 73) oluşturmuştur (Çizelge 3). İzole edilen bakterilerin dağılımına bakıldığında, *Bacillus* sp. en fazla K5 ve K3 kompostlarından izole edilirken, bunu K2 ve K1 takip etmiştir. K4 kompostundan izole edilen bakteriler arasında ise *Bacillus* sp.'ye rastlanmamıştır.

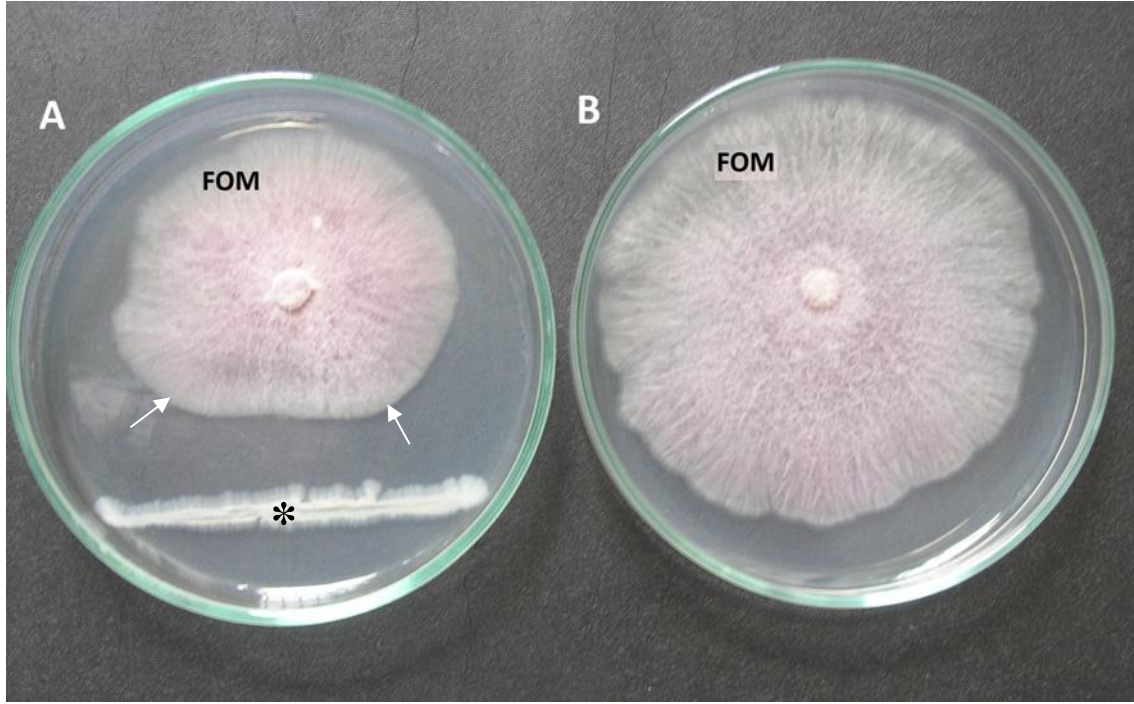
Tanıması yapılan aday bakteri izolatları arasında en yüksek antagonistik etki %48.33 ile *Enterobacter gergoviae* K4B:4:7:1 izolatı tarafından gösterilmiştir. *Enterobacter* izolatlarının sağlıklı bireylerde nadiren enfeksiyona neden olabilen fırsatçı patojenler oldukları bildirilmiştir (Yazıcı ve ark. 2004). Bu izolatı sırasıyla % 47.50 engelleme oranı ile *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 (Şekil 4), % 46.67 ile *Salmonella typhimurium* K5B:1:4:3 izolatları takip etmiştir. Bu izolatları %43.33 engelleme oranı ile *Bacillus amyloliquefaciens* K5B:0:5:1 ve %40.83 engelleme oranı ile *Bacillus subtilis* K3B:4:8:1 izolatı izlemiştir. Test edilen 34 izolat arasından 3 izolatın (K1B:1:5:3, K5B:3:8:1 ve K5B:4:9:1) fungal etmenin misel gelişimini hiçbir şekilde engellemediği görülmüştür.

Çizelge 3. Seçilmiş bakteri izolatlarının *in vitro* koşullarda *Fom*'in misel gelişimini engellemesi üzerine olan antagonistik etkinlikleri

Table 3. Antagonistic activities of selected bacterial isolates on the inhibition of mycelial growth of *Fom* *in vitro*

Bakteriyel İzolat	Misel Gelişimi (cm) <sup>a</sup>	Engelleme (%)
<i>Enterobacter gergoviae</i> K4B:4:7:1	2.07 <sup>a</sup>	48.33
<i>Bacillus cereus</i> K1B:4:8:1	2.10 <sup>a</sup>	47.50
<i>Salmonella typhimurium</i> K5B:1:4:3	2.13 <sup>a</sup>	46.67
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> K5B:0:5:1	2.27 <sup>ab</sup>	43.33
<i>Bacillus subtilis</i> K3B:4:8:1	2.37 <sup>a-c</sup>	40.83
<i>Photobacterium luminescens</i> K1B:1:6:1	2.53 <sup>b-d</sup>	36.67
<i>Bacillus cereus</i> K1B:0:7:1	2.57 <sup>b-e</sup>	35.83
<i>Bacillus cereus</i> K5B:4:7:2	2.67 <sup>c-e</sup>	33.33
<i>Bacillus subtilis</i> K5B:1:5:1	2.80 <sup>d-f</sup>	30.00
<i>Bacillus subtilis</i> K5B:4:7:1	2.83 <sup>d-f</sup>	29.17
<i>Bacillus pumilis</i> K3B:1:5:1	2.87 <sup>e-g</sup>	28.33
<i>Bacillus pumilis</i> K1B:0:7:2	3.00 <sup>f-h</sup>	25.00
<i>Bacillus pumilis</i> K4B:1:7:1	3.00 <sup>f-h</sup>	25.00
<i>Bacillus alcalophilus</i> K3B:3:7:1	3.00 <sup>f-h</sup>	25.00
<i>Bacillus alcalophilus</i> K5B:3:9:1	3.00 <sup>f-h</sup>	25.00
<i>Bacillus megaterium</i> K2B:1:5:1	3.03 <sup>f-i</sup>	24.17
<i>Bacillus megaterium</i> K3B:0:5:2	3.07 <sup>f-i</sup>	23.33
<i>Bacillus megaterium</i> K1B:4:7:1	3.07 <sup>f-i</sup>	23.33
<i>Bacillus megaterium</i> K1B:0:5:2	3.17 <sup>g-j</sup>	20.83
<i>Bacillus megaterium</i> K3B:1:4:1	3.27 <sup>h-k</sup>	18.33
<i>Bacillus megaterium</i> K3B:3:7:2	3.27 <sup>h-k</sup>	18.33
<i>Bacillus megaterium</i> K3B:0:6:1	3.30 <sup>h-k</sup>	17.5
<i>Corynebacterium hoagi</i> K3B:1:4:3	3.33 <sup>i-l</sup>	16.67
<i>Corynebacterium hoagi</i> K5B:4:9:1	3.33 <sup>i-l</sup>	16.67
<i>Corynebacterium hoagi</i> K4B:0:5:1	3.40 <sup>i-l</sup>	15.00
<i>Corynebacterium hoagi</i> K5B:0:3:1	3.47 <sup>i-l</sup>	13.33
<i>Corynebacterium hoagi</i> K1B:0:4:2	3.50 <sup>kl</sup>	12.5
<i>Bacillus cereus</i> K2B:1:5:2	3.50 <sup>kl</sup>	12.5
<i>Bacillus cereus</i> K2B:3:7:1	3.50 <sup>kl</sup>	12.5
<i>Bacillus</i> sp. K5B:3:8:2	3.50 <sup>kl</sup>	12.5
<i>Bacillus</i> sp. K5B:3:7:1	3.63 <sup>l</sup>	9.17
<i>Bacillus</i> sp. K1B:1:5:3	3.97 <sup>m</sup>	0.00
<i>Bacillus</i> sp. K5B:3:8:1	4.00 <sup>m</sup>	0.00
<i>Bacillus</i> sp. K5B:4:9:1	4.00 <sup>m</sup>	0.00
<b><i>Fom</i> (KONTROL)</b>	4.00 <sup>m</sup>	0.00

<sup>a</sup> Bakteri izolatları, PDA besiyeri üzerine patojen inokulasyonundan 24 saat önce çizilmiştir. Elde edilen değerler 5 farklı petri kabında ölçümlerin ortalaması olup, deneme farklı zamanlarda 2 kez tekrar edilmiştir. Aynı sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki benzer küçük harfler izolatlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını gösterir (Tukey Test, P≤0.05).



Şekil 4. *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 izolatının (\*) *in vitro* koşullarda *Fom* izolatının misel gelişiminin engellenmesi (ok) üzerine antagonistik etkinliğinin ikili kültür testlemeleri ile belirlenmesi. (B) Kontrol petride *Fom* izolatının misel gelişimi

Figure 4. Determination of the antagonistic activity of *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 isolate on inhibition of mycelial growth (arrow) of *Fom* isolate *in vitro* by dual culture tests. (B) Mycelial growth of the *Fom* isolate in the control petri dish

Bu çalışmada farklı düzeylerde antagonistik etkinlik gösteren *Enterobacter gergoviae*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Photobacterium luminescens*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus alcalophilus*, *Bacillus megaterium* ve *Corynebacterium hoagi* gibi bakteri türleri arasında *B. subtilis* (Singh ve ark., 2017; Delisoy ve Altınok, 2019) ve *B. pumilis*'in (Suarez-Estrella ve ark., 2013) *Fom*'e karşı antagonistik etkinlik gösterdiği önceden yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında bildirilmiş olup, diğer bakteriyel türlerin *Fom*'e karşı antagonistik etkinliği ilk kez bu çalışmayla ortaya konulmuştur. Bora ve ark. (2004), *Fom*'in kavunlarda neden olduğu *Fusarium* solgunluğunun baskılanmasında *Pseudomonas putida*'nın iki farklı izolatının ayrı ayrı veya birlikte hazırlanan talk pudra bazlı formülasyonlarının etkinliğini iki yıl boyunca *in vivo* koşullarda araştırmışlardır. *P. putida* izolat 30 kontrol uygulamasına göre % 63 etkili olurken, *P. putida* izolat 180 % 46-50 oranlarında etkili olmuştur. *Fom*'in misel gelişimini %30 ve üzerinde engelleyen türlerden *Bacillus cereus*'un farklı bitkilerde solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium* spp. arasında *Fusarium verticillioides* (Morales-Ruiz ve ark., 2021), *Fusarium solani* (Li ve ark., 2015; Öztöpus ve ark., 2018), *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Ferraz ve ark., 2014),

*Fusarium graminearum* (Ramarathnam ve ark., 2007; Alimi ve ark., 2012) ve *Fusarium roseum* var. *sambucinum* (Sadfi ve ark., 2002) karşı oldukça yüksek seviyelerde antagonistik etkinlik gösterdiği bildirilmiştir. Benzer şekilde *Bacillus amyloliquefaciens*'in domates bitkilerinde solgunluk hastalığına neden olan fungal etmenlerden *Fusarium oxysporum* f. spp. *lycopersici* ve *radices-lycopersici*'ye (Khalil ve ark., 2021), patlıcan bitkilerinde solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum*'a (Chakraborty ve ark., 2021), muz ağaçlarında solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*'ye (Cruz-Martin ve ark., 2021) karşı *in vitro* ve *in vivo* koşullarda antagonistik etkinlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Bir diğer *Bacillus* türü olan *B. megaterium*'unda benzer şekilde altın çilekte solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimini %80'lere varan oranda engellediğini gözlemlemişlerdir. *Xenorhabdus* ve *Photobacterium* cinsine dahil bakterileri ve bu bakterilerden hazırlanan kültür filtratlarının antagonistik etkinlikleri kakaoda kapsül çürüklüğü etmeni *Moniliophthora roreri*'ye etkisi araştırılmış, tüm bakterilerin antifungal etkilerinin uygulamadan 13 gün sonra % 97 oranında arttığı belirlenirken, bazı kültür filtratların % 70' den fazla antifungal etki gösterdiği



bildirilmiştir (San-Blas ve ark., 2012). Çalışmalarımızda etkinliği ortaya konulan *Enterobacter gergoviae*, *Salmonella typhimurium*, *Photobacterium luminescens*, *Bacillus alcalophilus* ve *Corynebacterium hoagi*'nin bitki patojeni fungal hastalık etmenine karşı biyolojik kontrol etmeni olarak antagonistik etkiye sahip olduğu ilk kez bu çalışmayla belirlenmiştir.

Yapılan birçok çalışmada antagonist bakteri izolatlarının antifungal bileşenler üretmek yoluyla antibiosis, siderofor üreterek demir için rekabet, bitki gelişiminin ve dayanıklılığın teşvik edilmesi gibi mekanizmalarla toprak, tohum ve depo kökenli bakteriyel ve fungal hastalık etmenlerin engellenmesinde etkili oldukları bildirilmiştir (Yogev ve ark., 2010; Dukare ve ark., 2011; Hariprasad ve ark., 2011; Yu ve ark., 2011; Zhao ve ark., 2011; Sülü ve ark., 2016; Soylu ve ark., 2018; Bozkurt ve Soylu, 2019; Duman ve Soylu, 2019; Kara ve ark., 2020; Kara ve Soylu, 2022; Soylu ve ark., 2022).

Kompostların kimyasal, biyolojik ve mikrobiyal içeriği kompost ham maddesi, uygulanma oranları ve kompostun olgunluk yaşına bağlı olarak değişiklik gösterdiği, bu değişikliğin toprak ve yaprak kökenli bitki patojen hastalık etmenlerine karşı gösterilen etkinliği önemli düzeyde etkilediği yapılan önceki çalışmalarla bildirilmiştir (Termorshuizen ve ark., 2006; Bonanomi ve ark., 2007). Bu çalışmada da, antagonistik etkinliği yüksek olan ve istatistik analizinde aynı gruba düşmüş olan *Enterobacter gergoviae* K4B:4:7:1, *Bacillus cereus* K1B:4:8:1, *Salmonella typhimurium* K5B:1:4:3, *Bacillus amyloliquefaciens* K5B:0:5:1 ve *Bacillus subtilis* K3B:4:8:1 izolatlarının daha çok 2 veya 4 aylık fermentasyona bırakılan kompostlardan izole edildiği görülmüştür.

Sonuç olarak, farklı bitkisel ve hayvansal atıklardan hazırlanan kompostlar biyolojik mücadele etmeni mikroorganizmalara konukçuluk eden organik materyallerdir. Bu tür organik maddelerden hazırlanmış fermente olmuş kompostlardan elde edilen mikrobiyomların laboratuvar koşullarında geliştirilen mikroorganizmalara kıyasla gerek ortama daha hızlı adaptasyon sağlaması gerekse minimum düzeyde yetiştirme şartlarına ihtiyaç duymaları nedeniyle bitki patojeni hastalık etmenleri ile mücadelede daha yüksek başarı şanslarının olduğu önceden yapılmış çalışmalarla da ortaya konulmuştur (Larkin ve ark., 1996; Hoitink ve Grebus, 1997). Bu tür kompostlar oldukça farklı mikrobiyal türlere konukçuluk etmekle birlikte, bu türler arasında baskın tür olarak belirlenen *Bacillus* spp., farklı kimyasal yapılarda antimikrobiyal bileşikler üretmelerinin yanı sıra, endospor olarak bilinen olumsuz çevre koşullarına dayanıklı spor oluşturabilme yeteneğine sahip potansiyel biyokontrol etmeni bakteriyel türlerdir. *Bacillus* spp. tarafından üretilen

endosporlar uygun üretim teknolojileri ile kolaylıkla biyolojik mücadele preparatlarına dönüştürülerek toprak, yaprak ve tohum kökenli birçok bitki hastalığının mücadelesinde kullanılmaktadır (Emmert ve Hendelsmann, 1999). Gerek bakteri hücrelerinin doğrudan kullanılması ile gerekse yapılacak olan kimyasal analizlerle belirlenecek olan bakterilerin üretmiş olduğu antimikrobiyal metabolit(ler) saflaştırılarak sentetik olarak üretilip biopreparat olarak kullanılabilir. Bu nedenle Hatay ili ve çevresinde kavunlarda sorun olarak karşımıza çıkan *Fom*'in biyolojik mücadelesinde antagonistik potansiyele sahip mikroorganizmaların yoğun olarak geliştiği kompostların etkin bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Test edilen bakteriyel izolatlar arasında *Bacillus amyloliquefaciens* K5B:0:5:1, *Bacillus subtilis* K3B:4:8:1 ve *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 izolatlarının kavun bitkisinde ciddi zararlara neden olan *Fusarium* solgunluk hastalığının çıkışının engellenmesinde kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bu antagonistlerin *in vivo* koşullarda *Fom*'e karşı kullanılma potansiyellerinin araştırılmasıyla biyolojik preparat olarak kullanıma en uygun olanının seçiminin yapılması ve hastalığı engellemede kullandıkları mekanizmaların belirlenmesi üzerine çalışmaların gelecekte devam ettirilmesi önemlidir.

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmada zeytin, pamuk ve hayvansal atıklardan yapılmış 5 farklı komposttan antagonistik etkinliğe sahip bakterilerin izolasyonu, tanılanması ve kavun solgunluk hastalığı etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*)'in misel gelişimini engellemeleri üzerine olan etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

**Yöntem ve Bulgular:** Kompostların fermentasyon süresine bağlı olarak bakteriyel popülasyon sayısında artış görülmüştür. En yüksek bakteri popülasyonu fermentasyonun 3 ve 4. aylarında belirlenmiştir. Farklı kompost materyallerinden izole edilen antagonist aday bakteri izolatları Yağ Asit-Metil Ester (FAME) profillerine göre Mikrobiyal Tanılama Sistemi (MIS) ile teşhis edilmiştir. Aday bakterilerin *Fom*'in misel gelişimini engelleme potansiyelleri ikili kültür testleri ile belirlenmiştir. Elde edilen aday bakteriyel izolatlar arasında 31 bakteri izolatı ikili kültür denemelerinde, *Fom*'in misel gelişimini engellenmesi üzerine değişik oranlarda antagonistik etkinlik göstermiştir. Antagonistik potansiyele sahip bakteri izolatlarının çoğunluğunu farklı *Bacillus* spp.'a ait izolatlar (% 73.3) oluşturmuştur. Farklı kompost materyallerinden izole edilen bakteriler arasında en yüksek antagonistik etki %48.33 engelleme

oranı ile *Entereobacter gergoviae* K4B:4:7:1 izolatı tarafından gösterilmiş olup, bu izolatı sırasıyla *Bacillus cereus* K1B:4:8:1 (%47.5), *Salmonella typhimurium* K5B:1:4:3 (% 46.67), *Bacillus amyloliquefaciens* K5B:0:5:1 (%43.33) ve *Bacillus subtilis* K3B:4:8:1 (%40.83) izolatları izlemiştir.

**Genel Yorum:** Organik atıklardan hazırlanmış kompostlar toprak kökenli hastalıklara karşı etkin antagonistik etkiye sahip bakterilere konukçuluk etmektedir. Kompostların *in vivo* koşullarda *Fom'*e karşı kullanıma potansiyellerinin araştırılmasının yanı sıra buralardan biyolojik preparat olarak kullanıma en uygun olan bakteri izolatların seçimi ve hastalığı engellemede kullandıkları mekanizmaların belirlenmesi üzerine çalışmalar gelecekte sürdürülmelidir.

**Çalışmanın Önemi ve Etkisi:** Elde edilen sonuçlar, *Fom'*in biyolojik mücadelesinde antagonistik potansiyele sahip mikroorganizmaların yoğun olarak geliştiği kompostların seralar gibi sınırlı alana sahip yetiştirme alanlarında kullanılmasının etkin bir rol oynayabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, kavun, kompost, antagonist, biyolojik mücadele.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje Numarası: MKU BAP 1101Y0110).

## ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

## ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## KAYNAKLAR

Alimi M, Soleimani MJ, Darzi MT (2012) Characterization and application of microbial antagonists for control of *Fusarium* head blight of wheat caused by *Fusarium graminearum* using single and mixture strain of antagonistic bacteria on resistance and susceptible cultivars. Afr. J. Microbiol. Res. 6: 326-334.

Angelopoulou DJ, Naska EJ, Paplomatas EJ, Tjamos SE (2014) Biological control agents (BCAs) of *V. dahliae* wilt: influence of application rates and delivery method on plant protection, triggering of host defense mechanisms and rhizosphere populations of

BCAs. Plant Pathol. 63: 1062-1069.

- Anonymous (2020) Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org> Erişim tarihi 10.03.2022.
- Avilés M, Borrero C, Trillas MI (2011) Review on compost as an inducer of disease suppression in plants grown in soilless culture. Dyn. Soil Dyn. Plant 5 (2): 1-11.
- Bonanomi G, Antignani V, Pane C, Scala F (2007) Suppression of soil borne fungal diseases with organic amendments. J. Plant Pathol. 89: 311-324.
- Bora T, Ozaktan H, Göre E, Aslan E (2004) Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* by Wettable Powder formulations of the two strains of *Pseudomonas putida*. J. Phytopathol. 152: 471-475.
- Bozkurt İA, Soylu S (2019) Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter'*e karşı epifit ve endofit bakteri izolatlarının antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi. Tekirdağ Zir. Fak. Derg. 16: 348-361.
- Cavigelli MA, Thien SJ (2003) Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops. Soil Sci. Soc. America J. 67: 1186-1194.
- Chakraborty N, Chakraborty N, Acharyya P, Acharya K (2021) Isolation, characterization and identification of novel broad spectrum bacterial antagonist(s) to control *Fusarium* wilt of eggplant. Physiol. Mol. Plant Pathol. 116: 101711.
- Cheuk W, Kwang VL, Copeman R, Joliffe P, Fraser S (2005) Disease suppression on greenhouse tomatoes using plant waste compost. J. Environ. Sci. Health Part B. 40: 449-461.
- Chung YR, Hoitink HAJ (1990) Interactions between thermophilic fungi and *Trichoderma hamatum* in suppression of Rhizoctonia damping-off in a bark compost-amended container medium. Phytopathology 80 : 73-77.
- Conklin AE, Susan ME, Liebman M, Lambert ED, Gallandt R, William HA (2002) Effects of red clover (*Trifolium pratense*) green manure and compost soil amendments on wild mustard (*Brassica kaber*) growth and incidence of disease. Plant Soil 238: 245-256.
- Corato UD, Salimbeni R, Pretis AD, Patruno L, Avella N, Lacolla G, Cucci G (2018) Microbiota from 'next-generation green compost' improves suppressiveness of composted Municipal-Solid-Waste to soil-borne plant pathogens. Biol. Control 124: 1-17.
- Cruz-Martin M, Leyva L, Acosta-Suarez M, Pichardo T, Bermudez-Caraballoso I, Alvarado-Capo Y (2021) Antifungal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 1. Agron. Mesoam. 32: 466-478.

- Delisoy K, Altınok HH (2019) Kavunda *Fusarium solgunluk* hastalığına karşı bazı rizobakterilerin ve bitki aktivatörlerinin etkinliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tar. Bil. Derg.* 34: 135-145.
- Dukare AS, Prasanna R, Dubey SC, Nain L, Chaudhary V, Singh R, Saxena AK (2011) Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato. *Crop Prot.* 30: 436-442.
- Duman K, Soylu S (2019) Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Bitki Koruma Bülteni* 59: 59-69.
- Duniway JM (2002) Status of chemical alternatives to methyl bromide for preplant fumigation of soil. *Phytopathology* 92: 1337-1343.
- Emmert EAB, Handelsman J (1999) Biocontrol of plant disease: a (Gram -) positive perspective. *FEMS Microbiol. Lett.* 171: 1-9.
- Erzurum K, Taner Y, Secer E, Yanmaz R, Maden S (1999) Occurrence of races of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* causing wilt on melon in Central Anatolia. *J. Turk. Phytopathol.* 28(3): 87-97.
- Evcil F, Yalçın O (1977) Ege Bölgesinde kavunlarda görülen solgunluk etmeni fungusların tespiti üzerinde ön araştırmalar. *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı* 11:78.
- Ferraz HGM, Resende RS, Silveira PR, Andrade CCL, Milagres EA, Oliveira JR, Rodrigues FD (2014) *Rhizobacteria* induces resistance against *Fusarium* wilt of tomato by increasing the activity of defense enzymes. *Bragantia* 73: 274-283.
- Hadar Y, Gorodecki B (1991) Suppression of germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in compost. *Soil Biol. Biochem.* 23: 303-306.
- Hardy G, Sivasithamparam K (1991) Suppression of Phytophthora root rot by a composted eucalyptus bark mix. *Aust. J. Bot.* 39: 153-159.
- HariPrasad P, Divakara ST, Niranjana SR (2011) Isolation and characterization of chitinolytic rhizobacteria for the management of *Fusarium* wilt in tomato. *Crop Prot.* 30: 1606-1612.
- Hoitink HAJ, Boehm MJ (1999) Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 427-446.
- Hoitink HAJ, Grebus ME (1997) Composts and the control of plant diseases. In: *Humic Substances in Soils, Peats and Waters: Health and Environmental Aspects* (Hayes MHB, Wilson WS (eds), Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 359-366.
- Hoitink HAJ, Krause MS, Han DY (2001) Spectrum and mechanisms of plant disease control with compost. In: Stofella, P.J., Kahn, B.A., (Eds.), *Compost utilization in horticultural cropping systems*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, p. 263.
- Kara M, Soylu S, Kurt Ş, Soylu EM, Uysal A (2020) Determination of antagonistic traits of bacterial isolates obtained from apricot against green fruit rot disease agent *Sclerotinia sclerotiorum*. *Acta Hort.* 1290: 135-142.
- Kara M, Soylu S (2022) Isolation of endophytic bacterial isolates from healthy banana trees and determination of their *in vitro* antagonistic activities against crown rot disease agent *Fusarium verticillioides*. *MKU Tar. Bil. Derg.* 27(1): 36-46.
- Kefalogianni I, Gkizi D, Pappa E, Dulaj L, Tjamos SE, Chatzipavlidis I (2017) Combined use of biocontrol agents and zeolite as a management strategy against *F. oxysporum* f. sp. *melonis* and *V. dahliae* wilt. *Biocontrol* 62: 139-150.
- Khalil MMR, Fierro-Coronado RA, Penuelas-Rubio O, Villa-Lerma AG, Plascencia-Jatomea R, Felix-Gastelum R, Maldonado-Mendoza IE (2021) Rhizospheric bacteria as potential biocontrol agents against *Fusarium* wilt and crown and root rot diseases in tomato. *Saudi J. Biol. Sci.* 28: 7460-7471.
- Kurt S, Baran B, Sarı N, Yetişir H (2002) Physiologic races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* in the Southeastern Anatolia Region of Turkey and varietal reactions to races of the pathogen. *Phytoparasitica* 30(4): 395-402.
- Larkin RP, Hopkins DL, Martin FN (1996) Suppression of *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. *Phytopathology* 86: 812-819.
- Lelliott RA, Stead DE (1987) Methods for the diagnosis of bacterial disease of plants. In: *Methods in Plant Pathology*, (Preece TF, Ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp. 176-177.
- Li LL, Cheng H, Hua J, Yuan HH, Chen XL, Cheng SY (2015) Biological control of postharvest diseases of chestnut fruit by microbial antagonists-endophytic bacteria CE3. *J. Pure Appl. Microbiol.* 9: 57-67.
- Litterick AM, Harrier L, Wallace P, Watson CA, Wood M (2004) The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production- a review. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23: 453-479.
- Magid J, Kjaergaard C (2001) Recovering decomposing plant residues from the particulate soil organic matter fraction: size versus sedimentation separation.

- Biol. Fertil. Soils. 33: 252-257.
- McKellar ME, Nelson EB (2003) Compost-induced suppression of *Pythium* damping-off is mediated by fatty-acid-metabolizing seed-colonizing microbial communities. *Appl. Environ. Microbiol.* 69: 452-460.
- Mendes R, Garbeva P, Raaijmakers JM (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiol. Rev.* 37: 634-663.
- Morales-Ruiz E, Priego-Rivera R, Figueroa-Lopez AM, Cazares-Alvarez JE, Maldonado-Mendoza IE (2021) Biochemical characterization of two chitinases from *Bacillus cereus* sensu lato B25 with antifungal activity against *Fusarium verticillioides* P03. *FEMS Microbiol. Lett.* 368: fnaa218.
- Noble R, Coventry E (2005) Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A Review. *Biol. Sci. Technol.* 15: 3-20.
- Ntougias S, Papadopoulou KK, Zervakis GI, Kavroulakis N, Ehaliotis C (2008) Suppression of soil-borne pathogens of tomato by composts derived from agroindustrial wastes abundant in Mediterranean regions. *Biol. Fertil. Soils* 44: 1081-1090.
- Oztopuz O, Pekin G, Park RD, Eltem R (2018) Isolation and evaluation of new antagonist *Bacillus* strains for the control of pathogenic and mycotoxigenic fungi of fig orchards. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 186: 692-711.
- Pane C, Spaccini R, Piccolo A, Scala F, Bonanomi G (2011) Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biol. Control* 56: 115-124.
- Pascual JA, Hernandez T, Garcia C, De Leij FAAM, Lynch JM (2000) Long-term suppression of *Pythium ultimum* in arid soils using fresh and composted municipal wastes. *Biol. Fert. Soils* 30: 478-484.
- Pugliese M, Liu BP, Gullino ML, Garibaldi A (2011) Microbial enrichment of compost with biological control agents to enhance suppressiveness to four soilborne diseases in greenhouse. *J. Plant Dis. Prot.* 118(2): 45-50.
- Ramarathnam R, Bo S, Chen Y, Fernando WGD, Gao XW, de Kievit T (2007) Molecular and biochemical detection of fengycin- and bacillomycin D-producing *Bacillus* spp., antagonistic to fungal pathogens of canola and wheat. *Canadian J. Microbiol.* 53: 901-911.
- Raviv M (2005) Production of high-quality composts for horticultural purposes a mini-review. *HortTechnol.* 15: 52-57.
- Raviv M, Reuveni R, Zaidman BZ (1998) Improved medium for organic transplant. *Biol. Agric. Hort.* 16: 53-64.
- Reuveni R, Raviv M, Krasnovsky A, Freiman L, Medina S, Bar A, Orion D (2002) Compost induces protection against *Fusarium oxysporum* in sweet basil. *Crop Prot.* 21: 583-587.
- Sadfi N, Cherif M, Hajlaoui MR, Boudabbous A (2002) Biological control of the potato tubers dry rot caused by *Fusarium roseum* var. *sambucinum* under greenhouse, field and storage conditions using *Bacillus* spp. isolates. *J. Phytopathol.* 150: 640-648.
- San-Blas E, Carillo Z, Parra Y (2012) Effect of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria and their exudates on *Moniliophthora roreri*. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 45: 1950-1967.
- Sasser M (1990) Identification of bacteria through fatty acid analyses. In: *Methods in Phytobacteriology*, Klement Z, Rudolph K, Sands DC (Eds.), Academiai Kiado, Budapest, Hungary, pp. 199-204.
- Schreuder W, Lamprecht SC, Holz G (2000) Race determination and vegetative compatibility grouping of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* from South Africa. *Plant Dis.* 84: 231-234.
- Singh N, Raina S, Singh D, Ghosh M, Heflish AIAI (2017) Exploitation of promising native strains of *Bacillus subtilis* with antagonistic properties against fungal pathogens and their PGPR characteristics. *J. Plant Pathol.* 99: 27-35.
- Soran H (1975) Ankara, Edirne, Sakarya illerinde kavun solgunluk hastalığı, fungal etmenlerinin tesbiti, dağılımları, bunlardan *Fusarium* türlerinin tanımı ve patojenisiteleri üzerinde araştırmalar (Doçentlik tezi) Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi (Basılmamış).
- Soylu S, Kara M, Üremiş İ, Kurt Ş, Soylu EM, Uysal A (2018) Determination of plant growth promoting traits of bacterial endophytes isolated and identified from invasive plant water hyacinth *Eichhornia crassipes* in Orontes river of Turkey. 1. International Mediterranean Symposium, 01-03 November 2018, Mersin/Turkey. 4: 65-78.
- Soylu EM, Soylu S, Kara M, Kurt Ş (2020) Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *KSU Tar. Doğa Derg.* 23: 7-18.
- Soylu S, Kara M, Uysal A, Kurt Ş, Soylu EM (2021) Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Zemdirbyste-Agriculture* 108: 303-312.

- Soylu S, Kara M, Soylu EM, Uysal A, Kurt Ş (2022) *Geotrichum citri-aurantii*'nin sebep olduğu turuncğil ekşi çürüklük hastalığının biyolojik mücadelesinde endofit bakterilerin biyokontrol potansiyellerinin belirlenmesi. Tekirdağ Zir. Fak. Derg. 19: 177-191.
- Suarez-Estrella F, Arcos-Nievas MA, Lopez MJ, Vargas-Garcia MC, Moreno J (2013) Biological control of plant pathogens by microorganisms isolated from agro-industrial composts. Biol. Control. 67: 509-515.
- Suarez-Estrella F, Elorrieta MA, Vargas-Garcia MC, Lopez MJ, Moreno J (2001) Selective isolation of antagonist micro-organisms of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens. IOBC WPRS Bullet. 24(3): 109-112.
- Suarez-Estrella F, Vargas-Garcia C, Lo'pez MJ, Capel C, Moreno J (2007) Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Crop Prot. 26: 46-53.
- Sülü SM, Bozkurt İA, Soylu S (2016) Bitki Büyüme Düzenleyici ve Biyolojik Mücadele Etmeni Olarak Bakteriyel Endofitler. MKÜ Zir. Fak. Derg. 21: 103-111.
- Tariq M, Khan A, Asif M, Khan F, Ansari T, Shariq M, Siddiqui MA (2020) Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management. Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci. 70: 507-524.
- Termorshuizen AJ, van Rijn E, van der Gaag DJ, Alabouvette C, Chen Y, Lagerlöf J, Malandrakis AA, Paplomatas EJ, Rämert B, Ryckeboer J, Steinberg C, Zmora-Nahum S (2006) Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. Soil Biol. Biochem. 38: 2461-2477.
- Tuiter G, Szeech M, Bollen GJ (1998) Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. Phytopathology 88: 764-763.
- Weller DM, Raaajmakers JM, McSpadden Gardener BB, Thomashow LS (2002) Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 40: 309-348.
- Workneh F, Bruggen V, Drinkwater AHC, Sherman LEC (1993) Variables associated with a reduction in corky root and Phytophthora root rot of tomatoes in organic compared to conventional farms. Phytopathology 83: 581-589.
- Yazıcı Y, Aydın F, Tosun I, Kaklıkkaya N, Çaylan R, Köksal I (2004) Klinik örneklerden izole edilen *Enterobacter* suşlarının çeşitli antibiyotiklere direnç oranları. Türk. Mikrobiyal Cem. Derg. 34: 29-32.
- Yıldız M (1977) Ege Bölgesinde kavun solgunluk etmeninin patojenisitesi, ırkları ve yerli çeşitlerin dayanıklılıklarının saptanması üzerinde araştırmalar (Doçentlik Tezi), E.Ü. Ziraat Fakültesi, Fitopatoloji ve Zirai Botanik Kürsüsü (Basılmamış).
- Yogev A, Raviv M, Hadar Y, Cohen R, Wolf S, Gil L, Katan J (2010) Induced resistance as a putative component of compost suppressiveness. Biol. Control. 54: 46-51.
- Yu X, Chengxiang A, Li X, Guangfang Z (2011) The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on *Fusarium* wilt and promotes the growth of pepper. Eur. J. Soil Biol. 47: 138-145.
- Yücel S, Elekcioglu İH, Can C, Sogut MA, Ozarslandan A (2007) Alternative treatments to methyl bromide in Eastern Mediterranean Region of Turkey. Turk. J. Agric. For. 31: 47-53.
- Yücel S, Pala H, Sarı N, Abak K (1994) Determination of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* races in the East Mediterranean Region of Türkiye and response of some melon genotypes to the disease. 9<sup>th</sup> Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Kuşadası-Türkiye. pp: 87-89.
- Zhao Q, Dong C, Yang X, Mei X, Ran W, Shen Q, Xu Y (2011) Biocontrol of *Fusarium* wilt disease for *Cucumis melo* melon using bio-organic fertilizer. Appl. Soil Ecol. 47: 67-75.
- Zitter TA, Hopkins DL, Thomas CE (1996) Compendium of cucurbit diseases. APS Press, St. Paul.