

Yerel *Beauveria bassiana* ve *Cordyceps fumosorosea* Entomopatojen Fungusların Farklı Sıcaklıklarda Elma Karaleke Hastalığı Etmeni *Venturia inaequalis*'e Karşı *In Vitro* Koşullarda Etkileri

Osman ONAT¹, Nuran KARATAĞI¹, Mehmet Sedat SEVİNÇ^{*1}

¹TAGEM/Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir, Türkiye

*mehmetsedat.sevinc@tarimorman.gov.tr (Sorumlu yazar)

Özet

Beauveria bassiana ve *Cordyceps fumosorosea* uzun yıllardır eklembacaklıların biyolojik mücadelesinde etkili şekilde kullanılmaktadır. Son çalışmalar bitki patojenleri üzerinde de antagonistik etkileri sebebiyle kullanılma potansiyeli taşıdıklarını rapor etmektedir. Bu çalışmada; *B. bassiana* ve *C. fumosorosea*'nın, elma karaleke hastalığı etmeni *Venturia inaequalis* üzerinde, 20°C, 24°C ve 28°C sıcaklık koşullarında antagonistik etkileri araştırılmıştır. *In vitro* koşullarda *V. inaequalis*, sadece 20°C sıcaklıkta gelişim göstermiş, kontrol grubunda denemeden sonra 1 hafta arayla, 0.00±0.00, 2.40±2.633 ve 5.70±4.855 cm² gelişim kaydedilmiştir. *B. bassiana* ve *C. fumosorosea* ile yapılan ikili kültürlerde ise ilk haftadan itibaren *V. inaequalis* gelişimi kaydedilmemiştir. Bu sebeple her iki entomopatojen fungus türü için engelleme oranı %100 olarak tespit edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre entomopatojen fungus türlerinin de, *V. inaequalis* varlığı olup olmama durumuna ve farklı sıcaklıklara göre gelişim miktarlarının istatistiksel olarak değişiklik gösterdiği kaydedilmiştir. *B. bassiana* ve *C. fumosorosea*'nın *V. inaequalis* mücadelesinde antagonistik etkilerinden faydalanılabileceği ve çalışmaların derinleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elma karalekesi, entomopatojen fungus, engelleme oranı.

The Effects of Local *Beauveria bassiana* and *Cordyceps fumosorosea* Isolates on *Venturia inaequalis* at Different Temperatures in *In vitro* Conditions

Abstract

Beauveria bassiana and *Cordyceps fumosorosea* have effectively been used in the biological control of arthropods for many years. Recent studies reported that they had the potential to be used due to their antagonistic effects on plant pathogens. In this study, the antagonistic effects of *B. bassiana* and *C. fumosorosea* on *Venturia inaequalis*, the agent of apple scab disease, were investigated at 20°C, 24°C and 28°C temperature conditions. Under *in vitro* conditions, *V. inaequalis* showed growth only at 20°C, and in the control group, 0.00±0.00, 2.40±2.633 and 5.70±4.855 cm² radial growth was recorded at one week intervals. However in the dual cultures with *B. bassiana* and *C. fumosorosea*, no growth of *V. inaequalis* was recorded from the first week onwards. For this reason, the inhibition rates were determined as 100% for both entomopathogenic fungus species. According to the experiment results, it was recorded that the growth of entomopathogenic fungus species also showed statistical changes according to the presence or absence of *V. inaequalis* and differing temperatures. It is thought that the antagonistic effects of *B. bassiana* and *C. fumosorosea* can be used in the management of *V. inaequalis* and that studies should be deepened.

Key words: Apple scab, entomopathogenic fungi, inhibition rate.

Giriş

Dünya nüfusu hızla artarken, bu nüfusun beslenmesine olanak tanyacak olan tarım arazilerinin aynı oranda artmıyor olması, birim alandan daha yüksek verim ve kalite elde edilebilmesi için, yeni çalışmalara yol açmıştır. Besleyicilik özelliği bakımından önemli meyveler arasına giren elmanın (Tangüler vd., 2021) yoğun üretildiği, Isparta ili Eğirdir ilçesi'nde (Öztürk vd., 2018) üretimde verim ve kalite artışının sağlanması (Demircan ve Yılmaz, 2005) için pek çok zararlı türü (Karaca vd., 2010; Sevinç vd., 2023b; Sevinç ve Karaca, 2024a; Sevinç ve Karaca, 2024b; Yeşilirmak ve Ay, 2023; Yeşilirmak vd., 2024a) ve hastalıkla (Karaca vd., 2010) mücadele etmek zorunlu hale gelmiştir. Elma yetiştiriciliği özellikle Elma İçkurdu *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) (Sevinç vd., 2023b) ve Karaleke hastalığı etmeni *Venturia inaequalis* (Özdoğan ve Kılıç, 2009;

Kaymak ve Boyraz, 2015; Arıcı ve Demirekin, 2019) tarafından önemli ölçüde baskı altındadır. Isparta Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nün; 2022, 2023 ve 2024 yılları ilan verilerine (Anonim, 2024) göre; erken uyarı sisteminden Elma içkurdu için sırasıyla 9, 10 ve 9 kez, Elma Karalekesi ile kimyasal mücadele için ise sırasıyla; 10, 13 ve 6 kez ilan verilmiş olması (Çizelge 1, 2), bölgede yoğun pestisit kullanıldığı anlamına gelmektedir. Yoğun ve bilinçsiz pestisit kullanımının pek çok zararlı (Yorulmaz vd., 2010; Salman vd., 2014; Çağatay vd., 2015) ve hastalık etmeninde (Kaymak ve Boyraz, 2015) dirençli popülasyonların gelişimine neden olmasıyla birlikte, kimyasal kullanımına çeşitli kısıtlamaların getirilmesi ve zaman içerisinde kullanımlarının sonlandırılması sebebiyle alternatif mücadele yöntemlerinin önemi artmıştır (Hanedar vd., 2023)

Çizelge 1. 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait erken uyarı sistemi karaleke mücadelesi ilan tarihleri
Table 1. The announcement dates of early warning system of apple scab management for 2022, 2023 and 2024 years

İlan Sayısı	2022	2023	2024
1	08.04.2022	31.03.2023	01.04.2024
2	20.04.2022	07.04.2023	21.04.2024
3	01.05.2022	13.04.2023	02.05.2024
4	12.05.2022	24.04.2023	13.05.2024
5	16.05.2022	30.04.2023	24.05.2024
6	20.05.2022	08.05.2023	31.05.2024
7	28.05.2022	13.05.2023	
8	06.06.2022	20.05.2023	
9	10.06.2022	26.05.2023	
10	17.06.2022	01.06.2023	
11		06.06.2023	
12		12.06.2023	
13		20.06.2023	

Çizelge 2. 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait erken uyarı sistemi elma içkürdü mücadelesi ilan tarihleri
Table 2. The announcement dates of Early warning system of Codling moth management for 2022, 2023 and 2024 years

İlan Sayısı	2022	2023	2024
1	06.05.2022	13.05.2023	26.04.2024
2	20.05.2022	26.05.2023	08.05.2024
3	03.06.2022	01.06.2023	13.05.2024
4	10.06.2022	12.06.2023	24.05.2024
5	17.06.2022	20.06.2023	31.05.2024
6	04.07.2022	07.07.2023	14.06.2024
7	18.07.2022	20.07.2023	27.06.2024
8	01.08.2022	02.08.2023	10.07.2024
9	15.08.2022	16.08.2023	09.08.2024
10		29.08.2023	

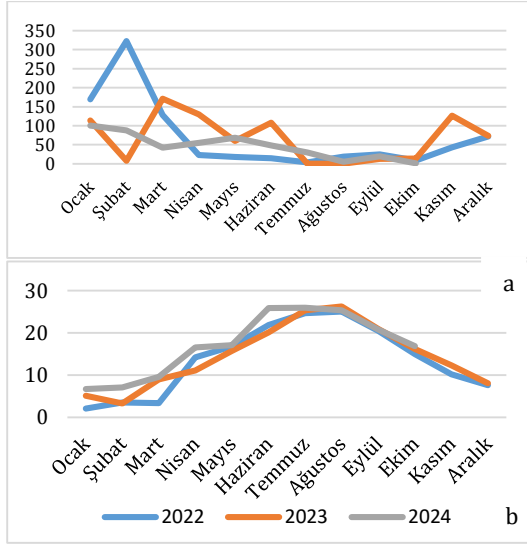
Son yıllarda bölgede varlığını gösteren çeşitli hastalık (Ozkaya ve Onat, 2019) ve zararlılarla (Sevinç vd., 2023a; Sevinç vd., 2023b; Yeşilirmak vd., 2024a; Sevinç vd., 2024a; Sevinç ve Karaca, 2024b) mücadele kapsamında direncin önüne geçmek için birbirinden farklı alternatif mücadele yöntemlerinin araştırıldığı ve uygulanma potansiyeli taşıdığı görülmektedir. Bu zararlı ve hastalıklar arasında elma üretiminde bölgede daha önce Elma içkürdü için; popülasyon takipleri (Birgücü ve Bayındır Erol, 2021; Sevinç vd., 2023b), farklı elma çeşitlerindeki zarar oranları (İşci, 2008), bazı insektisitlere karşı direnç oluşumu (İşci ve Ay, 2017; Yeşilirmak vd., 2024b), çiftleşme engelleyici feromon yayıcıların etkisi (İşci vd., 2011; Sevinç vd., 2023b) konuları araştırılmıştır. *C. pomonella* ile alternatif mücadele olanaklarında entomopatojen fungus (EPF) kullanımı da son yıllarda araştırılmış, özellikle *B. bassiana*'nın *C. pomonella*'nın çıkışını büyük oranda engellediği ve *C. pomonella* mücadelesinde önemli ölçüde kullanılma potansiyeli taşıdığı rapor edilmiştir (Ahmad vd., 2024). Elma Karaleke etmeni *V. inaequalis*, ile ilgili çalışmalarda ise; farklı

bölgelerden elde edilen izolatlarının patojenitesi (Kaymak ve Boyraz, 2015), moleküler karakterizasyonu (Kaymak, 2012), bölgede farklı sıcaklık ve pH koşullarında fungusit etkileşimleri (Arıcı ve Demirekin, 2019), ve bazı biyolojik preparatların etkileri (Çaltılı ve Arıcı, 2018) incelenmiştir.

Bölgede yetiştirilen elma çeşitleri karalekeye oldukça hassas çeşitlerdir. Bölge düzenli yağış almakta ve karaleke için uygun şartların tamamını barındırmaktadır (Kaymak ve Boyraz, 2015). Genellikle bordo bulamacı ile gözler kabarmadan başlayan mücadele, erken uyarı sisteminden gelen bilgiye dayalı olarak, Nisan ayından yaklaşık Haziran ayının ortalarına kadar sentetik fungusitlerle devam etmektedir. Benzer şekilde *C. pomonella*'nın uçurları da Nisan sonu, Mayıs ayı başında başlamakla birlikte sezon boyu farklı döllerine karşı ilaçlama yapmak amacıyla erken uyarı sisteminden alınan uyarılar dikkate alınarak sentetik kimyasallarla pestisit uygulaması yapılmaktadır. Durum böyle iken, her iki etmenin mücadelesi; Mayıs ayı boyunca ve Haziran ayı ortalarına kadar paralel ilerlemektedir (Çizelge 1, 2). Sürdürülebilir mücadele kapsamında özellikle tarımsal zararlılar için kullanma potansiyeli bulunan entomopatojen fungusların (Arıcı vd., 2010; Bayındır Erol vd., 2024), *C. pomonella* mücadelesinde de kullanımı hedeflendiğinde, elma karalekesi mücadelesi için kullanılan fungusitlerin EPF üzerindeki olumsuz etkilerinin (Erdoğan ve Sağlan, 2023) bilinmesi gerekmektedir. Bunun için sentetik kimyasal kullanılmayan bahçelerde hem *C. pomonella* mücadelesinde kullanılabilir, hem de karaleke gibi fungal hastalıklara karşı etkili olabilecek EPF izolatlarına şans vermek iyi bir seçenek olabilir.

EPF'ların pek çok bitki patojenine karşı antagonistik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Askary vd., 1998; Benhamou ve Brodeur, 2001; Sheroze vd., 2003; Koike vd., 2004). Daha önce yapılan bir çalışmada *in vitro* koşullarda *V. inaequalis*' in *B. bassiana* tarafından baskılandığı ifade edilmektedir (Kutalmış vd., 2023). Bu *in vitro* çalışma 28°C de gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, karaleke enfeksiyonlarının, yıllar bazında ilk ilan tarihleri ve sıcaklık ortalamaları karşılaştırıldığında çok daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 1 ve Şekil 1b). *V. inaequalis* enfeksiyonlarının gerçekleştiği süreçte Nisan-Haziran ayları arasında sıcaklık dalgalanmaları söz konudur (Şekil 1). Bu nedenle EPF ve *V. inaequalis* ile yapılacak çalışmalarda farklı sıcaklıkların, hem EPF ve *Venturia* izolatlarının gelişimi, hem de birbirleri ile antagonistik etkileşimlerinin incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca *V. inaequalis*, yaprak ıslaklığından ve nemden doğrudan etkilenmektedir. Haziran ayı içerisinde gerçekleşen enfeksiyonlarda yağış oranlarının azaldığı (Şekil 1,

2) göz önünde bulundurulursa mücadelede kullanılacak biyolojik etmenin daha düşük nem koşullarında da etkinliğini sürdürebilen izolatlardan seçilmiş olması önem arz etmektedir (Sevinç vd., 2024b). Bununla birlikte daha önce *C. fumosorosea* ve *V. inaequalis* etkileşimlerini inceleyen bir çalışma ile karşılaşılmamıştır.



Şekil 1. a- Eğirdir ilçesi, 2022, 2023 ve 2024 yıllarında aylara göre toplam yağış miktarları (mm³) b- Eğirdir ilçesi, 2022, 2023 ve 2024 yıllarında aylara göre ortalama sıcaklık değerleri (°C).
Figure 1. a- Eğirdir district, total precipitation amounts (mm³) by months in 2022, 2023 and 2024. b- Eğirdir district, average temperature values (°C) by months in 2022, 2023 and 2024 years.

Bu çalışmada yerel olarak izole edilen *B. bassiana* ve *C. fumosorosea* türü entomopatojen fungusların, elma bahçelerinde önemli bir hastalık etmeni olan *V. inaequalis* ile *in vitro* koşullarda 3 farklı sıcaklıkta birbirleriyle etkileşimlerini incelemek amaçlanmıştır.

Materiyal ve Yöntem

Çalışmada; 2023 yılında topraktan izole edilerek tanıları yapılmış ve ön patojenite testleri sonucunda ümitvar olduğu anlaşılan, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Koleksiyonunda muhafaza edilen *Beauveria bassiana* ve *Cordyceps fumosorosea* türüne ait izolatlar ile yine aynı yıl elma bahçelerinden izole edilen ve yapay inokülasyon ile elma fidanları üzerinde virülenliğinin devam ettiği tespit edilen, *Venturia inaequalis* türüne ait izolat kullanılmış, farklı sıcaklık ayarlamaları yapılan, %60±5 nem ve 16:8 saat (aydınlık:karanlık) koşullara sahip iklim odalarından faydalanılmıştır.

Venturia inaequalis ve EPF (*Beauveria bassiana* ve *Cordyceps fumosorosea*) izolatlarının çoğaltımı

Çalışmalar Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Fitopatoloji laboratuvarındaki steril kabinlerde yürütülmüştür. Stok kültürlerden morfolojik tanısı yapılmış olan *Beauveria bassiana*, *Cordyceps fumosorosea* ve *Venturia inaequalis* izolatları, Patates Dekstroz Agar (PDA) besi yerinde kültüre alınmıştır. PDA saf su ile hazırlanıp 500 ml'lik cam erlenmayer'e konularak otoklavda 121°C'de 20 dakikada steril edilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan steril edilmiş PDA yeni fungus kültürü oluşturulmak üzere Petri kaplarına (9 cm) dökülmüştür. Saf kültürlerden entomopatojen fungus ve *V. inaequalis* sporları alınarak 12-15 ml besi yeri içeren Petri kaplarına yayılarak aseptik koşullarda taze kültür oluşturulmuştur. Petri kapları 20-25°C'de %75 nem ortamında karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır.

Venturia inaequalis ve EPF izolatlarının *in vitro* koşullarda büyüme oranları ve birbirleri üzerindeki antagonistik etkilerinin belirlenmesi

Entomopatojen fungus izolatlarının *in vitro* koşullarda antagonistik etkilerini gözlemek için ikili kültür yöntemi kullanılmıştır. Bunun için aktif olarak büyüyen *V. inaequalis* kültüründen 5 mm'lik misel diski alınarak 90 mm PDA ortamının kenarından 1 cm uzağa yerleştirilmiştir. Aktif olarak büyüyen EPF izolatlarından da aynı büyüklükte diskler alınarak karşı taraftan 1 cm uzağa yerleştirilmiştir. Bu petri kapları daha sonra 20°C, 24°C ve 28°C'ye %60±5 nem, 16:8 saat (aydınlık:karanlık) olmak üzere 3 farklı sıcaklığa ayarlanmış iklim odalarına bırakılmıştır. Kontrol grubu ise; *V. inaequalis*, *B. bassiana* ve *C. fumosorosea* diskleri petri kaplarına yerleştirilmek suretiyle ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Denemede kullanılan fungus türlerinin tek başına veya EPF+*V. inaequalis* etkileşiminin fungus izolatlarındaki büyümeyi etkileyip etkilemediğini anlamak üzere fungusların kapladığı yüzey alanı 7, 14 ve 21 gün sonunda hesaplanmıştır. Alan hesaplamaları için hem kontrol grubunda hem de ikili kültürlerdeki fungusların alanı cetvel yardımıyla yarıçap uzunlukları ölçümleri üzerinden hesaplanmış, kontrol grubundaki alanlarla kıyaslanmak üzere kayıt altına alınmıştır.

İkinci aşama olarak; birbirleri üzerinde antagonistik etkiyi görmek amacıyla engelleme oranları hesaplanmıştır. 7, 14 ve 21 gün sonunda elde edilen koloni yarıçapları ile engelleme oranlarının tespiti için; Royse ve Ries, 1977' in bildirdiği formül kullanılmıştır.

$$\left(\frac{R_1 (\text{Kontrol Grubu Koloni Yarıçapı}) - R_2 (\text{Test Grubu Koloni Yarıçapı})}{R_1 (\text{Kontrol Grubu Koloni Yarıçapı})} \right) \times 100$$

Deneme verilerinin değerlendirilmesi

Deneme sonucunda 3 hafta boyunca elde edilen misel gelişme alanlarının (cm²) ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ($P<0.05$). İstatistiksel analizler SPSS version 23.0 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir (IBM Corp., 2010).

Bulgular ve Tartışma***Beauveria bassiana*, *Cordyceps fumosorosea* ve *Venturia inaequalis*' in farklı sıcaklarda haftalık gelişimleri ve EPF'ların *V. inaequalis*'i engelleme oranları**

B. bassiana, *C. fumosorosea* ve *V. inaequalis*' in haftalık gelişme oranları Çizelge 3, 4, ve 5'te gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre; *V. inaequalis* üç hafta boyunca yapılan takiplerde sadece 20°C 'de

bulunan kontrol gruplarında gelişim göstermiştir (Şekil 3). Fakat ikili kültürlerde, patojen *B. bassiana* ve *C. fumosorosea* baskısı altında iken ilk haftadan itibaren gelişmemiştir. *V. inaequalis* disklerinin üzeri *B. bassiana* ve *C. fumosorosea* miselleri ile tamamen kaplanmıştır (Şekil 4,6,7). 24°C ve 28°C'de *V. inaequalis* 'in kontrol gruplarında da hiç gelişme kaydedilmemiştir (Şekil 5). Kutalmış vd., (2023)' nin 28°C ve karanlık koşullarda PDAY (Patates dekstroza ağar+Maya ekstraktı) besi yeri üzerinde *V. inaequalis*'e karşı antagonistik etkileri incelediği çalışmada en yüksek engelleyici etkiyi %69.3 olarak *B. bassiana* izolatu ile elde ettiği görülmektedir. Sonuçlar arası farklılıkların, denemede kullanılan izolatlar ve besiyeri farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Fungusların farklı sıcaklıklarda bir haftalık koloni alanı (cm²±std sapma)Table 3. The colony area of fungi at different temperatures for one week (cm²±std deviation)

1. Hafta	20 °C	24 °C	28 °C
<i>V. inaequalis</i>	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e
<i>C. fumosorosea</i>	50.59±17.12 a	40.72±17.35 ab	1.18±1.44 e
<i>B. bassiana</i>	42.97±14.35 ab	33.84±18.61 a-c	26.83±16.30 b-d
<i>C. fumosorosea</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	49.82±12.60 a	9.15±18.92 d-e	1.18±1.44 e
<i>B. bassiana</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	32.97±14.56 a-c	16.44±4.78 c-e	38.96±10.94 ab

Tukey çoklu karşılaştırma testine göre farklı harfler istatistiki olarak anlamlıdır ($P<0.05$). F(14.135): 33.039. ($P<0.001$). *ikili kültürlerde *V. inaequalis* gelişimi hiç görülmemesi sebebiyle çizelgede EPF izolatlarının gelişimleri verilmiştir. According to Tukey's multiple comparison test, different letters are statistically significant ($P<0.05$). F(14.135): 33.039. ($P<0.001$). *Since no *V. inaequalis* growth was observed in the dual cultures, the growth of EPF isolates is given in the table.

Çizelge 4. Fungusların farklı sıcaklıklarda 2. hafta koloni alanı (cm²±std sapma)Table 4. The colony area of fungi at different temperatures in the 2nd week (cm²±std deviation)

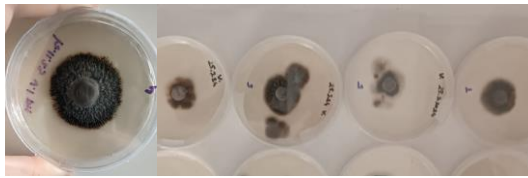
2. Hafta	20 °C	24 °C	28 °C
<i>V. inaequalis</i>	1.88±2.07 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e
<i>C. fumosorosea</i>	58.57±10.08 a	46.67±15.15 c-d	3.45±2.42 e
<i>B. bassiana</i>	44.59±14.49 a-c	26.81±15.06 a-c	29.03±16.40 b-d
<i>C. fumosorosea</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	57.06±8.43 a	13.36±18.30 d-e	3.09±1.80 e
<i>B. bassiana</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	38.08±15.17 bc	27.17±15.52 c-d	41.14±10.93 a-c

Tukey çoklu karşılaştırma testine göre farklı harfler istatistiki olarak anlamlıdır ($P<0.05$). F(14.135): 25.524. ($P<0.001$). *ikili kültürlerde *V. inaequalis* gelişimi hiç görülmemesi sebebiyle çizelgede EPF izolatlarının gelişimleri verilmiştir. According to Tukey's multiple comparison test, different letters are statistically significant ($P<0.05$). F(14.135): 25.524. ($P<0.001$). *Since no *V. inaequalis* growth was observed in the dual cultures, the growth of EPF isolates is given in the table.

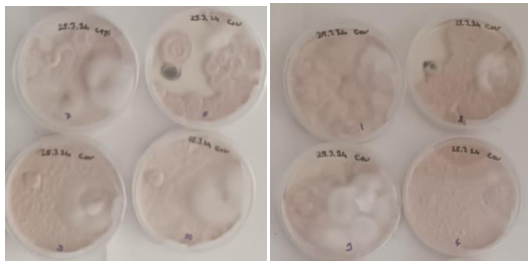
Çizelge 5. Fungusların farklı sıcaklıklarda 3. hafta koloni yarıçapları (cm²±std sapma)Table 5. The colony area of fungi at different temperatures in the 3rd week (cm²±std deviation)

3. Hafta	20 °C	24 °C	28 °C
<i>V. inaequalis</i>	4.48±3.81 fg	0.00±0.00 g	0.00±0.00 g
<i>C. fumosorosea</i>	60.78±5.24 a	47.95±13.72 a-c	5.03±2.76 fg
<i>B. bassiana</i>	45.01±13.61 a-d	30.99±15.53 c-e	31.20±15.34 c-e
<i>C. fumosorosea</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	57.18±8.52 ab	18.43±20.53 ef	4.78±2.27 fg
<i>B. bassiana</i> (+ <i>V. inaequalis</i>)*	38.05±15.19 cd	29.29±14.40 de	42.64±10.34 b-d

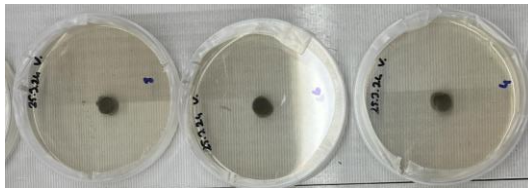
Tukey çoklu karşılaştırma testine göre farklı harfler istatistiki olarak anlamlıdır ($P<0.05$). F(14.135): 34.331. ($P<0.001$). *ikili kültürlerde *V. inaequalis* gelişimi hiç görülmemesi sebebiyle çizelgede EPF izolatlarının gelişimleri verilmiştir. According to Tukey's multiple comparison test, different letters are statistically significant ($P<0.05$). F(14.135): 34.331. ($P<0.001$). *Since no *V. inaequalis* growth was observed in the dual cultures, the growth of EPF isolates is given in the table.



Şekil 3. 20°C' de *V. inaequalis* 3. haftadaki gelişimi
Figure 3. Development of *V. inaequalis* at 20°C in the 3rd week



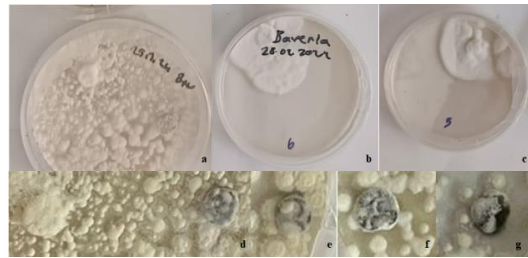
Şekil 4. *V. inaequalis* diskleri üzerinin 3. haftada *Cordyceps fumosorosea* ile kaplanması.
Figure 4. Covering the *V. inaequalis* discs with *Cordyceps fumosorosea* in the 3rd week.



Şekil 5. 28°C sıcaklıkta iklim odalarında 3. haftada *V. inaequalis* diskleri.
Figure 5. *V. inaequalis* discs in climate chambers at 28°C at 3rd week.



Şekil 6. 20°C ikili kültür çalışmalarında *V. inaequalis* diskinin petri altından görüntüsü (sol) ve petri üzerinden görüntüsü (sağ).
Figure 6. *V. inaequalis* disc image from the bottom of the petri dish (left) and image from the top of the petri dish (right) in 20°C dual culture studies.



Şekil 7. *Beauveria bassiana* ve *Venturia inaequalis* ikili kültürlerin 3. haftada bir arada gelişimi (a ve d), *Beauveria bassiana*'nın ilk haftada tek tür olarak koloni gelişmesi (b ve c), farklı petri kaplarında *V. inaequalis* diskleri üzerinde *B. bassiana*'nın 3. haftada koloni şekli (e, f, g).

Figure 7. Development of *Beauveria bassiana* and *Venturia inaequalis* dual cultures together at third week (a and d), colony development of *Beauveria bassiana* as a single species at first week (b and c), colony formation of *B. bassiana* on *V. inaequalis* discs in different petri dishes at third week (e, f, g).

Bu sonuçlara göre 20°C sıcaklıkta en yüksek gelişme hızına sahip olan tür *C. fumosorosea* olarak tespit edilmiştir. Fakat sıcaklık yükseldikçe bu türde gelişimin yavaşladığı görülmüştür. Ayrıca *V. inaequalis* ile antagonistik etkileşimin araştırıldığı ikili kültürlerde *C. fumosorosea*'nın olumsuz etkilenmediği, ilk haftadan itibaren *V. inaequalis* üzerinde *in vitro* koşullardaki antagonistik etkisinin güçlü olduğu görülmektedir (Şekil 6). *B. bassiana* izolatının da benzer sonuçlar gösterdiği görülmektedir (Şekil 7). Fakat *V. inaequalis* bu EPF ile olan ikili kültürlerde de gelişim göstermemesine rağmen, *B. bassiana* gelişimini olumsuz etkilediği istatistik olarak ortaya çıkan farklılıklardan anlaşılabilir. Bu konuda araştırmaların derinleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bununla birlikte sıcaklık artışı *C. fumosorosea* kadar olmasa da *B. bassiana* gelişimini de istatistik olarak önemli derecede azaltmıştır (Çizelge 3-4-5). 20°C'de inkübasyona bırakılan ikili kültürlerde 3. hafta verileri üzerinden engelleme oranları hesaplandığında her iki tür EPF izolatının da patojenin gelişimi üzerindeki engelleyici etkileri %100 olarak hesaplanmıştır. *V. inaequalis* ile diğer endofitik fungusların antagonistik aktivitelerinin 20°C koşullarda yürütülen bir çalışmada uçucu organik bileşiklerinin ve medya geçirgen metabolitlerinin (media-permeable metabolites) önemli derecede patojene karşı engelleyici olduğu, fideler üzerinde yürüttükleri sera çalışmalarında ise %100'e varan oranlarda koruma sağladığı rapor edilmiştir (Ebrahimi vd., 2022). Afandhi vd. (2012), koloninin yüzeyi ve yüksekliği göz önünde bulundurularak *B. bassiana*'nın fenotipik morfolojisini ve habitatını karakterize etmiş ve düz koloni yüzeyi gösteren izolatların topraktan elde

edildiğini, eğimli yüzey gösteren kolonilerin böceklerle karşı yüksek virülenslik sergilediği, kabarık yüzey gösterenlerin ise endofitik özelliğe sahip olup bitkileri kolonize etme yeteneğine sahip olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda *B. bassiana* izolatinın topraktan tuzak böcek ile çekilmesine (Sevinç vd., 2024b) ve böcekler üzerinde yüksek virülenslik göstermesine rağmen ortamda *V. inaequalis* mevcudiyetinin koloni şekillenmesinde etkili olabileceği ve kontrole göre farklı koloni gelişimi olduğu görülmektedir (Şekil 7a-g). *B. bassiana* ile farklı hastalık etmenleri ile yapılan sonuçlar izolatlara göre engelleme etkisi farklılıklar göstermesine rağmen, ortaya çıkan etkinin selüloz enziminin Oomycetlerde hücre duvarını yıkması, *B. bassiana*'nın patojene oranla daha küçük yapıdaki hifleri ile *Pythium* üzerinde mikoparazitizm şeklinde rekabet ettiği (Deb ve Dutta, 2021), fungal miselyumların lizisini indükleyerek *P. ultimum* ve *P. debaryanum*'a karşı antagonistizm gösterdiği (Vesely ve Koubou, 1994), bir başka çalışmada ise bu etkinin uçucu organik bileşikler olan bassinin ve tellinin'den kaynaklanabileceği, toplam ATP az aktivitesini inhibe ederek hücre lizis sürecini sekteye uğratması kaynaklı olabileceği rapor edilmiştir (Basyouni vd., 1968). Ayrıca, *Beauveria bassiana*'nın belirli suşları, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal bileşik olan beauverisin üretir (Ownley vd. 2008; 2010). Bu antimikrobiyal mikotoksinin aynı zamanda *Isaria*, *Paecilomyces*, *Fusarium* izolatları da dahil olmak üzere diğer entomopatojenler tarafından da üretildiği bilinmektedir (Wang ve Xu, 2012). Benzer etkileme şekilleriyle yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar, obligat türlerden olan külemeler üzerinde, *Cordyceps fumosorosea* (önceden: *Isaria fumosorosea*- *Paecilomyces fumosoroseus*) *in vitro* koşullarda başarı elde edilebileceğini, fakat arazi koşulları için daha detaylı teknik ve çalışmalar gerektiğini vurgulamaktadır (Kavková ve Čurn, 2005; Szentiványi vd., 2006) *Cordyceps fumosorosea*'nın 15 °C ile 30 °C arasındaki sıcaklıklarda geliştiği ve çoğaldığı, koloni büyümesinde optimum sıcaklığın 23 °C ile 25 °C arasında olduğu, konidial çimlenme ve miselyal gelişimin 25 °C'nin üzerinde azaldığı ve 32 °C'nin üzerinde durduğu ifade edilmiş (Vidal vd., 1997), bu sonuç çalışma sonuçlarında da görülmektedir (Çizelge 3-4-5). *V. inaequalis*'in etkili olduğu sıcaklık aralığında etkili gözükken *C. fumosorosea* 'nın arazi etkinliğinin *in vivo* koşullarda da görülmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sonuç

Cordyceps fumosorosea ve *Beauveria bassiana* türü funguslar uzun zamandır zararlılarla savaşta biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmaktadır (Villaseñor vd., 2019). Bununla birlikte son yıllarda bazı hastalıklar üzerinde de antagonistik etkilerinin

olduğu ve bitkinin genel sağlığına da katkıda bulduklarını rapor eden çalışmalarla karşılaşılmaktadır. Denemede kullanılan entomopatojen fungus türleri morfolojik özelliklerine göre *Cordyceps fumosorosea* ve *Beauveria bassiana* türleri ile benzerlik gösterdiği fakat teşhislerin moleküler yöntemlerle de desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Genellikle, antagonistik çalışmalarda hedef patojen ve potansiyel antagonistik mikroorganizma arasında 'keskin kenarlı net bir engelleme bölgesi' görüleceği, fakat hedef patojenin hızla gelişmesi sonucunda 'bulanık kenarlı daha zayıf bir bölge' oluşacağı ifade edilirken, görünür bir engelleme bölgesinin olmaması, antagonistik etkiye sahip olduğu düşünülen mikroorganizmanın patojen mikroorganizma üzerinde antagonistik bir etkiye sahip olmadığı anlamına gelmediği, bunun patojen etmeninin yavaş gelişmesinden kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır (Sipiczki, 2023). Çalışma sonuçlarında da görüldüğü gibi, *V. inaequalis*'in *in vitro* koşullarda büyüme hızı oldukça yavaş olmakta ve EPF türlerinin hızlı gelişimleri sonucu karaleke etmeninde henüz miselyal gelişim görülmeden üzerleri EPF miselleri ile kaplanmaktadır. Bu sebeple antagonistik etkiyi anlamak *in vitro* koşullarda güç olmaktadır. Yine de çalışma sonucunda elde edilen bulguların *Beauveria bassiana* ile yapılan önceki çalışmaları destekler nitelikte olduğu, *Cordyceps fumosorosea* ile birlikte ileride yapılacak arazi çalışmaları için önemli bir potansiyele sahip oldukları söylenebilir.

Hastalık ve zararlılarla mücadele edilirken, her biri için ayrı ayrı uygulanan mücadele yöntemlerinin birbirini olumsuz etkilememesi amacıyla, mücadelede ortak preparat kullanım olasılıklarının araştırılmasının, sürdürülebilir mücadele yönetimi açısından önemli olacağı ve çalışmada kullanılan EPF izolatlarının sonraki çalışmalarda materyal olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmaya katkılarından dolayı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne, çalışma verilerinin istatistiki değerlendirmelerinde sundukları katkılarından dolayı Dr. Mustafa Murat YEŞİLİRMAK' a teşekkür ederler.

Kaynaklar

Afandhi A, Syamsidi SRC, Mimbar SM, Wiroatmodjo B, 2012. Isolation and phenotypic characterization of morphology in fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin colony naturally from leaf surface, soil and insect as host in tomato plantation. *Agrivita* 34(3): 303-310.

- Ahmad T, Hassan S, Stephan D, 2024. Efficacy of entomopathogenic fungi against codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). New Zealand Journal of Botany 1-16.
- Anonim, 2024. İnternet erişim adresi: <https://isparta.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?Liste=Duyuru>
Son erişim tarihi: 30.10.2024
- Arıcı E, Demirekin H, 2019. Elma Karaleke Hastalığı (*Venturia Inaequalis* (Cke) Wint.)'na Karşı Bazı Fungisitlerin Farklı pH ve Sıcaklıkta Etkinliklerinin Belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi 14(2): 241-252.
- Arıcı ŞE, Sevinç MS, Karaca İ, Demirözer O, 2010. Determination of Biological Effect of Entomopathogen Fungus on *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). Second International Symposium on Sustainable Development, June 8-9, Sarejevo, Bosnia and Herzegovina, pp:19-22.
- Askary H, Carriere Y, Belanger RR, Brodeur J, 1998. Pathogenicity of the fungus *Verticillium lecanii* to aphids and powdery mildew. Biocontrol Science and Technology 8 (1): 23-32.
- Bayındır Erol A, Erdoğan O, Sevinç MS, 2024. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Isolates on Dried Fruit Moth (*Plodia interpunctella* [Lepidoptera: pyralidae]). Black Sea Journal of Agriculture 7 (1): 77-81.
- Benhamou N, Brodeur J, 2001. Pre-inoculation of Ri T-DNA transformed cucumber roots with the mycoparasite, *Verticillium lecanii*, induces host defense reactions against *Pythium ultimum* infection. Physiological and Molecular Plant Pathology 58 (3): 133- 146.
- Basyouni SHE, Brewer D, Vining LC, 1968. Pigments of the genus *Beauveria*. Can J Bot 46:441.
- Birgücü AK, Bayındır Erol A, 2021. Isparta ili elma bahçelerinde *Cydia pomonella* (L.)(Lepidoptera: Tortricidae)'nın larva popülasyonunun ve vuruklu meyve oranının belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 8(2): 453-462.
- Çağatay NS, Salman SY, Yaman Y, Ay R, 2015. Abamectin, chlorpyrifos ethyl and bifenthrin resistance in *Panonychus ulmi* Koch.(Acari: Tetranychidae) populations collected from apple orchards in Isparta. Türkiye Entomoloji Bülteni 4(4): 203-209.
- Çaltılı O, Arıcı ŞE, 2018. The Determination of the Efficacy of Some Microbial Preparations against Apple Scab Disease (*Venturia inaequalis* (CKE) Wint.) in Isparta. Black Sea Journal of Agriculture 1(1): 6-10.
- Deb L, Dutta P, 2021. Antagonistic potential of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin against *Pythium myriotylum* causing damping off of tomato. Indian Phytopathology 74: 715-728. <https://doi.org/10.1007/s42360-021-00372-w>
- Demircan V, Yılmaz H, 2005. Isparta İli elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. Ekoloji 14(57): 15-25.
- Ebrahimi L, Hatami Rad S, Etebarian HR, 2022. Apple endophytic fungi and their antagonism against apple scab disease. Frontiers in Microbiology 13: 1024001.
- Erdoğan O, Sağlan Z, 2023. In Vitro Compatibility of Entomopathogenic Fungi *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuill. with Different Fungicides. Black Sea Journal of Agriculture 6(4): 416-421.
- Hanedar A, Tanık A, Girgin E, 2023. Yeşil Mutabakat Kapsamında Pestisit Yönetimi ve Türkiye. Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik 24(2): 87-96.
- IBM Corp. 2010. SPSS Statistics for Windows. IBM Corp, Armonk, NY.
- İşçi M, Ay R, 2017. Determination of resistance and resistance mechanisms to thiacloprid in *Cydia pomonella* L.(Lepidoptera: Tortricidae) populations collected from apple orchards in Isparta Province, Turkey. Crop Protection 91: 82-88.
- İşçi M, 2008. Elma içkurdu [*Cydia pomonella* (L.) Lep.: Tortricidae]'nın farklı elma çeşitlerindeki zarar oranlarının belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96 s.
- İşçi M, Kaymak S, Şenyurt H, Öztürk Y, Atasay A, Pektaş M, Özongun Ş, 2011. Eğirdir (Isparta) koşullarında Elma içkurdu [*Cydia pomonella* (L.) Lepidoptera: Tortricidae] mücadelesinde çiftleşmeyi engelleme yönteminin insektisitlerle kombine uygulanması üzerine bir araştırma. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 28-30.
- Karaca G, Karaca I, Yardimci N, Demirözer O, Aslan B, Kilic H C, 2010. Investigations on pests, diseases and present early warning system of apple orchards in Isparta, Turkey. African Journal of Biotechnology 9(6): 834-841.
- Kavková M, Čurn V, 2005. *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as

- a potential mycoparasite on *Sphaerotheca fuliginea* (Ascomycotina: Erysiphales). *Mycopathologia* 159: 53-63.
- Kaymak S, 2012. Elma kara lekesi hastalığı etmeni *Venturia inaequalis* [(Cooke) G. Winter 1875]'in Türkiye izolatlarının moleküler karakterizasyonu ve patojenisitelerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 112 s.
- Kaymak S, Boyraz N, 2015. Farklı Alanlardan Toplanan *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. (Elma Karalekesi) İzolatlarının Patojenisiteleri 1. Bitki Koruma Bülteni 55(1): 1.
- Koike M, Higashio T, Komori A, Akiyama K, Kishimoto N, Masuda E, Sasaki M, Yoshida S, Tani M, Kuramoti K, Sugimoto M, Nagao H, 2004. *Verticillium lecanii* (Lecanicillium spp.) as epiphyte and its application to biological control of arthropod pests and diseases. *IOBC/wprs Bull* 27(8): 41-44.
- Kutalmış A, Terzioğlu Z, Şen RH, Sevim A, 2023. Phylogenetic analysis and biocontrol potential of entomopathogenic fungi against Tropinota (= Epicometis) hirta (Poda)(Coleoptera: Cetoniidae) and the apple scab disease *Venturia inaequalis*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 33(1): 5.
- Landum MC, Felix MR, Alho J, Garcia R, Cabrita MJ, Rei F, Varanda CMR, 2016. Antagonistic activity of fungi of *Olea europaea* L. against *Colletotrichum acutatum*. *Microbiol Res.* 183:100-108.
- Ownley BH, Griffin MR, Klingeman WE, Gwinn KD, Moulton JK, Pereira RM, 2008. *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. *J Invertebr Pathol.* 98:267-270.
- Ownley BH, Gwinn KD, Vega FE, 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. In: Roy HE, Vega FE, Chandler D, Goettel MS, Pell J, Wajnberg E, editors. *The Ecology of Fungal Entomopathogens*. Dordrecht: Springer Netherland, p. 113-128.
- Ozkaya HO, Onat O, 2019. The effects of thyme essential oil on enzyme activities of *Rhizoctonia solani*. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(12): 9560-9567.
- Özgönen H, Kılıç HÇ, 2009. Isparta ili'nde elmalarda sorun olan hasat sonrası hastalıkların ve yaygınlık oranlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (2): 53-60.
- Öztürk FP, Küçükyumuk C, Kaçal E, Yıldız H, 2018. Verim çağındaki elma ağaçlarında yüzey sulama yönteminden damla sulama sistemine geçiş sürecinin ekonomik değerlendirmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21: 102-108.
- Royse D, Ries S, 1977. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathol* 68: 603-607.
- Salman SY, Aydın F, Ay R, 2014. Predator akar *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)'un dört farklı popülasyonunun spiroadiclofen, hexythiazox, etoxazole karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmalarının belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi* 5(2): 81-89.
- Sevinç MS, Karaca İ, 2024a. *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae) Popülasyonunda Ana Yaşımın Biyolojik Parametrelere Etkisi. *Meyve Bilimi* 11(1): 35-42.
- Sevinç MS, Karaca İ, 2024b. Environmental persistence of the conidia of native entomopathogenic fungi and their efficiency on *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). *Turkish Journal of Entomology* 48(3), 327-342. <https://doi.org/10.16970/entoted.1498947>
- Sevinç MS, Yeşilırmak M, Demir B, 2024a. *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) Üzerinde Portakal Yağının Etkisi ve *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) 'nın Farklı Dozlara Yönelimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28(2): 154-160. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1454956>
- Sevinç MS, Karatağ N, Altındal M, 2024b. Düşük Nem Koşullarına Adapte Yerli Entomopatojen Fungus İzolatının *Tenebrio molitor* (Coleoptera:Tenebrionidae) Üzerindeki Etkinliği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 28(4): 593-603. DOI: 10.29050/harranziraat.1530026
- Sevinç MS, Yeşilırmak M, Karatağ N, Yaman B, Çetinbaş M, Nazlı İ, 2023a. Portakal Yağının Yeşil Şeftali Yaprak Biti [(*Myzus persicae* Sulzer)(Hemiptera: Aphididae)] Popülasyonu Üzerine Etkisi. *Meyve Bilimi* 10(1): 152-157.
- Sevinç MS, Yaman B, Özongun Ş, Altınsoy U, Yalçın B, Yeşilırmak M, Karatağ N, Ndayiragije JC, Özek T, Çevik H, Mor B, Karaca İ, 2023b. Göller Bölgesi Elma Bahçelerinde Elma İçkurdu [*Cydia pomonella* L.] (Lep.: Tortricidae)] Mücadelesinde Çiftleşme

- Engelleyici Feromon Yayıncılarının Etkisi. Meyve Bilimi 10(2): 209-215.
- Sheroze A, Rashid A, Shakir AS, Khan SM, 2003. Effect of bio-control agents on leaf rust of wheat and influence of different temperature and humidity levels on their colony growth. International Journal of Agriculture ve Biology 5(1): 83-85.
- Sipiczki M, 2023. Identification of antagonistic yeasts as potential biocontrol agents: Diverse criteria and strategies. International Journal of Food Microbiology 406: 110360.
- Szentiványi O, Varga K, Wyand R, Slatter H, Kiss L, 2006. *Paecilomyces farinosus* destroys powdery mildew colonies in detached leaf cultures but not on whole plants. Eur J Plant Pathol 115, 351-356. <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9011-x>
- Tangüler H, Mert H, İlman F, Yücel B, Gençtürk S, 2021. Elma atıklarından elma sirkesi üretimi üzerine bir araştırma. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 10(1): 132-139.
- Villaseñor A, Flores S, Campos SE, Toledo J, Montoya P, Liedo P ve Enkerlin W, 2019. Use of entomopathogenic fungi for fruit fly control in area-wide SIT programmes. (Website: https://www.iaea.org/sites/default/files/21/05/2019_ipc_use_of_entomopathogenic_fungi_eng.pdf), (Access date: 25.09.2024).
- Vesely D, Koubova D, 1994. In vitro effect of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. and *B. brongniartii* (Sacc.) on phytopathogenic fungi. Ochrana Rostlin 30: 113-120.
- Vidal C, Lacey LA, Fargues J. 1997. Intraspecific variability of *Paecilomyces fumosoroseus*; effect of temperature on vegetative growth. J Invertebr Pathol; 70: 18-26.
- Wang Q, Xu L, 2012. Beauvericin, a bioactive compound produced by fungi: a short review. Molecules 17: 2367.
- Yeşilırmak M, Ay R, 2023. *Cydia pomonella* (L)'da İnsektisit Direnci ve Mekanizmaları: Küresel Durum. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi 5(1): 54-61. <https://doi.org/10.55979/tjse.1252173>
- Yeşilırmak M, Sevinç MS, Yaman B, 2024a. Elma Bahçelerinde Elma İçkurdu ve Kırmızı örümceklere Karşı Kullanılan Bazı İnsektisit ve Akarisitlerin Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Üzerinde Etkileri. ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi 34(1): 33-37.
- Yeşilırmak MM, Çevik B, Ay R, 2024b. Investigation of resistance ratios and resistance mechanisms of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) populations collected from apple orchards in Isparta (Türkiye) against some insecticides. Crop Protection 106986.
- Yorulmaz S, Kaplan P, Boztürk D, Çobanoğlu S, Ay R, 2010. Isparta Elma Bahçelerinden Toplanan *Tetranychus urticae* Koch.(Acarina: Tetranychidae) Popülasyonlarının Propargite ve Cyhexatin'e Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi 5(1): 17-23.