

ISSN 2146-0035
E-ISSN 2548-1002

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi

Turkish Journal of
Biological Control



Yıl: 2021

Cilt (Volume): 12

Sayı (Number): 1

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
(Turkish Journal of Biological Control)

Turkish Journal of Biological Control is a peer reviewed journal which has been published twice a year (July – December) by the Biological Control Society of Turkey. The Journal accepts original, full-length manuscripts and short communications relating to the biological control of pests, diseases and weeds in Turkish or English.

Annual subscription price: € 30

Price of single issue: € 20

Corresponding address:

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
Çukurova Üniversitesi Kampüsü PTT Şubesi
P.O. Box: 33 - 01330, Adana - Turkey

E-mail: bimude@cu.edu.tr

Web: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr>



CABI ve TÜBİTAK/ULAKBİM tarafından taranmaktadır. Indexed in CABI and TÜBİTAK/ULAKBİM.

All rights to articles published in this Journal are reserved by the Biological Control Society of Turkey. Permission must be obtained for reproduction in whole or in part of any form.

GİRİŞ KIRTASIYE

Tel: 0322 363 21 29

T. Cemal Beriker Bul. Kaloğlu İşhanı No: 29/A Seyhan / Adana

www.giriskirtasiye.com

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
(Turkish Journal of Biological Control)

Sahibi (Owner – On behalf of Biological Control Society of Turkey):

M. Rifat ULUSOY

Sorumlu Müdür (Editor in Chief): Kamil KARUT

İngilizce Editor (English Editor): Gregory T. SULLIVAN

Düzenleme Kurulu (Editing Board):

Cengiz KAZAK	Mehmet Rifat ULUSOY	Kamil KARUT
Ali ERKILIÇ	Naim ÖZTÜRK	Hilmi TORUN
Serkan PEHLİVAN		

Danışma Kurulu / Advisory Board

AYSAN Y., Adana	KAZAK C., Adana
BAŞPINAR H., Aydın	KODAN M., Ankara
BAYHAN E., Diyarbakır	KOTAN R., Erzurum
ÇIKMAN E., Şanlıurfa	ÖZAKTAN H., İzmir
DEMİR İ., Trabzon	ÖZDER N., Tekirdağ
DEMİR S., Van	ÖZKAN C., Ankara
ER M. K., Kahramanmaraş	SATAR S., Adana
ERKILIÇ A., Adana	SERTKAYA E., Antakya
ERLER F., Antalya	STATHAS G., Yunanistan
FURSOV V., Ukrayna	SULLIVAN S., Samsun
GÖKÇE A., Niğde	SUSURLUK İ. A., Bursa
GÖZEL U., Çanakkale	ŞENAL D., Kocaeli
HAYAT M., Hindistan	ŞENGONCA Ç., Almanya
HAZIR A., Adana	ULUSOY M. R., Adana
JAPOSHVILI G., Gürcistan	UYGUN N., Adana
KARACA İ., Isparta	UYGUR S., Adana
KARACAOĞLU M., Adana	ÜLGENTÜRK S., Ankara
KASAP İ., Çanakkale	YOLDAŞ Z., İzmir
KARUT K., Adana	YURTCAN M., Edirne

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
(Turkish Journal of Biological Control)

Yıl : 2021

Cilt (Volume): 12

Sayı (Number): 1

**İnceleme ve Değerlendirmede Bilimsel Olarak
Katkıda Bulunanlar**
(Scientific Advisory Board)

AKGÜL D. Soner, Adana

AYDIN Gökhan, Isparta

BELGÜZAR Sabriye, Tokat

BOLU Halil, Diyarbakır

DEMİR Semra, Van

ESKI Ardahan, Bilecik

GÜVEN Özlem, Kahramanmaraş

KÜSEK Mustafa, Kahramanmaraş

MIRIK Mustafa, Tekirdağ

MUŞTU Murat, Kayseri

ÖZKAYA Özgönen Hülya, Isparta

ÖZTÜRK Naim, Adana

PEKBEY Gamze, Yozgat

SAKIN Gonca, Balıkesir

SATAR Serdar, Adana

İçindekiler (Contents)

Sayfa (Page)

Orijinal araştırmalar (Original articles)

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde tespit edilen parazitoit ve predatör türler
Parasitoids and predators collected from pomegranate orchards in Siirt and Adıyaman Provinces, Turkey

Murat GÜLMEZ, Asime Filiz ÇALIŞKAN KEÇE, Mehmet Rifat ULUSOY.....1-11

Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin biyolojik mücadelesinde bazı yerel fungus izolatlarının entomopatojenik potansiyellerinin belirlenmesi

Determination of the entomopathogenic potential of some Turkish fungal isolates in the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)

Şebnem TİRENG KARUT, Yeşim AYSAN.....13-23

A contribution to the Tachinidae (Diptera) fauna of Çorum Province in Turkey, with new records

Çorum (Türkiye) ilinin Tachinid (Diptera: Tachinidae) faunasına yeni kayıtlar ile katkılar

İlhami UYSAL, Turgut ATAY.....25-45

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domateste bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi

The effect of plant growth promoting bacteria on tomato plant growth parameters, yield and plant health

Serap Fırat ORAL, Recep KOTAN.....47-65

Bazı biyoinspektisitlerin *Aphis fabae* ve *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) üzerindeki etkileri

The effects of some bioinsecticides on *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae)

Emre PEYNİRCİ, Emrah KURT, Ali KAYAHAN.....67-77

Derleme (Review)

The role of fungal volatile organic compounds (FVOCs) in biological control

Biyolojik mücadelede fungal uçucu organik bileşiklerin (FVOCs) rolü

Ayşegül KARSLI, Yavuz Selim ŞAHİN.....79-92

Orijinal araştırma (Original article)

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde tespit edilen parazitoid ve predatör türler¹

Murat GÜLMEZ^{2*}, Asime Filiz ÇALIŞKAN KEÇE³, Mehmet Rifat ULUSOY³

Parasitoids and predators collected from pomegranate orchards in Siirt and Adıyaman Provinces, Turkey

Abstract: This study was carried out to determine the parasitoid and predatory insect species in pomegranate orchards in Adıyaman (Central, Samsat and Kâhta) and Siirt (Şirvan) Provinces in 2017-2018. In the study, visual detection, beating and rearing methods were used. In total, 8 parasitoid species from 4 families (Hymenoptera) and 22 predatory species belonging to 4 families from 4 orders were collected. The parasitoids, *Aphidius colemani* Viereck and *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae), and predators, *Coccinella septempunctata* (L.), *Hippodamia (Adonia) variegata* (Goeze), *Oenopia (Synharmonia) conglobata* (L.), *Scymnus (Pullus) araraticus* Khnzorian (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnae* (Stephan) (Neuroptera: Chrysopidae), were the most common species.

Key words: Pomegranate, parasitoid, predator, naturel enemy, biological control

Öz: Bu çalışma, 2017-2018 yıllarında Adıyaman (Merkez, Samsat ve Kâhta) ve Siirt (Şirvan) illeri nar bahçelerindeki parazitoid ve predatör böcek türlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada gözle kontrol, darbe ve kültüre alma metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Hymenoptera takımına bağlı 4 familyadan 8 adet parazitoid tür ile 4 takıma bağlı birer familyadan da 22 adet predatör tür tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen parazitoidlerden *Aphidius colemani* Viereck ile *Habrobracon hebetor* Say. (Hymenoptera: Braconidae) ile predatörlerden *Coccinella septempunctata* (L.), *Hippodamia (Adonia) variegata* (Goeze), *Oenopia (Synharmonia) conglobata* (L.), *Scymnus (Pullus) araraticus* Khnzorian (Coleoptera: Coccinellidae) ve *Chrysoperla carnae* (Stephan) (Neuroptera: Chrysopidae)'nın en yaygın görülen türler olduğu gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Nar, parazitoid, predatör, doğal düşman, biyolojik mücadele

¹ Bu Çalışma, TAGEM/BSAD/16/1/01/06 numaralı TAGEM projesinin bir bölümüdür.

² Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, 21110, Diyarbakır

³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 01330, Adana

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: glmzmurat@gmail.com

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0001-5781-3422; 0000-0002-9330-1958; 0000-0001-6610-1398

Alınış (Received): 29 Eylül 2020

Kabul edilmiş (Accepted): 11 Ocak 2021

Giriş

Tropik ve subtropik iklim meyvesi olarak bilinen nar (*Punica granatum* L.), sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde de yetiştirilebilmektedir. Sofralık olarak tüketildiği gibi meyve suyu, reçel ve sos olarak da gıda sanayisinde kullanılmaktadır. Dünyada giderek artan sağlıklı beslenme bilinci nedeniyle nar, içermiş olduğu antioksidanlar, polifenolik maddeler ve C vitamini içeriğinden dolayı tercih edilen bir meyve türü olmuştur. Son yıllarda meyve yetiştirme tekniğinde, gıda teknolojilerinde, üretim, depolama ve taşıma alanlarında görülen önemli gelişmeler sonucu daha fazla tanınan, üretimi, tüketimi ve ticareti yıldan yıla artan bir meyve durumuna gelmiştir (Zarei et al., 2011; Eyigün, 2012; Şahin, 2012).

Türkiye, Ortadoğu'da İran'dan sonra, Türk Dünyası ve komşu ülkeler içerisinde en önemli üretici ve ihracatçı ülke konumundadır (Kurt & Şahin, 2013). TÜİK verilerine göre, 2018 yılında ülkemizin nar üretim miktarı 537.847 tona ulaşmış ve bu üretimin %10.69 (57.540 ton)'unu Güneydoğu Anadolu Bölgesi karşılamaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü Adıyaman ve Siirt illerinin üretim miktarları incelendiğinde ise, Adıyaman'ın 10.295 tonluk üretim ile 10. sırada, Siirt'in ise 6.788 ton ile 11. sırada oldukları ve azımsanmayacak bir üretim miktarına sahip oldukları görülmektedir (Anonymous, 2019).

Türkiye nar üretim alanlarında yapılan çalışmalarda, doğal düşmanların belirlenmesine yönelik çok az sayıda araştırma yürütüldüğü görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Diyarbakır ve Şanlıurfa illerinde, Akdeniz Bölgesi'nde Adana, Mersin, Osmaniye ve Antalya illerinde, Ege Bölgesi'nde ise Aydın ilinde nar alanlarındaki doğal düşmanların belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar yürütülmüştür (Mart & Altın, 1992; Öztop et al., 2002; Öztürk et al., 2005; Yıldırım & Başpınar, 2011).

İleriki yıllarda yapılacak tüm savaş çalışmalarına destek olması amacıyla ele alınan bu çalışmada, Adıyaman ve Siirt illeri nar üretim alanlarında zararlıları baskı altına almada en önemli biyolojik mücadele unsurları olan parazitoit ve predatörler ile bunların konukçuları tespit edilmiştir.

Materyal ve yöntem

Çalışmanın ana materyalini, Adıyaman ve Siirt İlleri nar bahçelerinde toplanan parazitoit ve predatör böcek türleri oluşturmuştur. Ayrıca bu böcek türlerinin toplanması, muhafazası ve preparasyonu sırasında kullanılan Steiner hunisi, öldürme şişeleri, ağız aspiratörü, etil alkol, etil asetat, petri kapları, buz kabı, eppendorf tüpleri, yumuşak uçlu fırçalar, preparasyon iğneleri, şeffaf polietilen torbalar, kese kağıtları, GPS, kültür kapları ve bazı laboratuvar araç gereçleri çalışmanın diğer materyallerini oluşturmuştur.

Çalışma, nar üretiminin yoğun bir şekilde yapıldığı Siirt'in Şirvan ilçesi ile Adıyaman'ın Merkez, Kahta ve Samsat ilçelerinde 2017-2018 yıllarında yürütülmüştür. Örneklemeler, Nisan ayı ile ekim ayı arasında tüm örneklem bölgelerine en az 15 günde bir gidilerek gerçekleştirilmiştir. Örneklenen ağaç

sayısı Bora & Karaca (1970)'ya göre, bölgedeki ağaç sayısının %0.1'in altında olmamasına dikkat edilmiş ve ayrıca bahçe içerisinde örneklenen ağaç sayıları da Lazarov & Grigorov (1961)'a göre belirlenmiştir.

Örneklerin elde edilmesinde gözle kontrol, darbe ve ergin öncesi dönemde olanların kültüre alınması yöntemleri kullanılmıştır.

Gözle kontrol metodu

Bahçe içerisinde rastgele seçilmiş ağaçların 4 yönünden, ağacın fenolojisine göre tomurcuk, çiçek, yaprak, sürgün, gövde ve meyve örnekleri gözle incelenerek böcekler el, pens veya ağız aspiratörü ile alınmıştır. Toplanan doğal düşmanlar üzerinde bulunduğu konukçu ve diğer etiket bilgileriyle kaydedilmiştir.

Darbe metodu

Predatör türlerin elde edilmesi amacıyla her bahçeden rastgele seçilen 25 ağacın 4 yönünden bir dalına ucuna lastik boru geçirilmiş bir sopayla 4-5 kez vurularak böceklerin Steiner hunisi içerisine düşmesi sağlanmıştır (Steiner, 1962). Steiner hunisine düşen ergin böcekler küçük olanlar ağız aspiratörü ile büyük olanlar pens ve fırça yardımıyla toplanarak öldürme şişelerine aktarılmıştır. Böcekler öldürme şişelerinde öldürüldükten sonra, petri kaplarına gerekli etiket bilgileriyle konularak laboratuvara getirilmiştir.

Ergin öncesi dönemlerin kültüre alınması metodu

Sörvey alanlarından gerek darbe yöntemiyle ve gerekse gözle kontrol sırasında elde edilen ergin öncesi dönemdeki parazitoit ve predatör türlerin ergin döneme ulaşabilmelerini sağlayabilmek amacıyla, ergin öncesi dönemdeki bireyler konukçularıyla birlikte alınarak uygun kültür kaplarına konularak laboratuvara getirilmiştir. Örnekler, 26 ± 1 °C, $\%65\pm 5$ nem ve 16:8 saat aydınlık/karanlık periyoduna ayarlı iklim odaların alınmış ve gerektiğinde kaplara besin takviyesi yapılmıştır.

Bulgular ve tartışma

Parazitoit türler

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde yapılan sörvey çalışmaları sonucunda; Hymenoptera takımına bağlı Braconidae (4), Aphelinidae (2), Encyrtidae (1) ve Ichneumonidae (1) familyalarına ait 8 adet parazitoit tür belirlenmiştir. Söz konusu türler ve yayılış alanları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Adıyaman ve Siirt ili nar bahçelerinde saptanan parazitoit türler ve yayılış alanları
 Table 1. Parasitoid species identified in the pomegranate orchards of Adıyaman and Siirt provinces and their distribution areas

Takım	Familya	Tür	Adıyaman			Siirt	Konukçu	
			Merkez	Kâhta	Samsat	Şirvan		
Hymenoptera	Braconidae	<i>Habrobracon hebetor</i> Say.	+	+	-	+	<i>Apomyelois ceratoniae</i> Zeller (Lep.: Pyralidae)	
		<i>Apanteles</i> sp.	+	-	-	+	<i>Apomyelois ceratoniae</i> Zeller	
		<i>Binodoxys angelicae</i> (Haliday)	-	+	-	+	<i>Aphis punicae</i> Passerini (Hem.: Aphididae)	
	Aphelinidae	<i>Aphidius colemani</i> Viereck		+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
			<i>Encarsia formosa</i> Gahan	+	-	-	+	<i>Siphoninus finitimus</i> Silvestri (Hem.: Aleyrodidae)
		<i>Eretmocerus siphonini</i> Viggiani and Battaglia	-	+	-	-	<i>S. finitimus</i>	
		<i>*Syrphophagus aeruginosus</i> (Dalman)	-	+	-	-	<i>Scaeva albomaculata</i> (Macquart) (Dipt.: Syrphidae)	
Encyrtidae	<i>*Diplazon laetatorius</i> F.	+	-	+	-	<i>Metasyrphus corollae</i> (Fabricius) (Dipt.: Syrphidae)		

(+): var, (-): yok, (*): Predatör türlerden elde edilen parazitoitler

Çizelge 1 incelendiğinde, tespit edilen *H. hebetor* ve *Apanteles* sp. türleri, *A. ceratoniae* (Harnup güvesi) ile bulaşık olan nar meyvelerinin kültüre alınması sonucunda elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, *H. hebetor*'un *Apanteles* sp.'e göre daha yaygın bulunan bir tür olduğu görülmüştür. Farrokhzadeh & Al-Izzi (1986), Irak nar bahçelerinde yaptıkları çalışmada, *Apanteles* sp.'in Harnup güvesinin en yaygın görülen parazitoiti olduğunu belirtmişlerdir. Farahani & Goldansaz (2013), İran nar bahçelerinde yürüttükleri bir çalışmada, *A. myeloenta*'nın harnup güvesinin en önemli parazitoitlerinden birisi olduğunu bildirmişlerdir. Nobacht et al. (2015)'in İran'daki nar bahçelerinde yürüttükleri çalışmada, *H. hebetor* ve *A. myeloenta* türlerinin Harnup güvesinin larva parazitoitleri olduklarını tespit etmişlerdir.

Bu familyadan *A. colemani* ve *B. angelicae*'nin Nar yaprakbiti, *A. punicae*'yi parazitledikleri belirlenmiştir. Her iki türe de genellikle Nar yaprakbitine karşı kimyasal mücadelenin yapılmadığı bahçelerde rastlanılmıştır. *B. angelicae* Adıyaman'ın Kâhta ve Siirt'in Şirvan ilçesinde, *A. colemani* ise bütün sörvey bölgelerinde tespit edilmiştir. Parazitlenmenin belirlendiği bazı nar bahçelerinde predatör türlerin de katkısıyla *A. punicae*'nin baskı altında tutulduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan predatörlerin pek görülmediği ya da düşük yoğunlukta görüldüğü bahçelerde, Nar yaprakbitinde parazitlenme olsa bile zararlının üremesine ve zarar yapmaya devam ettiği görülmüştür. Öztop et al. (2002), farklı türlerle birlikte *Aphidius* sp.'nün *A. punicae*'yi parazitlediğini tespit ettiklerini ve çalışma bahçelerinde diğer faydalı türlerin varlığıyla birlikte ilaçlamaya gerek kalmadığını bildirmişlerdir. Güleç (2011), Antalya ilinde yürüttüğü bir çalışmada, *A. punicae*'nin *A. colemani* ve *B. angelicae* tarafından parazitlendiğini belirtmiştir. Rakhshani et al. (2008), Rakhshani et al. (2012) ve Farrokhzadeh et al. (2014) İran'ın farklı bölgelerinde yürütmüş oldukları çalışmalarda da *A. colemani* ve *B. angelicae*'nin *A. punicae*'yi baskı altına alabilen, önemli parazitoit türler olduklarını bildirmişlerdir.

Aphelinidae (Hymenoptera) familyasından *Encarsia formosa* ve *Eretmocerus siphonini* olmak üzere iki parazitoit tür elde edilmiştir. Her iki türün de *S. finitimus*'u parazitledikleri belirlenmiştir. *En. formosa*'ya Adıyaman'ın merkez ve Siirt'in Şirvan ilçelerinde, *Er. siphonini*'ye ise Kâhta ilçesinde rastlanılmıştır. Parazitlenmenin tespit edildiği bazı bahçelerde *S. finitimus*'a karşı bir ilaçlama yapılmamasına rağmen zararlı popülasyonunun fumajine sebep olabilecek seviyelere ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Öztop et al. (2002), Antalya ili nar alanlarında yapmış oldukları çalışmada *Encarsia* sp. ve *Er. diversiciliatus*'un *S. phillyreae*'nin parazitoitleri olduklarını ve zararlıyı baskı altına alabildiklerini belirtmişlerdir. Kumaş (1984), Güney Anadolu Bölgesi'nde yapmış olduğu çalışmada, *Er. diversiciliatus*'un, Öztürk et al. (2005)'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yapmış olduğu çalışmada ise, *En. inaron* ve *Er. siphonini*'nin *S. phillyreae*'nin pazitoiti olduklarını bildirmişlerdir.

Encyrtidae familyasından *Syrphophagus aeruginosus* türü elde edilmiştir. Bu tür yaprak bitlerinin predatörleri olan Syrphidae (Diptera) familyasına bağlı türler üzerinde saptanmıştır. Yaprakbitleri üzerinde beslenen syrphid larvalarından ergin elde etmek amacıyla kültüre alınan bireyler pupa dönemine geçtiklerinde kararmaya başlamış ve 3-4 gün gibi kısa bir süre sonrada bu pupalardan parazitoit erginleri çıkmıştır. *S. aeruginosus* elde edildiği kültürlerden ve kararma olmayan pupalardan syrphid avcı *Scaeva albomaculata* elde edilmiştir. Kazmi (2006), *S. aeruginosus*'un syrphid pupalarının parazitoiti olduğunu bildirmiştir. Mustata et al. (2010) *S. aeruginosus*'un *S. pyrostri*, Krsteska et al. (2017) ise *S. scripta*, *S. rueppelli*, *S. pyrastris* gibi syrphid türlerini parazitlediğini bildirmişlerdir.

Nar bahçelerinde tespit edilen diğer bir tür Ichneumonidae familyasına bağlı *Diplazon laetatorius* olarak belirlenmiştir. *D. laetatorius*'un *A. punicae*'nin predatörlerinden *Metasyrphus corollae* (Syrphidae)'yi parazitlediği tespit

edilmiştir. Nar yaprakbiti üzerinden toplanan *M. corollae* larvaları laboratuvara getirilerek kültüre alınmış olup bu larvalar bir önceki türde olduğu gibi pupa dönemine geçtikten sonra kararmaya başlamış ve daha sonra da bu pupalardan *D. laetatorius*'un erginleri çıkmıştır. Fitton & Rotheray (1982) ile Mustata et al. (2010), çalışmamıza benzer olarak *D. laetatorius*'un *M. corollae*'nin parazitoiti olduğunu bildirmişlerdir.

Encyrtidae ve Ichneumonidae familyalarından elde edilen bu hyperparazitoitlerin Syrphidae familyasına bağlı türlerin larva-pupa parazitoitleri oldukları belirlenmiştir.

Predatör türler

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde predatör türleri saptamak amacıyla yapılan çalışmalarda; Coccinellidae (18), Syrphidae (2), Aeolothripidae (1) ve Chrysopidae (1) familyalarından 22 adet predatör tür belirlenmiştir.

Çizelge 2. Adıyaman ve Siirt ili nar bahçelerinde saptanan predatör türler ve yayılış alanları
Table 2. Predator species identified in the pomegranate orchards of Adıyaman and Siirt provinces and their distribution areas

Takım	Familiya	Tür	Adıyaman			Siirt	Konukçu
			Merkez	Kahta	Samsat	Şirvan	
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Clitostethus arcuatus</i> (Rossi)	-	+	+	+	<i>Siphoninus finitimus</i>
		<i>Nephus nigricans</i> Weise	+	+	-	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus rubromaculatus</i> (Goeze)	+	+	-	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus bivulnerus</i> Capra	-	+	-	-	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus interruptus</i> (Goeze)	-	-	+	-	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus flagellisiphonatus</i> (Fürsch)	-	+	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus flavicollis</i> Redtenbacher	+	-	-	+	<i>A. punicae</i>

Adiyaman ve Siirt illeri nar alanlarında tespit edilen parazitoit ve predatörler

Çizelge 2'nin devamı
Continued of Table 2.

Takım	Familiya	Tür	Adiyaman			Siirt	Konukçu
			Merkez	Kahta	Samsat	Şirvan	
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Scymnus (Pullus) araraticus</i> Khnzorian	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus quadriguttatus</i> Fürsch	-	-	-	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus pallipediformis</i> Günther	+	+	-	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Scymnus (Pullus) subvillosus</i> (Goeze)	+	-	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Onepia (Synharmonia) conglobata</i> (L.)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Hippodamia (Adonia) variegata</i> (Goeze)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Chilocorus bipustulatus</i> (L.)	+	+	-	-	<i>A. punicae</i>
		<i>Coccinella septempunctata</i> (L.)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Coccinella undecimpunctata</i> (L.)	+	-	-	-	<i>A. punicae</i>
		<i>Adalia fasciatopunctata revelierei</i> Mulsant.	-	+	-	+	<i>A. punicae</i>
Diptera	Syrphidae	<i>Brumus (Exochomus) quadripustulatus</i> (L.)	-	-	+	+	<i>A. punicae</i>
		<i>Metasyrphus corollae</i> (Fabricius)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>

Çizelge 2'nin devamı
Continued of Table 2.

Takım	Familya	Tür	Adıyaman			Siirt	Konukçu
			Merkez	Kahta	Samsat	Şirvan	
Diptera	Syrphidae	<i>Scaeva albomaculata</i> (Macquart)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnae</i> (Steph.)	+	+	+	+	<i>A. punicae</i>
Thysanoptera	Aeolothripidae	<i>Aeolothrips intermedius</i> Bagnall	-	-	-	+	<i>Frankliella occidentalis</i> (Pergande) (Thysan.: Thripidae)

Çizelge 2'de görüldüğü gibi çalışmadan elde edilen predatör türlerden *C. septempunctata*, *H. variegata*, *O. conglobata* ve *S. araraticus*'un en yaygın görülen türler olduğu saptanmıştır. Elde edilen Coccinellid türlerinin, *A. punicae* ve *S. finitimus* gibi yumuşak vücutlu zararlılar ile yoğun bulaşık bahçelerde yaygın bir şekilde buldukları gözlenmiştir. Coccinellid türlerinin nisan ayından ekim ayına kadar bahçelerde görülebilmesine rağmen özellikle *A. punicae*'nin popülasyonunun arttığı mayıs ve haziran aylarında bahçelerde daha sık ve yoğun bir şekilde görülmüşlerdir. Özellikle ilaçlamaların yapılmadığı bahçelerde Coccinellidlerin *A. punicae* popülasyonlarını baskılamada diğer predatör ve parazitoidlerle birlikte oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Saptanan Coccinellidae türlerinden *C. arcuatus* aleyrodid yumurta avcısı bir tür olup özellikle *S. finitimus* ile bulaşık ağaçlar üzerinde tespit edilmiştir. Mart & Altın (1992), Diyarbakır ve Şanlıurfa illeri nar alanlarında yürütmüş oldukları çalışmada 15 coccinellid türü belirlediklerini ve bu çalışmada belirtilen bulgulara paralel olarak, yaprak bitlerinin yoğun bulunduğu çiçeklenme ve meyve oluşturma dönemlerinde diğer predatör türlerle birlikte Coccinellid türlerinin yoğunluklarının en üst seviyeye ulaştıklarını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Öztop et al. (2002), Antalya ili nar alanlarında yürütmüş oldukları çalışmada 12 coccinellid türü tespit ettiklerini, *A. punicae* zararının başlaması ile birlikte özellikle *C. septempunctata* ve *Scymnus* türlerinin popülasyonunda kayda değer artışlarının gerçekleştiğini ve *S. phillyreae*'nin en önemli predatörünün *C. arcuatus* olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Öztürk et al. (2005), Doğu Akdeniz Bölgesi nar bahçelerinde yürütmüş oldukları çalışmada Coccinellidae familyasına bağlı 10 tür elde ettiklerini ve *C. septempunctata*'nın en yaygın görülen predatör türler arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde Syrphidae familyasından *M. corollae* ve *S. albomaculata* olmak üzere iki tür tespit edilmiştir. Her iki türün de *A. punicae* ile beslendikleri ve nar üretim alanlarında yaygın bir şekilde buldukları saptanmıştır. Diğer predatör türlerde olduğu gibi *A. punicae*'nin popülasyonunun artış

gösterdiği Mayıs-haziran aylarında syrphid türlerinin de popülasyonlarında dikkat çekici bir artış olduğu gözlenmiştir. Aynı kanıların paylaşıldığı Mart & Altın (1992)'in çalışmasında da *M. corollae* ve *S. albomaculata* ve Öztürk et al. (2005)'in yürüttüğü çalışmada ise sadece *M. corollae* tespit edilmiştir.

Thysanoptera takımı Aeolothripidae familyasından nar alanlarında nadir olarak görülen *A. intermedius* türü belirlenmiş olup, bu tür yalnızca Siirt'in Şirvan ilçesinde belirlenmiştir. *A. intermedius*, *F. occidentalis* ve *F. intonsa* gibi zararlı trips türleriyle bulaşık çiçeklerden toplanmış olup, predatörün bu türlerle beslendiği kanısına varılmıştır. Gruss et al. (2019), *A. intermedius*'un predatör bir tür olduğunu ve fitofag tripsler ile beslendiğini bildirmiştir. Ayrıca Conti (2009)'de benzer olarak *A. intermedius*'un *T. tabaci* ve *F. occidentalis* dahil farklı trips türleriyle beslenebildiğini belirtmiştir.

Genel avcılardan *C. carnea* da nar bahçelerinde Nar yaprakbitinin yoğun olduğu aylarda yüksek yoğunlukta ve yaygın olarak tespit edilmiştir. Ülkemiz nar alanlarında yapılmış geniş çaplı araştırmaların hepsinde *C. carnea*'nin tespit edildiği ve türün genel bir predatör olmasının yanı sıra yaprakbitinin önemli bir avcısı olduğu vurgulanmıştır (Mart & Altın, 1992; Öztop et al. 2002; Öztürk et al. 2005; Yıldırım & Başpınar, 2011). Ayrıca Yaghoobi et al. (2018) ile Takaloozadeh (2015) İran'da yürütmüş oldukları çalışmalarda da *C. carnea*'nin *A. punicea*'nin predatörlerinden biri olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç

Adıyaman ve Siirt illeri nar bahçelerinde yapılan bu çalışmada, Hymenoptera takımına bağlı 4 familyadan 8 parazitoit tür elde edilmiş ve bu türlerden *A. colemani* ile *H. hebetor* (Braconidae)'un en yaygın görülen türler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 4 takımdan 4 familyaya ait 22 predatör tür tespit edilmiş ve bu türlerden *C. septempunctata*, *H. variegata*, *O. conglobata*, *S. araraticus* (Coccinellidae) ve *C. carnea*'nin (Neuroptera: Chrysopidae) en yaygın görülen türler olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, narın faydalı böcek faunasının belirlenmesi ve nar entegre mücadele (IPM) çalışmaları için önem taşımaktadır. Nar bahçelerinde ürün ve verim kayıplarına neden olan zararlı böcek türleriyle mücadele ederken bahçelerdeki doğal düşman türleri ve yoğunlukları göz önünde bulundurarak, entegre mücadele ilkelerine uygun bir şekilde mücadele yapılmalıdır. Nar alanlarında tespit edilen parazitoit ve predatör türlerin etkinliklerinin ve biyolojik mücadelede kullanılabilme olanaklarının ayrıntılı bir şekilde çalışılmasında yarar görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada, Chrysopidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. Ali SATAR (Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü)'a, Coccinellidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. Nedin UYGUN (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki

Koruma Bölümü Emekli Öğretim Üyesi)'a, Syrphidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. A. Faruk ÖZGÜR (Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Emekli Öğretim Üyesi)'e, Braconidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. Ahmet BEYARSLAN (Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü)'a ve Prof. Dr. Zeljko TOMANOVIC (University of Belgrade - Faculty of Biology)'e, Aphelinidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. Lutfiye GENÇER (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü)'e, Encyrtidae türlerinin tanısını yapan Mohammad HAYAT (Aligarh Muslim University, Department of Zoology)'a ve Ichneumonidae türlerinin tanısını yapan Prof. Dr. Murat YURTCAN (Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü)'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Al-maliky S.K. & M.A.J. Al-Izzi, 1986. Parasites of *Ectomyelois ceratoniae* with biological studies on *Apanteles* sp. group ultor in Iraq. *Entomophaga*, 31 (3): 313-319.
- Anonymous, 2019. URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 23 Aralık 2019)
- Conti B., 2009. Notes on the presence of *Aeolothrips intermedius* in northwestern Tuscany and on its development under laboratory conditions. *Bulletin of Insectology*, 62 (1): 107-112.
- Eyigün F.Ş., 2012. Hicaz Nar Çeşidine Ait Narlardan Elde Edilen Nar Ekşilerinin Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 127s.
- Farahani, H.K. & S.H. Goldansaz, 2013. Is host age an important factor in the bionomics of *Apanteles myeloenta* (Hymenoptera: Braconidae). *European Journal of Entomology*, 110 (2): 277-283.
- Farrokhzadeh H., G. Moravvej, M.M. Awal & J. Karimi, 2014. Molecular and morphological identification of hymenopteran parasitoids from the pomegranate aphid, *Aphis punicae* in Razavi Khorasan province, Iran. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38 (3): 291-306.
- Fitton M.G. & G.E. Rotheray, 1982. A key to the European genera of diplazontine ichneumon-flies, with notes on the British fauna. *Systematic Entomology* 7(3): 311-320.
- Gruss I., J.P. Twardowski & M. Cierpisz, 2019. The effects of locality and host plant on the body size of *Aeolothrips intermedius* (Thysanoptera: Aeolothripidae) in the Southwest of Poland. *Insects*, 10 (9): 266.
- Güleç G., 2011. Antalya şehri park alanlarında Aphidoidea (Hemiptera) türlerinin Saptanması ve doğal düşmanlarının belirlenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 289 s.
- Kazmi S.I., 2006. A Checklist of Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Uttar Pradesh (India). *Records of Zoological Survey of India*, 106 (4): 73-91.
- Krsteska V., S. Lazarevska & M. Postolovski, 2017. The Species of Superfamily Chalcidoidea – Parasites of Aphidophagous Hoverflies. The Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress, May 16-18, 7-12.
- Kumaş F., 1984. Güney Anadolu Bölgesi Aleyrodidae (Homoptera) familyası türleri, tanınmaları ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. Antalya Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü, Antalya, 53 s. (Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi).

- Kurt H. & G. Şahin, 2013. Bir Ziraat Coğrafyası Çalışması: Türkiye’de Nar (*Punica granatum* L.) Tarımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27: 551-574.
- Lazarov, A., and P. Grigorov, 1961. Karantina na Rastenijata. Zemizdat, Sofia, 258 p.
- Mart C. & Altın, M., 1992. Güneydoğu Anadolu Bölgesi nar alanlarında belirlenen böcek ve akar türleri. Türkiye II. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 28-31 Ocak, Adana, 725-735.
- Mustata G., M. Mustata, S.O. Andriev & C. Prelipcean, 2010. The complex of predators controlling the colonies of *Aphis fabae* Scop. (Homoptera, Aphididae) in Eastern Romania. *Analele Ştiinţifice ale Universităţii, Al. I. Cuza” Iaşi, s. Biologie animală*, 56: 97-100.
- Nobakht Z., J. Karimzadeh, J. Shakaram & S. Jafari, 2015. Identification of parasitoids of *Apomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) on pomegranate in Isfahan province. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3: 287-289.
- Öztop A., M. Kıvradım & S. Tepe, 2002. Antalya ili nar üretim alanlarında bulunan zararlılar ile bunların parazitoidlerinin ve predatörlerinin belirlenmesi ve popülasyon değişiminin izlenmesi. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bak., Tarımsal Araştırmalar Genel Md., Ankara. Proje no: Bs-99-06-09-130, Sonuç Raporu (Yayınlanmamış), S.: 16.
- Öztürk N., M.R. Ulusoy & E. Bayhan, 2005. Doğu Akdeniz Bölgesi nar alanlarında saptanan zararlılar ve doğal düşman türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29 (3): 225-235.
- Rakhshani E., A.S. Talebi, P. Starý, Z. Tomanovic, N.G. Kavallieratos & Manzari S., 2008. A review of *Aphidius* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Iran: host associations, distribution and taxonomic notes. *Zootaxa*, 1767: 37-54.
- Rakhshani E., S. Kazemzadeh, P. Starý, H. Barahoei, N.G. Kavallieratos, A. Četković, A. Popović, I. Bodlah, & Z. Tomanović, 2012. Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of northeastern Iran: Aphidiine aphid-plant associations, key. *Journal of Insect Science*, 12: 143.
- Steiner H. 1962. Methoden zur untersuchung des population dynamik in Obstenlagen. *Entomophaga*, 7: 207-214
- Şahin A., 2012. Nar yetiştiriciliği (Editör: A. Şahin, Nar yetiştiriciliği). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Eğitim, Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, Ankara, 7-9.
- Takaloozadeh H.M., 2015. Effect of different prey species on the biological parameters of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. *Journal of Crop Protection*, 4 (1):11-18.
- Yaghobi S., A. Rajabpour & Z.S. Sohani, 2018. Population abundance of pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Homoptera: Aphididae), predators in Southwest of Iran. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 50 (7583): 13-15.
- Yıldırım E.M. & H. Başpınar, 2011. Aydın ili nar bahçelerinde saptanan zararlı ve predatör türler, yayılışı, zararlı türlerden önemlilerinin popülasyon değişimi ve zararı. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1 (3): 169-179.
- Zarei M., M. Azizi & B.S. Zeinolabedin, 2011. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. *Fruits*, 66 (2):121-129.

Orijinal araştırma (Original article)

***Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin biyolojik mücadelesinde bazı yerel fungus izolatlarının entomopatojenik potansiyellerinin belirlenmesi¹**

Şebnem TİRENG KARUT^{2*}, Yeşim AYSAN³

Determination of the entomopathogenic potential of some Turkish fungal isolates in the control of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae)

Abstract: The cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), is among the most important pests causing financial losses in agriculture. Due to its bio-ecological characteristics and resistance to insecticides, its control is getting more difficult. In this study, the entomopathogenic characteristics of *Cladosporium xantochromaticum*, *Fusarium chlamydosporum* and *Penicillium oxalicum* isolates from *B. tabaci* were determined under laboratory conditions for their potential use in the biological control of the pest. The *P. oxalicum* isolate had efficacies of 65% and 30% against the nymphal and adult stages of the pest, respectively. This isolate was followed by the *C. xantochromaticum* isolate with 48% and 31%, respectively. The mentioned isolates also prolonged the immature development period of *B. tabaci*. Two promising isolates (*P. oxalicum* and *C. xantochromaticum*) that can potentially contribute to the biological control of *B. tabaci* were identified in this study. It is expected that integrating these isolates with predators and parasitoids would increase the success of biological control programs of the pest.

Keywords: *Bemisia tabaci*, entomopathogen fungus, *Cladosporium xantochromaticum*, *Fusarium chlamydosporum* and *Penicillium oxalicum*

Öz: Pamuk beyazsineği *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) tarımsal üretimlerde ekonomik kayıplara neden olan en önemli zararlılar arasında yer almaktadır. Gerek biyo-ekolojik özellikleri gerekse insektisitlere karşı geliştirdiği direnç nedeniyle mücadelesi giderek zorlaşmaktadır. Bu çalışmada zararlının biyolojik mücadelesinde kullanılabilecek *B. tabaci*'den izole edilmiş *Cladosporium xantochromaticum*, *Fusarium*

¹ Bu çalışma FDK-2015-5239 ve TAGEM-BS-13/09-01/02-05 nolu projelerin bir bölümüdür.

² Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

³ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Adana

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: sebnem.tirengkarut@tarimorman.gov.tr

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0002-1634-724X; 0000-0003-2647-5111

Alınış (Received): 29 Aralık 2020

Kabul edilmiş (Accepted): 12 Şubat 2021

chlamydosporum ve *Penicillium oxalicum* izolatlarının entomopatojenik özellikleri laboratuvar koşullarında belirlenmiştir. Çalışmada, *P. oxalicum* izolatı zararlının nimf ve ergin dönemine karşı sırasıyla %65 ve %30 oranlarında etki göstermiştir. Bu izolatı aynı sırayla %48 ve %31 oranlarıyla *C. xanthochromaticum* izolatı izlemiştir. Belirtilen izolatlar aynı zamanda zararlının ergin öncesi gelişme sürelerinin uzamasına da neden olmuştur. Çalışmada *B. tabaci*'nin biyolojik mücadelesine katkı sunabilecek ümitvar iki izolat (*P. oxalicum* ve *C. xanthochromaticum*) saptanmıştır. Bu izolatların, avcı ve parazitoidler ile entegre edilmesinin zararlıya karşı yürütülecek biyolojik mücadele uygulamalarının başarısını arttıracığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Bemisia tabaci*, entomopatojen fungus, *Cladosporium xanthochromaticum*, *Fusarium chlamydosporum* ve *Penicillium oxalicum*

Giriş

Günümüzde azalan tarım alanları karşısında gelişen teknolojinin de yardımıyla birim alandan daha çok ve kaliteli ürün elde edilmeye çalışılmaktadır. Ancak yapılan yanlış uygulamalar (yoğun pestisit kullanımı, yanlış doz vb.) doğaya zarar vermekle kalmayıp aynı zamanda insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Tarımsal üretimlerde pestisit kullanımına dayalı kimyasal mücadele yerine çevre dostu ve zararlılara karşı etkili mücadele yöntemleri geliştirilmelidir. Bu yöntemlerden biri olan ve biyolojik mücadele yöntemi içerisinde yer alan biyopestisitlerin kullanımına ilgi oldukça artmıştır (Jaber & Ownley, 2017; Kidanu & Hagos, 2020). Özellikle entomopatojen funguslar (EPF), etki şekilleri ve çoğunun birden fazla zararlıyı etkileyebilmelerinden dolayı diğer mikroorganizmalardan daha avantajlı durumdadırlar. Birçok entomopatojen konukçuları tarafından yutulduktan sonra bağırsakta aktif hale geçebilirken, EPF'lerin konukçu ile temas etmeleri yeterli olmaktadır. Temas sonucunda sporlar böceğin üzerine yerleşir, çimlenir ve dış iskeletin içine penetre olurlar. Ardından çoğalan funguslar besin maddelerini emerek ve/veya toksik maddeler üreterek konukçunun ölümüne neden olurlar (Lacey et al. 2008). EPF'lerin bu özelliği Hemiptera takımında yer alan beyazsinekler gibi sokucu emici ağız yapısına sahip böceklerin mücadelesinde önemli bir yer tutmaktadır (Mascarin et al. 2013; Kidanu & Hagos, 2020).

Geniş konukçu dizisi, neden olduğu salgınlar ve ürüne verdiği zararlara ek olarak mücadelesi zor olan *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) tarımsal üretimlerde karşılaşılan en önemli zararlılar arasında yer almaktadır (Stansly & Naranjo, 2010; Karut et al. 2020). Zararlının kullanılan insektisitlere karşı kısa sürede dayanıklılık oluşturması, mücadelesinde aralarında EPF'lerin de yer aldığı alternatif yöntemleri ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca mikrobiyal pestisitlerin parazitoid ve predatörlerle birlikte entegre edilerek kullanılması mücadelesi zor olan bu zararlıya karşı sinerjik bir etki göstererek başarı şansını da arttırabilmektedir (Sani et al. 2020).

Günümüze kadar yapılmış çalışmalarda *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Aschersonia* spp., *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Cladosporium* spp.,

Clonostachys rosea, *Conidiobolus* spp., *Entomophthora* sp., *Erynia radicans*, *Fusarium* spp., *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces* spp., *Penicillium* spp., *Lecanicillium* (= *Verticillium*) spp., *Trichoderma harzianum* ve *Zoophthora radicans* beyazsinekler ile ilişkili EPF türleri olarak bildirilmiştir (Ben Ze'ev, 1993; Smith, 1993; Faria & Wraight, 2001; Lacey et al. 2008; Tireng Karut, 2018; Anwar et al. 2020). *Fusarium* ve *Penicillium* türlerinin çeşitli bitkilerde hastalıklara neden olduğu bilinmekle beraber bazı türlerinin ise böcekleri hastalandırıp ölümlerine neden olan EPF olduğu bildirilmiştir (Torres-Barragán et al. 2004; Louw & Korsten, 2014; Anwar et al. 2017). Ayrıca, entomopatojen *Fusarium* türlerinin Hemiptera ve Diptera takımından bazı böceklerde daha yüksek seviyede, Lepidoptera ve Coleoptera takımından bazı böceklerde ise daha düşük seviyede enfeksiyona neden oldukları ve kadvralar üzerinde saprofit olarak yaşayabildikleri bildirilmiştir (Torres-Barragán et al. 2004).

EPF'ler integümente penetrasyondan sonra çoğalarak hifleri vasıtasıyla böcekleri öldürebilirken, *Fusarium*, hifleri tarafından üretilen ve bir siklopeptide toksini olan beauvericin, *Penicillium* ise ürettiği penicilik asit gibi toksinlerle de ölümlere neden olabilmektedir (Gupta et al. 1991; Anwar et al. 2021). Ayrıca son yıllarda *Cladosporium* ve *Fusarium* gibi EPF'lerin sadece biyopestisit olarak değil, aynı zamanda bitkide endofit olup bitki hastalıklarına karşı antagonist, bitki büyüme düzenleyici ve rizosfer kolonizasyonu gibi henüz tam olarak ortaya çıkarılmamış farklı ekolojik rolleri de üstlenebildikleri bildirilmiştir (Jaber & Ownley, 2017). Bu bulgular EPF'lerin sürdürülebilir tarımda entegre mücadele programlarına dahil edilerek çok yönlü kullanımına ilişkin ayrıntılı çalışma yapılması gerektiğini göstermektedir.

Yapılan bu laboratuvar çalışmasında *B. tabaci*'den izole edilmiş olan *Cladosporium xantochromaticum*, *Fusarium chlamydosporum* ve *Penicillium oxalicum* izolatlarının entomopatojenik özellikleri ile zararlının bazı biyolojik özelliklerine etkileri ortaya çıkarılmıştır.

Materyal ve Metot

Tüm çalışmalar Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Dr. Hatice Satar Entomopatojen Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Entomopatojen funguslar

Denemelerde daha önce *Bemisia tabaci*'den izole edilmiş, morfolojik ve moleküler yöntemler kullanılarak tanısı yapılmış olan *C. xantochromaticum*, *F. chlamydosporum* ve *P. oxalicum* izolatları kullanılmıştır. *Cladosporium xantochromaticum* ve *F. chlamydosporum* Mersin ilinin Tarsus ilçesine bağlı Aliğa köyündeki bir susam tarlasından, *P. oxalicum* ise Adana iline bağlı Ceyhan ilçesindeki bir soya tarlasından toplanan *B. tabaci*'den izole edilmiştir. İzolatların morfolojik tanısı Patates Dekstroz Agar (PDA) besi yerindeki gelişimleri ve spor yapılarına bağlı olarak yapılmış ve sonuçlar moleküler yöntemlerle elde edilen

ITS1 ve ITS4 bölgelerine ait DNA dizileri ile doğrulanmıştır (Dellaporta et al. 1983; White et al. 1990). *Cladosporium xantochromaticum*, *F. Chlamydosporum* ve *P. oxalicum* izolatlarına ait sekanslar National Center for Biotechnology Information (NCBI)'a sırasıyla MW547393, MW547394 ve MW547396 numaraları ile kaydedilmiştir.

Konukçu bitki ve *Bemisia tabaci* üretimi

Biyolojik etkinlik denemelerinde uzun süredir Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde üretimi gerçekleştirilen *B. tabaci* B Biyotip kullanılmıştır. Zararlı *B. tabaci* ve konukçu pamuk bitkisi (*Gossypium hirsutum* L.) üretimi, 26±1 °C sıcaklık ve %65±10 oransal nem koşullarına sahip uzun gün aydınlatmalı (16:8 saat) sırasıyla böcek ve bitki üretim odalarında gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılacak fungus izolatlarının hazırlanması

Fungus izolatlarına ait süspansiyonlar %0.01 Tween 80 içeren steril saf su içerisinde hazırlanmıştır. Denemede Tween 80 içeren steril saf su ilaçsız kontrol olarak kullanılmıştır. Denemenin kurulmasından 10 gün önce fungus izolatlarının PDA ortamına ekimleri gerçekleştirilmiş, gelişen fungus izolatlarının üzerine Tween 80 içeren su eklenmiş ve cam baget ile kazınarak fungus sporları elde edilmiştir. Entomopatojen funguslara ait süspansiyonların spor sayıları Thoma lamı kullanılarak belirlenmiş ve 1×10^7 spor/ml konsantrasyonuna ayarlanarak denemelerde kullanılmıştır.

Fungus izolatlarının *Bemisia tabaci*'nin nimf dönemine karşı etkinliklerinin belirlenmesi

Deneme saksılara ekili olan pamuk bitkisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle denemede kullanılacak olan aynı yaştaki *B. tabaci* nimflerini elde etmek amacıyla pamuk bitkilerine klips kafesler yerleştirilmiş ve bu kafeslere 20 adet ergin dişi beyazsinek salınmıştır. Salımı yapılan erginlerin 24 saat süresince yapraklara yumurta bırakmalarına izin verilmiş, daha sonra bitkiler zararlıdan temizlenmiş ve iklim odasına alınmıştır. İklim odasında (26±1 °C sıcaklık, %65±10 oransal nem) bir hafta sonra açılan yumurtalar takip edilmiş ve çıkan nimfler yaprağa yerleştikten ve 2. döneme ulaştıktan sonra biyolojik etkinlik çalışmalarına başlanmıştır. Bunun için yukarıda açıklandığı şekliyle hazırlanan süspansiyonlar pamuk yapraklarının alt yüzeyindeki 2. dönem nimflerin üzerine yaprak alt yüzeyi tamamen ıslanacak şekilde el pompası yardımıyla uygulanmıştır. Denemeler kontrol için 8 (4 bitki, her bitkide 2 yaprak), diğer uygulamalar için 10 tekerrür (5 bitki, her bitkide 2 yaprak) olarak kurulmuş ve her yaprak bir tekerrür olarak kabul edilmiştir. Uygulama yapılan bitkiler 26±1 °C sıcaklık ve %80 nem içeren iklim odasında muhafaza edilmiştir. Uygulamadan 3, 5, 7, 10 ve 15. günde binoküler mikroskop yardımıyla sayımlar yapılarak ölü ve canlı bireyler belirlenmiştir. Renk

değiştirmiş, kurumuş, tamamen şeffaflaşmış, şekli değişmiş veya matlaşmış bireyler ölü olarak kabul edilmiştir.

Uygulamaların nimflerin gelişme süresine (yumurtadan çıkıp ergin oluncaya kadar geçen süre) olan etkisini belirlemek amacıyla; kontrol ve fungus süspansiyonu uygulanan yapraklarda cam kalemi ile işaretlenen nimfler stereobinoküler mikroskop ile ergin oluncaya kadar takip edilmiştir.

Fungus izolatlarının *Bemisia tabaci*'nin ergin dönemine etkinliklerinin belirlenmesi

Beş gerçek yapraklı dönemde olan pamuk bitkilerinin üst yarısından alınan yapraklar hazırlanan süspansiyon içerisine 5 sn süresince daldırılmış ardından süspansiyonun kuruması beklenmiştir. Oda koşullarında kurutulan yapraklar içerisinde su agar (%1) bulunan ve tek tarafında havalandırma sağlayacak tül bulunan 10x9x4 cm ölçülerindeki şeffaf plastik kaplara yerleştirilmiştir. Plastik kapların yan tarafında açılmış olan delikten her kabın içerisine 20 adet 1-2 günlük ergin *B. tabaci* salınmıştır. Denemede %0.01 Tween80 içeren steril saf su kontrol olarak kullanılmıştır. Denemeler her uygulama için 5 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Uygulamadan 10 gün sonra yapılan sayımlarda ölü ve canlı birey sayıları saptanmıştır. Ters dönmüş veya ince uçlu fırça ile dokunulduğunda hareket etmeyen bireyler ölü kabul edilmiştir. Denemeler, 25±1°C sıcaklık ve %70±5 nem koşullarına sahip iklim kabinlerinde gerçekleştirilmiştir.

Veri analizleri

Biyolojik etkinlik çalışmalarında izolatlara ait ortalamalar arasındaki istatistiksel farklar ANOVA testi ile belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki olası istatistiksel farkların karşılaştırılması, %5 önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır. Ayrıca izolatlara ait yüzde etkinlik değerleri beyazsinek erginlerine karşı yapılan çalışmada Abbott, nimflerine karşı yapılan çalışmada ise Henderson-Tilton formülüyle hesaplanmıştır (Karman, 1971). Yüzde değerlere analiz yapılmadan önce verilere Arc Sin açı transformasyonu uygulanmıştır. Tüm analizler SPSS (Version 23) paket programda gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Fungus izolatlarının *Bemisia tabaci*'nin nimf dönemine karşı etkinlikleri

Uygulamalara ait aynı günlerdeki ölüm oranları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Deneme süresince *P. oxalicum* ve *C. xanthochromaticum* izolatlarına ait ölüm oranları *F. chlamydosporum* izolatından daha yüksek olmuştur. Uygulamalar arasında toplam ölüm oranı en yüksek %73 ile *P. oxalicum* izolatında elde edilirken bunu sırasıyla %62 ile *C. xanthochromaticum* ve %43 ile *F. chlamydosporum* izolatları izlemiştir (Çizelge 1).

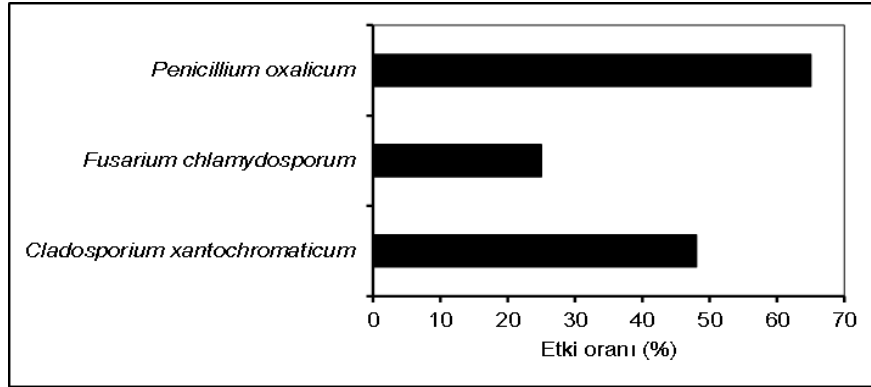
Elde edilen verilere bağlı olarak canlı kalan bireyler üzerinden hesaplanan her uygulamaya ait Henderson-Tilton % etki değerleri Şekil 1’de verilmiştir. Denemede zararlının nimf dönemine karşı izolatların % etki değerleri %25 ile 65 arasında değişmiş, en yüksek etkiyi %65 ile *P. oxalicum* izolatı göstermiştir (Şekil 1).

Çizelge 1. Saksı çalışmalarında *Bemisia tabaci* nimflerine karşı uygulanan fungus izolatlarına ait ortalama ölüm oranları (%)
Table 1. Mean mortality rates (%) of fungus isolates applied against *Bemisia tabaci* nymphs in potting studies

Uygulamalar	N	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
Kontrol	347	7±5.12 a*	8±4.73 a	10±4.41 a	15±2.79 a	16±2.62 a
<i>Cladosporium xantochromaticum</i>	452	35±9.76 bc	40±8.60 b	50±7.62 bc	59±6.67 bc	62±6.52 bc
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	454	23±6.89 ab	32±6.29 ab	34±6.04 b	41±6.34 ab	43±6.28 ab
<i>Penicillium oxalicum</i>	401	53±8.09 c	61±7.74 b	67±7.13 c	71±6.56 c	73±6.51 c

*Sütunda aynı harfe sahip ortalamalar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak fark yoktur

N: Toplam birey sayısı



Şekil 1. Saksı çalışmalarında *Bemisia tabaci* nimflerine karşı uygulanan fungus izolatlarına ait Henderson-Tilton etki oranları (%)

Figure 1. Henderson-Tilton effect rates of fungus isolates applied against *Bemisia tabaci* nymphs in potting studies (%)

Cladosporium xantochromaticum, *F. chlamydosporum* ve *P. oxalicum* uygulanmış *B. tabaci* nimflerine ait gelişme süreleri Çizelge 2’de verilmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında uygulamaların gelişme süresine etki ettiği saptanmış, uygulamalar arasında düşük de olsa sayısal ve istatistiksel bir fark oluşmuştur ($P<0.05$). En uzun gelişme süresi 10 gün ile *C. xantochromaticum* izolatının

uygulandığı bireylerde saptanmış, bu izolatu 9.99 ile *P. oxalicum* izolatu izlemiş ve bu izolatlar istatistiksel olarak diğer uygulamalardan farklı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Fungus izolatları uygulanmış *Bemisia tabaci* nimflerine ait ortalama gelişme süreleri (gün)

Table 2. Average development time (days) of *Bemisia tabaci* nymphs treated with fungus isolates

Uygulamalar	Birey Sayısı	Gelişme süresi (Gün)
Kontrol	292	9.40±0.06 b*
<i>Cladosporium xantochromaticum</i>	196	10.0±0.11 a
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	287	9.38±0.06 b
<i>Penicillium oxalicum</i>	117	9.99±0.12 a

*Aynı harfe sahip oranlar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak fark yoktur.

Fungus izolatlarının *Bemisia tabaci* ergin dönemine karşı etkinlikleri

Uygulamadan on gün sonra elde edilen değerlere uygulanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda uygulamalar arasındaki fark kontrolle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 3). Ergin döneme ait ölüm oranları değerlendirildiğinde en yüksek ölüm oranı *P. oxalicum* ve *C. xantochromaticum* izolatlarının her ikisi için %37 ile en yüksek bulunurken, *F. chlamydosporum* için bu oran %18'de kalmıştır. *Cladosporium xantochromaticum* izolatına ait etki oranı %31 olurken, bunu %30 ile *P. oxalicum* izolatu izlemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. *Bemisia tabaci*'nin ergin dönemine karşı uygulanan fungus izolatlarına ait ölüm oranları ile Abbott'a göre % etki değerleri

Table 3. Mortality rates of fungus isolates applied against the adult period of *Bemisia tabaci* and efficacy values according to Abbott (%)

Uygulamalar	N	Ölüm Oranı (%)	% ETKİ
Kontrol	146	10±2.25 b*	
<i>Cladosporium xantochromaticum</i>	113	37±2.97 a	31
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	123	18±3.66 ab	9
<i>Penicillium oxalicum</i>	97	37±6.85 a	30

*Sütünde aynı harfe sahip ortalamalar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak fark yoktur

Tartışma

Bu çalışmada *B. tabaci*'den izole edilmiş olan *C. xantochromaticum*, *F. chlamydosporum* ve *P. oxalicum* izolatları zararlının nimf ve ergin dönemlerine karşı test edilmiştir. *Penicillium oxalicum* izolatu beyazsinek nimfleri ile yapılan saksı çalışmasında %65 etki oranıyla fungus izolatları içerisinde en yüksek etkiyi gösteren izolat olmuştur. Harish et al. (2019) da, *P. citrinum* izolatını *B. tabaci*'nin

ergin ve nimf karışık popülasyonuna karşı uygulamış ve bu çalışmada elde edilen değere yakın oranda (%59) ölüm saptamışlardır. Bunun yanında, Anaisie et al. (2011) *Penicillium* izolatları ile *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae)'nın 3. dönem larvalarına karşı yaptıkları etkinlik denemesinde, izolatların %67-77 arasında başarı gösterdiğini bildirmişlerdir. Al-Keridis (2015), *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)'a karşı yaptıkları etkinlik denemesinde *Penicillium* sp.'nin %50'lik konsantrasyonunun uygulamadan 7 gün sonra tüm bireyleri öldürdüğünü bildirmiştir. Her ne kadar hedef zararlı farklı olmakla birlikte, bu çalışmada elde edilen oran, çok yüksek olmasa da bildirilen çalışmalarda elde edilen oranlara yakın bulunmuştur.

Cladosporium xanthochromaticum izolatı bu çalışma kapsamında yapılan saksı denemesinde %48 gibi dikkate değer bir etki göstermiştir. Abdel-Baky (2000), *Cladosporium*'u beyazsinek ve yaprakbitlerinden izole etmiş ve laboratuvar koşullarında yapılan etkinlik denemelerinde %83.5 oranında beyazsinek erginlerine etki gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca *Cladosporium* sp.'nin doğada beyazsineklerde yaygınlık oranının nimf döneminde yüksek (%87.8), ergin ve yumurta döneminde ise düşük (sırasıyla %8.05 ve %4.15) olduğunu belirlemiştir. Telli (2006), Hatay ili turuncgillerinde zararlı turuncgil pamuklu beyazsineği, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) nimf ve pupaları üzerinde entomopatojen fungus, *Cladosporium* sp.'nin geliştiğini tespit etmiştir. Araştırmacı örnekleme yaptığı alanlarda fungusu ilkbaharda kolonilerin %6.45'inde, yazın ise %0.11'inde belirlemiş, ancak patojenin tek başına bu zararlıyı baskı altına alamadığını belirtmiştir (Telli, 2006). Shaker et al. (2019), yaprakbitinden izole edilmiş olan *Cladosporium cladosporioides*'den elde ettikleri etil asetat ekstraktının farklı konsantrasyonlarını *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)'ye karşı test etmiş ve 7. günde erginlerde %40.0-96.67, nimflerde ise %46.67-96.67 arasında ölüm oranı elde etmişlerdir. Çalışmalarda belirtilen oranlar kadar olmasa da yüzde elliye yakın ölüme neden olması ve Hatay ilinde bir başka beyazsinek türünde doğal olarak bulunmasından dolayı bu etmen ile çalışmalara devam edilmelidir.

Bu çalışmada olduğu gibi farklı böcek gruplarının ölü bireylerinden *Fusarium* izolatları elde edilmiş ve bunların etkinlikleri laboratuvar koşullarında saptanmıştır (Abdel-Baky, 2000; Torres-Barragán et al. 2004; Avery et al. 2011; Anaisie et al. 2011; Anwar et al. 2017). Avery et al. (2011) incir beyazsineğinin ölü nimflerinden, Abdel-Baky (2000) de beyazsinek ve yaprakbitlerinin yumurta ve nimflerinden *Fusarium* izolatları elde etmişlerdir. Torres-Barragán et al. (2004) *Fusarium* türleri ile sera beyazsineği *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae)'un 3. nimf dönemine karşı yaptıkları etkinlik denemelerinde %95'in üzerinde başarı sağlamışlardır. Anaisie et al. (2011) *Fusarium* izolatlarını *P. xylostella*'nin 3. dönem larvalarına karşı test etmiş ve izolatların %66.7-70.0 arasında başarı gösterdiklerini bildirmişlerdir. Anwar et al. (2017), 5 *Fusarium* türü ile *B. tabaci*'nin nimf dönemine karşı yaptıkları etkinlik denemesinde uygulamadan 6 gün sonra tüm izolatlarda %100 ölüm oranı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ancak bu çalışma kapsamında yapılan denemede *F. chlamydosporum* izolatı saksı

çalışmasında nimflere karşı sadece %25 oranında etki göstermiştir. Bu durum, bu çalışmada kullanılan izolatin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Yapılan bu çalışmada izolatlar beyazsineğin nimf dönemine karşı ergin dönemden daha yüksek etki göstermiştir. Ekolojik faktörler dışında, zararlının sahip olduğu fiziksel bariyerler (kütikül, epikütiküller gibi), fizyolojik durumu, savunma mekanizması gibi etkenler EPF'lerin kolonizasyonunu ve başarısını etkilemektedir (Abdel-Baky, 2000; Kishore Varma et al. 2019). Wraight et al. (2000), yaptıkları çalışmada bazı fungal etmenlerin *B. argentifolii*'nin ergin öncesi dönemlerine karşı olan yüksek etkisine rağmen ergin dönemlerine olan etkisinin çok düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedenleri tam olarak bilinmemekle birlikte, beyazsineğin ergin döneminin zar yapısında olan kanat ve vücudunun mumsu bir tabaka ile kaplı olmasının etkili olabileceğini, ayrıca ergin öncesi dönemlerin erginlere göre yaprak yüzeyine daha bağımlı olmalarının enfeksiyon riskini arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Yapılan çalışma sonucunda *C. xanthochromaticum* ve *P. oxalicum*'un zararlının nimf gelişme sürelerinin kontrolle karşılaştırıldığında az da olsa uzamasına neden olduğu belirlenmiştir. Bu durum mikroorganizmaların doğrudan olmasa da dolaylı olarak *B. tabaci*'nin ergin öncesi dönemlerinin gelişimini etkileyebileceğini göstermektedir. Nitekim Valenzuela-Soto et al. (2010), bitki rizosferinden izole ettikleri *Bacillus subtilis* BEB-DN ırkını bitkiye kökten vermiş ve *B. tabaci* ile etkileşimine bakmışlardır. Yaptıkları kök inokülasyonu sonucunda oluşan uyarılmış sistemik dayanıklılığın *B. tabaci*'nin nimf gelişme sürelerini uzattığını saptamışlardır. Benzer çalışmaların farklı mikroorganizmalar ile devam ettirilmesi ve bu etkinin nedenlerinin ayrıntılı çalışmalarla ortaya çıkarılması, zararlının mücadelesinde alternatif yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacak sonuçların elde edilebilmesini sağlayabilir.

Bu çalışmada daha önce *B. tabaci*'den elde edilmiş olan *P. oxalicum* ve *C. xanthochromaticum* izolatları zararlının hem ergin hemde nimf dönemine karşı kontrolle karşılaştırıldığında ümitvar etki göstermiştir. Doğada beyazsinek ve diğer akraba böcek türlerinde (Hemiptera: Sternorhyncha) yaygın görülen bu iki izolatin *B. tabaci*'nin biyolojik mücadelesinde etkili doğal düşmanlar (avcı ve parazitoit) ile birlikte kullanımına yönelik ayrıntılı çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Böylece elde edilen sonuçların özellikle seralarda yürütülen entegre mücadele programlarında zararlının biyolojik mücadelesinin geliştirilmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Öneri ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Kamil KARUT, Prof. Dr. Ali ERKILIÇ ve Prof. Dr. İsmail DEMİR'e, projeyi destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (FDK-2015-5239) ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne (TAGEM-BS-13/09-01/02-05) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abdel-Baky N.F., 2000. *Cladosporium* spp. an entomopathogenic fungus for controlling whiteflies and aphids in Egypt. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3: 1662-1667.
- Al-Keridis L.A., 2015. Application of *Penicillium* sp as entomopathogenic fungi to control the red rust beetle *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera:Tenebrionidae). *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12: 7-12.
- Anaisie P.E., V.Y. Eziah & E.O. Owusu, 2011. The potential of indigenous entomopathogenic fungi for the management of the Diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in Ghana. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1: 275-281.
- Anwar W., M.S. Haider, A.A. Shahid, H. Mushtaq, U. Hameed, M.Z.U. Rehman & M.J. Iqbal, 2017. Genetic diversity of *Fusarium* isolated from members of Sternorrhyncha (Hemiptera): Entomopathogens against *Bemisia tabaci*. *Pakistan Journal of Zoology*, 49 (2): 639-645.
- Anwar W., K. Nawaz, M.A. Javed, A. Akhter, A.A. Shahid, M.S. Haider, M.Z.U. Rehman & S. Ali, 2021. Characterization of fungal flora associated with sternorrhyncha insects of cotton plants. *Biologia*, 76: 533-547.
- Avery P.B., C.M. Mannion, C.A. Powell, C.L. McKenzie & L.S. Osborne, 2011. Natural enemies managing the invasion of the fig whitefly, *Singhiella simplex* (Hemiptera: Aleyrodidae), infesting a *Ficus benjamina* Hedge. *Florida Entomologist*, 94: 696-698.
- Ben Ze'ev I.S., 1993. Check-list of fungi pathogenic to insects and mites in Israel, updated through 1992. *Phytoparasitica*, 21: 213-237.
- Dellaporta S.L., J. Wood & J.B. Hicks, 1983. A plant DNA miniprep: Version II. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1: 19-21.
- Faria M. & S.P. Wraight, 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20: 767-778.
- Gupta S., S.B. Krasnoff, N.L. Underwood, J.A.A. Renwick & D.W. Roberts, 1991. Isolation of beauvericin as an insect toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. *Mycopathologia*, 115: 185-189.
- Harish E.R., A.H. Farhana & B.G. Sangeetha, 2019. Screening potential microbes against whitefly (*Bemisia tabaci* (Gennadius)), the most important pest of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7 (6): 601-606.
- Jaber L.R. & B.H. Ownley, 2017. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116: 36-45.
- Karman M., 1971. Bitki koruma araştırmalarında genel bilgiler, denemelerin kuruluşu ve değerlendirme esasları. T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Bornova-İzmir, 279s.
- Karut K., S.J. Castle, ř.T. Karut & M.M. Karaca, 2020. Secondary endosymbiont diversity of *Bemisia tabaci* and its parasitoids. *Infection, Genetics and Evolution*, 78: 104104,
- Kıdanu S. & L. Hagos 2020. Research and application of entomopathogenic fungi as pest management option: A review. *Journal of Environment and Earth Science*, 10 (3): 31-39.
- Kishore Varma P., V. Chandra Sekhar, B. Bhavani & S. Upendhar, 2019. *Cladosporium cladosporioides*: A new report of parasitism on sugarcane woolly aphid, *Ceratovacuna lanigera* Zehntner. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7 (6): 1122-1126.

- Lacey L.A., S.P. Wraight & A.A. Kirk, 2008. Entomopathogenic fungi for control of *Bemisia tabaci* Biotype B: Foreign exploration, research and implementation. (Editors: J. Gould, K. Hoelmer and J. Goolsby, Classical Biological Control of *Bemisia tabaci* in the United States, A Review of Interagency Research and Implementation). Springer, 33-69.
- Louw J.P. & L. Korsten, 2014. Pathogenic *Penicillium* spp. on apple and pear. *Plant Disease*, 98 (5): 590-598.
- Mascarin G.M., N.N. Kobori, E.D. Quintela & Jr.I. Delalibera, 2013. The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. *Biological Control*, 66: 209-218.
- Sani I., S.I. Ismail, S. Abdullah, J. Jalinas, S. Jamian & N. Saad, 2020. A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. *Insects*, 11: 619.
- Shaker N.O., G.M.M. Ahmed, H.Y.E. Ibrahim, M.M. El-Sawy, M.E. Mostafa & H.N.A.E. Ismail, 2019. Secondary metabolites of the entomopathogenic fungus, *Cladosporium cladosporioides* and its relation to toxicity of cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glov.). *International Journal of Entomology and Nematology*, 5 (1): 115-120.
- Smith P., 1993. Control of *Bemisia tabaci* and the potential of *Paecilomyces fumosoroseus* as a biopesticide. *Biocontrol News and Information*, 14: 71-78.
- Stansly, P.A., & S.E. Naranjo. 2010. Introduction, pp. XV–XVIII. (Editors: P. A. Stansly, and S. E. Naranjo, *Bemisia: bionomics and management of a global pest*). Springer+Business, New York, NY, 540 p.
- Telli Ö., 2006. Hatay ili turunçgillerinde zararlı turunçgil pamuklu beyazsineği, *Aleurothrixus floccosus* (maskell) ve turunçgil ipek beyazsineği, *Paraleyrodes minei* Iaccarino'nin yayılışı, biyolojisi ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, 79s.
- Tireng Karut Ş., 2018. Pamuk beyazsineği, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin entomopatojen florasının mikrobiyal mücadelede kullanımını. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana, 120 s.
- Torres-Barragán A., A.L. Anaya, R. Alatorre & C. Toriello, 2004. Entomopathogenic fungi from 'El Eden' ecological reserve, Quintana Roo, Mexico. *Mycopathologia*, 158: 61-71.
- Valenzuela-Soto J.H., M.G. Estrada-Hernandez, E. Ibarra-Laclette & J.P. Delano-Frier, 2010. Inoculation of tomato plants (*Solanum lycopersicum*) with growth-promoting *Bacillus subtilis* retards whitefly *Bemisia tabaci* development. *Planta*, 231: 397-410.
- White T.J., T. Bruns, S. Leeand & J. Taylor, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. (Editors: M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White, PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications). Academic Press, Inc., New York, 315-322.
- Wraight S.P., R.I. Carruthers, S.T. Jaronski, C.A. Bradley, C.J. Garza & S. Galaini-Wraight, 2000. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Biological Control*, 17: 203-217.

Orijinal araştırma (Original article)

A contribution to the Tachinidae (Diptera) fauna of Çorum Province in Turkey, with new records¹

İlhami UYSAL², Turgut ATAY^{2*}

Çorum (Türkiye) ilinin Tachinid (Diptera: Tachinidae) faunasına yeni kayıtlar ile katkılar

Öz: Tachinidler (Diptera: Tachinidae) önemli bir parazitoit gruptur ve konukçularının önemli bir kısmını zararlı böcekler oluşturmaktadır. 2015-2016 yıllarında yürütülen bu çalışmada Çorum ilini temsil edecek şekilde seçilen 6 ilçede (Merkez ilçe, İskilip, Kargı, Laçın, Mecitözü, Sungurlu) Tachinidae familyasına ait türlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Çorum ilinin tarım ve doğal alanlarından toplanan Tachinidae erginlerine ilişkin teşhis işlemleri yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, Exoristinae'den 13 cinse bağlı 14 tür, Tachininae'den 12 cinse bağlı 16 tür, Dexiinae'den 9 cinse bağlı 10 tür ve Phasiinae'den 6 cinse bağlı 12 tür olmak üzere toplamda 52 tür tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde *Baumhaueria goniaeformis* (Meigen, 1824), *Billaea triangulifera* (Zetterstedt, 1844), *Dufouria chalybeata* (Meigen, 1824) ve *Dionaea aurifrons* (Meigen, 1824) türleri Türkiye böcek faunası için yeni kayıt niteliğindedir. Ayrıca *Baumhaueria* ve *Dionaea* cinsleri ülkemizde ilk defa bu çalışmada belirlenen türler ile temsil edilmişlerdir. Belirlenen türlerin Türkiye'deki dağılımları ve konukçuları hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tachinidae, fauna, yeni kayıtlar, Çorum, Türkiye

Abstract: Tachinids (Diptera: Tachinidae) are an important group of parasitoids and the majority of their hosts are insects. In this study conducted in 2015-2016, the aim was to determine the species belonging to the family Tachinidae in 6 districts (Central, İskilip, Kargı, Lacin, Mecitözü and Sungurlu) of Çorum Province of Turkey. For this purpose, adult tachinid specimens were collected from agricultural, semi-natural and natural areas and identified. In total, 52 species from 4 subfamilies were identified. There were 13 genera and 14 species of Exoristinae, 12 genera and 16 species of Tachininae, 9 genera and 10 species of Dexiinae, and 6 genera and 12 species of Phasiinae. Among them *Baumhaueria goniaeformis* (Meigen, 1824), *Billaea triangulifera* (Zetterstedt, 1844), *Dufouria chalybeata* (Meigen, 1824) and *Dionaea aurifrons* (Meigen, 1824) were recorded for the

¹ This study is a partial summary of first author's Master Thesis

² Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

* Corresponding author (Sorumlu yazar) e-mail: turgut.atay@gop.edu.tr

ORCID ID (In author order): 0000-0002-6725-5337; 0000-0002-9074-0816

Alınış (Received): 1 Şubat 2021

Kabul edilmiş (Accepted): 22 Mart 2021

first time in Turkey. In addition, the genera *Baumhaueria* and *Dionaea* are also reported for the first time from Turkey. The Turkish distributions and host data of the species are also given.

Keywords: Tachinidae, fauna, new records, Çorum, Turkey

Introduction

The order Diptera, comprising more than 150.000 species in about 150 families, is one of the most diverse groups of insects (Yeates et al. 2007). The family Tachinidae is among its largest families, with about 8.540 species known worldwide and more than 2.100 species in the Palaearctic region (O'Hara et al. 2019). Approximately 340 species of the family have been recorded in Turkey (Kara et al. 2020).

All known tachinid species are parasitoids. About 16.000 species of Diptera are parasitoids and more than half of them are tachinids (O'Hara, 2008). Although many of the hosts of tachinids are still unknown, the species mainly parasitise the larvae of lepidopterans, while other hosts belong to the orders Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera and Diptera (Grenier, 1988; Stireman et al. 2006). The most comprehensive catalog of Palaearctic hosts of the Tachinidae was compiled by Tschorsnig (2017). A detailed host catalog of Turkish hosts of tachinids has been compiled by Kara & Tschorsnig (2003).

Although there have been some studies of the species richness of the family Tachinidae in Turkey, the number of these studies is relatively low overall (Doğanlar, 1975; Kara, 1998; Aksu, 2005; Korkmaz, 2007; Atay & Kara, 2014; Lekin et al. 2016b; Balkan et al. 2015; Atay 2017; Lutovinovas et al. 2018). For example, for Çorum Province, only one species had been recorded (Tuatay et al. 1972). Therefore, the purpose of the current research was to determine the tachinid species in different habitats in Çorum Province, Turkey.

Materials and methods

Tachinid specimens were collected from various habitats in six districts in Çorum Province (Central, İskilip, Kargı, Laçın, Mecitözü and Sungurlu districts) of Turkey in the summers of 2015 and 2016 (Figure 1). The samples were collected randomly from crop, forest, weed and ornamental plants with an insect net. After collection, the flies were killed with ethyl acetate and brought to the laboratory and prepared with standard museum methods.

The species were identified by using the keys of Mesnil (1944-1965), Herting, (1963; 1977), Tschorsnig & Herting (1994) and Tschorsnig & Richter (1998). The nomenclature and arrangement of tachinids follows that of Herting and Dely-Draskovits (1993). The specimens were deposited in the Plant Protection Museum, Tokat Gaziosmanpaşa University, Agriculture Faculty, Plant Protection Department, Tokat, Turkey.

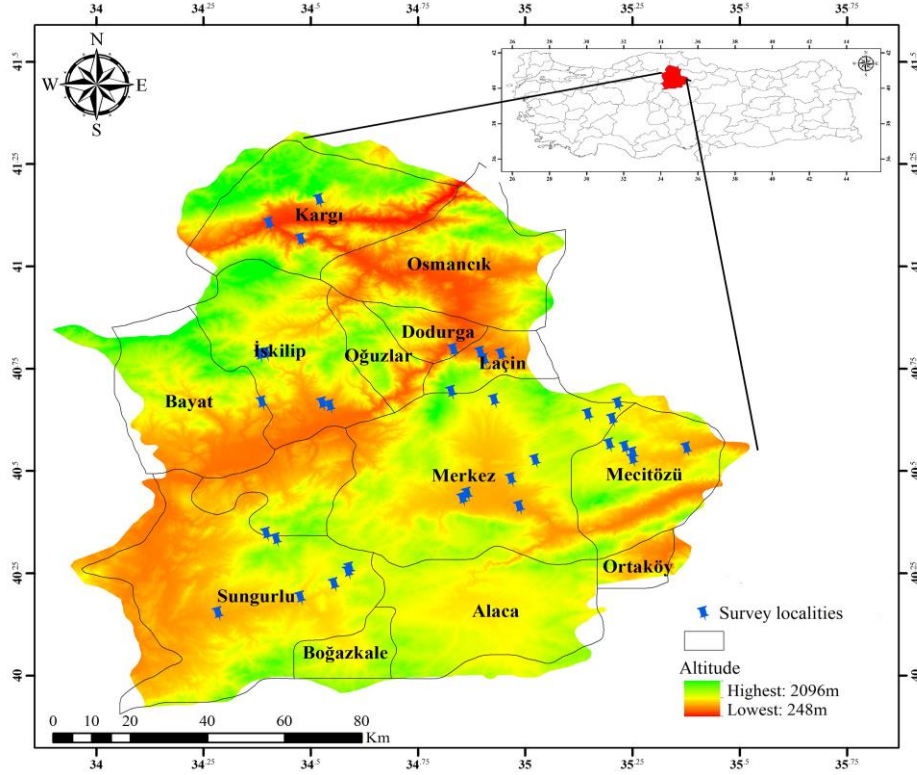


Figure 1. Study area

Results and discussion

A total of 52 species were collected in six districts of Çorum Province. The four species marked in the text with an asterisk are new records for the Turkish fauna. In addition, the genera *Baumhaueria* and *Dionaea* are reported for the first time from Turkey.

Subfamily: Exoristinae

Exorista segregata (Rondani, 1859)

Material examined: Mecitözü: Alören, N 40°33'40", E 035°11'53", 1038m, 31.VII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: İstanbul (Schimitschek, 1944), Trakya (Gürses, 1975), Erzurum (Doğanlar, 1975; Doğanlar, 1982a; Heaeselbarth, 1983; Kılıç & Alaoğlu, 1996; Özbek & Çoruh, 2012), Erzurum, Nevşehir, İstanbul, Kırklareli (Heaeselbarth, 1983), Ankara, Kırşehir, Niğde (Kansu et al., 1986), Isparta (Avcı & Kara, 2002), Hatay (Mückstein et al. 2004), Afyonkarahisar, Burdur, Isparta (Avcı,

2009), Tokat (Kara & Alaoğlu, 2001; Atay & Kara, 2014), Adana (Akdağcık, 2010); Nevşehir (Bartsch & Tschorsnig, 2010); Burdur, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Thaumetopoea pityocampa* (Lep.: Thaumetopoeidae) (Schimitschek, 1944; Avcı & Oğurlu, 2002), *Euproctis chryssorrhoea* (Lep.: Lymantriidae) (Gürses, 1975), *Euproctis* sp. (Dağanlar, 1982a), *Leucoma salicis* (Doğanlar, 1975, 1982a; Kansu et al., 1986; Kılıç & Alaoğlu, 1996; Kara & Alaoğlu, 2001), *Phalera bucephala* (Lep.: Notodontidae) (Doğanlar, 1982a), *Simyra dentinosa* (Herting, 1960, Atay & Kara, 2014), *Aporia crataegi* (Lep.: Pieridae) (Kansu et al. 1986), *Pieris* sp. (Lep.: Pieridae) *Thaumetopoea ispartaensis* (Lep.: Thaumetopoeidae), *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) (Kara & Tschorsnig, 2003; Avcı, 2009), *Inachis io* (Lep.: Nymphalidae) (Kara & Tschorsnig, 2003), *Piers brassicae* (Lep.: Pieridae) (Akdağcık, 2010), *Parocneria terebinthi* (Kara & Alaoğlu, 2001), *Cucullia lanceolata* (Mückstein et al. 2004), *Hyles siehei* Püngeler (Lep.: Siphingidae) (Bartsch & Tschorsnig, 2010), *Zygaena carniolica* Scopoli (Lep.: Zygaenidae) (Tschorsnig, 2017).

***Exorista rustica* (Fallén, 1810)**

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Amasya (Kara, 2001b), Tokat (Kara & Alaoğlu, 2002), Kastamonu, Karabük, Zonguldak (Korkmaz, 2007); Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

***Zaira cinerea* (Fallén, 1810)**

Material examined: İskilip: Kılıçdere, N 40°39'16", E 034°32'45", 584m, 20.VI.2015, 1♂.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1982b), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

***Aplomya confinis* (Fallén, 1820)**

Material examined: Kargı: Çeltiközü, N 41°06'04", E 034°24'13", 370m, 02.V.2015, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara & Alaoğlu, 2002), Zonguldak (Korkmaz, 2007), Elazığ (Bolu & Çınar, 2005; Bolu & Kara, 2006), Eskişehir (Kara & Aksu, 2007), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Nordmannia acaciae* (Fabricius) (Lep.: Lycaenidae) (Bolu & Kara, 2006).

***Phebellia nigripalpis* (Robineau-Desvoidy, 1847)**

Material examined: Kargı: Uzunyurt, N 41°09'32", E 034°31'16", 854m, 18.VI.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Epicampocera succincta (Meigen, 1824)

Material examined: Sungurlu: Çavuşköy, N 40°11'14", E 034°28'37", 710m, 17.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara & Alaoğlu 2002), Amasya (Kara 2001b), Eskişehir (Aksu, 2005), Zonguldak (Korkmaz, 2007), Kastamonu (Atay, 2017).

Hosts in Turkey: *Papilio machaon* Linnaeus (Lep.: Papilionidae) (Tschorsnig, 2017).

Phryxe vulgaris (Fallén, 1810)

Material examined: Laçın: Kavaklıçiftlik, N 40°47'06", E 034°53'49", 570m, 16.V.2015, 1♀.

Distribution in Turkey: Ankara (Tuatay et al. 1972), Uşak, Denizli (Öncüer et al. 1977), İzmir (Uzun, 1987), Erzurum (Avcı & Özbek, 1990), Tokat (Kara, 1998; Atay & Kara, 2014), Nevşehir (Kara & Özdemir, 2000).

Hosts in Turkey: *Pieris rapae* (L.) (Lep.: Pieridae) (Avcı & Özbek, 1990), *Euproctis chryorrhoea* L. (Lep.: Lymantriidae) (Öncüer et al. 1977; Kara & Tschorsnig, 2003; Atay & Kara, 2014), *Pieris brassicae* L. (Tuatay et al. 1972; Uzun, 1987), *Aglais urticae* (L.) (Lep.: Nymphalidae) (Kara, 1998).

Senometopia separata (Rondani, 1859)

Material examined: İskilip: Kılıçdere, N 40°39'41", E 034°31'42", 625m, 20.VI.2015, 2♂, 1♀.

Distribution in Turkey: Bingöl, Erzurum (Doğanlar, 1975, 1982a), Tokat (Kara, 1998; Atay & Kara, 2014).

Hosts in Turkey: *Acronicta aceris* L., *A. megacephala* (Den. et Schiff.), *Acronicta* sp. (Lep.: Noctuidae) (Doğanlar, 1975; 1982a), *Lymantria dispar* L. (Lep.: Lymantriidae) (Doğanlar, 1982a; Kansu, 1955; Kara, 1998; Atay & Kara, 2014).

Clemelis pullata (Meigen, 1824)

Material examined: Sungurlu: Arifegazili, N 40°13'12", E 034°33'21", 938m, 18.V.2015, 1♂; İskilip: Kılıçdere, N 40°39'41", E 034°31'42", 625m, 20.VI.2015, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara & Alaoğlu, 2002), Eskişehir (Aksu, 2005), Kastamonu (Atay, 2017), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Pales processioneae Ratzeburg, 1840

Material examined: İskilip: Karagöz, N 40°46'59", E 034°23'52", 1074m, 07.V.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Isparta (Avcı & Kara, 2002), Kırklareli (Cerretti, 2005).

Hosts in Turkey: *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) (Lep.: Lymantriidae) (Herting, 1980), *Thaumetopoea ispartaensis* Doğanlar & Avcı, 2001 (Lepidoptera: Notodontidae) (Kara & Tschorsnig, 2003).

Ocytata pallipes (Fallén, 1820)

Material examined: İskilip: Kılıçdere, N 40°39'41", E 034°31'42", 625m, 29.IV.2016, 1♀; Merkez: Akçakaya, N 40°40'09", E 034°55'44", 925m, 21.V.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Masicera pavoniae (Robineau-Desvoidy, 1830)

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♀, Sungurlu: Çavuşköy, N 40°11'14", E 034°28'37", 710m, 17.VIII.2016, 2♀.

Distribution in Turkey: İstanbul (Schimitschek, 1944), Nevşehir (Tschorsnig, 2017).

Hosts in Turkey: *Saturnia pyri* Denis & Schiffermüller (Lep.: Saturniidae) (Tschorsnig, 2017).

****Baumhaueria goniaeformis*** (Meigen, 1824)

Material examined: Merkez: Şirinevler, N 40°37'21", E 035°12'16", 965m, 25.IV.2015, 1♂; Laçın: Kuyumcu, N 40°47'33", E 034°50'02", 516m, 16.V.2015, 1♀.

Remarks: This species and genus are new records for Turkey.

Gonia ornata (Meigen, 1826)

Material examined: Sungurlu: Gafurlu, N 40°14'59", E 034°35'19", 987 m, 18.V.2015, 1♀.

Distribution in Turkey: Konya, (Tuatay et al. 1972), Bingöl, Erzincan, Erzurum (Doğanlar, 1982a), Eskişehir (Aksu, 2005).

Subfamily: Tachininae***Tachina fera*** (Zetterstedt, 1844)

Material examined: Merkez: Akçakaya, N 40°40'09", E 034°55'44", 925m, 21.V.2016, 1♀; İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂, 1♀.

Distribution in Turkey: Bingöl, Erzurum (Doğanlar 1982b), Tokat (Kara, 1999b; Lakin et al. 2016b), Kastamonu (Korkmaz, 2007; Atay, 2017), Bolu, (Atay, 2017), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Tachina lurida (Fabricius, 1781)

Material examined: İskilip: Karagöz, N 40°46'59", E 034°23'52", 1074m, 07.V.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Tachina praeceps Meigen, 1824

Material examined: Mecitözü: Alören, N 40°33'40", E 035°11'53", 1038m, 31.VII.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Edirne, Kırklareli, Tekirdağ (Gürses, 1975), Uşak (Öncüler et al., 1977), Ardahan, Erzurum (Doğanlar, 1975; Doğanlar, 1982b; Heaeselbarth, 1983; Özbek & Çoruh, 2012), Kırşehir, Niğde, Nevşehir (Kansu et al. 1986), Tokat (Kara, 1999a), Niğde (Kara & Özdemir, 2000).

Hosts in Turkey: Arctiidae sp., *Malacosoma* sp. (Doğanlar, 1975), *Malacosoma castrensis* (Lep.: Lasiocampidae), *Malacosoma franconica*, *Malacosoma alpicola* (Doğanlar 1982b), *Malacosoma neustria* (Kara & Tschorsnig, 2003; Özbek & Çoruh, 2012), *Euproctis chrysoorrhoea* (Lep.: Lymantriidae) (Gürses, 1975; Öncüler et al., 1977; Kansu et al., 1986; Kara Özdemir 2000; Kara & Tschorsnig, 2003), *Euproctis* sp. (Doğanlar 1982b), *Nymphalis xanthomelas* (Lep.: Nymphalidae) (Mückstein et al. 2004).

Peleteria rubescens (Robineau-Desvoidy, 1830)

Material examined: Sungurlu: Arifegazili, N 40°13'12", E 034°33'21", 938m, 18.V.2015, 1♀.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1975), Tokat (Kara, 1999a; Lekin et al. 2016), Ankara (Khan & Özer, 1984; Kansu et al. 1986; Kara & Özdemir, 2000), Zonguldak (Korkmaz, 2007), Sakarya (Balkan et al. 2015).

Hosts in Turkey: *Malacosoma castrensis* (Linnaeus, 1758) (Lep.: Lasiocampidae) (Doğanlar, 1975), *Agrotis* sp. (Lep.: Noctuidae) (Khan & Özer, 1984; Kansu et al. 1986; Kara & Özdemir, 2000).

Peleteria iavana (Wiedemann, 1819)

Material examined: Sungurlu: Ortaköy, N 40°20'34", E 034°23'52", 971m, 06.VIII.2016, 2♀; Merkez: Bozboğa, N 40°25'41", E 034°51'18", 726m, 20.VIII.2016, 2♀.

Distribution in Turkey: Amasya (Kara, 2001b), Tokat (Lekin et al. 2016b).

Nemoraea pellucida (Meigen, 1824)

Material examined: Laçın: Çamlıca, N 40°46'51", E 034°56'44", 522m, 30.VII.2016, 4♀; İskilip: Kayaağzı, N 40°39'50", E 034°23'14", 737m, 26.VIII.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Bingöl (Doğanlar, 1982b), Samsun (Tuncer & Ecevit, 1996; Sullivan et al. 2012), Sakarya (Balkan et al., 2015), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Hyphantria cunea* (Drury) (Lep.: Arctiidae) (Tuncer & Ecevit, 1996; Kara & Tschorsnig, 2003; Sullivan et al. 2012).

Linnaemya vulpina (Fallén, 1810)

Material examined: Merkez: Akçakaya, N 40°40'09", E 034°55'44", 925m, 21.V.2016, 5♂, 1♀; Sungurlu: Ortaköy, N 40°20'34", E 034°23'52", 971m, 06.VIII.2016, 2♂.

Distribution in Turkey: Eastern Mediterranean Region (Sertkaya & Bayram, 2005), Bartın (Korkmaz, 2007), Eskişehir (Kara & Aksu, 2007), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Leucania loreyi* Duponchel (Lep.: Noctuidae) (Sertkaya & Bayram, 2005).

Zophomyia temula (Scopoli, 1763)

Material examined: Mecitözü: Köprübaşı, N 40°32'21", E 035°15'08", 850m, 01.V.2016, 3♂; N 40°31'20", E 035°15'00", 800m, 01.OV.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara, 1999a).

Macquartia tenebricosa (Meigen, 1824)

Material examined: Laçın: Kavaklıçiftlik, N 40°47'06", E 034°53'49", 570m, 16.V.2015, 1♀; Mecitözü: Köseeyüp, N 40°33'04", E 035°22'39", 700m, 19.V.2015, 3♀; İskilip: Kayaagzı, N 40°39'50", E 034°23'14", 737m, 13.VI.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara, 1999a; Atay, 2018), Adana (Anay, 2000), Amasya (Kara, 2001b), Bartın (Korkmaz, 2007), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Macquartia tessellum (Meigen, 1824)

Material examined: Kargı: Çeltiközü, N 41°06'04", E 034°24'13", 370m, 02.V.2015, 1♂.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1982b), Tokat (Kara, 1999a), Muğla (Lutovinovas et al., 2018).

Actia crassicornis (Meigen, 1824)

Material examined: Sungurlu: Çavuşköy, N 40°11'14", E 034°28'37", 710m, 17.VIII.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: No locality information was provided (Çanakcıoğlu, 1993).

Hosts in Turkey: *Tortrix viridana* (Lep.: Tortricidae) (Çanakcıoğlu, 1993).

Peribaea apicalis Robineau-Desvoidy, 1863

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Aphria longirostris (Meigen, 1824)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Kayseri (Atay et al. 2015).

Bithia maculifacies Tschorsnig & Kara, 2002

Material examined: Mecitözü: Köprübaşı, N 40°31'28", E 035°15'06", 829m, 01.V.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Tschorsnig & Kara, 2002).

Ziminia masiceraeformis (Portschinsky, 1881)

Material examined: İskilip: Kayaagzı, N 40°39'50", E 034°23'14", 737m, 09.VI.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Kars (Doğanlar, 1982b)

Microphthalma europaea Egger, 1860

Material examined: İskilip: Kılıçdere, N 40°39'41", E 034°31'42", 625m, 20.VI.2015, 4♂, 1♀.

Distribution in Turkey: Aydın, Diyarbakır, Eskişehir (Karagöz et al. 2011), Sakarya (Balkan et al., 2015), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Polyphylla fullo* L. (Col.: Scarabaeidae) (Karagöz et al. 2011).

Subfamily: Dexiinae

Billaea adelpha (Loew, 1873)

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara, 2001a).

**Billaea triangulifera* (Zetterstedt, 1844)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♀.

Remarks: This species is a new record for Turkey.

Dinera carinifrons (Fallén, 1817)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1982b), Kars (Ziegler et al. 2016).

Zeuxia erythraea (Egger, 1856)

Material examined: Merkez: Ovasaray, N 40°24'30", E 034°59'16", 911m, 14.V.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1982b).

Eriothrix rufomaculata (De Geer, 1776)

Material examined: Merkez: Şirinevler, N 40°37'21", E 035°12'16", 965m, 25.IV.2015, 1♂; Laçın: Merkez, N 40°46'03", E 034°54'22", 754m, 01.V.2015, 1♂, 1♀; Laçın: Kavaklıçiftlik, N 40°47'06", E 034°53'49", 570m, 16.V.2015, 1♂; Laçın: Kuyumcu, N 40°47'33", E 034°50'02", 516m, 16.V.2015, 2♂; Merkez: Eskice, N 40°38'03", E 035°08'52", 1070m, 17.V.2015, 12♂, 2♀; Sungurlu: Gafurlu, N 40°15'10", E 034°35'30", 1012m, 18.V.2015, 2♂, 2♀; Mecitözü: Kuyucak, N 40°39'39", E 035°13'03", 925m, 01.V.2016, 1♀; Merkez: Ovasaray, N 40°24'30", E 034°59'16", 911m, 14.V.2016, 1♂, 1♀; Merkez: Çatak, N 40°41'22", E 034°49'45", 1255m, 21.V.2016, 1♀; Mecitözü: Köprübaşı, N 40°31'28", E 035°15'06", 829m, 01.VI.2016, 3♂; Merkez: Ovakarapınar, N 40°28'34", E 034°58'08", 812m, 14.VI.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar 1982b), Tokat (Kara, 1999b; Lekin et al. 2016b), Bartın, Kastamonu, Zonguldak (Korkmaz, 2007), Sakarya (Balkan et al. 2015), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Periscepsia carbonaria (Panzer, 1798)

Material examined: Merkez: Kadıkırı, N 40°26'26", E 034°51'57", 738m, 02.VIII.2016, 1♀; Merkez: Şirinevler, N 40°37'21", E 035°12'16", 965m, 25.IV.2015, 1♂.

Distribution in Turkey: Denizli (Kavut et al. 1974), Ankara (Khan & Özer, 1984; Kansu et al. 1986; Bayram, 1987; Bayram & Kılınçer, 1987; Kara & Özdemir, 2000), Eskişehir (Kara & Aksu, 2007), Tokat (Lekin et al. 2016), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Agrotis ipsilon* Hufnagel. (Lep.: Noctuidae) (Kavut et al. 1974; Khan & Özer 1984), *Agrotis segetum* Denis & Schiffermüller (Khan & Özer 1984; Bayram & Kılınçer, 1987), *Agrotis* sp. (Kansu et al. 1986; Kara & Özdemir, 2000).

Voria ruralis (Fallén, 1810)

Material examined: Laçın: Kavaklıçiftlik, N 40°47'06", E 034°53'49", 570m, 16.V.2015, 1♀; Mecitözü: Köseeyüp, N 40°33'04", E 035°22'39", 700m, 19.V.2015, 2♀; Kargı: Obruk, N 41°03'44", E 034°28'42", 457m, 18.VI.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: İzmir (Kavut et al. 1974), Erzurum (Avcı & Özbek, 1990), Tokat (Kara, 1999b), Adana (Anay, 2000), Niğde (Kara & Özdemir, 2000), Amasya (Kara, 2001b), Karabük (Korkmaz, 2007), Hatay (Kaya & Kornoşor, 2008), Tokat (Lekin et al. 2016), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lep.: Noctuidae) (Steiner, 1937), *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758) (Lep.: Noctuidae) (Kavut et al. 1974; Avcı & Özbek, 1990; Anay, 2000; Kara & Özdemir, 2000), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lep.: Noctuidae) (Anay, 2000); Plusiinae sp. (Lep.: Noctuidae) (Kaya & Kornoşor, 2008).

Cyrtophleba ruricola (Meigen, 1824)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Antalya, Burdur, Konya, Van (Sahebari et al. 2014).

Klugia marginata (Meigen, 1824)

Material examined: Laçın: Kavaklıçiftlik, N 40°47'06", E 034°53'49", 570m, 16.V.2015, 1♂; Sungurlu: Gafurlu, N 40°14'59", E 034°35'19", 987m, 18.V.2015, 2♂.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara, 1999b).

**Dufouria chalybeata* (Meigen, 1824)

Material examined: Merkez: Ovasaray, N 40°24'30", E 034°59'16", 911m, 14.V.2016, 1♂, 1♀.

Remarks: This species is a new record for Turkey.

Subfamily: Phasiinae

Eliozeta helluo (Fabricius, 1805)

Material examined: Mecitözü: Kuyucak, N 40°39'39", E 035°13'03", 925m, 01.V.2016, 1♀; İskilip: Kılıçdere, N 40°39'41", E 034°31'42", 625m, 29.IV.2016, 3♂; Merkez: Ovasaray, N 40°24'30", E 034°59'16", 911m, 14.V.2016, 3♂, 2♀; Mecitözü: Köprübaşı, N 40°31'20", E 035°15'00", 800m, 01.V.2016, 6♂, 2♀.

Distribution in Turkey: Diyarbakır (Zwölfer, 1932; Dupuis, 1963; Yüksel, 1968; Gözüaçık et al. 2010; Duman & Sertkaya, 2015), Kilis (Lodos, 1961; İslamoğlu & Kornoşor, 2003), Gaziantep, (Brown, 1962; İslamoğlu & Kornoşor, 2003; Gün, 2010), Ankara, Çorum (Tuatay et al. 1972; Memişoğlu & Özer, 1994), The Mediterranean region (Şimşek et al. 1994), Tekirdag (Öncüer & Kıvan, 1995; Kıvan 1996), Tokat (Kara, 1998), Zonguldak (Korkmaz, 2007). Kahramanmaraş (İslamoğlu & Kornoşor, 2007), Adıyaman, Batman, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak (Gözüaçık et al., 2010), Adıyaman, Hatay (Gün, 2010), Adana, Adıyaman (Tschorsnig, 2017), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Eurygaster integriceps* (Het.: Scutelleridae), (Zwölfer 1932; Brown 1962; Dupuis, 1963; Lodos, 1986; Şimşek et al. 1994; Öncüer & Kıvan 1995; Kıvan, 1996; İslamoğlu & Kornoşor, 2003; 2007; Gözüaçık et al. 2010; Gün, 2010; Duman & Sertkaya 2015; Tschorsnig, 2017), *E. maura* (Het.: Scutelleridae) (Tuatay et al. 1972; Memişoğlu & Özer, 1994; Tschorsnig, 2017).

Eliozeta pellucens (Fallén, 1820)

Material examined: Merkez: Ovasaray, N 40°24'30", E 034°59'16", 911m, 14.V.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Tokat (Kara & Bayram, 1999), Zonguldak (Korkmaz, 2007).

Clytiomya sola (Rondani, 1861)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Konya (Tuatay et al. 1972), Manisa, İzmir (Karsavuran & Kara, 2003), Çorum Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Ancyrosoma leucogrammes* (Het.: Pentatomidae) (Karsavuran & Kara, 2003), *Carpocoris* sp. (Het.: Pentatomidae) (Tuatay et al. 1972), *Graphosoma lineatum* (Het.: Pentatomidae) (Kara & Tschorsnig, 2003).

Ectophasia crassipennis (Fabricius, 1794)

Material examined: Sungurlu: Çiftlik, N 40°08'54", E 034°17'05", 717m, 18.V.2015, 1♀; Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 2♀, Merkez: Bozboğa, N 40°25'41", E 034°51'18", 726m, 20.VIII.2016, 1♀.

Distribution in Turkey: Kilis (Zwölfer, 1932); South and South East Anatolia Regions (Yüksel, 1968), Diyarbakır (Lodos, 1953; 1961; Duman & Sertkaya, 2015), Adana (Şimşek et al. 1994), Tokat (Atay & Kara, 2014; Lekin et al., 2016b); Şanlıurfa (Duman et al., 2015); Bartın, Karabük, Kastamonu (Atay, 2017), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Eurygaster integriceps* Puton, 1881 (Het.: Scutelleridae), (Zwölfer, 1932; Lodos, 1961; 1953; 1986; Şimşek et al., 1994; Duman & Sertkaya, 2015; Duman et al., 2015), *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758), *Carpocoris pudicus* (Poda, 1761) (Het.: Pentatomidae), *Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758) (Het.: Coreidae) (Atay & Kara, 2014).

Ectophasia oblonga (Robineau-Desvoidy, 1830)

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VII.2016, 1♂, 2♀.

Distribution in Turkey: Diyarbakır (Dupuis, 1963), Adana (Herting & Tschorsnig, 1993), Ankara (Memişoğlu & Özer, 1994), Tekirdağ (Öncüler & Kıvan, 1995; Kıvan, 1996), Tokat (Kara, 1998; Atay & Kara, 2014; Lekin et al. 2016b), Gaziantep, Kahramanmaraş, Kilis (İslamoğlu & Kornoşor, 2003; 2007), Eskişehir (Aksu, 2005), Bartın, Karabük, Kastamonu, Zonguldak (Korkmaz, 2007), Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Şanlıurfa (Gözüaçık et al. 2010), Kastamonu (Atay, 2017), Burdur, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Eurygaster integriceps* Puton, 1881 (Het.: Scutelleridae), (Dupuis, 1963; Yüksel, 1968; Öncüler & Kıvan, 1995; Kıvan, 1996; İslamoğlu & Kornoşor, 2003; 2007; Gözüaçık et al. 2010; Herting & Tschorsnig, 1993), *Eurygaster maura* (Linnaeus, 1758) (Memişoğlu & Özer, 1994), *Lygaeus equestris* (Linnaeus, 1758) (Het.: Lygaeidae) (Kara & Alaoğlu, 1999), *Aelia* sp., *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) (Kara & Tschorsnig, 2003); *Eurydema ornata* (Linnaeus, 1758) (Het.: Pentatomidae) (Kara & Tschorsnig, 2003; Atay & Kara, 2014).

Gymnosoma clavata (Rohdendorf, 1947)

Material examined: Mecitözü: Köprübaşı, N 40°31'20", E 035°15'00", 800m, 01.V.2016, 1♂; İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 2♂; Mecitözü: Elmapınar, N 40°33'15", E 035°14'03", 961m, 31.VII.2016, 1♂, 1♀; Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VII.2016, 1♂,

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar 1982b), İzmir (Karsavuran, 1986; Karsavuran & Kara, 2003; Herting & Tschorsnig, 1993), Tokat (Kara, 1998; Atay & Kara, 2014; Lekin et al. 2016b), Eskişehir (Aksu, 2005), Antalya, Burdur (Keçeci et al. 2007), Karabük (Korkmaz, 2007; Atay, 2017), Kastamonu (Atay, 2017), Sakarya (Balkan et al. 2015), Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) (Karsavuran, 1986; Herting & Tschorsnig, 1993; Kara & Tschorsnig, 2003; Keçeci et al. 2007), *Carpocoris* sp. (Herting & Tschorsnig, 1993), *Ancyrosoma leucogrammes* (Gmelin, 1790) (Karsavuran & Kara, 2003), *Carpocoris fuscispinus* (Boheman, 1850) (Het.: Pentatomidae) (Atay & Kara, 2014).

Gymnosoma rotundata (Linnaeus, 1758)

Material examined: İskilip: Elmalı, N 40°46'51", E 034°22'58", 936m, 24.VII.2016, 1♂, 1♀.

Distribution in Turkey: Eastern Black Sea Region (Kurt, 1975), Tokat (Kara, 1998; Lekin et al. 2016b), Karabük, Kastamonu, Zonguldak (Korkmaz, 2007; Atay, 2017), Sakarya (Balkan et al. 2015).

Hosts in Turkey: *Aelia rostrata* Boheman, 1852 (Dikyar, 1981), *Palomena prasina* L. (Het.: Pentatomidae) (Kurt, 1975).

****Dionaea aurifrons*** (Meigen, 1824)

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♂.

Remarks: This species and genus are new records for Turkey.

Cylindromyia brassicaria (Fabricius, 1775)

Material examined: Mecitözü: Alören, N 40°33'40", E 035°11'53", 1038m, 31.VII.2016, 2♀; Sungurlu: Ortaköy, N 40°20'34", E 034°23'52", 971m, 06.VIII.2016, 1♂, 1♀; Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Erzurum (Doğanlar, 1982b), İzmir (Karsavuran, 1986), Tokat (Kara, 1998; Kara & Alaoğlu, 1999; Atay & Kara, 2014; Lekin et al., 2016b), Eskişehir (Aksu, 2005), Antalya, Burdur (Keçeci et al. 2007; Kastamonu (Atay, 2017); Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) (Het.: Pentatomidae) (Karsavuran, 1986; Kara & Tschorsnig, 2003; Keçeci et al. 2007; Atay & Kara, 2014), *Holcostethus vernalis* (Wolff, 1804) (Het.: Pentatomidae) (Kara & Alaoğlu, 1999).

Cylindromyia bicolor (Oliver, 1812)

Material examined: Sungurlu: Kaledere, N 40°19'46", E 034°25'15", 1032m, 06.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Samsun (Herting, 1983), Black Sea Region (Işık et al. 1987), Tokat (Kara, 1998; Kara & Alaoğlu, 1999; Lekin et al. 2016b), Zonguldak (Korkmaz, 2007), Bartın, Karabük (Atay, 2017), Çorum (Uysal, 2018), Aydın, Muğla (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: *Rhaphigaster nebulosa* Poda. (Het.: Pentatomidae) (Herting, 1983).

Cylindromyia pilipes (Loew, 1844)

Material examined: Sungurlu: Ortaköy, N 40°20'34", E 034°23'52", 971m, 06.VIII.2016, 1♂; Merkez: Bozboğa, N 40°25'41", E 034°51'18", 726m, 20.VIII.2016, 1♂.

Distribution in Turkey: Bursa, İstanbul (Herting & Del-Draskowits, 1993), Bartın, Kastamonu (Atay, 2017), Burdur (Lutovinovas et al. 2018).

Hosts in Turkey: The hosts of this species are unknown in Turkey.

Cylindromyia rufipes (Meigen, 1824)

Material examined: Merkez: Bozboğa, N 40°25'41", E 034°51'18", 726m, 20.VIII.2016, 2♂.

Distribution in Turkey: Aydın (Kara, 2001a; Lutovinovas et al., 2018), Bartın, Zonguldak (Korkmaz, 2007), Kastamonu (Atay, 2017), Denizli, Muğla (Lutovinovas et al., 2018).

In this study, 52 species of the family Tachinidae (tachinids) were collected from 6 districts of Çorum Province, Turkey. Four of these species are new records for Turkey and 51 are new records for the fauna of Çorum Province. Furthermore, data on the distribution of most of the determined species is limited and some have only been reported from a single location in Turkey. The number of species obtained in the present study shows that Çorum Province is rich in Tachinidae species. Considering the distribution of the species at the subfamily level, Tachininae had the highest number of representatives, followed by Exoristinae, Phasiinae and Dexiinae, respectively. However, across the country, in descending order, the numbers of species have been reported as Exoristinae, Tachininae, Phasiinae and Dexiinae (Kara et al. 2020).

In terms of biological influence, the Tachinidae family is gaining great importance, as all its species are parasitoids. For this reason, research on revealing the species diversity of the family, determining the hosts, revealing information about the habitats preferred by the adults and the plants on which they feed are also important. Furthermore, the maintenance of habitat and host diversity across Çorum Province and Turkey is essential for the protection of tachinid diversity. In this way, the effectiveness of these parasitoids in biological control can be

increased by supporting natural populations. In this context, similar studies are needed in other parts of Turkey.

Acknowledgement

The study was supported by the Tokat Gaziosmanpaşa University Scientific Research Fund (Project Number: 2015/78). We thank Prof. Dr. Kenan KARA (Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey) for providing references and identification support for some tachinids.

References

- Akdağcık, Z., 2010. Çukurova Bölgesi Cruciferae üretim alanlarında zararlı olan lepidopter türlerin populasyon gelişmeleri, predator ve parazitoidlerinin belirlenmesi ve *Pieris brassicae* (L.)'nin bazı biyolojik özellikleri ile mücadelesi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 83 s.
- Aksu S., 2005. Eskişehir ve çevresinde saptanan Exoristinae ve Phasiinae (Diptera: Tachinidae) türleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 129 s.
- Anay A., 2000. Çukurova koşullarında yonca (*Medicago sativa* L.) da zararlı ve yararlı böcek faunasının saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Adana, 57 s.
- Atay T. 2011. Amasya, Sivas ve Tokat illerinin Kelkit Havzasındaki farklı böcek takımlarında bulunan Tachinidae (Diptera) türleri üzerinde çalışmalar. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 218 s.
- Atay T. 2018. Tachinid (Diptera: Tachinidae) parasitoids of the lucerne beetle, *Gonioctena fornicata* (Brüggemann, 1873) (Coleoptera: Chrysomelidae), with a new parasitoid record and their parasitism rates. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 42(2): 141-147.
- Atay T. 2017. Contributions to the knowledge of the Tachinidae (Diptera) fauna of Turkey from Western Blacksea region of Turkey with one new record. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(1): 137-145.
- Atay T., K. Kara & M. Özdemir, 2015. New records for Turkish Tachinidae (Diptera) fauna from Erciyes Mountain, Kayseri. *Turkish Journal of Zoology*, 39: 1162-1163.
- Atay, T. & K. Kara, 2014. Tachinids (Diptera: Tachinidae) reared from lepidopterous and heteropterous hosts from some localities in the Kelkit Valley (Amasya, Tokat, Sivas) of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 38 (4): 500-507.
- Avcı M. & İ. Oğurlu, 2002. The importance, biology and natural enemies of the pine processionary moth [*Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.)] in the lakes district. Proceedings of Pine Processionary Moth Symposium, 24-25 April 2002, Kahramanmaraş-Turkey, 26-36 pp.
- Avcı M. & K. Kara, 2002. Tachinidae parasitoids of *Traumatocampa ispartaensis* from Turkey. *Phytoparasitica*, 30 (4): 361-364.
- Avcı M. 2009. Parasitoid complex and new host plants of the Gypsy Moth, *Lymantria dispar* L. in the Lakes District, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(7): 1402-1405.
- Avcı, Ü. & H. Özbek, 1990. Erzurum'da lahanaya zararlı lepidopter türleri ve parazitoidleri üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Eylül 1990, İzmir, Türkiye, 319-330s.

- Balkan T., K. Kara & T. Atay, 2015. Tachinidae (Diptera) species of the Sakarya (Turkey) province with two new records. *Turkish Journal of Zoology*, 39 (6): 1050-1055.
- Bartsch D. & H.P. Tschorsnig, 2010. Raupenfliegen (Diptera:Tachinidae) aus Wirten der West- und Zentralpaläarktis. *Mitteilungen des entomologischen Vereins Stuttgart*, 45 (2): 137-140.
- Bayram Ş. & N. Kilinçer, 1987. *Periscepsia carbonaria* (Panz) (Diptera: Tachinidae)'nın *Agrotis segetum* (Den.-Schiff) (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarında gelişmesi üzerinde araştırmalar. Türkiye I. Entomoloji Kongresi, 13-16 Ekim 1987, İzmir, Türkiye, 521-530.
- Bayram Ş., 1987. Research on biological interrelations between *Periscepsia carbonaria* (Panz.) (Diptera: Tachinidae) and *Agrotis segetum* (Denis and Schiff.) (Lepidoptera: Noctuidae), Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 130 s.
- Bolu H. & M. Çınar, 2005. The harmful lepidoptera species on almond, their natural enemies and observations on some important species in Elazığ, Diyarbakır and Mardin provinces of Turkey. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 63-67.
- Bolu, H. & K. Kara, 2006. A new host (*Nordmannia acaciae* (Fabricius) (Lep.: Lycaenidae) record for *Aplomya confinis* (Fallén) (Dip.: Tachinidae) from Turkey. *Belgian Journal of Zoology*, 136 (1): 113-114.
- Brown E.S., 1962. Notes on the parasites of Pentatomidae and Scutelleridae (Hemiptera-Heteroptera) in Middle East countries, with observations on biological control. *Bulletin of Entomological Research London*, 53 (2): 241-256.
- Çanakçıoğlu H., 1993. Orman Entomolojisi. (Özel Basım İstanbul). İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Turkey. 458 s.
- Cerretti P., 2005. Revision of the West Palaearctic species of the genus *Pales* Robineau-Desvoidy (Diptera: Tachinidae). *Zootaxa*, 885: 1-36.
- Dikyar R., 1981. Biology and control of *Aelia rostrata* in central Anatolia. *European and Mediterranean Plant Protection Organisation Bulletin*, 11 (2): 39-41.
- Doğanlar M., 1975. Erzurum Bölgesinde Önemli Lepidopter Tırtıllarında Bulunan Tachinidae Sinekleri ve Bunların Kısa Biyolojileri. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, No: 375: 136s.
- Doğanlar M., 1982a. Doğu Anadolu'da saptanan bazı parazit sinekler I. Exoristinae (Diptera: Tachinidae). *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 6 (2): 75-79.
- Doğanlar, M., 1982b. Doğu Anadolu'da saptanan bazı parazit sinekler II. Echinomyiinae, Dexiinae, Phasiinae (Diptera: Tachinidae). *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 6 (4): 209-220.
- Duman M. & E. Sertkaya, 2015. Adult parasitoid species and parasitization rates of Sunn pest *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) and fecundity of the parasitised females in Karacadağ overwintering region and Diyarbakır cereal fields. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5 (2): 85-94.
- Duman M., N. Güz & E. Sertkaya, 2015. DNA barcoding of sunn pest adult parasitoids using cytochrome oxidase subunit I (COI). *Biochemical Systematics and Ecology*, 59: 70-77.
- Dupuis C., 1963. Essai monographique sur les Phasiinae (Diptères Tachinaires parasites d' Hétéroptères). Mémoires du Muséum National d' Histoire Naturelle, Paris. *Série A Zoologie*, 26: 1-461.
- Gözüaçık, C., K. Kara, V. Karaca, M. Duman, Ç. Mutlu, & K. Melan, 2010. Adult parasitoids of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Het.: Scutelleridae) and their

- effectiveness in the Southeast Anatolia. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14: 1-8.
- Grenier, S., 1988. Applied biological control with tachinid flies (Diptera, Tachinidae). *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 61 (3): 49-56.
- Gün G., 2010. Adıyaman, Gaziantep ve Hatay illerinde Süne (*Eurygaster integriceps* put.) (Heteroptera: Scutelleridae) ergin parazitöitleri (Diptera: Tachinidae) ve bazı biyolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Hatay. 62 s.
- Gürses A., 1975. Trakya bölgesinde Altın Kelebek (*Euproctis chryorrhoea* L.)'in Biyo-ökojisi ve Savaşı Üzerinde Araştırmalar. Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü, Ankara, 79 s.
- Haeselbarth E., 1983. Determination list of entomophagous insects 9. International Union for Biological Sciences, International Organization for Biological Control (IOBC) of Noxious Animals and Plants. *West Palaearctic Regional Section Bulletin*, 6 (1): 1-49.
- Herting B. & H.P. Tschorsnig, 1993. Determination list of entomophagous insects Nr. 12. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants. *West Palaearctic Regional Section Bulletin*, 16(3): 56.
- Herting B., 1960. Biologie der Westpaläarktischen Raupenfliegen (Dipt., Tachinidae). Monographien zur angewandten Entomologie. Parey, 188 pp.
- Herting B., 1963. Beiträge zur Kenntnis der Europäischen raupenfliegen (Dip. Tachinidae). VII. Mitteilungen der Schweizer. *Entomologischen Gesellschaft*, 35: 105-112.
- Herting B., 1977. Beiträge zur Kenntnis der Europäischen raupenfliegen (Dipt.: Tachinidae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)*, 295: 1-16.
- Herting B., 1980. Beiträge zur Kenntnis der europäischen Raupenfliegen (Dipt. Tachinidae) XV. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)*, 335: 1-8.
- Herting B., 1983. Phasiinae. (Editor: E. Lindner, Die Fliegen der Paläarktischen Region). Lieferung, Stuttgart, 1-88.
- Herting, B. & Á. Dely-Draskovits, 1993. Family Tachinidae, (Editor: A. Soós & L. Papp, Catalogue of Palaearctic Diptera. Anthomyiidae-Tachinidae), Budapest, Hungary, 118-458.
- Işık M., O. Ecevit, A. Kurt & T. Yüçetin, 1987. Doğu Karadeniz Bölgesi Fındık Bahçelerinde Entegre Savaş Olanakları Üzerinde Araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yayınları, No: 20, 95s.
- İslamoğlu M. & S. Kornoşor 2003. Gaziantep - Kilis illerinde kışlak ve buğday tarlalarındaki Süne ergin parazitöitleri (Diptera, Tachinidae) üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 43 (1-4): 99-110.
- İslamoğlu M. & S. Kornoşor, 2007. Investigations on the adult parasitoids (Diptera, Tachinidae) of the sunn pest in overwintering site and wheat fields in Kahramanmaraş. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2: 53-61.
- Kansu A., 1955. Orta Anadolu Meyve Ağaçlarına Zarar Veren Bazı Makrolepidoptera Türlerinin Evsafı ve Kısa Biyolojileri Hakkında Araştırmalar. Ziraat Vekaleti Neşriyat ve Haberleşme Müdürlüğü, No: 704, 204 s.
- Kansu A., N. Kılınçer N. Uğur & O. Gürkan, 1986. Ankara, Kırşehir, Nevşehir ve Niğde illerinde kültür bitkilerinde zararlı lepidopterlerin larva ve pupa asalakları. Türkiye I. Biyolojik Mücadele Kongresi, 12-14 Şubat 1986, Adana, Türkiye, 146-161s.
- Kara, K., 1998. Tokat ve çevresinde saptanan Exoristinae ve Phasiinae (Diptera: Tachinidae) alt familyalarına ait sinekler üzerinde sistematik çalışmalar. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 248 s.

- Kara K. 1999a. Tachininae (Diptera: Tachinidae) species of the Tokat province. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23 (2): 121-134.
- Kara K. 1999b. Dexiinae (Diptera: Tachinidae) species of the Tokat province. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23 (3): 203-210.
- Kara K. & S. Bayram, 1999. New records of Tachinidae (Diptera) from Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 1 (2): 17-20.
- Kara K., 2001b. Amasya İlinde saptanan Bazı Exoristinae, Tachininae ve Dexiinae (Diptera: Tachinidae) türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 25 (3): 217-222.
- Kara K., & Ö. Alaoğlu, 2002. Türkiye Tachinidae (Diptera) faunası için yeni kayıtlar. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi. 4-7 Eylül 2002, Erzurum, Türkiye, 217-225.
- Kara K. & O. Alaoğlu, 1999. Tokat ve çevresinde saptanan Phasiinae (Diptera: Tachinidae) altfamilyasına ait sinekler üzerinde sistematik çalışmalar. Türkiye IV. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Ocak 1999, Adana, Türkiye, 563-586.
- Kara K. & Y. Özdemir, 2000. Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) reared from lepidopterous larvae in Central Anatolia (Turkey). *Zoology in the Middle East*, 20 (1): 117-120.
- Kara K. & Ö. Alaoğlu, 2001. Some new host records of Tachinidae (Diptera) from Turkey. *Studia Dipterologica*, 8 (1): 349-351.
- Kara K. & H.P. Tschorsnig, 2003. Host catalogue for the Turkish Tachinidae (Diptera). *Journal of Applied Entomology*, 127: 465-476.
- Kara K. & S. Aksu, 2007. Eskişehir ve çevresinde belirlenen bazı Tachinidae (Insecta: Diptera) türleri. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi, 27-29 Ağustos 2007, Isparta, Türkiye, 166 s.
- Kara K., H.P. Tschorsnig & T. Atay, 2020. Checklist of Turkish Tachinidae (Insecta, Diptera) with new records. *Journal of the Entomological Research Society*, 22 (2): 163-190.
- Karagöz M., S. Aksu, C. Gözüaçık & K. Kara, 2011. *Microphthalma europaea* Egger (Diptera: Tachinidae), a new record for Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 35: 887-889.
- Karsavuran Y. & K. Kara 2003. Tachinid parasitoids of *Ancyrosoma leucogrammes* and notes on parasitization rates of *Clytiomya dupuisi*. *Phytoparasitica*, 31(4): 371-372.
- Karsavuran Y., 1986. Bornova (İzmir) koşullarında çeşitli kültür bitkilerinde zarar yapan *Dolycoris baccarum* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae)'un biyolojisi ve ekolojisi üzerinde araştırmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 10 (4): 213-230.
- Kavut, N., J. Dinçer & M. Karman, 1974. Ege Bölgesi pamuk zararlılarının predatör ve parazitleri üzerinde ön çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 14 (1): 19-28.
- Kaya K. & S. Kornoşor, 2008. The lepidopterous pest species, their parasitoids and population dynamics of the important ones in winter vegetables areas in Hatay province. *Turkish Journal of Entomology*, 32 (3): 195-209.
- Keçeci M., İ. Tekşam, E. Topuz & A. Öztop, 2007. Determination of adult parasitoid species (Dip.: Tachinidae) of Sunn Pests (*Eurygaster integriceps* Put.) (Het.: Scutelleridae) and their parasitoid ratios in Antalya and Burdur Provinces. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi, 27-29 Ağustos 2007, Isparta, Turkey, 174 s.
- Khan S.M. & M. Özer, 1984. *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) Parazitlerinin Saptanması ve Önemli Görülenlerin Konukçuları İle Biyolojik İlişkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayın BK7, Ankara, 19 s.

- Kılıç N. & Ö. Alaoğlu, 1996. Biology and parasitoids of satin moth *Leucoma salicis* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) a pest of poplar trees in Erzurum Province (Turkey). *Turkish Journal of Entomology*, 20 (4): 269-279.
- Kıvan M., 1996. Tekirdağ ilinde *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae)' in endoparazitleri ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 20 (3): 211-216.
- Korkmaz, Y., 2007. Batı Karadeniz Bölgesi Tachinidae (Hexapoda: Diptera) türleri üzerinde faunistik çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 54 s.
- Kurt A.M., 1975. Doğu Karadeniz fındıklarında zarar yapan *Palomena prasina* L. (Hemiptera: Pentatomidae) 'nın biyo-ekolojisi üzerinde araştırmalar. Samsun Bölge Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü Yayınları. No: 25, 57 s.
- Lekin N., T. Atay & K. Kara, 2016a. Contributions to the Turkish Tachinidae (Diptera) fauna. *Journal of the Entomological Research Society*, 18 (2), 73-78.
- Lekin N., K. Kara & T. Atay, 2016b. Tachinidae (Diptera) species from some uplands in Tokat province (Turkey). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33 (1): 56-63.
- Lodos N., 1953. The Bionomics and Control of *Eurygaster integriceps* Put. Türkiye Yüksek Ziraat Muhendisleri Birliği Neşriyatı, Turkey. No: 18, 57 s.
- Lodos N., 1961. The Problem of the Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in Turkey, Iraq, Iran and Syria (Distribution, Damage, Biology, Parasites, And Fighting Tools). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, Turkey.
- Lodos N., 1986. Türkiye Entomolojisi II. Genel Uygulamalı ve Faunistik. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; İzmir, Turkey.
- Lutovinovas E., H.P. Tschorsnig, M. Barták, Š. Kubík O. Dursun, H. S. Civelek & K. Kara, 2018. Contribution to the tachinid fauna of southwestern Turkey (Diptera: Tachinidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, 54 (4): 335-366.
- Memişoğlu H. & M. Özer, 1994. Ankara ilinde Avrupa sünesi (*Eurygaster maura* L., Hemiptera: Scutelleridae)'nin doğal düşmanları ve etkinlikleri. Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir, Türkiye, 175-186.
- Mesnil, L. P., 1944-1965. Larvaevorinae (Tachininae), (Editor: E. Lindner, Die Fliegen der Paläarktischen Region). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany, 370-751.
- Mückstein P., H.P. Tschorsnig & J. Vaňhara, 2004. Some new host records of West Palaearctic Tachinidae (Diptera). *Dipterologica Bohemoslovaca*, 12 (1): 111-113.
- O'Hara J.E., 2008. Tachinid Flies (Diptera: Tachinidae). (Editor: J.L. Capinera, Encyclopedia of Entomology. 2nd Edition). Springer Netherlands, Dordrecht, Pp. 3675-3686. <http://www.nadsdiptera.org/Tach/Gen/tachintr.htm>. (09.10.2020).
- O'Hara, J.E., S.J. Henderson & D.M. Wood, 2019. Preliminary checklist of the Tachinidae of the world. Version 1.0. PDF document, 681p. Retrieved from <http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/Checklist/Worldchecklist.html>. (09.10.2020).
- Öncüer C., E. Yalçın & E. Erkin, 1977. Ege Bölgesinde meyve ağaçlarında zarar yapan *Euproctis chrysoorrhoea* L. (Lep: Lymantriidae) larvalarının doğal düşmanları ve bunların etkililik durumları. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 1 (1): 39-47.
- Öncüer C. & M. Kıvan, 1995. Tekirdağ ve çevresinde *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) türleri, tanımları, yayılışları ve bunlardan *Eurygaster integriceps* Put.'in

- biyolojisi ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 19(4): 223-230.
- Özbek H. & S. Çoruh, 2012. Larval parasitoids and larval diseases of *Malacosoma Neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) detected in Erzurum Province, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 36 (4): 447-459.
- Sahebari, F.S., S. Khaghaninia & J. Ziegler, 2014. Faunistic study on tachinid flies of the subfamily Dexiinae (Diptera: Tachinidae) in northwestern Iran. *Studia Dipterologica*, 21(2): 243-256.
- Schimitschek E., 1944. Forstinsekten der Türkei und ihre Umwelt, Prague: Volk und Reich Verlag, 371 pp.
- Sertkaya E. & A. Bayram, 2005. Parasitoid community of the Loreyi leaf worm *Mythimna (=Acantholeuconia) loreyi*: Novel host-parasitoid associations and their efficiency in the East Mediterranean Region of Turkey. *Phytoparasitica*, 33: 441-449.
- Şimşek N., M. Güllü & M. Yaşarbaş, 1994. Akdeniz Bölgesinde Süne (*Eurygaster integriceps* Put.)'nin doğal düşmanları ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir, Türkiye, 155-164.
- Steiner P., 1937. Beiträge zur Kenntnis der Schädlingfauna Kleinasien III. *Laphygma exigua* Hb., ein Groß-Schädling der Zuckerrübe in Anatolien. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 23 (2): 177-222.
- Stireman, J.O., J.E. O' Hara & D.M. Wood, 2006. Tachinidae: Evolution, behavior and ecology. *Annual Review of Entomology*, 51: 525-555.
- Sullivan G.T., İ. Karaca, S.K. Ozman-Sullivan & K. Kara, 2012. Tachinid (Diptera: Tachinidae) parasitoids of overwintered *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) pupae in hazelnut plantations in Samsun province, Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 14 (1): 21-30.
- Tschorsnig H.P. & B. Herting, 1994. Die Raupenfliegen (Diptera: Tachinidae) Mitteleuropas: Bestimmungstabellen und angaben zur verbreitung und ökologie der einzelnen arten. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)*, 506: 1-170.
- Tschorsnig H.P. 2017. Preliminary host catalogue of Palaearctic Tachinidae (Diptera), 480pp. http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/CatPalHosts/Cat_Pal_tach_hosts_Ver1.pdf. (17.08.2020)
- Tschorsnig, H.P. & V. A. Richter, 1998. Family Tachinidae, (Editors: L. Papp & B. Darvas, Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera), Science Herald Budapest, Hungary, 691-827.
- Tuatay N., A. Kalkandelen & N. Aysev Çağatay, 1972. Nebat Koruma Müzesi Böcek Kataloğu (1961-1971). Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü, Ankara, 119s.
- Tuncer C. & O. Ecevit, 1996. Studies on the short biology of fall webworm (*H. cunea* Drury, Lep.: Arctiidae) in hazelnut growing area of Samsun Province and its natural enemies. Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu, 10-11 January 1996, Samsun, Turkey, 134-145.
- Uzun, S. 1987. İzmir ilinde lahana ve karnıbaharlarda zarar yapan lahana kelebeği (*Pieris brassicae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae)'nin parazitleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 11(4): 237-245.
- Yeates D.K., B.M. Wiegmann, G.W. Courtney, R. Meier, C. Lambkin & T. Pape, 2007. Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects. *Zootaxa*, 1668: 565-590.

- Yüksel M., 1968. Güney ve Güneydoğu Anadolu'da Süne *Eurygaster integriceps* Put.'un Yayılışı, Biyolojisi, Ekolojisi, Epidemiyolojisi ve Zararı Üzerinde Araştırmalar. TC Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, 46, 255 s.
- Ziegler J., E. Lutovinovas & C.T. Zhang, 2016. Tachinidae. Part 2. The taxa of the *Dinera carinifrons* species complex (Diptera, Tachinidae), with the description of a new West Palaearctic subspecies and three lectotype designations. *Studia dipterologica, Supplement*, 21: 249-275.
- Zwölfer W., 1932. Beiträge zur Kenntnis der Schädlingfauna Kleinasiens II. über die Beziehungen der Getreidewanze *Eurygaster integriceps* Put. zu biotischen Umweltfaktoren. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 19 (2): 161-187.

Orijinal araştırma (Original article)

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domateste bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi¹

Serap Fırat ORAL², Recep KOTAN^{3*}

The effect of plant growth promoting bacteria on tomato plant growth parameters, yield and plant health

Abstract: A total of six bacterial strains (*Bacillus megaterium* TV-60D, TV-87A, TV-91C and KBA-10; *Pantoea agglomerans* RK-92; and *Hafnia alvei* TV-34A) that are known to promote plant growth and/or have antifungal properties against certain plant pathogenic fungi were used in this study. These bacterial strains were tested for their antifungal activities against some plant pathogenic fungi. In addition, these bacterial strains were applied to the root and above ground parts of the tomato plant under greenhouse conditions to investigate their effects on some vegetative plant growth parameters, including yield, fruit cracking and general plant health. Some of the bacterial applications caused statistically significant increases in plant height, number of flowers, fruit number, fruit weight, fruit diameter, fruit depth, wet and dry root weight and stem weight of the plant. In addition, the application of *B. megaterium* KBA-10 caused a substantial decrease in the rate of cracking of the fruit and overall disease severity. In terms of plant growth parameters, applications of *P. agglomerans* RK-92 and *B. megaterium* TV-91C, and in terms of general disease control, *B. megaterium* KBA-10, could be used in tomato growing.

Keywords: Biological control, tomato, PGPB

Öz: Bu çalışmada; bitki gelişimini teşvik ettikleri ve/veya bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal özelliğe sahip oldukları bilinen toplam 6 bakteri izolatu (*Bacillus megaterium* TV-60D, TV-87A, TV-91C ve KBA-10; *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Hafnia alvei* TV-34A) kullanılmıştır. Bu bakteri izolatları bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal aktiviteleri için in vitroda test edilmiştir. Ayrıca bu bakteriler sera koşullarında domates bitkisinin kök ve toprak üstü aksamına uygulanarak bazı vejetatif bitki gelişim parametreleri, verim, meyvede çatlama ve bitki sağlığı üzerine etkileri de araştırılmıştır. Bazı bakteri uygulamalarının kontrole göre bitki boyu, çiçek sayısı, meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve yüksekliği, bitkinin yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığı gibi parametrelerde istatistikî olarak önemli bulunan artışlara sebep olduğu

¹ Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

² Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 25240-Erzurum

³ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Koruma Bölümü, 25240-Erzurum
ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0001-6493-8936, 0000-0001-1061-1772

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: rkotan@atauni.edu.tr

Alınış (Received): 1 Şubat 2021

Kabul Ediliş (Accepted): 11 Mayıs 2021

gözlenmiştir. Ayrıca *Bacillus megaterium* KBA-10 uygulamasının meyvede çatlama oranında ve genel hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; bu çalışmada kullanılan bakteri formülasyonlarından bitki gelişim parametreleri açısından *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus megaterium* TV-91C'nin, genel hastalık kontrolü açısından ise *Bacillus megaterium* KBA-10 uygulamalarının domates yetiştiriciliğinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, domates, PGPB

Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanales takımının Solanaceae familyasından *Lycopersicon* cinsine bağlı bir bitki olup Dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan sebzelerin başında gelmektedir (Seniz, 1992). Bugün Türkiye'nin çoğu bölgesinde hem açık alanda hem de örtüaltı yetiştiriciliği ile sofralık ve sanayi domatesi üretimi yapılmakla birlikte özellikle Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde çok geniş alanlarda üretilmektedir. Türkiye; Dünya domates üretiminde Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dördüncü sırada ve %8'lik bir paya sahiptir (Anonymous, 2018).

Tarımsal ürünlerde verim kaybına sebep olan bazı biyotik ve abiyotik etmenler mevcuttur. Her yıl dünyadaki tarım ürünlerinin %20'lik kısmının böceklerden ve en az %12'lik bir bölümünün de tarla ve depo şartlarında patojen mikroorganizmaların neden olduğu bitki hastalıkları yüzünden kaybedildiği Dünya Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) tarafından yayınlanan istatistiklerde açıklanmıştır (Agrios, 1997). Tarımsal ürünlerde verim ve kalite kaybına neden olabilecek biyotik faktörlere; funguslar, bakteriler, vasküler bakteriler, virüsler ve viroidler gibi hastalık etmeni olan patojenler; böcekler, akarlar, nematodlar, salyangozlar, sümüklü böcekler, kemirgenler, memeliler ve kuşlar gibi zararlılar olarak bilinen hayvansal organizmalar ve yabancı otlar örnek verilebilir (Karaca & Saygılı, 1982).

Domates yetiştiriciliğinde sorun olan fungal hastalıklar; domateste külleme hastalığı (*Leveillula taurica* (Lev.) G. Arnaud), domates erken yanıklık hastalığı (*Alternaria solani* Sorauer), kök boğazı yanıklığı hastalığı (*Phytophthora capsici* Leonian), domateste kurşuni küf hastalığı (*Botrytis cinerea* Fr.), domates mildiyösü hastalığı (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), domates yaprak küfü hastalığı (*Cladosporium fulvum*) ve domateste kök çürüklüğü (çökerten) hastalığı (*Phythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp., *Alternaria alternata* (Fries) Keissler ve *Sclerotinia* spp.)'dir (Scortichini, 1992).

Erzurum ili Uzundere ilçesi mikroklima özelliği göstermektedir. Uzundere'de ilk defa 1994 yılında örtü altı sebze yetiştiriciliğine başlanmış ve yaygınlaşarak çiftçiler için önemli bir gelir kaynağına dönüşmüştür. Buradaki seraların yapımında genellikle plastik ve ahşap malzeme kullanıldığından sıcaklık ve nem kontrolü gerekli oranda sağlanamamakta bu durum hastalık etmenlerinin gelişmesi için uygun şartları ortaya çıkarmaktadır. Uzundere'de bitki hastalıkları, sebze üretimini özellikle domates üretimini sınırlayan önemli bir faktördür. Eken & Demirci (1998) yaptığı bir çalışmada Uzundere'deki seraların birkaçındaki hıyar ve

domateslerin toprak üstü aksamalarının *Pseudoperenospora cubensis* (Berk&Curt) Rostow, *Ulocladium atrum* Preuss, *A. alternata*, *A. solani*, *C. fulvum* ve *Phytophthora* sp. etmenlerle bulaşık olduğunu tespit etmişlerdir.

Tarımsal ürünlerde üretimi arttırmak ve verim kayıplarını önlemek ya da en az seviyeye indirmek için yasal ve kültürel önlemler yanında biyolojik, kimyasal ve entegre mücadele olmak üzere çeşitli teknikler uygulanmaktadır (Kotan, 2020). Tarımsal alanlarda ve tarım ürünlerinde bilinçsiz uygulanan pestisitler ve gübreler toprağa, suya ve havaya oradanda ortamdaki diğer canlılara geçebilmektedir. Bunların bazıları toksik açıdan bir zarar oluşturmazken, bazıları ise kanser, sinir sisteminde hasar, doğum anormallikleri ve hatta mutasyon gibi istenmeyen sorunlara yol açabildiği belirtilmektedir (Tiryaki et al. 2010; Kotan, 2020).

TÜBİTAK'ın 2003 tarihli Tarım ve Gıda Paneli Son Raporunda; bazı yörelerde aşırı sulama, gübreleme, kimyasal madde ve tarımsal savaş ilaçlarının kullanımının önemli çevre ve sağlık sorunları ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Çözüm olarak da tarımda kullanılan kimyasal gübre ve ilaçların çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerini azaltacak biyolojik ürünlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Certel et al. 2003; Kotan, 2020).

Bakterilerin tarımsal ürünlerde biyolojik gübre ve kontrol ajanı olarak kullanımı 1990'lı yıllardan sonra yaygınlaşmaya başlanmıştır (Kotan, 2014). Doğrudan veya dolaylı olarak bitki gelişimine olumlu katkıları olan, serbest yaşayan, biyolojik gübreleme veya biyolojik mücadele amaçlı kullanılan bakteriler "Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteriler (PGPB=Plant Growth Promoting Bacteria)" olarak tanımlanabilir (Kotan, 2020). Bu bakterilerin sitokin (Aslantaş et al. 2007), giberallin (Joo et al. 2005), oksin (Egamberdiyeva, 2005) ve etilen (Glick et al. 1995) gibi çeşitli bitkisel hormonları üretebildiği; atmosferdeki azotu fikse ettiği (Dobbelaere et al. 2003); fiks edilmiş haldeki toprak fosforunu alınabilir hale dönüştürdüğü (Canbolat et al. 2006); antibiyotik, enzim, siderefor ve fungusit bileşikler sentezleyerek ya da rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Kotan, 2020). Dünyada bu bakterilerin bitkisel üretimde kullanımı her geçen gün yaygınlaşmakta olup son yıllarda Türkiye'de bu bilincin önemli düzeyde arttığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışma ile bitki gelişimini teşvik edici bakteri uygulamalarının domates bitkisinde görülen özellikle bazı fungal hastalıklara karşı etkili olabilecek, domatesin gelişme ve verim parametrelerini artıracak, ekolojik dengeyi bozmayan, çevreye ve doğal düşmanlara zarar vermeyen, toprak yapısını düzelten, insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olmayan bakteri içerikli biyolojik formülasyonların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Çalışmada kullanılan PGPR bakteriler, patojen funguslar ve bitki çeşidi

Bu çalışmada; ülkemizdeki çeşitli kültür ve yabani bitkilerin toprak üstü aksamı veya kök rizosferinden izole edilmiş ve biyolojik mücadele ve/vaya bitki büyüme ajanı özelliğine sahip 7 bine yakın bakteri izolatları içerisinde daha önce yürütülen çalışmaların (Kotan, 1998; Kotan, 2002; Kotan & Sahin, 2006; Karagöz, 2009; Kotan et al. 2009; Turan et al., 2014; Kotan, 2020) sonuçları da değerlendirilerek toplam 6 bakteri izolatu seçilmiş ve kullanılmıştır (Çizelge 1). Patojen fungus olarak; çeşitli kültür bitkilerinden Koch Postulatlarına göre izole edilmiş *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Pythium debaryanum* Hesse, *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc ve *Penicillium italicum* Stoll. fungus izolatları kullanılmıştır (Tozlu et al. 2016; Mohammadi et al. 2017; Tozlu et al. 2018; Tekiner et al. 2019; Kotan, 2020). Bakteri strainleri klasik sistemler ve moleküler sistemlerden MIS sistemi kullanılarak tanılanmıştır. Patojen fungus izolatlarının tanısı ise klasik sistemler kullanılarak yapılmıştır. Bütün mikroorganizmalar Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu'nda muhafaza edilmektedir. Bakteriler içerisinde 500 µl %30'luk glycerol ve 500 µl LB Broth bulunan eppendorf tüplerde -80°C'de, funguslar ise yatık agarda buzdolabında muhafaza edilmiştir. Çalışmada Bursa Tohum firmasına ait BT 987 F1 Hibrit Oturak RN Tolerant isimli domates (*Lycopersicon esculentum* L.) çeşidi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan PGPR bakterileri ve bazı özellikleri
Table 1. PGPR bacteria used in the study and some of their properties

PGPR Bakterileri	Strain No	İzole Edildiği Yer	Benzerlik İndeksi	Azot	Fosfat
<i>Pantoea agglomerans</i>	RK-92	Elma	0.889	+	K+
<i>Hafnia alvei</i>	TV 34A	Toprak	0.810	K+	K+
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 87A	Toprak	0.467	+	-
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 60D	Toprak	0.575	+	-
<i>Bacillus megaterium</i>	KBA-10	Toprak	0.490	+	K+
<i>Bacillus megaterium</i>	TV 91C	Toprak	0.474	+	Z+

+: Pozitif, K+: Kuvvetli pozitif, Z+: Zayıf pozitif, -: Negatif

Denemenin yürütüldüğü seranın toprak özellikleri

Deneme; Erzurum'un Uzundere İlçesinde yer alan bir serada yürütülmüştür. Deneme alanına ait toprakta fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; denemenin yürütüldüğü topraklar tın bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu ve orta kireçlidir. Organik madde yüksek düzeyde, fosfat oranı çok fazladır.

Denemenin yürütüldüğü yıla ait iklim verileri

Uzundere ilçesinde sıcak ve ılıman iklim ve belirgin yağış görülmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfa olarak adlandırılabilir. Uzundere ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 9,6'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı: 592 mm'dir. Erzurum iline ait bazı meteorolojik veriler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme alanı toprak analiz sonuçları

Table 2. Soil analysis results for the trial area

Toprak Analizleri	Sonuç	Değerlendirme
Kil (%)	54	Killi Tınlı
Bünye	Tınlı	-
EC dS/m)	0.04	Tuzsuz
pH	7.62	Hafif alkali
Kireç (%)	13.60	Orta
Organik madde (%)	4.93	Yüksek
P ₂ O ₅ (kg/da)	48.72	Çok fazla

Bakteri formülasyonlarında kullanılan sıvı taşıyıcı ve sulama suyu

Bakteriyel biyofarmülasyonlarda sıvı taşıyıcı olarak; Prof. Dr. Recep Kotan tarafından Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan tescillendirilen BM-MegaFlu (2013 tarih ve 5943 tescil nolu) isimli ticari karışım mikrobiyal gübrenin sıvı taşıyıcısı kullanılmıştır (Kotan, 2014). Bu taşıyıcı formülasyonun içeriği; su, çeşitli organik maddeler (deniz yosunu, peynir altı suyu ve bitkisel özütler) ve içeriğindeki bakteri izolatını koruyucu ve homojenizasyonunu sağlayıcı çeşitli maddelerden (carboxymethylcellülose, kalsiyum karbonat, glyserin, magnezyum sülfat) oluşmaktadır. Bu taşıyıcıda kullanılan maddelerin oranları ürünün gizliliği açısından verilmemiştir. Araştırmada kullanılan sulama suyu, şebeke suyu olup, sulama damlama sulama şeklinde yapılmıştır.

Çizelge 3. Erzurum iline ait 2017 yılı iklim verileri

Table 3. Climate data for Erzurum Province, Turkey for 2017

Parametreler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama Nispi Nem (%)	78.2	78.0	76.1	67.3	63.7	58.8	53.0	50.8	52.6	64.7	73.5	78.8
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	2.26	2.39	2.81	3.33	3.06	3.01	3.22	2.97	2.55	2.51	2.21	2.16
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.1	1.3	4.3	8.8	12.8	15.7	18.1	18	15.6	11.4	6.7	2.4
Yağış Miktarı (mm)	58	47	53	72	68	52	19	16	31	49	58	69

Petri denemelerinde antifungal aktivite testleri

Çalışmada kullanılan toplam 6 bakteri izolatının patojen funguslara karşı antifungal özelliklerinin belirlenmesi için Potato Dextrose Agar (PDA) besi yeri içeren petri kâğıtları kullanılmıştır. Bunun için patojen funguslar PDA besi ortamında 24°C'de 15 sa aydınlık 9 sa karanlık şartlarda geliştirilmiştir. Potansiyel biyoajan bakteri

kültürleri ise dondurucudan çıkarılarak Nutrient Agar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilmiş, 27 °C’de inkübasyona bırakılarak 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen taze bakteri kültürleri steril swap ile alınarak sdH₂O ile süspansiyon edilmiş ve hücre konsantrasyonu 1x10⁸ hücre/ml’ye ayarlanmıştır. Patojen fungusun 6 mm’lik diskleri alınarak PDA besi ortamının tam ortasına aktarılmış ve bakteriler ise steril swap ile Petri kenarına daire şeklinde çizilmiştir. Kültürler parafilmle kaplanarak 24 °C’de 15 sa aydınlık 9 sa karanlık şartlarda 7 gün geliştirilmiştir. Patojen fungusun gelişme çapı bakteri inokule edilmeyen ve sadece patojen diski konulan kontrol uygulamalarındaki fungal diskin gelişiminin tüm petriyi kapladığı zamanda ölçülmüştür. Her bakteri 3 petride test edilmiş ve bu 3 petriden elde edilen değerler yardımıyla patojen fungusun oluşturduğu ortalama gelişme çapı belirlenmiştir.

Sera denemeleri

Çalışmada; bakterilerin bitkilerin kök gelişimi ve bitkinin sistemik dayanıklılık mekanizmaları üzerine etkilerinin araştırılması için kök daldırma şeklinde; hem de biyoajan bakterilerin bitkinin toprak üstü aksamına sprey edilerek bitkileri doğal inokulasyonlardan kaynaklanabilecek özellikle fungal hastalıklara karşı koruyabilme potansiyeli araştırılmıştır. Kök daldırmada 6 farklı bakteri ve kontrol olarak da sadece sıvı taşıyıcı kullanılmıştır. PGPR bakteri kültürleri TSB besi ortamında ayrı ayrı geliştirilerek, bakteri konsantrasyonları 1x10⁸ kob/ml’ye ayarlanmış ve daha sonra her bir bakteri kültüründen eşit hacimlerde alınarak oluşturulan bakteri karışımından 1/100 oranında sıvı taşıyıcıya aktarılmış ve ardından 48 sa biyoreaktörde inkübasyona bırakılmıştır. Geliştirilen bakteri kültürleri 1/100 oranında musluk suyu ile seyreltilerek sera çalışmasında kullanılmıştır. Bakterilerde tutunmayı kolaylaştırmak amacı ile sıvı kültürlerin içerisine sukroz (0.01 g/ml) ilave edilmiş ve 1 aylık domates fidelerinin kökleri bu karışıma daldırılarak 15 dk bekletilmiştir. Ardından fideler seraya şaşırtılmıştır. Dikimden 20 gün sonra üstten ikinci uygulama yapılmış ve üstten yapılan bu uygulama 7 gün arayla 3 kez tekrar edilmiştir. Deneme, bölünmüş parseller deneme planına göre 2 parselde yürütülmüştür. Her parselde 3 sıra ve her sırada 21 bitki olmak üzere toplamda 1 parselde 63 bitki sıra arası 60 cm ve sıra üzeri 50 cm olacak şekilde dikilmiştir. Toplam 6 bakteri ve 1’de kontrol uygulaması her sırada 3 bitki ve toplamda her parselde 9 bitkiye olacak şekilde şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Parseller arasında bir sıra ve parsel kenarlarındaki bir sıra kenar tesiri olarak düşünülmüş ve bu bitkilere uygulama yapılmamış ve değerlendirmeye alınmamıştır.

Değerlendirilen parametreler

Uygulamaların bitki boyu (cm), bitkinin gelişme sürecindeki (32, 42, 72 ve 98. günde) çiçek sayısı (adet/bitki); meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliği gibi bazı meyve gelişim parametreleri; bitkinin gelişme

sürecinde (42, 72, 87 ve 98. günde) çiçeklerin meyveye dönüşme hızına; bitkilerde yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığına (gr/bitki), meyvede çatlama oranına (%), bitki sağlığı indeksine ve klorofil miktarı (SPAD) üzerine etkilerine bakılmıştır. Her bir uygulamanın test edildiği 18 bitkinin 40 gün sonra 3'er âdeti kökten sökülerek kök ve gövde yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bitki materyalleri 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 sa kurutularak kök ve gövde kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Klorofil metre yardımıyla (SPAD değeri) bitkilerde tepe noktasına yakın sağlam yapraklardan klorofil içeriği indeksi ölçümleri yapılmıştır. Bitki sağlık indeksi değerlendirmesinde ise mevcut deneme alanındaki bitkilerden en sağlıklı bitki ile en hastalıklı bitki arasında 1'den 5'e kadar bir skala değeri oluşturulmuştur. Bu bitkilerden resim alınarak bir skala oluşturulmuş ve her bir bitki sağlık açısından değerlendirilirken bu resimli skalaya göre puanlama yapılmıştır. Bu skalaya göre; 1: Bitkiler çok sağlıklı, 2: Bitkilerde %25 oranında pörsüme var, 3: Bitkilerde %50 oranında pörsüme var, 4: Bitkilerde %75 oranında pörsüme var, 5: Bitkiler tamamen ölmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Bitki sağlık indeksi skala değerlendirmesi
Figure 1. Plant health index scale evaluation

Sonuçların analiz edilmesi

Saksı çalışmalarından elde edilen sonuçlar SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 9.0)'de analiz edilmiş, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılığın önem derecesini belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (IBM, SPSS Version 20, Duncan, Anova, $p=0.05$).

Bulgular

Bakterilerin antifungal etkileri

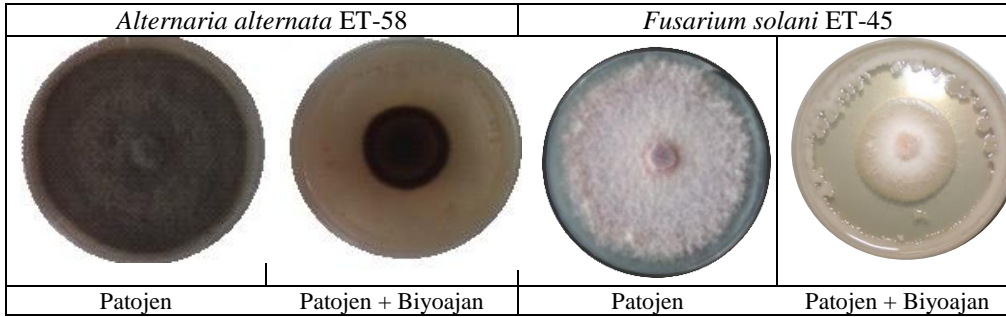
Petri denemelerinde test edilen toplam 6 bakteri izolatının patojen fungusların disk gelişimi üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; test edilen tüm bakteriler *A. alternata*'nın gelişimini önemli ölçüde

engellerken, *F. solani*'ye karşı sadece dört bakteri etkili bulunmuştur. Kontrollerde fungal diskin gelişim çapı 85 mm olurken bu değer bakteri uygulamalarında *A. alternata* için 11 ile 30 mm arasında değişmiştir. *F. solani*'de ise bakteri uygulamalarında fungal diskin gelişim çapı 16 ile 37 mm arasında değişmiştir.

Çizelge 4. Bakteri strainlerinin bazı patojen funguslara karşı antifungal etkisi
Table 4. Antifungal effects of five bacterial strains against six pathogenic fungi

Patojen Funguslar	Fungal Diskin Büyüme Çapı (mm)						Kontrol
	TV-91C	RK-92	KBA-10	TV 34A	TV 87A	TV 60D	
<i>A. alternata</i> ET-58	20	16	27	11	29	30	85
<i>F. solani</i> ET-45	37	32	27	16	85	85	85
<i>S. sclerotiorum</i> ET-30	85	85	70	85	85	85	85
<i>P. debaryanum</i> PD-1	70	85	85	85	85	85	85
<i>P. digitatum</i> DP-2	23	46	85	85	85	85	85
<i>P. italicum</i> DP-3	37	55	85	85	85	85	85

B. megaterium TV-91C bakteri izolatının özellikle *A. alternata*, *F. solani*, *P. digitatum* ve *P. italicum* patojenlerine karşı fungal disk gelişiminde oldukça önemli derecede etkili olduğu görülmüştür. Bakteri izolatlarının tümü *A. alternata* üzerinde çok etkili bulunmuştur. Petri denemelerine ait bir görsel Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Bazı bakteri uygulamalarının Petri denemelerindeki antifungal aktiviteleri
Figure 2. Anti-fungal activities of some bacterial applications in Petri dish trials

Bakteri uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

Uygulamaların bitki boyu üzerine etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bazı bakteri uygulamalarının kontrole göre genelde boyda önemli artışlara sebep olduğu ve bu artışların birçoğunun da istatistiki olarak da önemli bulunduğu görülmüştür. 15. gündeki maksimum boy 29.72 cm ile *B. megaterium* TV-91C uygulamasından elde edilirken bunu 27.66 cm ile *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ve 26.77 cm ile *P. agglomerans* RK-92 uygulaması takip etmiştir. 25. gündeki maksimum boy 52.11 cm ile *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilirken bunu 50.50 cm ile *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ve 49.00 cm ile *B. megaterium* TV-87A uygulaması takip etmiştir. 35. ve 52. gündeki maksimum boy

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domates yetiştiriciliğinde kullanımı

sırası ile 85.33 cm ve 122.50 cm ile yine *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamasında 52. gündeki bitki boyu ise 122.05 cm olmuştur. Bazı bakteri uygulamaları bitki boylarında bariz artışlara sebep olsa da bu artışların hiçbirisi kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 5. Uygulamaların bitki boyu (cm) üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 5. Effects of the applications of five bacterial strains on tomato plant height (cm) (Mean±SE)

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)			
	15. günde	25. günde	35. günde	52. günde
Kontrol	24.00±3.72 ^{ab}	47.50±7.32 ^{ab}	83.44±8.42 ^b	111.94±10.45
RK-92	26.77±6.49 ^{bc}	52.11±7.37 ^b	85.33±11.01 ^b	122.50±11.91
TV- 34A	21.88±8.13 ^a	46.44±6.21 ^a	74.94±8.69 ^a	111.11±9.32
TV- 91C	29.72±4.56 ^c	46.94±6.30 ^{ab}	79.27±6.21 ^{ab}	113.77±11.59
TV- 60D	22.77±3.84 ^a	45.61±5.72 ^a	83.55±6.74 ^b	110.38±27.78
TV- 87A	24.77±4.59 ^{ab}	49.00±7.52 ^{ab}	83.61±11.01 ^b	118.05±17.41
KBA-10	27.66±4.61 ^{bc}	50.50±10.80 ^{ab}	80.72±8.55 ^{ab}	122.05±21.64
Ortalama	25.37±5.83	48.30±7.62	81.55±9.23	115.69±17.23
F	4.959	1.766	2.907	1.658

Uygulamaların domates bitkisinde çiçek sayısı üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bütün bakteri uygulamalarında kontrole göre çiçek sayısında istatistiki olarak da önemli bulunan artış ya da azalışlar görülmüştür. 32, 42, 72 ve 98. gündeki maksimum çiçek sayıları sırası ile *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* TV60-D, Kontrol ve *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiştir. 98. günde yapılan değerlendirmede *B. megaterium* KBA-10 uygulaması hariç diğer bakteri uygulamalarındaki çiçek sayılarında bir miktar azalışlar görülmüştür. Kontroldeki çiçek sayısı 16.11 olurken *B. megaterium* KBA-10 uygulamasında bu değer 18.66 olarak sayılmış ancak aralarındaki fark istatistiki olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 6. Uygulamaların çiçek sayısı üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 6. Effects of the applications of five bacterial strains on the number of tomato flowers (Mean±SE)

Uygulamalar	Çiçek Sayıları (adet/bitki)			
	32. gün	42. gün	72. gün	98. gün
Kontrol	7.05±4.56 ^{b-d}	13.77±6.31 ^{ab}	15.94±9.19 ^b	16.11±9.76 ^{bc}
RK-92	7.83±3.03 ^{cd}	12.55±3.48 ^a	10.11±5.36 ^a	10.66±5.31 ^a
TV- 34A	5.38±2.78 ^{ab}	13.00±5.07 ^{ab}	10.72±5.21 ^a	9.16±4.24 ^a
TV- 91C	4.44±2.43 ^a	10.88±6.20 ^a	10.00±5.22 ^a	9.61±4.75 ^a
TV- 60D	6.27±3.08 ^{a-c}	16.61±6.86 ^b	8.55±4.76 ^a	12.22±7.25 ^{ab}
TV- 87A	9.11±3.32 ^d	13.00±2.93 ^{ab}	10.38±5.56 ^a	11.83±3.32 ^{ab}
KBA-10	6.88±2.74 ^{b-d}	11.72±5.28 ^a	9.94±5.45 ^a	18.66±10.00 ^c
Ortalama	6.71±3.43	13.07±5.48	1.80±6.24	12.61±7.43
F	4.163	2.089	2.803	4.758

Uygulamaların domates meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliği üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bakteri uygulamalarının değerlendirilen bazı meyve gelişim ve verim parametrelerinde bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu ve bu artış ve azalışların da kontrole göre istatistiki olarak önemli bulunduğu görülmüştür. Bitki başına meyve sayısında maksimum değer 34.00 adet meyve ile *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiş olup kontrolde bu sayı 31,11 adet/bitki olmuştur. *B. megaterium* KBA-10 uygulaması bir miktar artışa sebep olmuş ancak bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. *B. megaterium* TV-91C uygulaması ortalama meyve ağırlığı, toplam meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliğinde çok belirgin artışlara sebep olmuştur. Bu artışların tamamı kontrol ile kıyaslandığında istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Kontrolde meyve ağırlığı 31.07 gr/meyve, bitkide meyve ağırlığı 966.58 gr/bitki, meyve çapı 1.30 cm/meyve ve meyve yüksekliği 1.13 cm/meyve iken *B. megaterium* TV-91C uygulamasında bu değerler sırası ile 123.93 gr/meyve, 1948.17 gr/bitki, 5.29 cm/meyve ve 2.34 cm/meyve olmuştur.

Çizelge 7. Uygulamaların bazı meyve gelişim parametreleri üzerine etkileri (Ort. \pm SH)
Table 7. Effects of the applications of five bacterial strains on some tomato fruit growth parameters (Mean \pm SE)

Uygulamalar	Meyve Sayısı (adet/bitki)	Meyve Ağırlığı (gr/meyve)	Meyve Ağırlığı (gr/bitki)	Meyve Çapı (cm/meyve)	Meyve Yüksekliği (cm/meyve)
Kontrol	31.11 \pm 10.08 ^{cd}	31.07 \pm 10.40 ^a	966.58	1.30 \pm 0.44 ^a	1.13 \pm 0.37 ^a
RK-92	26.05 \pm 5.17 ^{bc}	36.30 \pm 10.89 ^a	945.61	1.60 \pm 0.45 ^a	1.38 \pm 0.39 ^{ab}
TV 34-A	21.55 \pm 8.49 ^{ab}	75.60 \pm 47.82 ^b	1628.19	2.34 \pm 1.07 ^a	1.77 \pm 0.67 ^b
TV 91-C	15.72 \pm 4.41 ^a	123.93 \pm 67.63 ^c	1948.17	5.29 \pm 8.91 ^b	2.34 \pm 0.86 ^c
TV 60-D	28.38 \pm 11.76 ^{cd}	44.94 \pm 26.93 ^a	1275.39	1.71 \pm 0.81 ^a	1.46 \pm 0.61 ^{ab}
TV 87-A	27.11 \pm 8.20 ^{bc}	35.20 \pm 10.53 ^a	954.27	1.55 \pm 0.46 ^a	1.34 \pm 0.34 ^a
KBA-10	34.00 \pm 14.30 ^d	28.61 \pm 14.31 ^a	972.74	1.28 \pm 0.53 ^a	1.12 \pm 0.45 ^a
Ortalama	26.27 \pm 10.84	53.66 \pm 46.40		2.15 \pm 3.59	1.51 \pm 0.67
F	7.390	18.789		3.132	10.460

Uygulamaların domates çiçeklerinin meyveye dönüşme hızına etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 8’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; uygulamaların çiçeklerinin meyveye dönüşme hızında bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu bu artış ve azalışların da kontrole göre bazı bakteri uygulamalarında istatistiki olarak önemli çıktığı görülmüştür. Yapılan dört farklı zamandaki sayımlarda da çiçeklerin meyveye dönüşme hızında maksimum sonuç *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından elde edilmiştir.

Uygulamaların bitkilerde yaş ve kuru kök ve yaş ve kuru gövde ağırlığına etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 9’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; uygulamaların değerlendirilen parametrelerde bir miktar artış veya azalışlara sebep olduğu bu artış ve azalışların da kontrole göre bazı bakteri uygulamalarında istatistiki olarak önemli çıktığı görülmüştür. Yaş gövde ve kuru gövde ağırlığında maksimum değer kontrol uygulamasından elde edilirken; yaş kök ağırlığındaki

maksimum değer *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından, kuru kök ağırlığındaki maksimum değer ise *B. megaterium* TV-60D uygulamasından elde edilmiştir. Ancak yaş ve kuru gövde ağırlığındaki bu artışlar kontrole göre istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 8. Uygulamaların çiçeklerin meyveye dönüşme hızına etkileri (Ort. ±SH)
Table 8. Effects of the application of five bacterial strains on the speed of tomato flowers turning into fruit (Mean±SE)

Uygulamalar	Meyveye Dönüşen Çiçek Sayıları (adet/bitki)			
	42. günde	72. günde	87. günde	98. günde
Kontrol	6.44±3.38 ^{a-c}	14.00±6.29 ^{bc}	15.50±6.80 ^{bc}	19.77±8.69 ^b
RK-92	8.00±2.32 ^{cd}	15.27±3.65 ^{bc}	13.44±3.64 ^{bc}	18.22±5.17 ^b
TV 34-A	5.61±2.14 ^{ab}	11.72±5.86 ^{ab}	12.16±5.53 ^{ab}	15.88±6.61 ^{ab}
TV 91-C	4.66±1.68 ^a	9.72±3.02 ^a	9.27±2.92 ^a	12.72±3.78 ^a
TV 60-D	7.11±2.72 ^{b-d}	13.66±4.39 ^{bc}	13.77±6.55 ^{bc}	18.05±7.18 ^b
TV 87-A	8.66±3.37 ^{de}	15.22±6.05 ^{bc}	15.00±5.37 ^{bc}	18.11±7.58 ^b
KBA-10	10.05±3.73 ^e	16.11±6.11 ^c	16.61±6.74 ^c	21.22±9.66 ^b
Ortalama	7.22±3.27	13.67±5.49	13.68±5.87	17.71±7.47
F	7.536	3.365	3.438	2.623

Uygulamaların meyvede çatlama oranı, bitki sağlığı ve klorofil üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; özellikle *B. megaterium* KBA-10 uygulaması meyvede çatlama oranında ciddi bir azalmaya, genel hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya ve bitkideki klorofil oranında da ciddi bir artışa sebep olduğu görülmüştür.

Çizelge 9. Uygulamaların bitkilerde yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığına (gr/bitki) etkileri (Ort. ±SH)

Table 9. Effects of the applications of five bacterial strains on the wet and dry root and stem weights of tomato plants (Mean±SE)

Uygulamalar	Yaş Gövde	Yaş Kök	Kuru Gövde	Kuru Kök
	Ağırlığı	Ağırlığı	Ağırlığı	Ağırlığı
Kontrol	472.22±208.08 ^b	123.33±49.58 ^{bc}	244.22±100.72 ^b	22.27±10.91 ^{ab}
RK-92	366.66±128.33 ^{ab}	101.11±49.45 ^{ab}	185.11±56.10 ^a	19.18±11.86 ^{ab}
TV 34-A	394.44±93.75 ^{ab}	103.88±37.43 ^{ab}	196.16±56.69 ^{ab}	19.00±10.04 ^{ab}
TV 91-C	350.00±98.51 ^a	81.66±20.07 ^a	185.66±56.52 ^a	15.78±5.64 ^a
TV 60-D	433.33±171.49 ^{ab}	117.22±46.50 ^{bc}	206.33±67.95 ^{ab}	24.05±10.82 ^b
TV 87-A	388.88±145.07 ^{ab}	103.33±24.97 ^{ab}	211.94±78.42 ^{ab}	21.36±7.17 ^{ab}
KBA-10	455.55±175.64 ^{ab}	143.33±69.28 ^c	226.94±87.37 ^{ab}	23.66±13.57 ^b
Ortalama	408.73±153.37	110.55±47.70	208.05±74.78	20.75±10.43
F	1.664	3.382	1.572	1.471

Tartışma

Domates Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de üretimi yapılan ve ihracatımızda önemli bir yeri olan bitkisel ürünlerimizdendir. Erzurum'un Uzundere İlçesi de

Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasındaki geçiş güzergâhında yer alan mikroklima alanlarından birisi olup son yıllarda artan seracılık faaliyetleri ile domates yetiştiriciliği pek çok aile işletmesinin geçim kaynağı haline gelmiştir. Yoğun tarım yapılan alanlarda yıllardır aşırı ve bilinçsizce kullanılan kimyasal gübreler ve tarım ilaçları sağlık ve çevreye olan olumsuz etkilerinin yanısıra sürdürülebilir tarım açısından da önemli tehditlerden birisi haline gelmiştir. Dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak kuraklık, iklim değişiklikleri ve küresel ısınma sonucunda gıda ihtiyacı gitgide artmakta fakat sağlıklı gıdaya ulaşmak ise bir o kadar zorlaşmaktadır. İşte bu yüzden son yıllarda mevcut bitki besleme ve bitki koruma stratejisinde önemli bir değişikliğe gidilmektedir. Kimyasal gübre ve pestisit uygulamalarından çok daha etkili, insan ve hayvan sağlığını tehdit etmeyen, doğal düşmanlara ve çevreye zararı olmayan, toprak yapısını bozmayan aksine düzelteren, tarımsal ürünlerde verim ve kaliteyi artıran doğal ve biyolojik çözümler üzerinde durulmaktadır. Bu çözümlerin önemli bir parçasını faydalı bakterilerin tarımda kullanımı oluşturmaktadır (Kotan, 2020).

Çizelge 10. Uygulamaların meyvede çatlama oranı (%), bitki sağlığı indeksi ve klorofil üzerine etkileri (Ort. ±SH)

Table 10. The effects of the application of five bacterial strains on the tomato fruit cracking rate (%), phytosanitary index and chlorophyll content of leaves (Mean±SE)

Uygulamalar	Çatlama Oranı (%)	Bitki Sağlığı İndeksi	Klorofil (SPAD)
Kontrol	47.02±20.62 ^b	3.29±0.93 ^d	44.78±3.17 ^{bc}
RK-92	36.22±25.16 ^{ab}	2.79±0.75 ^{cd}	42.50±2.31 ^a
TV 34-A	45.45±21.68 ^b	2.29±0.77 ^{a-c}	46.24±3.21 ^c
TV 91-C	37.92±19.16 ^b	2.51±1.14 ^{bc}	42.77±1.87 ^a
TV 60-D	44.26±16.75 ^b	2.41±0.87 ^{bc}	44.02±1.17 ^{ab}
TV 87-A	31.67±25.18 ^{ab}	2.15±0.75 ^{ab}	44.81±2.98 ^{bc}
KBA-10	22.42±14.68 ^a	1.72±0.65 ^a	46.57±3.47 ^c
Ortalama	37.92±21.86	2.45±0.95	44.53±3.02
F	3.194	6.026	5.982

Bu bakterilerin bitkilerin kök bölgesine veya toprak üstü aksamına uygulamalarının azot fiksasyonu, hormon üretimi, aminoasit üretimi, organik asit üretimi, fosfat ve kalsiyumu çözebilme, siderofor üretimi gibi etki mekanizmaları ile bitkilerin gelişimine önemli katkılar sundukları; antibiyosis, hiperparazitik etki, rekabetik etki ve bitkideki sistemik dayanıklılık mekanizmasının uyarılması ile de hastalık, zararlı ve stres koşullarına karşı bitkiyi koruyabildikleri ile ilgili ülkemizde de çok sayıda çalışma vardır (Kotan, 1998; Kotan, 2002; Yıldız et al. 2007; Mirik et al. 2008; Karagöz, 2009; Kotan et al. 2009; Tan et al. 2012; Karagöz et al. 2014; Aktaş, 2015; Mohammadi, 2018; Karagöz et al. 2019; Kaymak et al. 2020; Kotan, 2020; Kotan et al. 2021). Bu konudaki çalışmaların uygulamaya aktarılması noktasındaki çabalar Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de özellikle son on yılda artmıştır. Bu faydalı organizmaların mikrobiyal gübre, toprak

düzenleyici veya biyopestisit olarak tarımda kullanımı giderek yaygınlaşmakta, patentler ve tesciller alınarak piyasaya sürülmektedir (Kotan, 2020).

Mikrobiyal gübre veya toprak düzenleyici olarak kullanılan mikrobiyal ürünlerin bitki beslemedeki katkıları vasıtasıyla verim ve kalitede önemli artışlara sebep olmalarının yanısıra bitki sağlığı açısından katkılarının da gözden kaçırılmaması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada ile de kullanılan bakteri uygulamalarının hem bitki gelişim parametreleri, hem verim hem de doğal patojen inokulasyonlarına karşı bitki sağlığı açısından etkileri araştırılmıştır. Toplam 6 yerli bakteri izolatu sera koşullarında domates bitkisinin kök bölgesine ve toprak üstüne uygulanmıştır. Uygulamaların domates bitkisinde bitki boyu, çiçek sayısı; meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve yüksekliği, çiçeklerin meyveye dönüşme hızı, yaş ve kuru kök ve gövde ağırlığı, meyvede çatlama oranı, bitki sağlık indeksi ve klorofil miktarı (SPAD) gibi parametrelerde istatistikî olarak da önemli bulunan artışlara sebep olduğu görülmüştür. Öne çıkan bakteri izolatları arasında *B. megaterium* KBA-10, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C yer almaktadır. Özellikle *B. megaterium* KBA-10 uygulamasının meyvede çatlama oranında ve doğal enfeksiyonlara karşı bitkilerde oluşan hastalık şiddetinde ciddi bir azalmaya da sebep olduğu tespit edilmiştir.

Bu bakteri izolatlarının; bitki gelişim ve verim parametreleri, yapay veya doğal patojen inokulasyonlarına karşı bitkileri koruyabilme potansiyelleri açısından olumlu sonuçların alındığı değişik bitkilerde yürütülmüş çok sayıda araştırmalar da mevcuttur (Karagöz & Kotan, 2010; Karakurt et al. 2010; Gökçe & Kotan, 2016; Ekinci et al. 2014; Ekinci et al. 2015; Karagöz et al. 2017). Aynı bakteri uygulamalarının değişik bitki gruplarında, farklı lokasyonlarda benzer olumlu etkilerinin görülmesi bu bakteri izolatlarının oldukça geniş spektrumlu olduklarını göstermesi, tarımda hem bitki besleme hem de bitki koruma açısından önemli bir potansiyel oluşturması açısından çok büyük önem arz etmektedir.

Karagöz & Kotan (2010) *B. megaterium* KBA-10 izolatu'nun sera koşullarında saksıda hem *Xanthomonas axonopodis* pv. *vitians*'in sebep olduğu marul yaprak lekesi hastalığının hastalık şiddetini önemli oranda azalttığını hem de bitki gelişim parametrelerinde önemli artışlara sebep olduğunu belirtmişlerdir. Karakurt et al. (2010) *B. megaterium* KBA-10 uygulamasının şekerpare kayısı çöğürlerinde sürgün boyu gelişiminde önemli derecede etki ettiğini göstermişlerdir. Gökçe & Kotan (2016) *P. agglomerans* RK-92, *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* KBA-10 ve *B. megaterium* TV-91C bakteri uygulamalarının buğdayda hem kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana*'nın kontrolünde önemli derecede rol oynadığını hem de bitki gelişim parametrelerinde de önemli artışlara sebep olduğunu belirtmişlerdir. Karagöz et al. (2017) *B. megaterium* KBA-10, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C izolatlarının arazi koşullarında doğal inokulasyon kaynaklı patatestte uyuz hastalığının yumrularda oluşturduğu hastalık şiddeti üzerinde sırası ile %29, %20 ve %15 oranında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ekinci et al. (2015) yaptıkları bir araştırmada; bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokoli fidelerine yapılan uygulamalarında mineral

madde, aminoasit, organik asit ve hormon içeriklerini etkileyerek fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Bunun yanında bitkideki hormon düzeylerinde en yüksek giberallik asit, salisilik asit ve absisik asit (ABA) içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise *B. megaterium* KBA-10 ve *P. agglomerans* RK-92 bakteri izolatlarının karnabaharda yine giberallik asit, salisilik asit ve indol asetik asit düzeylerinde % 23 ile % 64 arasında değişen artışlara sebep olduğu tespit edilmiştir (Ekinci et al. 2014).

Bu çalışmada bazı bakteri uygulamalarının bitki gelişim parametrelerindeki artışlara sebep olmasının temelinde azot fiksasyonu ve fosfatı çözebilme özelliklerine sebep olmalarının yanı sıra hormon, amino asit ve organik asit üretme özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Daha önce yürütülen ve yukarıda özetlenen çalışmaların sonuçları da bu çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir. *P. agglomerans* RK-92, *B. megaterium* TV-87A, *B. megaterium* KBA-10 ve *B. megaterium* TV-91C bakteri izolatları bu çalışmada geniş spektrumlu özellikleri bakımından hem bitki gelişimine önemli katkı sunmaları hem bitki sağlığı açısından olumlu katkılarının olması bakımından önemlidir.

Özellikle domateste meyve çatlamaları en çok görülen fizyolojik sorunların başında gelmektedir ve yüksek miktarda verim kaybına neden olmaktadır. Bu çatlamaların nedenleri arasında bazı çeşitlerin çatlamaya karşı daha hassas olması, geç hasat sonucu meyvelerin irileşmesi, düzensiz sulama, kabuktaki fiziksel yaralanmalar, olumsuz iklim koşulları ve özellikle de yetersiz potasyum, fosfor ve kalsiyum noksanlığı gelmektedir. Yapılan bu çalışmada özellikle *B. megaterium* KBA-10 straini uygulamasında meyvedeki çatlama oranında çok ciddi bir azalma olduğu gözlenmiştir. Deneme alanındaki toprakta toplam fosforun çok fazla olması, *B. megaterium* KBA-10 straininin kuvvetli derecede fosfatı çözmesinin toprakta alınabilir fosfor oranında önemli katkılarının olması ile ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.

Suda ve toprakta çözünemeyen formdaki demir bütün canlılar için çok önemli bir büyüme elemanıdır (Idris et al. 2007). Demirin eksik olduğu şartlarda birçok organizma demir içeren ve demirin taşınmasında görevli olan, büyüme ve çimlenmede etkili, antibiyotik etki gösteren sideroforları üretmektedir. PGPR'lar tarafından üretilen bu sideroforlar bitkide klorofil oluşumunda da önemli rol oynamaktadırlar (Kotan et al. 2021). Yürütülen bu çalışmada kullanılan bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkideki klorofil oluşumuna etkisine bakıldığında özellikle *B. megaterium* KBA-10 straininin siderofor üretme potansiyeliyle klorofil oranında ciddi bir artışa neden olduğu gözlenmiştir. Benzer bir çalışmada Deng et al. (2013) *Paenibacillus polymyxa* bakteri izolatının domates bitkilerinde klorofil oranında önemli artışlara sebep olduğunu bildirerek bununda bakterilerin siderofor üretme kapasiteleriyle ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Yine Aktaş (2015), gövde (öz) nekrozu hastalığına karşı biyoajan bakterileri kullanarak sera şartlarında hastalığın kontrolü, bitkideki klorofil miktarı ve bazı bitki gelişim parametrelerine bakmış ve bu çalışmaya benzer olarak kullandığı bakterilerin çoğunun bitkideki gelişimi ve klorofil miktarını artırdığını bildirmiştir.

Bakterilerin son yıllarda tarımda kullanım alanlarından bir diğeri ise toprak düzenleyici olmalarının yanı sıra topraktaki toksik kimyasalların bakteriler tarafından parçalanmasıdır. *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 izolatları bitki besleme ve bitki koruma açısından daha önce yürütülen birçok çalışmada ve bu çalışmada da etkili izolatlar olarak belirlendiği görülmektedir. Karagöz et al. (2016) yaptıkları bir çalışmada; *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamalarının organochlorine pestisitlerden α -HCH, Hexaclorobenzene, γ -HCH, Heptaclor, Aldrin, α -Endosulfan, Dieldrin ve o'p DDD'de yapılan *in vitro* testlerde bu pestisitlerin parçalanmasında önemli rol oynadıklarını tespit etmişlerdir. Yoğun kimyasal kullanımının olduğu domates yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda topraktaki toksik kimyasal madde birikimi kaçınılmaz olup bunların başında da bitki koruma ilaçları aktif maddeleri gelmektedir. Bu yüzden *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamalarının topraktaki toksik kimyasalların temizlenmesi açısından ayrı bir önem kazandığı düşünülmektedir.

Türkiye'de fungal hastalıkların domates üretimini sınırlandıran fitopatolojik sorunların başında geldiği ve fungal patojenlerin özellikle de yüksek nemin olduğu durumlarda domates verim ve kalitesinde önemli düşüslere sebep olabileceğini belirten pek çok çalışma vardır (Delen et al. 1991; Eken & Demirci, 1998; Yanar et al. 2002; Can et al. 2004; Ozan & Maden, 2004; Ozan & Maden, 2005; Ozan & Aşkın, 2006; Çolak & Biçici, 2013). Domates bitkisinde görülen en önemli fungal hastalıklardan birisinin erken yaprak yanıklığı olduğu ve bu hastalığın özellikle yüksek nemin olduğu dönemlerde yaygınlaştı ve domates üretimini tehdit eder boyutlara geldiği bilinmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı Uzundere İlçesinde de fungal hastalıkların zaman zaman sorun olduğu bilinmekte olup yapılan uygulamaların yapraktaki fungal patojenlerin gelişmesini baskılayarak bitki sağlık indeksinde önemli artışlara sebep olmasının oldukça önemli olduğu değerlendirilmektedir. PGPR uygulamalarının domateste bakteriyel hastalıklara karşı da başarıyla kullanılabilceğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Kotan, 1998; Aysan & Çınar, 2002; Aysan et al. 2003; Çetinkaya-Yıldız, 2007; Baysal et al. 2008; Akat & Özaktan, 2011; Aktaş, 2015). Bu çalışmada etkili bulunan bakterilerin fungal patojenlerin yanı sıra bakteriyel patojenlerin gelişimini de sınırlandıracakları, sistemik dayanıklılık mekanizması ile virüs hastalıklarının kontrolüne de katkılar sunacakları hatta stres koşullarına karşı da bitkilerin dayanımını artıracakları düşünülmektedir.

Sonuç olarak; bu çalışma kullanılan bakteri formülasyonlarından bitki gelişim parametreleri açısından *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C; genel hastalık kontrolü açısından ise *B. megaterium* KBA-10 uygulamalarının domates yetiştiriciliğinde kullanılabilceğini düşündürmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda; raf ömrü uzun ikili ya da üçlü kombinasyonlar ile serada ve arazide yapılacak çalışmalarda hem mikrobiyal gübre özelliğine hem de biyopestisit özelliğine sahip ticari bir biyofarmülasyonun geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Agrios G.N., 1997. Plant Pathology. Department of Plant Pathology. University of Florida, Academic Press, 635 p, Florida, USA.
- Akad S. & H. Özaktan, 2011. Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığıyla [*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al.] biyolojik mücadelede bakteriyel antagonistlerin etkinliğinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2 (1): 3-18.
- Aktaş S., 2015. Domates öz nekrozuna neden olan etmenlere karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkanlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73 s.
- Anonymous 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (Erişim Tarihi: 18.07.2019).
- Aslantaş R., R. Çakmakçı & F. Şahin, 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111 (4): 371-377.
- Aysan Y. & Ö. Çınar, 2002. Tohum kökenli *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'ya karşı antagonistlerin etkisi. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 5-7 Eylül 2002, Erzurum, 409-416.
- Aysan Y., A. Karatas & O. Cinar, 2003. Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22 (6): 807-811.
- Baysal, O., M. Caliskan & O. Yesilova, 2008. An inhibitory effect of a new *Bacillus subtilis* strain (EU07) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 73 (1-3): 25-32.
- Can C., S. Yucel, N. Korolev & T. Katan, 2004. First report of fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. *Bitki Patolojisi*, 53 (6): 814.
- Canbolat M., S. Bilen, R. Çakmakçı, F. Şahin & A. Aydın, 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42 (4): 350-357.
- Certel M., M. Sarıca & V. Eser, 2003. Tarım ve Gıda Paneli Son Rapor. Vizyon 2023 Bilim ve Teknoloji Öngörüsü Projesi, Tarım-Gıda Paneli, Ankara. 57 s.
- Çetinkaya-Yıldız R., 2007. Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al.)'nın tanılanması ve bitki büyümeyi düzenleyici Rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 173 s.
- Çolak A. & M. Biçici, 2013. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığının entegre mücadelesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19 : 89-100.
- Delen N., M. Yıldız & F. Yıldız, 1991. Türkiye'de sera domateslerinde kök hastalıkları etmenlerinin saptanmasına yönelik çalışmalar. VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 7-11 Ekim 1991, İzmir, 183-186.
- Deng X., E.H. Cao, C.Y. Wu, J.K. Liu & Q.F. Li, 2013. Study on the effects of 8 strains on growth promotion and disease resistance of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Advanced Materials Research*, 807-809: 1042-1045.
- Dobbelaere S., J. Vanderleyden & Y. Okon, 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (2): 107-149.

- Egamberdiyeva D., 2005. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: Biochemical characterization and effectiveness. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168 (1): 94-99.
- Eken C. & E. Demirci, 1998. Yusufeli (Artvin) ve Uzundere (Erzurum) ilçelerinde seralarda yetiştirilen domates ve hıyarlarda görülen fungal etmenler. II. Sebze Tarımı Sempozyumu, 28-30 Eylül 1998, Tokat. 325-329.
- Ekinci M., M. Turan, E. Yıldırım, A. Güneş, R. Kotan & A. Dursun, 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) transplants. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 13 (6): 71-85.
- Ekinci M., E. Yıldırım & R. Kotan, 2015. Effects of different plant growth promoting rhizobacteria on growth and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) seedling. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2): 53-59.
- Glick B.R., D.M. Karaturovic & P.C. Newell, 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting Pseudomonads. *Canadian Journal of Microbiology*, 41 (6): 533-536.
- Gökçe A.Y. & R. Kotan, 2016. Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 56 (1): 49-75.
- Idris E.E., D.J. Iglesias, M. Talon & R. Borriss, 2007. Tryptophan-dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 20 (6): 619- 626.
- Joo G.J., Y.M. Kim, J.T. Kim, I.K. Rhee, J.H. Kim & I.J. Lee, 2005. Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers. *The Journal of Microbiology*, 43 (6): 510-515.
- Karaca İ., & H. Saygılı, 1982. Batı Anadolu'nun bazı illerinde domates ve biberde görülen bakteriyel hastalıkların oranı, etmenleri, belirtileri ve konukçu çeşitlerinin duyarlılığı üzerine araştırmalar. III. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 12-15 Ekim 1982, Adana. 182-192.
- Karagöz F.P., A. Dursun, N. Tekiner, R. Kul & R. Kotan, 2019. Efficacy of vermicompost and/or plant growth promoting bacteria on the plant growth and development in gladiolus. *Ornamental Horticulture*, 25 (2): 280-286.
- Karagöz K. & R. Kotan, 2017. Identification and characterization of some *Streptomyces* species isolated from symptomatic potatoes in Erzurum province of Turkey. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 3 (1): 27-37.
- Karagöz K. & R. Kotan, 2010. Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1 (2): 165-179.
- Karagöz K., 2009. Bazı PGPR bakterilerin marulun gelişimi ve marul yaprak leke hastalığı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 95 s.
- Karagöz K., F. Dadaşoğlu & R. Kotan, 2016. Effect of some plant growth promoting and bioagent bacteria on degradation of organochlorine pesticides. *Fresenius Environmental Bulletin*. 25 (5): 1348-1353.
- Karagöz K., F. Dadaşoğlu, P. Mohammadi & R. Kotan, 2014. Patates uyuzu hastalığına sebep olan *Streptomyces scabies*'in antagonistik bakterilerle kontrolü. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya. 186.

- Karakurt H., R. Kotan, R. Aslantaş, F. Dadaşoğlu, K. Karagöz & F. Şahin, 2010. Bitki büyümesini teşvik eden bazı bakteri strainlerinin 'Şekerpare' kayısı çöğürlerinin bitki gelişimi üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (1), 7-12.
- Kaymak H.Ç., A. Aksoy & R. Kotan, 2020. Inoculation with N₂-fixing plant growth promoting Rhizobacteria to reduce nitrogen fertilizer requirement of lettuce. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 19 (5): 23-35.
- Kotan R. & F. Sahin, 2006. Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and nutritional similarity in carbon source utilization of pathogen and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 35 (1-3): 1-13.
- Kotan R., 1998. Biber ve domatesteki bakteriyel leke hastalığı (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye.)'nın biyolojik ve kimyasal kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47 s.
- Kotan R., 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metotlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 217 s.
- Kotan R., 2014. Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11: 44-48.
- Kotan R., 2020. Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-605-68060-4-9. 158 s.
- Kotan R., F. Sahin, E. Demirci & C. Eken, 2009. Biological control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. *Biological Control*, 50 (2), 194-198.
- Kotan R., E. Tozlu, A. Güneş & F. Dadaşoğlu, 2021. Investigation of possibilities of using *Bacillus subtilis* microbial fertilizer in apple sapling growing. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 52 (1): 46-55.
- Mirik M., Y. Aysan & O. Cinar, 2008. Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* Strains. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 369-379.
- Mohammadi P., 2018. Domates bakteriyel solgunluk ve kanser hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis *et al.*)'nin biyoajan kullanılarak mücadele imkanlarının araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 125 s.
- Mohammadi P., E. Tozlu, R. Kotan, & M.Ş. Kotan, 2017. Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Protection Science*, 53 (3): 134-143.
- Ozan S. & A. Aşkın, 2006. Orta Anadolu Bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar üzerine çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 46 (1-4): 65-75.
- Ozan S. & S. Maden, 2004. Ankara ili domates ekiliş alanlarında solgunluk ve kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan fungal hastalık etmenleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 44 (1-4): 105-120.
- Ozan S. & S. Maden, 2005. Ankara ili domates ekiliş alanlarında yapraklarda hastalık oluşturan fungal etmenler, yaygınlıkları ve çıkış zamanları. *Bitki Koruma Bülteni*, 45 (1-4): 45-54.
- Scortichini M., 1992. Consideration on the appearance of *Pseudomonas corrugata* as a new plant pathogen. Plant Pathogenic Bacteria, Versailles (France), June 9-12, Ed: INRA Paris 1994 (Les Colloques, no: 66), 149- 154.
- Seniz V., 1992. Domates, Biber ve Patlıcan Yetistirciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı. Yayın No:26, Yalova. 174 s.

- Tan S.Y., Y. Jiang, S. Song, J.F. Huang, N. Ling, Y.C. Xu & Q.R. Shen, 2012. Two *Bacillus amyloliquefaciens* strains isolated using the competitive tomato root enrichment method and their effects on suppressing *Ralstonia solanacearum* and promoting tomato plant growth. *Crop Protection*, 43: 134-140.
- Tekiner N., E. Tozlu & R. Kotan, 2019. Domateste *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl'nın bazı bakteriler ile biyolojik mücadelesi, *Bitki Koruma Bülteni*, 59 (4): 57-68.
- Tiryaki O., R. Canhilal & S. Horuz, 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2): 154-169.
- Tozlu E., P. Mohammadi, M.S. Kotan, H. Nadaroglu & R. Kotan, 2016. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de bary, the causal agent of white mold disease in red cabbage by some bacteria. *Plant Protection Science*, 52 (3): 188-198.
- Tozlu E., N. Tekiner, R. Kotan & E. Örtücü, 2018. Investigation on the biological control of *Alternaria alternata*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88 (8): 1241-1247.
- Turan M., M. Ekinçi, E. Yildirim, A. Güneş, K. Karagöz, R. Kotan & A. Dursun, 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 327-333.
- Yanar Y., M. Sırma & İ. Kadioğlu, 2002. Tokat Yöresinde Domates Üretim Alanlarında Sorun Olan Fungal Etmenlerin Belirlenmesi. *Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 5-8.
- Yıldız F., M. Yıldız, N. Delen & A. Coşkuntuna, 2007. The effects of biological and chemical treatment on gray mold disease in tomatoes grown under greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*, 31: 319-325.

Orijinal araştırma (Original article)

Bazı biyoinsektisitlerin *Aphis fabae* ve *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) üzerindeki etkileri

Emre PEYNİRCİ¹, Emrah KURT¹, Ali KAYAHAN^{1*}

The effects of some bioinsecticides on *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae)

Abstract: In this study, the effects of the commercially available entomopathogens, Nibortem (*Verticillium lecani*), Met52 (*Metarhizium anisopliae*), Nostalgist (*Beauveria bassiana*) and Priority (*Paecilomyces fumosoreus*), and a herbal insecticide, Nimbecidine (Azadirachtin), on the pest aphids, *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum*, were investigated. The corrected mortalities they caused to *A. fabae* were 78.41%, 87.50%, 65.91%, 63.64% and 86.36%, respectively, and 63.33%, 86.67%, 64.44%, 62.22% and 86.67% to *A. pisum*, respectively, on the 5th day. The mean numbers of live individuals of *A. fabae* on the 5th day were 1.9, 1.1, 3.0, 3.2 and 1.2, respectively, and of *A. pisum* they were 3.3, 1.2, 3.2, 3.4 and 1.2, respectively. *Metarhizium anisopliae* and Azadirachtin were more effective against both aphids than the other three bioinsecticides. This research suggests that these two applied bioinsecticides could be effective in the control of these aphid pests but field research is needed for confirmation.

Key words: *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum*, bioinsecticide, entomopathogenic fungi

Öz: Bu çalışmada ticari entomopatojenler olan Nibortem (*Verticillium lecani*), Met52 (*Metarhizium anisopliae*), Nostalgist (*Beauveria bassiana*), Priority (*Paecilomyces fumosoreus*) ve bitkisel bir insektisit olan Nimbecidine (Azadirachtin)'in *Aphis fabae* (Scopoli) ve *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Uygulanan biyolojik insektisitlerin *A. fabae* üzerindeki düzeltilmiş ölüm oranları 5. günde sırasıyla %78.41, %87.50, %65.91, %63.64 ve %86.36 olarak saptanmıştır. Bu değerler *A. pisum* için sırasıyla %63.33, %86.67, %64.44, %62.22 ve %86.67 olarak belirlenmiştir. Aynı günde (5. gün) *A. fabae* canlı birey sayıları sırasıyla 1.9, 1.1, 3.0, 3.2 ve 1.2 adet olurken, *A. pisum* için bu değerler sırasıyla 3.3, 1.2, 3.2, 3.4 ve 1.2 adet olarak saptanmıştır. Elde edilen verilere bağlı olarak her iki yaprak biti türünde de *M. anisopliae* ve Azadirachtin'in daha etkili olduğu saptanmıştır. Uygulanan bu iki biyolojik preparatın, başarıları arazi çalışmaları ile kanıtlandıktan sonra bu zararlılarla mücadelede kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar sözcükler: *Aphis fabae*, *Acyrtosiphon pisum*, biyoinsektisit, Entomopatojen fungus

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: aalikayahan@gmail.com

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0000-4525-527X; 0000-0002-1703-3509; 0000-0002-3671-254X

Alınış (Received): 8 Ocak 2021

Kabul edilmiş (Accepted): 01 Haziran 2021

Giriş

Dünya genelindeki tarımsal üretime bakıldığında ülkelerin ve insanların kalkınmasında önemli bir paya sahip olmakta ve gün geçtikçe de önemi artmaktadır (Tunçer & Günay, 2017). Tarımsal üretimdeki artışa bağlı olarak hastalıklar, zararlılar ve bitki besin elementi eksikliğinden kaynaklanan sorunlarda da artışlar göze çarpmaktadır. Bu tip sorunlarla mücadelede çoğunlukla kimyasallar tercih edilmekte ve her geçen gün yeni bir kimyasal kullanıma sunulmaktadır. Ancak zararlılar ve hastalığa sebep olan organizmalar geliştirilen yeni kimyasallara karşı da direnç geliştirmekte ve bunun sonucu olarak da üreticiler kimyasal kullanımını artırmaktadır. Direnç sorununa ek olarak, bu ürünlerin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı alternatif yöntemler aranmaya ve geliştirilmeye başlanmıştır (Lacey et al. 2001). Uygulanan yöntemlerden biri de biyolojik mücadeledir. Bu yöntemde süreklilik söz konusu olmakla birlikte uygulandığında çevre kirliliği oluşturmamakta, insan ve yaban hayatına da zarar vermemektedir (Uygun et al. 2010).

Zararlılarla mücadelede kullanılan en önemli biyolojik mücadele etmenlerinden birisi entomopatojen funguslar (EPF)'dir. Bu organizmalar ürettikleri sporları sayesinde böceklerin dış kısmına kolaylıkla tutunabilmektedir. Kutikulaya tutunan sporlar daha sonra böceğin doku ve vücut sıvısına ulaşmakta ve sonrasında da böceğin ölmesine sebep olmaktadır. EPF'lar ayrıca böceklerin trakeleri, sindirim sistemi ve diğer açıklıklar vasıtasıyla iç kısımlara girmektedir (Sevim et al. 2015; Batta & Kavallieratos, 2018; Karabörklü et al. 2018; 2019; Keskin et al. 2019). Yapılan bazı çalışmalara bakıldığında yaprak bitleri üzerinde EPF'ların etkileri araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Kurşuncu Şahin & Karaca, 2019; Karabörklü & Altın, 2020). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metschnikof) Sorokin, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith ve *Verticillium lecani* (Zimm.) Zare & W. Gams önemli EPF türleri arasında yer almaktadır (Mudrončeková et al. 2013; Meyling et al. 2018; Karabörklü et al. 2020; Illathur & Sridhar, 2021). *Azadirachta indica* (Neem), insektisit özelliği yüksek olan ve iyi bilinen bir bitki türüdür (Cruz-Estrada et al. 2013). Ürettiği sekonder metabolit olan limonoid sayesinde 250'den fazla zararlıya karşı etkili olmaktadır (Morgan, 2009). Bunun yanında bazı insektisitlerle birlikte sinerjistik etki gösterdiği de bildirilmiştir (Mohan et al. 2007).

Tarımsal üretimlerde ekonomik zararlara neden olan yaprak bitleri bitkide beslendiğinde büyüme durmakta ve popülasyonun yoğun olması durumunda bitkide ölümler meydana gelmektedir. Oluşturdukları bu zararlara ek olarak yaprak bitleri beslenmeleri sırasında meydana getirdikleri tatlımsı maddeden dolayı bitki üzerinde fumajine sebep olmakta, fotosentezin gerçekleşmesini engellemektedir. Belirtilen bu etkiler hem üretim miktarının azalmasına hem de ürün kalitesinde düşümlere sebep olmaktadır (Düzgüneş & Toros, 1978; Lodos, 1982; Elmalı & Toros, 1997). Ayrıca bu zararlı grubu virüs hastalıklarını taşımaları nedeniyle de dolaylı yönden zararlı olmaktadır (Will & Vilcinskis, 2015; Boissot et al. 2016; Kloth et al. 2017).

Bakla yaprak biti *Aphis fabae* (Scopoli) (Hemiptera: Aphididae) küçük boyutlu ve siyah renkli bir türdür (Kennedy et al. 1962). Konukçuları arasında 200'den fazla yabancı bitkinin yanında sebzeler, şeker pancarı, bakla, fasulye, patates, ayçiçeği ve domates de yer almaktadır (Barnea et al. 2005; Fericean et al. 2012). Bezelye yaprak biti *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) ise bakla bitkisinin en önemli zararlılarından olmasına rağmen; ülkemizde ilk defa yonca bitkisi (*Medicago sativa*) üzerinde görülmüştür (Düzgüneş & Tuatay, 1956). Bu yaprak biti çoğunlukla yabancı otlarda görülmesine rağmen fasulye, mercimek, yonca, korunga, fiğ ve bazı baklagillerde de zarara sebep olmaktadır (Stary, 1970; Ali & Habtewold, 1994).

Bu çalışmada *A. indica* bitkisinden elde edilen ve ticari bir preparat olan Nimbecidine (Azadirachtin), yine ticari EPF preparatlarından olan Nostalgist (*B. bassiana* strain Bb-1), Priority (*P. fumosoreus* strain PFs-1), Nibortem (*V. lecani* strain V1-1), Met52 (*Metarhizium anisopliae* strain F52)'nin *A. fabae* ve *A. pisum* üzerindeki lethal etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca uygulanan bu preparatların yaprak bitleri üzerinde öldürücü etkileri ve bu zararlılarla mücadele programlarında kullanılabilme olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Denemelerde kullanılan preparatlar

Bu çalışmada özellikleri Çizelge 1'de verilen *Verticillium lecani*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoreus* entomoptaojen fungus türleri ile Azadirachtin ticari preparatları kullanılmıştır.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan preparatlar ve özellikleri
Table 1. Biopesticides and its characteristics used in experiments

Preparat	Etken Madde	Etken Madde Oranı	Önerilen Doz
Nibortem	<i>Verticillium lecani</i>	1x10 ⁸ konidi/ml	250 ml/100L
Met52	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1x10 ⁸ konidi/ml	100 g/100L
Nostalgist	<i>Beauveria bassiana</i>	1x10 ⁸ konidi/ml	250 ml/100L
Priority	<i>Paecilomyces fumosoreus</i>	1x10 ⁸ konidi/ml	250 ml/100L
Nimbecidine	Azadirachtin	0.3 g/l	500 ml/100L

Bitki üretimi

Denemelerde kullanılan bakla bitkisi (*Vicia faba* L.), içerisinde 1:1 oranında toprak:torf bulunan plastik kaplarda (200 ml) yetiştirilmiştir. Üretim Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan ve 25±1 °C, %60±5 orantılı nem 16:8 (aydınlık: karanlık) aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

Yaprakbitlerinin üretimi

Denemelerde kullanılacak boya (15 cm) ve yaprak sayısına (6 adet) ulaşan bakla bitkileri üzerine son dönem nimf ve/veya ergin *A. fabae* ve *A. pisum* bireyleri ayrı ayrı ortamlarda aktarılmış ve çoğalmaları sağlanmıştır. Temiz bitkilere bulaştırılan yaprak bitlerinin başlangıç popülasyonu Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde yapılmakta olan kitle üretimden sağlanmıştır. Üretime alınan yaprak bitleri birbirlerine karışmamaları için etrafi tül ile kaplı 50x50x50 cm ölçülerinde kafesler içine alınmıştır. Kitle üretimin sürekliliğini sağlamak için yaşlanmış ve çökmeye başlamış bitkiler haftalık periyotlarla temiz bitkilerle değiştirilmiştir. Yaprak bitlerinin üretimi Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan ve 25±1 °C, %60±5 orantılı nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

Denemelerin kurulması

Denemelerde yaprak bitlerinin 2 ve 3. dönem nimfleri kullanılmıştır. Belirtilen dönemde nimflerin elde edilebilmesi için ergin yaprak biti bireyleri öncelikle ayrı petri kaplarına besini ile birlikte aktarılmış ve üremeleri beklenmiştir. Daha sonra ergin bireyler ortamdan uzaklaştırılmış ve yeni bırakılan nimflerin gömlek değiştirmesi takip edilmiştir. İkinci ve üçüncü döneme gelen bireyler denemelerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Deneme ortamlarına aktarılacak bireylerin rostrumlarına zarar vermemek için, aktarmadan hemen önce stereomikroskop altında bireylere samur fırça yardımıyla hafifçe dokunulmuş ve rostrumlarını çekmeleri sağlanmıştır. Daha sonra nimfler petri kaplarına aktarılmıştır. Hazırlanan biyolojik insektisitler petri kabının tamamına yayılacak ve toplamda her bir petri için 2 ml olacak şekilde el pülverizatörü yardımıyla püskürtülmüştür. Her bir bireyin üzerine biyolojik insektisit geldiğinden emin olduktan sonra, her uygulama için 10 birey, içerisinde su emdirilmiş pamuk ve üzerinde bakla bitkisi yaprağı bulunan 6 cm çapındaki petri kaplarına aktarılmıştır. Petri kaplarının üst kısımları hava alması için açılmış (2 cm çapında ve orta kısımda) ve tül ile kaplanmıştır. Denemelerde preparatların Çizelge 1'de verilen ve önerilen dozları uygulanmıştır. Kontrol uygulaması için saf su kullanılmıştır. Denemeler her bir uygulama için (kontrol dahil), 10 birey üzerinden 10 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Denemeler 25±1 °C, %60±5 orantılı nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Uygulama yapıldıktan 1, 3, 5 ve 7 gün sonra petri kapları içindeki ölü (hareket etmeyen ve/veya felç durumunda olan bireyler ölü olarak kabul edilmiştir) ve canlı bireyler sayılmış ve kaydedilmiştir. Petri içinde bulunan yaprakların solmaması için pamuk, pastör pipeti yardımıyla ıslatılmış ve çalışma süresince bu işlem ihtiyaç duyuldukça tekrarlanmıştır. Buradaki işlemlerin tamamı her iki yaprak biti için ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

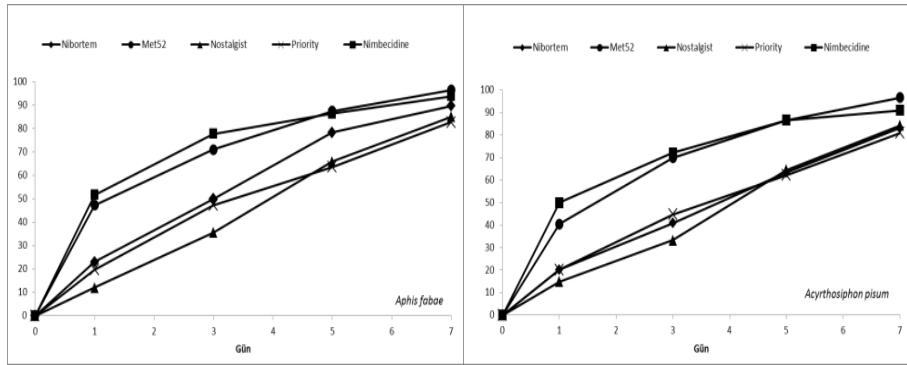
İstatistiksel analizler

Canlı ve ölü bireyler üzerinden ölüm oranlarını belirlemek için aşağıda verilen Abbott formülü kullanılmış ve ölüm oranlarının yüzdesi hesaplanmıştır (Abbott, 1925). Ayrıca her uygulama için canlı bireylere varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır (P: 0.05). Ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli çıkması durumunda, bu önemin seviyesi Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir. Verilerin analizlerinde Minitab (ver. 16) istatistik uygulaması kullanılmıştır.

$$\text{Abbott} = \frac{(\text{Kontroldeki canlı birey sayısı} - \text{Uygulamadaki canlı birey sayısı})}{\text{Kontroldeki canlı birey sayısı}} \times 100$$

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada bazı ticari preparatların (Nibortem, Met52, Nostalgist, Priority, Nimbecidine) *Aphis fabae* ve *Acyrtosiphon pisum* üzerindeki lethal etkileri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan biyolojik insektisitlerin *A. fabae* üzerindeki kontrole göre düzeltilmiş ölüm oranları 5. günde sırasıyla %78.41, %87.50, %65.91, %63.64 ve %86.36 olarak saptanırken; bu değerlerin 7. günün sonunda daha da arttığı gözlemlenmiştir. Preparatların çalışmadaki diğer yaprak biti *A. pisum* üzerindeki etkiler incelendiğinde ise 5. günde bu değerlerin sırasıyla %63.33, %86.67, %64.44, %62.22 ve %86.67 olduğu belirlenirken; bu değerlerin 7. günde artış gösterdiği saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar iki preparatın (Met52 ve Nimbecidine) çalışmada kullanılan her iki yaprak biti türünde diğer preparatlara oranla daha etkili olduğunu göstermiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Biyolojik insektisitlerin farklı günlerde *Aphis fabae* ve *Acyrthosiphon pisum* üzerindeki kontrole göre düzeltilmiş ölüm oranları (Abbott)

Figure 1. Corrected mortality rates (Abbott) of biopesticides on *Aphis fabae* and *Acyrthosiphon pisum* at different days

Aphis fabae için uygulamalardan 1, 3, 5 ve 7 gün sonra saptanan ortalama birey sayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Tüm uygulamalarda 1 ve 3. günlerde yüksek olan

canlı birey sayıları diğer günlerde azalmıştır. Tüm günlerde Met52 ve Nimbecidine preparatlarına ait ortalama değerler diğer preparatlara ait değerlerden düşük olmuş ve bu iki preparat istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı günlerde saptanan canlı *Aphis fabae* sayıları (Ort.±SH)

Table 2. Mean numbers of healthy *Aphis fabae* at different days (Mean±SE)

Preparat	1. gün	3. gün	5. gün	7. gün
Nibortem	7.0±0.394 b	4.5±0.477 b	1.9±0.348 bc	0.9±0.348 bc
Met52	4.8±0.757 c	2.6±0.427 c	1.1±0.233 c	0.3±0.153 c
Nostalgi	8.0±0.211 ab	5.8±0.389 b	3.0±0.447 b	1.3±0.335 bc
Priority	7.3±0.420 ab	4.8±0.327 b	3.2±0.249 b	1.5±0.167 b
Nimbecidine	4.4±0.600 c	2.0±0.333 c	1.2±0.291 c	0.6±0.163 bc
Kontrol	9.1±0.233 a	9.0±0.211 a	8.8±0.249 a	8.7±0.260 a

*Aynı sütündeki farklı harfler uygulamalar arasında Tukey çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir (DF_{1.gün:5} / F_{1.gün:14.73} / P_{1.gün:0.001}; DF_{3.gün:5} / F_{3.gün:45.78} / P_{3.gün:0.001}; DF_{5.gün:5} / F_{5.gün:85.21} / P_{5.gün:0.001}; DF_{7.gün:5} / F_{7.gün:162.81} / P_{7.gün:0.001}).

Acyrtosiphon pisum için uygulamalardan 1, 3, 5 ve 7 gün sonra saptanan ortalama birey sayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Tüm uygulamalarda 1 ve 3. günlerde yüksek olan canlı birey sayıları diğer günlerde azalmıştır. Tüm günlerde Met52 ve Nimbecidine preparatlarına ait ortalama değerler diğer preparatlara ait değerlerden düşük olmuş ve bu iki preparat istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı günlerde saptanan canlı *Acyrtosiphon pisum* sayıları (Ort.±SH)

Table 2. Mean numbers of healthy *Acyrtosiphon pisum* at different days (Mean±SE)

Preparat	1. gün	3. gün	5. gün	7. gün
Nibortem	7.5±0.637 b	5.5±0.563 b	3.3±0.473 b	1.5±0.401 bc
Met52	5.6±0.306 c	2.8±0.249 c	1.2±0.200 c	0.3±0.153 c
Nostalgi	8.0±0.333 ab	6.2±0.291 b	3.2±0.249 b	1.4±0.221 bc
Priority	7.5±0.224 b	5.2±0.359 b	3.4±0.371 b	1.7±0.296 b
Nimbecidine	4.7±0.496 c	2.6±0.306 c	1.2±0.327 c	0.8±0.327 bc
Kontrol	9.4±0.267 a	9.3±0.260 a	9.0±0.258 a	8.9±0.277 a

*Aynı sütündeki farklı harfler uygulamalar arasında Tukey çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir (DF_{1.gün:5} / F_{1.gün:17.73} / P_{1.gün:0.001}; DF_{3.gün:5} / F_{3.gün:48.41} / P_{3.gün:0.001}; DF_{5.gün:5} / F_{5.gün:77.19} / P_{5.gün:0.001}; DF_{7.gün:5} / F_{7.gün:107.82} / P_{7.gün:0.001}).

Bitkisel kökenli pestisitlerin zararlılar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sayısının son yıllarda arttığı görülmektedir (Durmuşoğlu et al. 2011; Sayeda & El-Mogy, 2011; Balcı et al. 2020). Neem ağacı (*Azadirachta indica*, Meliaceae)'ndan elde edilmiş olan Azadirachtin pek çok zararlı böceğe karşı öldürücü, beslenmeyi ve büyümeyi engelleyici olarak kullanılmaktadır (Charleston et al. 2006; Göçmen et al. 2007; Schneider et al. 2017). Azadirachtin etkili maddeli preparatların yaprak bitleri başta olmak üzere bazı zararlıların popülasyonunu kontrol altında tutabildiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Shoab et al. 2010; El-Salam et al. 2012; Bhardwaj & Ansari, 2015). Bu çalışmada da kullanılan

Azadirachtin etkili maddeli (Nimbecidine) preparatın yaprak bitleri üzerinde yüksek lethal etki gösterebildiği saptanmıştır.

Tarımda zararlı olan böceklere karşı mücadelede bitkisel insektisitlere ek olarak fungus, virüs, bakteri, protozoa ve nematodlar gibi etkili ve çevreye dost mikrobiyal patojen kullanılmaktadır. Entomopatojen fungus olarak adlandırılan ve diğer entomopatojenlere göre daha geniş konukçuya sahip olan fungusların Lepidoptera, Homoptera ve Diptera takımlarındaki böcekler üzerinde etkili oldukları bilinmektedir (Deacon, 1983). Entomopatojen funguslardan *B. bassiana*, tarımsal ekosistemde çok sık rastlanmakta ve dünya genelinde yayılış gösteren, geniş konukçu yelpazesine sahiptir (Roberts & St. Leger, 2004; Rehner, 2005). Bu EPF'a ek olarak çalışmada kullanılan *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* ve *V. lecanii*'nin de böcekler üzerinde oldukça etkili oldukları bildirilmiştir (Gayathri et al. 2010; Mudrončková et al. 2013; Meyling et al. 2018; Karabörklü et al. 2020; Illathur & Sridhar, 2021). Todorova et al. (2000), farklı konumlardan elde ettikleri farklı *B. bassiana* izolatlarının *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae)'ye karşı lethal etki gösterdiğini, onların avcısı *Coleomegilla maculata* (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae)'ya karşı etkinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada *Lecanicillium lecanii*, *Isaria farinosa*, *B. bassiana*, *M. anisopliae* gibi entomopatojen fungusların *M. persicae* ve *Aphis gossypii* üzerinde etkili oldukları ve bu etkinin 5. günde *L. lecanii* için %100 olduğu gözlenmiştir (Vu et al. 2007). Benzer bir çalışmada farklı entomopatojen fungusların (*B. bassiana*, *M. anisopliae*, *L. lecanii*, *Hirsutella thompsonii* ve *Cladosporium oxysporum*) *Aphis craccivora* üzerinde etkili oldukları ve bu funguslardan *L. lecanii* ve *H. thompsonii*'nin belirtilen zararlının mücadelesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Saranya et al. 2010). *Beauveria bassiana*'nın farklı yaprak bitleri (*Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum padi*, *Brevicoryne brassicae* ve *Lipaphis erysimi*) üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada yüksek konsantrasyonda hazırlanmış fungusun denemedeki yaprak bitleri üzerinde lethal etki gösterdiği belirlenmiştir (Akmal et al. 2013). Özçelik et al. (2013), entomopatojen fungus *I. farinosa* ve *Purpureocillium lilacinum*'un *M. persicae* üzerindeki lethal etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Güven et al. (2014), yaptıkları bir çalışmada *Coccinella septempunctata*'dan izole edilen *Beauveria* spp., *B. bassiana*, *M. anisopliae* ve *P. lilacinum* funguslarının *Aphis fabae* üzerinde ki etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre uygulanan EPF'ların yüksek konsantrasyonlarının *A. fabae* üzerinde etkili olduğu gözlenmiş ve zararlının mücadelesin kullanılabileceği belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada bazı EPF'ların (*B. bassiana* ve *M. anisopliae*) *M. persicae* üzerinde öldürücü etki gösterdiği ve bu etkinin 7. günün sonunda %80'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (Yun et al., 2017). Benzer şekilde farklı bir çalışmada aynı fungusların farklı izolatlarının *M. persicae* üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu etkinin %85'in üzerinde olduğu gözlenmiştir (Rehman et al. 2019). Yine *M. persicae* üzerinde *B. bassiana* izolatlarının etkilerinin gözlemlendiği farklı iki çalışmada da lethal etkinin %90 civarında olduğu belirlenmiştir (Javed et

al. 2019; Nazir et al. 2019). Kurşuncu Şahin & Karaca (2019), yaptıkları çalışmalarında *M. persicae* üzerinde bazı biyoisektisitlerin (*Verticillium lecanii*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* P. *fumosoroseus* ve Azadiractin) 7. gündeki etkilerinin sırasıyla %39, %35, %47, %39, %68 olduğunu saptamışlar ve uygulanan EPF'lerin ve Azadiractin'in yaprak bitleri ile mücadele çalışmalarında kullanılabileceği bildirmişlerdir.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere bakıldığında kullanılan etkili maddelerden *M. anisopliae* ve Azadiractin'in her iki yaprak biti için de uygulamanın birinci gününden itibaren etki göstermeye başladığı ve bu etkinin 5. günden itibaren %90'lara yaklaştığı belirlenmiştir. Çalışmadaki diğer preparatların da ilk günlerde bu iki preparata göre düşük olan etkilerinin 5. günden itibaren artmaya başladığı ve bu etkinin de %80'lere ulaştığı saptanmıştır. Çalışmanın genelinden elde edilen bulgulara göre kullanılan preparatların yaprak bitleri ile mücadelede kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tesekkür

Çalışmada kullanılan yaprak bitleri (*Aphis fabae* ve *Acyrtosiphon pisum*) kültürleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. İsmail KARACA'nın yapmış olduğu kitle üretimden sağlanmıştır.

Kaynaklar

- Abbott W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Akmal M., S. Freed, M.N. Malik & H.T. Gul, 2013. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hypomycetes) against different aphid species under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 45 (1): 71-78.
- Ali K. & T. Habtewold, 1994. Research on insect pests of cool season food legumes. (Editors Tilaye A., G. Bejiga, M.C. Saxena & M.B. Solh, Proceedings of the First National Cool-Season Food Legumes Review Conference). Institute of Agricultural Research, Aleppo, Syria, December 16-20 1993; pp. 367-398.
- Balcı H., F. Ersin & E. Durmuşoğlu, 2020. *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) ve *Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel (Myrtaceae) ekstraktlarının klasik ve nano formülasyonlarının *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) ve *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae)'ye etkilerinin belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11 (2): 237-251.
- Barnea O., M. Mustata, G. Mustata & E. Simon, 2005. The parasitoids complex which control the *Aphis fabae* Scop. colonies installed on different crop species and spontaneous plants (Editor: Al. I. Cuza, Lucrările impozionului Entomofagii si rolul lor în păstrarea echilibrului natural). *Seria Noua*, 99-110.
- Batta Y.A. & N.G. Kavallieratos, 2018. The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. *International Journal of Pest Management*, 64 (1): 77-87.

- Bhardwaj A.K. & B.A. Ansari, 2015. Effect of Nimbecidine and Neemazal on the developmental programming of cotton pest, *Earias vittella*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3 (1): 38-42.
- Boissot N., A. Schoeny & F. Vanlerberghe-Masutti, 2016. Vat, an amazing gene conferring Resistance to aphids and viruses they carry: from molecular structure to field effects. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1420.
- Charleston D.S., R. Kfir, M. Dicke & L.E.M. Vet, 2006. Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: a weld test of laboratory findings. *Biological Control*, 39: 105-114.
- Cruz-Estrada A., M. Gamboa-Angulo, R. Borges-Argaez & E. Sanchez, 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyroideae). *Electronic Journal of Biotechnology*, 16 (1): 6.
- Deacon J.W., 1983. Microbial Control of Plant Pests and Diseases. Van Nostrand Reinhold Co, Wokingham, UK. 88 p.
- Durmuşoğlu E., A. Hatipoğlu & H. Balcı, 2011. Bazı bitkisel kökenli insektisitlerin laboratuvar koşullarında *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) larvalarına etkileri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35 (4): 651-663.
- Düzgüneş Z. & N. Tuatay, 1956. Türkiye yaprak bitleri (Homoptera: Aphididae) (1.Kısım). *Bitki Koruma Bülteni*, 31: 1-4.
- Düzgüneş Z. & S. Toros, 1978. Ankara ili ve çevresinde elma ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri ve kısa biyolojileri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 1 (3): 151-175.
- Elmalı M. & S. Toros, 1997. Konya ilinde buğday tarlalarında yaprakbiti doğal düşmanlarının tespiti üzerinde araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 25-28 Ocak, İzmir-Türkiye 13-18.
- El-Salam A.A., S.A. Salem & M.Y. El-Kholy, 2012. Efficiency of Nimbecidine and certain entomopathogenic fungi formulations against bean aphids, *Aphis craccivora* in broad bean field. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45 (19): 2272-2277.
- Fericean L.M., O. Rada & M. Ostan, 2012. The behaviour, life cycle and biometrical measurements of *Aphis fabae*. *Research Journal Agricultural Science*, 44: 31-37.
- Gayathri G., C. Balasubramanian, M.P. Vinayaga & T. Kubendran, 2010. Larvicidal potential of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown and Smith on *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Biopesticide*, 3: 147-151.
- Göçmen H., N. Topakçı & C. İkten, 2007. Pamuk beyazsineği *Bemisia tabaci* (genn) (Homoptera: Aleyrodidae)'ye karşı *Azadirachtin* etkinliği üzerine bir araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1):119-126.
- Güven Ö., R. Baydar, C. Temel & İ. Karaca, 2014. Bazı entomopatojen fungusların *Aphis fabae* (Scopoli) (Hemiptera: Aphididae) üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5 (2): 149-158.
- Illathur R. & P. Sridhar, 2021. Efficacy test of micro emulsion formulation of *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*) (Zimm.) Zare & W. Gams against four species of mealy bugs by laboratory bioassay. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9 (1): 2271-2274.
- Javed K., H. Javed, T. Mukhtar & D. Qiu, 2019. Pathogenicity of some entomopathogenic fungal strains to green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29 (1): 1-7.

- Karabörklü S. & N. Altın, 2020. Yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının *Myzocallis coryli* ve *Corylobium avellanae* üzerindeki etkinliği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6 (3): 478-485.
- Karabörklü S., N. Altın & Y. Keskin, 2019. Native Entomopathogenic fungi isolated from Düzce, Turkey and their virulence on the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Philippines Agricultural Scientist*, 102 (1): 82-89.
- Karabörklü S., N. Altın, İ. Yıldırım, S. Öztemiş, E. Sadıç & Ö. Aydın, 2020. Bazı yerel entomopatojen fungusların Amerikan beyaz kelebeğine *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) karşı laboratuvar koşullarındaki insektisidal aktivitesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11 (1): 119-128.
- Karabörklü S., U. Azizoğlu & Z.B. Azizoğlu, 2018. Recombinant entomopathogenic agents: a review of biotechnological approaches to pest insect control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (1): 14.
- Kennedy J.S., M.F. Day & V.F. Eastop, 1962. A conspectus aphids as vectors of plant viruses. Commonwealth Institute of Entomology (CIE), London, 114 pp.
- Keskin Y., S. Karabörklü & N. Altın, 2019. Bazı yerel entomopatojen fungusların toprak koşullarındaki etkinliklerinin *Tenebrio molitor* L. (Col.: Tenebrionidae) larvaları kullanılarak araştırılması. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2 (1): 26-31.
- Kloth K.J., J. Busscher, G. Wieggers, W. Kruijjer, G. Buijs, R.C. Meyer, B.R. Albrechtsen, H.J. Bouwmeester, M. Dicke & M.A. Jongsma, 2017. Sieve element-lining chaperone 1 restricts aphid feeding on arabidopsis during heat stress. *Plant Cell*, 29: 2450-2464.
- Kurşuncu Şahin G. & İ. Karaca, 2019. Bazı biyoinspektisitlerin *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)'ye etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (2): 582-589.
- Lacey L.A., R. Frutos & H.K. Kaya, 2001. Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? *Biological Control*, 21: 230-248.
- Lodos N., 1982. Türkiye Entomolojisi (Genel, Uygulamalı ve Faunistik). Cilt II, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 429, 591 s.
- Meyling N.V., S. Arthur, K.E. Pedersen, S. Dhakal, N. Cedergreen & B.L. Fredensborg, 2018. Implications of sequence and timing of exposure for synergy between the pyrethroid insecticide alphacypermethrin and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 74: 2488-2495.
- Mohan M.C., N.P. Reddy, U.K. Devi, R. Kongara & H.C. Sharma, 2007. Growth and insect assays of *Beauveria bassiana* with neem to test their compatibility and synergism. *Biocontrol Sciences and Technology*, 17 (10): 1059-1069.
- Mudrončeková S., M. Mazán, M. Nemčovič & I. Šalamon, 2013. Entomopathogenic fungus species *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) used as mycoinsecticide effective in biological control of *Ips typographus* (L.). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2 (6): 2469-2472.
- Nazir T., A. Basit, A. Hanan, M.Z. Majeed & D. Qiu, 2019. In vitro pathogenicity of some entomopathogenic fungal strains against green peach aphid *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Agronomy*, 9 (1): 7.
- Özçelik N., G. Bal, F. Demirci & M. Muştı, 2013. *Isaria farinosa* ve *Purpureocillium lilacinum*'un yeşil şeftali yaprakbiti, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 4 (1): 23-29.

- Rehman S.U., J.Z.N. Ahmed, J.N. Feng & D. Wang, 2019. Potential of four entomopathogenic fungi isolates as biological control agents against two aphid species under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 56 (2): 421-429.
- Rehner S.A., 2005. Phylogenetics of the insect pathogenic genus *Beauveria*. (Editors Vega F.E. & M. Blackwell, Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution). Oxford University Press, pp. 3-27.
- Roberts D.W. & R.J. St. Leger, 2004. *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects. *Advances in Applied Microbiology*, 54: 1-70.
- Saranya S., R. Ushakumari, S. Jacob & M.B. Philip, 2010. Efficacy of different entomopathogenic fungi against cowpea aphid, *Aphis craccivora* (Koch). *Journal of Biopesticides*, 3 (1): 138-142.
- Sayed S.A. & M.M. El-Mogy, 2011. Field evaluation of some biological formulations against *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion. *World Applied Sciences Journal*, 14 (1): 51-58.
- Schneider L.C.L., C.V. Silva & H. Conte, 2017. Toxic effect of commercial formulations of neem oil, *Azadirachta indica* A. Juss., in pupae and adults of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 84: 1-8.
- Sevim A., E. Sevim & Z. Demirbağ, 2015. Entomopatogenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye'de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (1): 115-147.
- Shoaib M.A., M.F. Mahmoud, N. Loutfy, M.A. Tawfic & M. Barta, 2010. Effect of botanical insecticide Nimbecidine® on food consumption and egg hatchability of the terrestrial snail *Monacha obstructa*. *Journal of Pest Science*, 83: 27-32.
- Sary P., 1970. Wanderung und präsistierung der erbsenlaus. *Biologia*, 25: 787-796.
- Todorova I.S., D. Coderra & C.J. Cote, 2000. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* isolates toward *Leptinotarsa decemlineata* [Coleoptera: Chrysomelidae], *Myzus persicae* [Homoptera: Aphididae] and their predator *Coleomegilla maculata lengi* [Coleoptera: Coccinellidae]. *Phytoprotection*, 81: 15-22.
- Tunçer M. & H.F. Günay, 2017. Türkiye'de tarıma yönelik desteklerin Avrupa Birliği perspektifinden değerlendirilmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4 (8): 15-30.
- Uygun N., M.R. Ulusoy & S. Satar, 2010. Biyolojik Mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1 (1): 1-14.
- Vu V.H., S. Hong & K. Kim, 2007. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 104 (6): 498-505.
- Will T. & A. Vilcinskis, 2015. The structural sheath protein of aphids is required for phloem feeding. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 57: 34-40.
- Yun H.G., D.J. Kim, W.S. Gwak, T.Y. Shin & S.D. Woo, 2017. Entomopathogenic fungi as dual control agents against both the pest *Myzus persicae* and phytopathogen *Botrytis cinerea*. *Mycobiology*, 45 (3): 192-198.

Derleme (Review)

The role of fungal volatile organic compounds (FVOCs) in biological control

Ayşegül KARSLI^{1*}, Yavuz Selim ŞAHİN¹

Biyolojik mücadelede fungal uçucu organik bileşiklerin (FVOCs) rolü

Öz: Tarımsal üretimde bakteri, fungus, virüs ve nematod gibi organizmalar verim ve kalite kaybına neden olur. Özellikle fungal patojenlerin kontrolü zordur. Bu patojenlerin kontrolünde kullanılan sentetik pestisitlerin çevre dostu olmaması, biyopestisit kullanımı gibi alternatif yöntemlerin önemini artırmaktadır. İnsan sağlığına ve çevreye göreceli olarak zararlı olmayan biyopestisitler genellikle bitkilerden, virüslerden, bakterilerden ve funguslardan elde edilen ikincil metabolitlerdir. Funguslar, çeşitli uçucu organik bileşiklerin (VOC'ler) karışımlarını üretir. Aldehitler, alkoller, benzen türevleri, fenoller, heterosikler, hidrokarbonlar, ketonlar, sikloheksanlar, tiyoesterler ve tiyoalkollere ait 300'den fazla farklı fungus VOC'si tanımlanmıştır. Fungal VOC'ler ile bitki patojenleri arasındaki etkileşim, kimyasal pestisitlere çevre dostu bir alternatif oluşturmaktadır. Araştırmalar, fungus uçucu organik bileşiklerin bitki patojenlerine ve böcek zararlılarına karşı önleyici veya kovucu yönleriyle biyopestisit olarak etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu derlemede, biyolojik mücadele kapsamında kimyasal pestisitlere alternatif olarak farklı bitki hastalık ve zararlılarına karşı fungal uçucu organik bileşiklerin kullanılma olanakları özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Uçucu organik bileşikler, biyolojik mücadele, biyopestisitler

Abstract: Organisms such as bacteria, fungi, viruses and nematodes cause yield and quality loss in agricultural production. The control of fungal pathogens is especially challenging. The chemical pesticides used in the control of these pathogens are not environmentally friendly, which increases the importance of alternative methods such as the use of biopesticides. Biopesticides, which in relative terms are not harmful to human health and the environment, are generally secondary metabolites from plants, viruses, bacteria and fungi. Fungi produce various mixtures of volatile organic compounds (VOCs). More than 300 different fungal VOCs, including aldehydes, alcohols, benzene derivatives, phenols, heterocycles, hydrocarbons, ketones, cyclohexanes, thioesters and thioalcohols, have been described. The use of fungal VOCs against plant pathogens potentially provides an ecofriendly alternative to the use of chemical pesticides. Research has shown that fungal VOCs can be used effectively as inhibitory or repellent biopesticides against plant

¹ Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, TR16059, Bursa, Turkey

* Corresponding author e-mail: aysegulkarsli1661@hotmail.com

ORCID ID (In author order): 0000-0002-8711-0207; 0000-0002-9965-0163

Received (Alınış): 30 Ekim 2020

Accepted (Kabul ediliş): 11 Mart 2021

pathogens and insect pests. In this review, the potential uses of fungal VOCs against different plant diseases and pests as substitutes for chemical pesticides within the scope of biological control, are summarized.

Keywords: Volatile organic compounds, biological control, biopesticides

Introduction

Some pathogenic microorganisms that cause loss of yield and quality in agricultural production are fungi, viruses, bacteria and nematodes. Among these pathogens, fungi are the main causal agent of many plant diseases (Oka et al. 2015). To reduce the damaging effects of phytopathogenic microorganisms, chemical pesticides have been used in agriculture, significantly enhancing crop yield and quality (Macías-Rubalcava et al. 2018). However, this is not an ecofriendly approach (Naher et al. 2014). The prolonged and excessive use of chemical pesticides can contaminate water resources, cause air pollution, affect human health adversely and leave harmful residues that can result in the occurrence of pesticide-resistant pathogens (Naher et al. 2014; Oka et al. 2015; Macías-Rubalcava et al. 2018).

To overcome these problems, many researchers have been looking for alternatives to synthetic chemicals, such as the use of biopesticides (Naher et al. 2014; Medina-Romero et al. 2017). The use of biopesticides is an appropriate option for protecting commercially valuable products from pathogenic microorganisms (Medina-Romero et al. 2017). Biopesticides, which are comparatively non-harmful and environmentally friendly (Mercier & Jiménez, 2004; Medina-Romero et al. 2017), are mostly secondary metabolites of plants, fungi, viruses and bacteria (Medina-Romero et al. 2017).

Volatile Organic Compounds (VOCs) are mixtures of a carbon-based combination derived from primary (DNA, amino acid and fatty acid synthesis) or secondary metabolism (primary metabolism intermediates) (Korpi et al. 2009; Li et al. 2015). The molecular weight of VOCs is low, which means they can travel over a long distance (Reino et al. 2008; Schalchli et al. 2015) and disperse in the air and soils because of their small size (Morath et al. 2012).

Fungi produce various mixtures of FVOCs (Morath et al. 2012). Over 300 different FVOCs have been described, including alcohols, aldehydes, benzene derivatives, cyclohexanes, heterocycles, hydrocarbons, ketones, phenols, thioesters and thioalcohols (Morath et al. 2012; Zhang et al. 2015; Wang et al. 2018). Many ecological interactions between living organisms take place through VOCs (Morath et al. 2012). Compounds such as VOCs involved in these interactions are called "infochemicals" (Wheatley, 2002). Within the scope of biological control, the negative interactions between FVOCs and plant pathogens represent an ecofriendly alternative to chemical pesticides. Some researchers have shown that FVOCs can be used effectively, through their inhibitory or repellent activities against phytopathogens and insect pests (Lacey & Neven, 2006; Riga et al. 2008; Morath et al. 2012; Schalchli et al. 2015; Liarzi et al. 2016a; Terra et al. 2018).

Research on the secondary metabolites of organisms such as fungi, bacteria, viruses and plants has increased in recent times and important studies have been carried out in the use of VOCs as biopesticides against plant diseases and pests. These studies have revealed that the FVOCs of fungi are an effective group of biopesticides. In this review, comprehensive information on the use of FVOCs against different plant diseases and pests is provided, and expectations of their more widespread use as eco-friendly biological pesticides are discussed.

Fungal volatile organic compounds (FVOCs) and endophytic fungi

VOCs are a broad group of carbon-based, primary or secondary metabolites of living organisms that have low molecular weight (lower than 300 g/mol) (Zhang et al. 2015) and high vapour pressure (between 3.03 and 7.46 mg/m³) (Korpi et al. 2009; Bennett & Inamdar, 2015; Naik, 2018). VOCs, contain up to 20 carbon atoms, and are lipophilic (Effmert et al. 2012; Terra et al. 2018). VOCs are normally gaseous at room temperature because they have low vapour pressure (Medina-Romero et al. 2017). Their physical characteristics make them important as 'infochemicals' or 'semiochemicals' for inter-species contact, and they can move long distances under and above ground, especially in non-aqueous environments (Rasmann et al. 2005; Hung et al. 2013; Schmidt et al. 2016). The known VOCs are mainly alcohols (3-methyl-1-butanol, ethanol, 2-phenyl ethanol, 2-methyl-1-butanol), aldehydes (2-methyl-2-hexenal and 2-isopropyl-5-methyl-2-hexenal) (Buzzini et al. 2003) and esters (ethyl octanoate, ethyl acetate) (Francesco et al. 2015). Fungi are a very rich resource in terms of VOCs and more than 300 different FVOCs have been identified (Korpi et al. 2009; Effmert et al., 2012; Lemfack et al., 2014). FVOCs are not only involved in communication among living things but they also have the ability to restrict the activities of rival organisms to their producers (Wang et al. 2018).

The definition of endophytic fungus varies but the definition of Petrini (1991) is the most widely used: "All organisms that can colonize internal plant tissues at any time in their lifecycle without causing obvious harm to the host plant." Endophytic fungi produce active, anti-fungal, volatile organic compounds with possible uses in medicine, industry and agriculture. Studies on the VOCs of endophytic fungi began in the 1970s (Effmert et al. 2012). Recent research carried out on endophytic fungi has demonstrated that they are potentially of great significance as a source of volatile compounds. FVOCs can be utilized as biologically-based fumigants in integrated pest management to defend crops from fungal phytopathogens (Sánchez-Fernández et al. 2016). Biocontrol agents, which are seen as an alternative to agrochemicals which cause severe health and environmental problems, are promising and environmentally friendly substances in the control of plant diseases (Chen et al. 2016).

In recent times, the VOCs of various endophytic fungi and their efficacy against phytopathogens and pests have been studied by many researchers. Standing out as the most important source of VOCs among fungi, *Muscodor albus* was first isolated from extracts from the cinnamon tree in Honduras, and then from different tree species in various parts of the world (Liarzi et al. 2016b). Some other recent examples of VOC-emitting endophytic fungi which have efficacy as biocontrol agents are: *Hypoxylon* and its anamorph, *Nodulisporium* sp. (Sánchez-Fernández et al. 2016; Medina-Romero et al. 2017; Macías-Rubalcava et al. 2018); *Trichoderma gamsii* (Chen et al. 2016); *Trichoderma harzianum* (Coppola et al. 2017); *Aureobasidium pullulans* (Francesco et al. 2015); *Daldinia cf. concentrica* (Liarzi et al. 2016b); and *Muscodor vitigenus* (Daisy et al. 2002).

FVOCs extraction and identification

The gas chromatography (GC) method is the one mostly commonly used to identify FVOCs (Stoppacher et al. 2010). Initially, fungi are cultivated on solid growth medium (Nemčovič et al. 2008) or in liquid growth medium (Pinches & Apps, 2007). The FVOCs excreted from the fungi can be extracted by headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) and identified by gas chromatography (GC) combined with mass spectrometry (MS). However, many other methods can be used to extract and identify FVOCs (Stoppacher et al. 2010). Some methods such as on-line gas enrichment with adsorption tubes (Wheatley et al. 1997), solid-phase extraction with C18 or silica gel columns (Keszler et al. 2000), closed-loop stripping analysis (Meruva et al. 2004), organic solvents (Reithner et al. 2005) and dynamic headspace (Deetae et al. 2007) can be used for the extraction of FVOCs. Additionally, after extraction and GC separation, the components of complex mixtures of FVOCs can be identified through flame ionization detection (FID) (Elke et al. 1999) instead of MS (Hynes et al. 2007), which is most frequently used nowadays (Stoppacher et al. 2010).

In addition to the GC method, the electronic nose (E-nose) can also be used to identify FVOCs. E-nose is a modern technology used to detect volatile metabolites with a variety of chemical sensors (Wang et al. 2016). Commercially, various non-specific sensors, including metal oxide, conductive polymer, quartz crystal microbalance sensors, surface acoustic wave and mass spectrometry, have been utilised (Wang et al. 2016). The E-nose technique is very promising for the quick and cost-efficient detection of fungi, especially in confined places such as warehouses, as they secrete specific VOCs; E-noses can differentiate between mouldy and non-mouldy samples, and also identify some fungal species (Kuske et al. 2005).

Insecticidal aspects of FVOCs

FVOCs can be attractive or repellent to agricultural pests as biological control agents and are environmentally friendly (Li et al. 2015). For example, naphthalene secreted by *M. vitigenus* was found to be repellent to the wheat stem sawfly, *Cephus cinctus*, at the adult stage (Daisy et al. 2002), and the VOCs of *M. albus* have an insecticidal effect on the potato tuber moth (Lacey & Neven, 2006). In addition, Hussain et al. (2010) investigated the pathogenicity of the VOCs secreted from *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. The termites were found to regulate their responses to the entomopathogenic fungi in keeping with the profile of the FVOCs. In particular, the FVOCs emitted by *M. anisopliae* repelled termites. This may therefore be an effective method of protecting trees from termite infestation.

FVOCs can also be involved indirectly in biological control. For example, *Trichoderma*, the symbiote of plant roots, is known for its enhancement of the defence against phytopathogens by triggering plant resistance mechanisms. Similarly, Coppola et al. (2017) reported that the FVOCs secreted by *T. harzianum* attracted the parasitoid, *Aphidius ervi*, of the aphid, *Macrosiphum euphorbiae*, which damages the tomato plant.

Antifungal and antibacterial effects of the FVOCs

A number of fungi, mainly endophytes, have been tested for their ability to generate a broad variety of volatile compounds that can be utilized in biological control. The genera most investigated for biocontrol purposes are *Muscodor* and *Trichoderma* species (Schalchli et al. 2015). *Muscodor albus*, isolated from *Cinnamomum zeylanicum* (cinnamon tree), is a highly studied endophytic fungus. It produces a VOC mixture that includes alcohol, ester, ketone, acid and lipid compounds, and kills a wide range species of bacteria and fungi that are pathogenic to plants and humans. It has been demonstrated that when used as a biofumigant, *M. albus* is effective for controlling soil-borne plant diseases and smut disease on cereals, as well as controlling post-harvest diseases (Lacey & Neven, 2006). Genetic screening and biochemical assay were used by Alpha Cambria et al. (2015) to investigate the mode of action of *M. albus* VOCs and they discovered that *M. albus* causes the death of *Escherichia coli* by damaging its DNA. The DNA damage evidence indicated that if not repaired properly, it can cause breaks in DNA replication and transcription. In addition, the cytotoxicity profile showed that *E. coli* was filamentous and that there was a rise in cell membrane permeability during VOC exposure. Beside *M. albus*, other *Muscodor* species, *Muscodor sutura* (Kudalkar et al. 2012), *Muscodor crispans* (Krajaejun et al. 2012), *Muscodor kashayum* (Meshram et al. 2013) and *Muscodor yucatanensis* (Macías-Rubalcava et al. 2018), have been studied for their biocidal capacity and it has been

demonstrated that *Muscodor* species have major effects on some fungi and bacteria.

Another well-known genus of endophytic fungi is *Trichoderma*, which in root, soil and foliar environments, are highly interactive. They have been recognized for many years for parasitizing other fungi by developing a broad variety of antibiotic substances and inhibiting other microorganisms by competing for space and/or nutrients (Harman et al. 2004). The VOCs of most *Trichoderma* spp. have antifungal effects at varying levels on fungal plant pathogens. In a recent study, Amin et al. (2010) demonstrated that the volatiles of *T. harzianum* (Th-1), *T. harzianum* (Th-2), *Trichoderma virens* (Ts-1), *T. viride* (Tv-1), *T. viride* (Tv-2) and *T. viride* (Tv-3) reduce the mycelial growth and sclerotial production of *Alternaria brassicicola*, *Colletotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfii* and *Sclerotinia sclerotiorum*. In similar studies, it was demonstrated that *Trichoderma* species such as *T. album*, *T. aureoviride*, *T. hamatum*, *T. harzianum* and *T. viride* reduced the mycelial growth of *Alternaria alternata*, *Alternaria brassicae*, *Alternaria solani*, *Botrytis fabae*, *F. oxysporum* and *Fusarium solani* at an acceptable level through the production of volatile and non-volatile organic metabolites. Moreover, *Trichoderma* species also inhibited plant pathogenic bacteria through their non-volatile and volatile organic compounds (Barakat et al. 2014; Meena et al. 2017). In addition, Gangwar and Sinha (2010) demonstrated that *T. harzianum*, *T. hamatum*, and *T. virens* have high biocontrol activity against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* which induces leaf blight on rice.

In recent years, some research has been carried out on the biocontrol activity of many fungi species, other than *Muscodor* and *Trichoderma* species, against bacteria and other fungal species, and promising results have been obtained. For example, Naznin et al. (2014) extracted and described the VOCs of the plant growth-promoting fungi, *Ampelomyces* sp., *Cladosporium* sp. and *Phoma* sp., and showed that of three VOCs extracted, two emitted from *Ampelomyces* sp., and one from *Cladosporium* sp., substantially decreased the severity of disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 in *Arabidopsis* plants. In addition, Schalchli et al. (2015) used the double-compartmented Petri dish method for the investigation of the effects of eight, white-rot fungal strains on the mycelial growth of *Botrytis cinerea*, *F. oxysporum* and *Mucor miehei*. Among the fungi examined, *Anthracoephyllum discolor*. sp4 had a highly inhibitory effect on *B. cinerea* and *M. miehei*, at approximately 76% and 20%, respectively. However, it had less inhibitory activity against *F. oxysporum* (approximately 10%) through the emission of various volatiles. Separately, Liarzi et al. (2016b) characterized a VOC-emitting endophytic fungus that had been extracted from *Olea europaea* L. (olive tree) grown in Israel; the fungus was described as *Daldinia* cf. *concentrica*. The authors indicated that the VOCs emitted by *D.cf. concentrica* prevented the growth of moulds on dried organic fruits and suppressed the infection of peanuts by

Aspergillus niger. In another study, two different inhibition bioassays were used for the investigation of the antifungal activity of some fungi, including *Schizophyllum commune*, *T. viride* and *Trametes versicolor*, against the fungal phytopathogens, *B. cinerea* and *F. oxysporum*, and the saprotrophic mould, *M. miehei*. It was demonstrated that *B. cinerea* and *M. miehei* were the ones most inhibited by an isolate of *S. commune*, at $86.0 \pm 5.4\%$ and $99.5 \pm 0.5\%$, respectively (Schalchli et al. 2011).

Nematicidal activity of FVOCs

Plant-parasitic nematodes (PPNs) are among the most important pests that cause damage to plants, causing an estimated 10% agricultural production loss worldwide (McCarter, 2008). The most destructive and widely dispersed species belong to the genus *Meloidogyne*; *M. incognita*, which is extremely polyphagous, can parasitize over 2000 plant species (Sasser, 1980). Nowadays, various synthetic chemical nematicides are used commercially to control PPNs. However, due to their harmful effects on the environment, they are increasingly facing restrictive regulations (Noling, 2002; Yang et al. 2012).

Muscodor albus, an endophytic fungus, can prevent the growth of some species of nematodes and arthropods, as well as a wide variety of pathogenic fungi and bacteria (Alpha Cambria et al. 2015). The VOCs produced by *M. albus* were tested for their nematicide potential against four PPNs, namely *Meloidogyne chitwoodi*, *Meloidogyne hapla*, *Paratrichodorus allius* and *Pratylenchus penetrans* (Riga et al. 2008). After 72 hours of exposure to the FVOCs of *M. albus*, the mortalities of *P. allius*, *P. penetrans* and *M. chitwoodi* were 82.7%, 82.1% and 95%, respectively. Grimme et al. (2007) reported that a volatile mixture of *M. albus*'s VOCs can protect tomato plant roots from *M. incognita*, the root-knot nematode. Also, the VOCs of *Fusarium oxysporum* are lethal to *M. incognita* (Zhang et al. 2015), and Freire et al. (2012) reported that the VOCs from *F. oxysporum* caused 88% to 96% lethality to the root-knot nematode, *M. incognita*, in the second juvenile stage. Similar research by Terra et al. (2018) supported these data; they further reported that the proportion of egg hatching was decreased by 43% when *M. incognita* eggs were exposed to VOCs from *F. oxysporum* for 72 hours. Liarzi et al. (2016a) showed that *D. cf. concentrica* contains FVOCs that have biological activity and then investigated their capability to suppress *Meloidogyne javanica* in both lab and glasshouse experiments. They stated that the VOCs of *D. cf. concentrica* had nematicidal activity against juveniles of *M. javanica* whose viability was reduced by 67%. Furthermore, the fungal genus *Trichoderma* produces inhibitory metabolites against PPNs. More specifically, Yang et al. (2012) showed that the volatile organic compound, 6-pentyl-2H-pyran-2-1, from *Trichoderma* sp., is nematicidal, killing over 85% of *Caenorhabditis elegans*, *Bursaphelenchus xylophilus* and *Panagrellus redivivus*.

The role of FVOCs in post-harvest and stored products

Economic losses may occur in stored products due to fungal and insect pathogens that reduce quality (Herrera et al. 2015). For the biofumigation, including micofumigation, control of pests, many researchers have used fungal VOCs as alternatives to synthetic chemicals, especially in stored agricultural products (Strobel et al. 2001; Stinson et al. 2003; Mercier & Jimenez, 2004; Mercier & Manker, 2005; Park et al. 2010; Alpha Cambria et al. 2015). Various FVOCs released by *Ceratocystis fimbriata* have strong bioactivity against many fungal varieties, oomycetes and bacteria. Fungal germination and bacterial colony formation were substantially reduced following exposure to *C. fimbriata* cultures (Li et al. 2015). In many potato-producing countries, *Phthorimaea operculella*, the potato tuber moth (PTM), is a serious problem in stored potatoes. In 2006, Lacey and Neven tested FVOCs secreted from *M. albus* against PTM to determine their insecticidal activity. They found that the pupal development period of PTM exposed to a culture of *M. albus* decreased by more than 60% compared to the controls.

Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) is an important pest of stored maize. Three FVOCs, 1-octen-3-ol, 3-octanol and 3-octanone, were tested by Herrera et al. (2015) for their biopesticidal potential. The most effective FVOC against *S. zeamais* was 1-octen-3-ol with an LD50 value of 27.7 (mL/L air), followed by 3-octanone and 3-octanol with LD50 values of 219.7 (mL/L air) and 43.2 (mL/L air), respectively. Additionally, in vitro and in vivo experiments carried out by Francesco et al. (2015) showed that the FVOCs, 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-butanol, phenethyl alcohol and 2-methyl-1-propano, produced by *A. pullulans*, are active against *B. cinerea*, *C. acutatum* and *Penicillium* spp.

FVOCs emitted by fungi such as *M. albus* and *Penicillium expansum* were very effective against some post-harvest fungal diseases and their application was promising (Rouissi et al. 2013). The FVOCs of two *A. pullulans* strains that were known to have inhibitory effects on some post-harvest pathogens were applied against five pathogens, *B. cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *P. expansum*, *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*; the FVOCs produced by *A. pullulans* substantially limited conidia formation by all five pathogens, especially the *Penicillium* species (Francesco et al. 2015). In post-harvest experiments by Liarzi et al. (2016b), FVOCs of *D. cf. concentrica* prevented mold growth on organic dried fruits and exterminated *A. niger* infection in peanuts. Ascencio-Álvarez et al. (2008) reported that *F. oxysporum*, a phytopathogenic fungus, was responsible for about 60% of production losses of tomatoes, and significantly reduced fruit quality after harvest. For controlling *F. oxysporum*'s undesirable effects on cherry tomatoes, Medina-Romero et al. (2017) successfully utilised the synergic effects of six FVOCs, namely terpinolene, phenyl ethyl alcohol, ocimene, 2-methyl-1-butanol, eucalyptol and 3-methyl-1-butanol. The effectiveness of all of the FVOCs varied, depending on the dosage, which ranged from 12.5 to 1000

µg/mL. Similarly, while a high dose (over 0.53 mM) of 1-octen-3-ol inhibited the development of *Fusarium verticillioides*, low doses (under 0.13 mM) of 1-octen-3-ol stimulated its growth (Herrera et al. 2015).

Factors affecting FVOC type and density

The main factors affecting the type of FVOC are species (Schalchli et al. 2011; Strobel, 2011), culture medium (Wheatley et al. 1997) and fungus age (Lee et al. 2015). When *Trichoderma* isolates were grown on malt agar rather than nutrient agar, their VOCs were found to be more effective against *Postia placenta* and *T. versicolor*; *Trichoderma* isolates grown on nutrient agar had no inhibitory effect on *P. placenta* or *T. versicolor* (Wheatley et al. 1997). The number and concentration of FVOCs varied depending on the substrate type (Fiedler et al. 2001). Change in the FVOC types with environmental conditions is a challenging factor to work in this field (Herrmann, 2010; Bitas et al., 2013). In addition, Lee et al. (2015) compared FVOCs emitted by *Trichoderma atroviride* after 5 days and 14 days by using GC - MS. They determined that some FVOCs were no longer secreted as the fungus aged. However, 24 new FVOC compounds began to be secreted.

Conclusions and a perspective on the future

Due to the negative effects of agrochemicals on human health and the environment through residue problems, and the increase in pathogen resistance over time, the importance of the use of biological control methods as an alternative to synthetic chemicals has increased significantly in recent years. The most striking trend associated with this purpose worldwide is the development of biocontrol products, with numerous studies having been conducted on the use of biological control agents in the fight against diseases and pests in crop production in recent years. In this context, the organic compounds emitted by endophytic fungi is one of the most studied topics and results have showed promise of high biocontrol potential. Therefore, the VOCs emitted by the endophytic fungi, which may be able to replace agrochemicals and eliminate their undesirable effects on health and environment, have been reviewed in this article.

Much research in this field has demonstrated that the VOCs released by some endophytic fungal species of genera such as *Muscodor*, *Trichoderma*, *Schizophyllum* and *Anthracoophyllum* are effective for the control of various fungi, bacteria, nematodes and insects. Of the studies carried out, the prevention of diseases, especially in the postharvest period, with the VOCs produced by endophytic fungi, is very promising in terms of decreasing synthetic pesticide residues. However, a large amount of work needs to be done to realize the widespread use of fungal VOCs as biological control agents both in the cultivation and the postharvest period for the control of phytopathogens and pests.

Nowadays, standard devices, such as GC, HS-SPME, MSFID, are widely used for the detection of FVOCs. However, these devices do not achieve fast and low-

cost detection of FVOCs but a new and promising device called E-nose will be widely used in the future to detect FVOCs quickly and affordably and will make an important contribution to the production of fungal VOCs.

The inhibitory effect of VOCs secreted by various endophytic fungi on plant diseases and pests has been confirmed, as can be seen from the many studies cited in this review. The most important problem that must be overcome is the mass production of the FVOCs of endophytic fungi that have inhibitory effects on target organisms. For eco-friendly fungal VOCs to be used as biocontrol agents during cultivation and the postharvest period, future studies in this field should be aimed at commercializing these compounds through the production of large quantities at low cost. In this way, fungal VOCs could contribute greatly to sustainable agriculture.

References

- Alpha Cambria J., M. Campos, C. Jacobs-Wagner & S.A. Strobela, 2015. Mycofumigation by the volatile organic compound-producing fungus *Muscodor albus* induces bacterial cell death through DNA damage. *Applied and Environmental Microbiology*, 81 (3): 1147-1156.
- Amin F., V.K. Razdan, F.A. Mohiddin, K.A. Bhat & P.A. Sheikh, 2010. Effect of volatile metabolites of *Trichoderma* species against seven fungal plant pathogens in vitro. *Journal of Phytology*, 2 (10): 34-37.
- Ascencio-Álvarez A., A. López-Benítez, F. Borrego-Escalante, S.A. Rodríguez Herrera, A. Flores-Olivas, F. Jiménez-Díaz & A.J. Gámez-Vázquez, 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26: 114-120.
- Barakat F. M., K.A. Abada, N.M. Abou-Zeid & Y.H.E. El-Gammal, 2014. Effect of volatile and non-volatile compounds of *Trichoderma* spp. on *Botrytis fabae* the causative agent of faba bean chocolate spot. *American Journal of Life Sciences*, 2 (6): 11-18.
- Bennett J.W. & A.A. Inamdar, 2015. Are some fungal volatile organic compounds (VOCs) mycotoxins? *Toxins*, 7(9): 3785-3804.
- Bitas V., H.S. Kim, J.W. Bennett & S. Kang, 2013. Sniffing on microbes: diverse roles of microbial volatile organic compounds in plant health. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 26: 835-843.
- Buzzini P., A. Martini, F. Cappelli, U.M. Pagnoni & P. Davol, 2003. A study on volatile organic compounds (VOCs) produced by tropical ascomycetous yeasts. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 84: 301-311.
- Chen J.L., S.Z. Sun, C.P. Miao, K. Wu, Y.W. Chen, L.H. Xu & L.X. Zhao, 2016. Endophytic *Trichoderma gamsii* YIM PH30019: a promising biocontrol agent with hyperosmolar, mycoparasitism, and antagonistic activities of induced volatile organic compounds on root-rot pathogenic fungi of *Panax notoginseng*. *Journal of Ginseng Research*, 40 (4): 315-324.
- Coppola M., P. Cascone, M.L. Chiusano, C. Colantuono, M. Lorito, F. Pennacchio & M.C. Digilio, 2017. *Trichoderma harzianum* enhances tomato indirect defense against aphids. *Insect Science*, 24 (6): 1025-1033.

- Daisy B.H., G.A. Strobel, U. Castillo, D. Ezra, J. Sears, D.K. Weaver & J.B. Runyon, 2002. Naphthalene, an insect repellent, is produced by *Muscodor vitigenus*, a novel endophytic fungus. *Microbiology*, 148 (11): 3737-3741.
- Deetae P., P. Bonnarme, H.E. Spinnler & S. Helinck, 2007. Production of volatile aroma compounds by bacterial strains isolated from different surface-ripened French cheeses. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 76: 1161-1171.
- Effmert U., J. Kalderás, R. Warnke & B. Piechulla, 2012. Volatile mediated interactions between bacteria and fungi in the soil. *Journal of Chemical Ecology*, 38(6): 665-703.
- Elke K., J. Begerow, H. Oppermann, U. Krämer, E. Jermann & L. Dunemann, 1999. Determination of selected microbial volatile organic compounds by diffusive sampling and dual-column capillary GC-FID-a new feasible approach for the detection of an exposure to indoor mould fungi? *Journal of Environmental Monitoring*, 1: 445-452.
- Fiedler K., E. Schütz & S. Geh, 2001. Detection of microbial volatile organic compounds (MVOCs) produced by moulds on various materials. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 204 (2-3): 111-121.
- Francesco A.D., L. Ugolini, L. Lazzeri & M. Mari, 2015. Production of volatile organic compounds by *Aureobasidium pullulans* as a potential mechanism of action against postharvest fruit pathogens. *Biological Control*, 81: 8-14.
- Freire E.S., V.P. Campos, D.F. Oliveira, A.M. Pohlit, N.P. Norberto & M.R. Faria, 2012. Volatile substances on the antagonism between fungi, bacteria and *Meloidogyne incognita* and potentially fungi for nematode control. *Journal of Nematology*, 44: 321-328.
- Gangwar G.P. & A.P. Sinha, 2010. Comparative antagonistic potential of *Trichoderma* spp. against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Annals of Plant Protection Sciences*, 18(2): 458-463.
- Grimme E., N.K. Zidack, R.A. Sikora, G.A. Strobel & B.J. Jacobsen, 2007. Comparison of *Muscodor albus* volatiles with a biorational mixture for control of seedlings diseases of sugar beet and root-knot nematode on tomato. *Plant Disease* 91: 220-224.
- Harman G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet & M. Lorito, 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2 (1): 43-56.
- Herrera, J.M., R.P. Pizzolitto, M.P. Zunino, J.S. Dambolena & J.A. Zygadlo, 2015. Effect of fungal volatile organic compounds on a fungus and an insect that damage stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 62: 74-80.
- Herrmann A, 2010. *The Chemistry and Biology of Volatiles*. John Wiley & Sons, Chichester, U.K. 422 pp.
- Hung R., S. Lee & J.W. Bennett, 2013. *Arabidopsis thaliana* as a model system for testing the effect of *Trichoderma* volatile organic compounds. *Fungal Ecology*, 6: 19-26.
- Hussain A., M.Y. Tian, Y.R. He, J.M. Bland & W.X. Gu, 2010. Behavioral and electrophysiological responses of *Coptotermes formosanus* Shiraki towards entomopathogenic fungal volatiles. *Biological Control*, 55 (3): 166-173.
- Hynes J., C.T. Müller, T.H. Jones & L. Boddy, 2007. Changes in volatile production during the course of fungal mycelial interactions between *Hypholoma fasciculare* and *Resinicium bicolor*. *Journal of Chemical Ecology*, 33: 43-57.
- Keszler Á., E. Forgács, L. Kótai, J.A. Vizcaíno, E. Monte & I. García-Acha, 2000. Separation and identification of volatile components in the fermentation broth of *Trichoderma atroviride* by solid phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*, 38: 421-424.

- Korpi A., J. Järnberg & A.L. Pasanen, 2009. Microbial volatile organic compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 39 (2): 139-193.
- Krajajun T., T. Lowhnoo, T. Rujirawat, W. Yingyong, S. Fucharoen & G.A. Strobel, 2012. In vitro antimicrobial effect of the volatile organic compounds from *Muscodor crispans* against the human pathogenic oomycete-*Pythium insidiosum*. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 43 (6): 1474-1483.
- Kudalkar P., G. Strobel, S. Riyaz-Ul-Hassan, B. Geary & J. Sears, 2012. *Muscodor sutura*, a novel endophytic fungus with volatile antibiotic activities. *Mycoscience*, 53 (4): 319-325.
- Kuske M., A.C. Romain & J. Nicolas, 2005. Microbial volatile organic compounds as indicators of fungi. Can an electronic nose detect fungi in indoor environments? *Building and Environment*, 40 (6): 824-831.
- Lacey L.A. & L.G. Neven, 2006. The potential of the fungus, *Muscodor albus*, as a microbial control agent of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored potatoes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 91: 195-198.
- Lee S., R. Hung, M. Yap, & J.W. Bennett, 2015. Age matters: the effects of volatile organic compounds emitted by *Trichoderma atroviride* on plant growth. *Archives of Microbiology*, 197 (5): 723-727.
- Lemfack M.C., J. Nickel, M. Dunkel, R. Preissner & B. Piechulla, 2014. mVOC: a database of microbial volatiles. *Nucleic Acid Research*, 42: 744-748.
- Li Q., L. Wu, J. Hao, L. Luo, Y. Cao & J. Li, 2015. Biofumigation on post-harvest diseases of fruits using a new volatile-producing fungus of *Ceratocystis fimbriata*. *PlosOne*, 10 (7): 1-16.
- Liarzi O., P. Bucki, S. Braun Miyara & D. Ezra, 2016a. Bioactive volatiles from an endophytic *Daldinia* cf. *concentrica* isolate affect the viability of the plant parasitic nematode *Meloidogyne javanica*. *PlosOne*, 11 (12): 1-17.
- Liarzi O., E. Bar, E. Lewinsohn & D. Ezra, 2016b. Use of the endophytic fungus *Daldinia* cf. *concentrica* and its volatiles as bio-control agents. *PlosOne*, 11 (12): 1-18.
- Macías-Rubalcava M.L., R.E. Sánchez-Fernández, G. Roque-Flore, S. Lappe-Oliveras & Y.M. Medina-Romero, 2018. Volatile organic compounds from *Hypoxyylon anthochroum* endophytic strains as postharvest mycofumigation alternative for cherry tomatoes. *Food Microbiology*, 76: 363-373.
- McCarter J.P., 2008. Molecular approaches toward resistance to plant-parasitic nematodes (Editors: Berg, R.H., Taylor, C.G., Cell Biology of Plant Nematode Parasitic, Plant Cell Monographs), Springer, 239-267.
- Medina-Romero Y.M., G. Roque-Flores & M.L. Macías-Rubalcava, 2017. Volatile organic compounds from endophytic fungi as innovative postharvest control of *Fusarium oxysporum* in cherry tomato fruits. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101: 8209-8222.
- Meena M., P. Swapnil, A. Zehra, M.K. Dubey & R.S. Upadhyay, 2017. Antagonistic assessment of *Trichoderma* spp. by producing volatile and non-volatile compounds against different fungal pathogens. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 50 (13-14): 629-648.
- Mercier J. & J.I. Jiménez, 2004. Control of fungal decay of apples and peaches by the biofumigant fungus *Muscodor albus*. *Postharvest Biology and Technology*, 31: 1-8.
- Mercier J. & D.C. Manker, 2005. Biocontrol of soil-borne diseases and plant growth enhancement in greenhouse soilless mix by the volatile-producing fungus *Muscodor albus*. *Crop Protection*, 24: 355-362.

- Meruva N.K., J.M. Penn & D.E. Farthing, 2004. Rapid identification of microbial VOCs from tobacco molds using closed-loop stripping and gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 31: 482-488.
- Meshram V., N. Kapoor & S. Saxena, 2013. *Muscodor kashayum* sp. nov.—a new volatile anti-microbial producing endophytic fungus. *Mycology*, 4 (4): 196-204.
- Morath S.U., R. Hung & J.W. Bennett, 2012. Fungal volatile organic compounds: A review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biology Reviews*, 26: 73-83.
- Naher L., U.K. Yusuf, A. Ismail & K. Hossain, 2014. *Trichoderma* spp.: A biocontrol agent for sustainable management of plant diseases. *Pakistan Journal of Botany*, 46 (4): 1489-1493.
- Naik B. S., 2018. Volatile hydrocarbons from endophytic fungi and their efficacy in fuel production and disease control. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28: 1-9.
- Naznin H.A., D. Kiyohara, M. Kimura, M. Miyazawa & M Shimizu, 2014. Systemic Resistance Induced by Volatile Organic Compounds Emitted by Plant Growth Promoting Fungi in *Arabidopsis thaliana*. *PlosOne*, 9 (1): 1-10.
- Nemčovič M., L. Jakubíková, I. Viden & F. Vladimír, 2008. Induction of conidiation by endogenous volatile compounds in *Trichoderma* spp. *FEMS Microbiology Letters*, 284: 231-236.
- Noling J.W., 2002. The practical realities of alternatives to methyl bromide: concluding remarks. *Phytopathology*, 92: 1373-1375.
- Oka K., A. Ishihara, N. Sakaguchi, S. Nishino, R.Y. Parada, A. Nakagiri & H. Otani, 2015. Antifungal activity of volatile compounds produced by an edible mushroom *Hypsizygus marmoreus* against phytopathogenic fungi. *Journal of Phytopathology*, 163: 987-996.
- Park M.S., J. Ahn, G.J. Choi, Y.H. Choi, K.S. Jang & J.C. Kim, 2010. Potential of the volatile-producing fungus *Nodulisporium* sp. CF016 for the control of postharvest diseases of apple. *The Plant Pathology Journal*, 26: 253-259.
- Pinches S.E. & P. Apps, 2007. Production in food of 1, 3-pentadiene and styrene by *Trichoderma* species. *International Journal of Food Microbiology*, 116: 182-185.
- Petrini O., 1991. Fungal endophytes of tree leaves (Editors: Andrews, J.H. and S.S. Hirano, *Microbial Ecology of Leaves*), Springer-Verlag, New York, USA, 179-197.
- Rasmann S., T.G. Köllner, J. Degenhardt, I. Hiltbold, S. Toepfer, U. Kuhlmann, J. Gershenzon & T.C.J. Turlings, 2005. Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature*, 434: 732-737.
- Reino J.L., R.F. Guerrero, R. Hernández-Galán & I.G. Collado, 2008. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochemistry Reviews*, 7 (1): 89-123.
- Reithner B., K. Brunner, R. Schuhmacher, P. Peissl, V. Seidl, R. Krska & S. Zeilinger, 2005. The G protein α subunit Tga1 of *Trichoderma atroviride* is involved in chitinase formation and differential production of antifungal metabolites. *Fungal Genetic Biology*, 42: 749-760.
- Riga E., L.A. Lacey & N. Guerra, 2008. *Muscodor albus*, a potential biocontrol agent against plant-parasitic nematodes of economically important vegetable crops in Washington State, USA. *Biological Control*, 45 (3): 380-385.
- Rouissi W., L. Ugolini, C. Martini, L. Lazzeri & M. Mari, 2013. Control of postharvest fungal pathogens by antifungal compounds from *Penicillium expansum*. *Journal of Food Protection*, 11: 1879-1993.
- Sánchez-Fernández R.E., D. Diaz, G. Duarte, P. Lappe-Oliveras, S. Sánchez, & M.L. Macías-Rubalcava, 2016. Antifungal volatile organic compounds from the endophyte

- Nodulisporium* sp. strain GS4d2II1a: a qualitative change in the intraspecific and interspecific interactions with *Pythium aphanidermatum*. *Microbial Ecology*, 71 (2): 347-364.
- Sasser J.N., 1980. Root-knot nematodes Meloidogyne: a global menace to crop production [Includes activities and principal research findings of the International Meloidogyne Project (IMP)]. *Plant Disease*, 64: 36-41.
- Schalchli H., E. Hormazabal, J. Becerra, M. Birkett, M. Alvear, J. Vidal, & A. Quiroz, 2011. Antifungal activity of volatile metabolites emitted by mycelial cultures of saprophytic fungi. *Chemistry and Ecology*, 27 (6): 503-513.
- Schalchli H., E. Hormazabal, J. Becerra, G. Briceño, V. Hernández, O. Rubilar & M.C. Diez, 2015. Volatiles from white-rot fungi for controlling plant pathogenic fungi. *Chemistry and Ecology*, 31 (8): 754-763.
- Schmidt R., D.W. Etalo, V. de Jager, S. Gerards, H. Zweepers, W. de Boer & P. Garbeva, 2016. Microbial small talk: Volatiles in fungal-bacterial interactions. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1-11.
- Stinson A.M., N.K. Zidack, G.A. Strobel & B.J. Jacobsen, 2003. Mycofumigation with *Muscodor albus* and *Muscodor roseus* for control of seedling diseases of sugar beet and Verticillium wilt of eggplant. *Plant Disease*, 87: 1349-1354.
- Stoppacher N., B. Kluger, S. Zeilinger, R. Krska & R. Schuhmacher, 2010. Identification and profiling of volatile metabolites of the biocontrol fungus *Trichoderma atroviride* by HS-SPME-GC-MS. *Journal of Microbiological Methods*, 81 (2): 187-193.
- Strobel G.A., E. Dirkse, J. Sears & C. Markworth, 2001. Volatile antimicrobials from *Muscodor albus*, a novel endophytic fungus. *Microbiology*, 147 (11): 2943-2950.
- Strobel G, 2011. *Muscodor* species-endophytes with biological promise. *Phytochemistry Reviews*, 10 (2): 165-172.
- Terra W.C., V. P. Campos, S.J. Martins, L.S.A. S. Costa, J.C. Pereira da Silva, A.F. Barros, L.E. Lopez, T.C.N. Santos, G. Smant & D.F. Oliveira, 2018. Volatile organic molecules from *Fusarium oxysporum* strain 21 with nematocidal activity against *Meloidogyne incognita*. *Crop Protection*, 106: 125-131.
- Wang A., M. Haapalainen, S. Latvala, M. Edelenbos & A. Johansen, 2018. Discriminant analysis of volatile organic compounds of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and *Fusarium proliferatum* isolates from onions as indicators of fungal growth. *Fungal Biology*, 122: 1013-1022.
- Wang Y., Y. Li, J. Yang, J. Ruan & C. Sun, 2016. Microbial volatile organic compounds and their application in microorganism identification in foodstuff. *Trends in Analytical Chemistry*, 78: 1-16.
- Wheatley R.E., C. Hackett, A. Bruce & A. Kundzewicz, 1997. Effect of substrate composition on production of volatile organic compounds from *Trichoderma* spp. Inhibitory to wood decay fungi. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 39: 199-205.
- Wheatley R.E., 2002. The consequences of volatile organic compound mediated bacterial and fungal interactions. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81: 357-364.
- Yang Z., Z. Yu, L. Lei, Z. Xia, L. Shao, K. Zhang & G. Li, 2012. Nematicidal effect of volatiles produced by *Trichoderma* sp. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15 (4): 647-650.
- Zhang Q., L. Yang, J. Zhang, M. Wu, W. Chen, D. Jiang & G. Li, 2015. Production of anti-fungal volatiles by non-pathogenic *Fusarium oxysporum* and its efficacy in suppression of *Verticillium* wilt of cotton. *Plant Soil*, 392: 101-114.

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yazım Kuralları

1. Makale; Microsoft Word programında (MS Word 2000 veya üzeri versiyonu), Times New Roman karakterde, 11 punto, tek satır aralığında ve normal karakterde yazılmalıdır.
2. Eserler, standart A4 kağıdına ve sayfa yapısı; üst ve alt bilgiler dâhil üstten ve alttan 4.5 cm, sol ve sağ 4.0 cm boşluk bırakılarak sayfanın sağ kenarı hizalı biçimde yazılmalı ve şekil ve çizelgeler ile birlikte 16 sayfayı geçmemelidir.
3. Makalenin ilk sayfasında üst bilgi olarak sola dayalı, 10 punto, normal karakterde;
Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
Turkish Journal of Biological Control
ISSN 2146-0035
ifadeleri yazılmalı ve altında da 14 punto tek satır boşluk bırakılmalıdır.
4. Türkçe eserler; “Başlık, Yazar adı-soyadı, İngilizce başlık ve Abstract, Keywords, Öz, Anahtar kelimeler, Giriş, Materyal ve yöntem, Bulgular ve tartışma, Sonuç (istenirse), Teşekkür (istenirse), Kaynaklar”
5. İngilizce eserler; “Title, Author's name, Türkçe başlık, Öz, Anahtar kelimelerler, Abstract, Keywords, Introduction, Materials and methods, Results and discussion, Conclusion (optional), Acknowledgement (optional), References” ana başlıklarından oluşmalıdır.
6. Derleme eserlerde ise, “Abstract, Öz ve Giriş” bölümlerinden sonra uygun bölüm başlıkları verilebilir.
7. Eserin başlığı hangi dilde yazılıyorsa bold ve 14 karakterde, sola yaslı, tamamı küçük harf (sadece özel isimlerin baş harfleri büyük), tek satır aralığında yazılmalı, başlıkta verilen latince isimler italik yapılmalıdır.
8. Başlıktan sonra 11 punto bir satır boşluk bırakıldıktan sonra yazarların açık adları unvan belirtilmeden küçük harflerle (baş harfi büyük), soyadları ise büyük harflerle, sola yaslı, birden fazla yazar adı arasında virgül ve bir boşluk olacak şekilde 11 karakterde bold olarak yazılmalıdır. Eser ve yazar adlarına “Ekle → Başvuru → Dipnot” takip edilerek numara verilmeli ve ilk sayfanın sonunda bunlara ait bilgiler, sorumlu yazarın e-mail adresi ile alınış ve kabul ediliş ifadeleri 9 karakterde yazılmalıdır.
9. Yazar adlarından sonra 11 punto bir satır boşluk bırakılarak eserin ikinci dildeki başlığı 11 karakterde, sola yaslı ve bold olarak yazılmalıdır.
10. Abstract ve Öz başlıkları 12 karakter, bold, paragraf girintisi yapılmadan iki nokta (:) konduktan sonra aynı satırdan başlayarak, metin kısmı 10 karakterde, tek satır aralığı ile yazılmalı ve 150 kelimeyi geçmemelidir.
11. “Keywords ve Anahtar kelimelerler (bold)” Abstract ve Öz metinlerinden sonra 6 nk boşluk bırakılarak sola yaslı ve 10 karakterde yazılmalıdır.
12. Eserin; 2, 4, 6, 8 gibi çift nolu sayfalarında üst bilgi olarak makale başlığını kısaca ifade eden bir cümle sağa yaslı; yine 3, 5, 7, 9 gibi tek nolu sayfalarında ise sol tarafta derginin Türkçe ve İngilizce açık adı ve sağ tarafta yazar adı (Öztürk & Karacaoğlu veya Uygun et al. gibi) ile derginin yıl, cilt ve sayı numarası 10 karakterde normal ve sonrasında 10 punto bir satır boşluk olacak şekilde yazılmalıdır.

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yazım Kuralları

13. Ana bölüm başlıkları; sola yaslı, bold, ilk harfleri büyük ve 13 karakterde yazılmalı, başlıklardan önce 11 punto tek satır, sonra 6 nk boşluk bırakılmalıdır. Alt başlık varsa 12 karakterde, sola yaslı, ilk harfi büyük diğerleri küçük, bold olarak yazılmalıdır.
14. Eserin tüm metin kısmı 11 karakterde, normal, iki yana yaslı, tek satır aralığında, ilk paragrafta girinti yok, ancak ara paragraflarda ise 0.5 cm girinti olmalı ve paragraflar arasında boşluk bırakılmamalıdır.
15. Fotoğraf ve grafikler “**Şekil**”, sayısal değerleri içeren tablo ve çizelgeler ise “**Çizelge**” olarak belirtilmeli ve **Şekil 1**, **Şekil 2** veya **Çizelge 1**, **Çizelge 2** gibi ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Şekil başlıkları şeklin altında, öncesinde 6 nk boşluk ve çizelge başlıkları ise çizelgenin üstünde sonrasında 6 nk boşluk olmalı, normal, 10 karakterde olacak şekilde ve tek satır aralığında yazılmalıdır. Eğer varsa, çizelge dipnotları çizelge altında, normal, sola yaslı ve 8 karakterde kısa ve öz olarak verilmelidir.
16. Türkçe hazırlanan eserlerde, İngilizce "Figure" ve "Table" başlıkları ayrıca verilmelidir.
17. Her iki dilde de yazılan eserde kaynaklara ilişkin bildirimler metin içerisinde "yazar ve yıl" sırasına göre yapılmalı, metin içindeki açıklama ve yazar sayısına bağlı olarak bildirim "Uygur (2008), Ulusoy & Kazak (2009), Aysan et al. (2010)," örneğinde olduğu gibi veya bildirim sonunda tamamı parantez içinde olacak şekilde verilmelidir Örneğin; (Karut 2008; Ulusoy & Öztürk 2009; Elekçioğlu et al. 2010).
18. Eser metninde organizmaların bilimsel adları ilk geçtiği yerde "Author" adı ile birlikte açık, daha sonra cins adı kısaltılmış olarak yazılmalı ve gerek metin ve gerekse kaynaklar da "*italik*" olmalıdır. Ana ve alt başlıklar ile çizelge ve şekil başlıklarında ise, Author adı verilmeden açık yazılmalıdır.
19. Kaynaklar listesi ilk yazarın soyadına göre, numara verilmeden alfabetik olarak, 10 karakterde, tümü küçük harf (özel isimler hariç), 0.5 cm asılı ve tek satır aralığında yazılmalıdır. Tek veya daha fazla yazarlı eserlerin bildiriminde son yazardan önce "&" işareti kullanılmalıdır. (Örn.: Öztürk N. 2011., Karut K. & S. Satar 2009., Uygun N., S. Satar & M. Karacaoğlu 2010.). Dergilerin isimleri açık ve italik, diğer kaynaklar normal karakterde açık olarak yazılmalıdır. İnternette alınan kaynakların ise ayrıca web adresleri ile erişim tarihleri de belirtilmelidir (Örn.: Erişim tarihi: 10 Ocak 2010).

Dergi:

Öztürk N. & M.R. Ulusoy 2003. Mersin ili kayısılarında saptanan zararlılar. *Alatarım Dergisi*, 2 (2): 21-26.

Pruszyński S. & W.W. Cone 1973. Biological observations of *Typhlodromus athiasae* Porath and Swirski (Acari: Phytoseiidae) on hops. *Annals of the Entomological Society of America*, 66: 47-51.

Kongre veya sempozyum:

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yazım Kuralları

Karut K. & E. Şekeroğlu 1999. *Chrysoperla carnea* (Stephens) yumurtalarının laboratuvar koşullarında depolanma olanaklarının araştırılması. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 26-29 Ocak 1999, Adana, 203-210.

Öztürk N. & M.R. Ulusoy 2009. Pests and natural enemies determined in pomegranate orchards in Turkey. I. International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, 16-19 October 2006, Adana-Turkey, 350-355.

Tez:

Şenal D. 2006. Avcı böcek *Chilocarus nigrinus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae)'un bazı biyolojik ve ekolojik özellikleri ile doğaya adaptasyonu üzerinde araştırmalar. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana, 127 s.

Kitap:

Uygun N. 1981. Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 157, 111 s.

Kitaptan bir bölüm:

Elekçioğlu İ.H. & U. Gözel 2001. Turunçgillerde zararlı nematodlar ve entegre mücadelesi (Editör: N. Uygun, Türkiye turunçgil bahçelerinde entegre mücadele, zararlılar-nematodlar-hastalıklar-yabancıotlar). TÜBİTAK-TARP Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Ankara, 61-69.

İnternet:

Neden Biyolojik Mücadele? URL: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr> (Erişim tarihi: 24 Nisan 2008).

Yazarı belli olmayan yayınlar:

Anonymous 2008. Türkiye'de çilek üretimi. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Yayın No: 1577, Ankara.

20. Hazırlanan makale metinlerinin word dosyası, e-mail: bimude@cu.edu.tr adresi ile dergiye gönderilmelidir.

21. Eser yayına kabul edildiğinde, telif hakları formu tüm yazarlar tarafından imzalanıp dergiye gönderildikten sonra basım aşamasına geçilir (Telif hakları formu, dernek web sayfasında mevcuttur).

Not 1: Sözlü görüşmeler ve yayımlanmamış eserlere (Yüksek lisans ve Doktora tezleri hariç) ait bildirimler kaynak olarak kullanılmamalı ve kaynak listesinde yer almamalıdır.

Not 2: Makaleler araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmalıdır.

**Turkish Journal of Biological Control
Instructions for Authors**

1. Manuscripts should be prepared in Microsoft Word (MS Word 2000 or later) with Times New Roman font, size 11 pt, single line spacing and standard letters.
2. Manuscripts should be prepared on standard A4 pages, with 4.5 cm margins above and below the text and 4.0 cm margins on each side. Manuscripts should not be more than 16 pages, including figures and tables.
3. On the first page of the manuscript; include “Türk. biyo. mük. derg., ISSN 2146-0035”, in 10 pt standard letters as a header and leave a single line spacing in 14 pt.
4. The following sections are required:
For original research papers: Title, Author name(s) and affiliation(s), Abstract (In English and Turkish), Keywords, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Acknowledgements (if needed), and References.
For review papers: Appropriate sub-titles can be used following the abstract and the introduction.
5. The title should be in the same language as the main text, bold type, 14pt font, left-justified and with single line spacing. The first letters of proper nouns should be capitalized (e.g. Ankara, Turkey, Germany). Italic characters should be used for the scientific name of the organism(s). The author(s) name(s) should be included. The name of the manuscript and the author’s should be numbered by "References → Insert Footnote" and the information about them at the end of the first page should be written in 9 characters with the e-mail address of the responsible author including date of acceptance.
6. Following the title, leave a single line spacing in 11 pt. Author’s name(s) in standard letters, except for the capitalized first letter, and without the author’s title or any academic qualifications; left-justified, bold type and 11 pt. A comma followed by a space should be used to separate authors’ names.
7. Following the authors’ name(s), leave a single line spacing in 11 pt, and the title in the other language (Turkish or English) should be provided 11 pt, left-justified and bold.
8. Abstracts in both languages in 12 pt, bold, without a paragraph space, and after a full colon (:), in 10 pt, single-spaced. The abstract should be less than 150 words.
9. Six “Key words (bold)” in 10pt, left-justified, following a 6nk space after the abstract.
10. A right-justified running title and left-justified author’s name/authors’ name(s), in 10pt, standard letters at the top of the page on odd and even numbered pages, respectively (e.g. on P. 1, 3, 5, 7... Öztürk & Karacaoğlu or Uygun et al.; and on P. 2, 4, 6, 8... Phytoseiidae in Turkey).

11. Titles for main sections should be left-justified, bold, 13 pt and with the first letter capitalized. Leave a single line spacing and 6 nk spaced lines, both in 11 pt, before and after the titles, respectively. If needed, sub-titles should be in 12 pt, left-justified, bold, and with the first letter capitalized.

12. The main text should be 11pt, standard letters, justified, single-spaced, without a paragraph space for the first, leave a 0.5 cm space for the second and following paragraphs.

13. Photos and graphs should be named "Figure", as Figure 1, Figure 2, etc.; tables which contain numerical data or any other text, such as comparison, information etc., should be named "Table", as Table 1, Table 2, etc. Figure captions should be given below the figures. Leave an 6nk space between the figures and their captions. All captions to be in 10 pt and standard letters.

14. Citations in the text in chronological order e.g. Uygur (2008), Ulusoy & Kazak (2009), Aysan et al. (2010), or at the end of sentence, e.g. (Karut 2008; Ulusoy & Öztürk 2009; Elekçioğlu et al. 2010).

15. Use author's name/authors' names and year after the scientific name for organisms at the first mention. If mentioned again, the genus name should be abbreviated, followed by species name and without the authors name/authors' names and year. All scientific names should be given in italic font, both in the text and in the reference list. In Figure and Table captions and main titles and sub-titles, use only the full name of the organism(s), without abbreviation, not including author's name/authors' names and publication year.

16. The reference list should have the surnames of the first authors in alphabetical order, without numbering, 10 pt, normal letters, except for proper nouns, with 0.5 cm hanging indent, and single line spacing. For papers authored by more than one person, the symbol "&" should be given before the last author's name (e.g. Öztürk N. 2011, Karut K. & S. Satar 2009, Uygun N., S. Satar & M. Karacaoğlu 2010). The full name of the journal should be provided without abbreviation and in italic type.

Include the accession date for the internet source e.g. Web Accessed: January 10, 2010.

Personal communications can be cited in the text as e.g. (C. Kazak pers. comm. June, 2017) but should not be included in the reference list.

For Journal:

Pruszyński S. & W.W. Cone 1973. Biological observations of *Typhlodromus athiasae* Porath and Swirski (Acari: Phytoseiidae) on hops. *Annals of the Entomological Society of America*, 66: 47-51.

For Meetings and symposiums:

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yazım Kuralları

Öztürk N. & M.R. Ulusoy 2009. Pests and natural enemies determined in pomegranate orchards in Turkey. I. International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, 16-19 October 2006, Adana-Turkey, 350-355.

For Thesis:

Şenal D. 2006. Avcı böcek *Chilocarus nigrinus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae)'un bazı biyolojik ve ekolojik özellikleri ile doğaya adaptasyonu üzerinde araştırmalar. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana, 127 s.

For Books:

Chant, D.A. & J.A. McMurtry 2007. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, West Bloomfield, 219pp.

For Book Chapters:

Elekçioğlu İ.H. & U. Gözel 2001. Turunçgillerde zararlı nematodlar ve entegre mücadelesi (Editör: N. Uygun, Türkiye turunçgil bahçelerinde entegre mücadele, zararlılar-nematodlar-hastalıklar-yabancıotlar). TÜBİTAK-TARP Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Ankara, 61-69.

For Internet Sources:

Why Biological Control? URL: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr> (Web Access: April 24, 2008).

For Publications by Unknown Authors:

Anonymous 2008. Strawberry production in Turkey. Turkish Statistical Institution, Pub. No: 1577, Ankara.

Prepared manuscripts should be submitted via the online manuscript submission system by clicking on “<http://dergipark.gov.tr/tbmd>” and following the prompts. All manuscripts will be directed to the related editor, and if the editor is satisfied with the contents of the paper, the manuscript will be subjected to the blind peer review process. You will ultimately be informed whether your manuscript is accepted for publication. If it is accepted, the corresponding author should submit the journal’s copyright form signed by all the authors; the form can be obtained from the web site of the Biological Control Society of Turkey by clicking on “<http://www.biyolojikmucadele.org.tr/default.asp>”.

Thank you for submitting your manuscript to the Turkish Journal of Biological Control.

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yayın İlkeleri

1. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, Türkiye Biyolojik Mücadele Derneği'nin yayın organıdır.
2. Dergi zararlılar, hastalıklar ve yabancı otların biyolojik mücadele etmenleri (böcekler, akarlar, nematodlar, bakteriler, funguslar, virüsler, antogonistler vb.) üzerinde yapılan faunistik, sistematik, biyolojik, ekolojik, av-avcı, konukçuparazitoit ilişkileri, antogonistlik, ilaçların yararlılar üzerindeki yan etkileri vb. temel ve uygulamalı orijinal çalışmaları yayımlar. Ayrıca entegre mücadele içinde biyolojik mücadele ve biyolojik mücadelenin başarısını artıracak biyoteknik mücadele çalışmaları da derginin ilgi alanı içindedir.
3. Dergide, yukarıda belirtilen konularda olmak üzere özgün bilimsel çalışma, bilimsel not ve yayın kurulu tarafından davet edilen derleme çalışmalar da yayımlanır.
4. Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.
5. Çalışmanın daha önce herhangi bir yerde yayınlanmamış ve yayınlanması için değerlendirme aşamasında olmaması gerekir.
6. Yurtiçi - yurtdışı bilimsel toplantılarda sözlü veya poster olarak sunulmuş ve sadece özeti basılmış çalışmalar da sunum yeri belirtilmek koşuluyla yayımlanabilir.
7. Her çalışma için, başvuru sırasında "Dernek Yönetim Kurulu" nun o yıl için belirlediği basım ücreti alınır.
8. Elektronik ortamda gönderilen orijinal çalışmalar yayın kurulu tarafından belirlenen en az 2 hakem tarafından incelendikten sonra eserin yayımlanıp yayımlanmayacağına karar verilir.
9. Dergide yayınlanması için başvurusu yapılan eserlerle birlikte "Telif Hakkı Formu" da tüm yazarlar tarafından imzalanarak gönderilmelidir.
10. Basılan çalışmalar için yazarlarına telif ücreti ödenmez.
11. Dergide basılan makalelerde görülen bilimsel hataların sorumluluğu yazarlarına aittir.

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, Türkiye Biyolojik Mücadele Derneği tarafından yılda iki kez (Temmuz-Aralık) yayımlanır. Dergide zararlılar, hastalıklar ve yabancı otların biyolojik mücadelesi ile ilgili Türkçe veya İngilizce yazılmış orijinal araştırmalar ile kısa notlar yayımlanır.

Yıllık abone bedeli: 100 TL

Tek sayı bedeli: 65 TL

CABI ve TÜBİTAK/ULAKBİM tarafından taranmaktadır. Indexed in CABI and TÜBİTAK/ULAKBİM.

Yazışma adresi:

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi
Çukurova Üniversitesi Kampüsü PTT Şubesi
Posta Kutusu:33
01330 Adana - Turkey

E-mail: bimude@cu.edu.tr

Web: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr>

Bu dergide yayımlanan eserlerin tüm hakları Türkiye Biyolojik Mücadele Derneği'ne aittir. Yayımlanan eserlerin herhangi bir şekilde kısmen veya tamamen çoğaltılması için izin alınması zorunludur.