

ISSN 2146-0035
E-ISSN 2548-1002

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi

Turkish Journal of
Biological Control



Yıl: 2021

Cilt (Volume): 12

Sayı (Number): 2

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.

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ BASİMEVİ

Tel: 0322 338 60 69

basimevidizgi@cu.edu.tr

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): 2

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

Aslan Baran, Burdur
Başpınar Hüseyin, Aydın
Çetintaş Ramazan, Kahramanmaraş
Gözel Uğur, Çanakkale
Güncañ Ali, Ordu
Güven Özlem, Kahramanmaraş
Işıkber Ali Arda, Kahramanmaraş
Karaca İsmail, Isparta
Kaşkavalcı Galip, İzmir
Ortaş İbrahim, Adana
Özarslandan Adem, Mersin
Susurluk Alper, Bursa
Tireng Karut Şebnem, Adana
Ülgentürk Selma, Ankara

İçindekiler (Contents)

Sayfa (Page)

Orijinal araştırmalar (Original articles)

Türkiye ve Kırgızistan'dan elde edilen entomopatojen nematodların fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)]'ne karşı etkinliklerinin araştırılması

Efficacy of entomopathogenic nematode isolates from Turkey and Kyrgyzstan against bean weevil [*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)]
Yasemin AGİM, İlker KEPENEK.....93-108

Pamuk unlubiti, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae)'in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) ile biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar
Studies on the biological control of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) with *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)
Sadık Emre GÖRÜR, Kamil KARUT.....109-119

The interaction of the mycorrhizae of the fungus *Rhizophagus irregularis* (Walker & Schüßler, 2010) (*Glomerales: Glomeraceae*) and the stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857) (*Tylenchida: Anguinidae*) on the onion plant (*Allium cepa* L.) (*Asparagales: Amaryllidaceae*)

Soğan bitkisinde mikoriza (*Rhizophagus irregularis* Walker & Schüßler, 2010) ve soğan sak nematodunun (*Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857) (Nematoda: Anguinidae) etkileşimi
Elif YAVUZASLANOĞLU, Gamze AKSAY, Büşra DELEN, Ahmet ÇETİNKAYA.....120-129

Çanakkale ilindeki yumuşak ve sert çekirdekli meyve bahçelerinde zararlı yaprakbitlerinin syrphid (Diptera: Syrphidae) predatörleri

Predatory syrphids (Diptera: Syrphidae) of aphid pests on pome and stone fruit orchards in the Çanakkale
Şahin KÖK, İsmail KASAP.....130-140

Derleme (Review)

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan biyonematisitler
Bionematicides used in the control of plant parasitic nematodes
Gülsüm UYSAL, İbrahim MİSTANOĞLU, Melih KOCA, Melih KOCA, Zübeyir DEVRAN141-156

Orijinal araştırma (Original article)

Türkiye ve Kırgızistan'dan elde edilen entomopatojen nematodların fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)]'ne karşı etkinliklerinin araştırılması¹

Yasemin AGİM², İlker KEPENEKÇİ^{3*}

Efficacy of entomopathogenic nematode isolates from Turkey and Kyrgyzstan against bean weevil [*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)]

Abstract: In this study, the efficacies of four entomopathogenic nematode (EPN) isolates of both *Heterorhabditis bacteriophora* (11KG and TOK20) and *Steinernema feltiae* (3KG and Tokat-Emir), obtained from Turkey and Kyrgyzstan, against an important storage pest of beans, the bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* (Say) Coleoptera: Chrysomelidae), were determined. In single dose assays, the 2 isolates of *S. feltiae* caused the highest mortality (99.59%) of *A. obtectus* adults. At 3 different doses (25, 50 and 100 IJs insect⁻¹) and temperatures (10, 15 and 20°C), the most effective isolates were *H. bacteriophora* TOK20 (73.09%), *S. feltiae* 3KG (100%) and *S. feltiae* 3KG (100%) at 100 IJs at 10°C, 15°C and 20°C, respectively. In the dose-mortality assays, the *S. feltiae* 3KG isolate was effective at 500 IJs insect⁻¹.

Keywords: Bean, entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis*, *Steinernema*, Bean weevil, *Acanthoscelides obtectus*

Öz: Bu çalışmada Türkiye ve Kırgızistan'a ait Entomopatojen nematod (EPN) izolatlarından *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki (11KG ve TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki (3KG ve Tokat-Emir) izolatın, depolanmış fasulye zararlısı olan fasulye tohum böceği (*Acanthoscelides obtectus* (Say) Coleoptera: Bruchidae)'ne karşı etkinliği ortaya konmuştur. Tek doz denemeleri, en yüksek etkiyi *S. feltiae*'nin her 2 izolatı (3KG ve Tokat-Emir) göstermiştir (%99.59). 3 farklı doz (25, 50 ve 100 IJ böcek⁻¹) ve sıcaklıkta (10, 15 ve 20°C) yürütülen deneme sonucunda en etkili izolatın 10°C'de 100 IJ dozunda *H. bacteriophora* TOK20 izolatı (%73.09), 15°C'de 100 IJ dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%100) ve 20°C'de 100 IJ dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%100) olduğu tespit edilmiştir. Doz-ölüm denemeleri sonucunda; *A. obtectus*'a karşı *S. feltiae* 3KG izolatının 500 IJ böcek⁻¹ konsantrasyonunda en yüksek etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, entomopatojen nematod, *Heterorhabditis*, *Steinernema*, Fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus*

¹Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı (TOKAT)'nda yüksek lisans tezi olarak yürütülmüş ve 19. 08. 2020 tarihinde kabul edilmiştir.

²Bozyazı Kaymakamlığı, İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bozyazı, MERSİN

³Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Taşlıçiftlik, TOKAT

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

ORCID ID(Yazar sırasıyla): 0000-0002-0137-7489; 0000-0002-8734-3422

Alınış (Received): 03.03.2021

Kabul ediliş (Accepted): 07.07.2021

Giriş

Zararlı organizmalar fasulye üretim ve depolama aşamasında büyük verim kayıplarına sebep olmaktadır. Fasulye üretimini azaltan verim ve kalitesi üzerinde sınırlayıcı etkiye sahip olan biyotik faktörlerin başında Coleoptera takımı Chrysomelidae familyasına bağlı türler gelmektedir (Yücel 1986; Pehlivan 1987). Chrysomelidae familyasında yer alan tohum böceklerinden fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* (Say)] (Coleoptera: Chrysomelidae) çok döl vererek fasulye üzerinde önemli zarara neden olmakta; hem gelişmekte olan taze tohumlarda hem de kuru danelerde gelişebilmektedir.

Zirai mücadelede, zararlı organizmalara karşı böcek öldürücü olan insektisitlere yoğun talebin olması ile birlikte bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı halinde, canlıların doğada bir denge içinde olduğu düşünüldüğünde bu doğal dengenin bozulmasına, zararlı organizmaların duyarlılığının azalıp insektisitlerin etkisiz hale gelmesine, ürünlerde kalıntı ile ilişkili sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Son zamanlarda kimyasal mücadeleye alternatif yöntemler içerisinde öne çıkan konuların başında biyolojik mücadele uygulamalarında yer alan mikrobiyal mücadele uygulamaları gelmektedir. Biyolojik mücadele içerisinde mikroorganizmaların kullanımı “*mikrobiyal mücadele*” olarak adlandırılmaktadır. Mikrobiyal mücadele, böceklerde hastalık oluşturan ve onların ölümüne sebep olan bakteri, virüs, protozoa ve nematodların kullanılması ile yürütülen savaşım şeklidir (Alcázar et al. 1992; BenSalah & Aalbu 1992; Das et al. 1992; Raman 1994; Kroschel et al. 1996; Lery et al. 1997; Roux et al. 1992; Setiawati et al. 1999). Mikrobiyal mücadele uygulamaları içerisinde son zamanlarda üzerinde en fazla durulan gruplardan biri de entomopatojen nematodlar (EPN)’dir (Kepenekçi et al. 2018). EPN’lerin biyolojik mücadelede kullanılabilmesi adına öncelikli olarak biyolojik mücadelede yer alan yeni bilgilerin kullanılması, ülkemizdeki mevcut türlerin tanılanması ve takibi ile belirlenen türlerin ülkemizde kültür bitkilerinde önemli zararlılara karşı etkinliklerinin ortaya konması önem arz etmektedir.

Kökenleri bakteri, fungus, virüs, protozoa ve nematod olan mikroorganizmalar tabiatta ki böcekler üzerinde yaşamlarını sürdürür ve böcekleri çeşitli yollarla hastalandırarak ölümlerine neden olmaktadır. Bu mikroorganizmalara entomopatojenler denilmektedir (Deacon 1983). Entomopatojenler içerisinde yer alan entomopatojen nematod (EPN)’ların önemi giderek artmaktadır. EPN’ler Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Rhabditida) familyalarına ait obligat böcek patojenleridir (Koppenhöfer 2000).

EPN’lerin geniş konukçularının bulunması, taşıdıkları bakteriler ile konukçularını 24-48 saat içinde öldürebilmeleri, öldürdükleri konukçular içerisinde üremeleri ve dışarı çıkıp yeni konukçu aramaları, yapay ortamda *in vivo* ve *in vitro* olarak üretilebilmeleri, enfektif larva (EL) [enfektif juvenil (IJ)] denilen dayanıklı evreleri sayesinde konukçularını aktif olarak arayıp bulabilmeleri, konukçularının bulunmaması halinde uygun koşullarda uzun süre canlı olarak kalabilmeleri, çevre ve insan sağlığı açısından güvenli olmaları, kimyasal insektisitler gibi preparatlar halinde kullanılabilmeleri nedeniyle; ülkemizde bu nematodların saptanması ve tespit edilen türlerin etkinliklerinin araştırılması önemlidir. Her EPN türü her konukçu böceği aynı etkinlikle enfekte edememektedir. Hazır et al. (2003), bazı

nematod türlerinin oldukça geniş bir konukçu dağılımına sahipken, bazı türlerin sadece tek bir böcek takımını enfekte edebildiğini bildirmiştir. Bu koşullar altında biyolojik mücadele çalışmalarında amaç, konukçuya karşı en etkili nematod türünü bulabilmektir.

Depo zararlıları ile ilgili yürütülen ve çok sayıda depo zararlısının yer aldığı bir çalışmada; Ramos-Rodríguez et al. (2006) tarafından *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum* ve *Trogoderma variable*'nin larva, pupa ve erginleri ile *Sitophilus oryzae* ve *Rhyzopertha dominica*'nın erginlerine karşı EPN'lerden *Steinernema* cinsine ait türlerin kullanıldığı çalışmada *Steinernema riobrave*, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'ye kıyasla daha etkili (patojenik) olduğu belirlenmiştir. 10 IJs dozunda *S. riobrave*'nin *P. interpunctella*, *E. kuehniella*, *T. castaneum* ve *O. surinamensis*'in larvaları, *T. castaneum* ve *T. molitor*'un pupaları ve *T. molitor* ve iki güve türünün erginlerine karşı ölüm oranlarının %80 veya daha yüksek olduğu bildirilmektedir. *T. variable*'nin tüm dönemlerinde %70 veya daha yüksek ölüm oranı görüldüğü belirtilmiştir. *S. oryzae* ve *R. dominica* erginleri sırasıyla %15 ve %35 ölüm oranları ile düşük etki göstermiştir.

Bu çalışmada laboratuvar stoklarımız [Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi (TOGÜ), Ziraat Fakültesi Bitki koruma bölümü, Tokat]'da mevcut olan Türkiye ve Kırgızistan'a ait EPN izolatlarından *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (11KG ve TOK20) ile *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (3KG ve Tokat-Emir)'in fasulye tohum böceği (*A. obtectus*) erginine karşı etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Laboratuvar kitle üretim çalışmaları

Galleria mellonella larvalarının yetiştirilmesi

EPN'lerin canlılıklarını sürdürebilmesi için kültürlerin yenilenmesine yönelik olarak çalışmalar süresince *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Galleriidae) larvaları üretimi yapılmıştır. Bu amaçla 890 g un, 222 g kuru ekmek mayası, 500 g gliserin, 500 g bal, 445 g süt tozu ve 445 g buğday kepeği kullanılarak özel besin ortamı kullanılmıştır (Haydak 1936; Mohammed & Coppel 1983). İlk olarak un ve buğday kepeği sterilize edilmiş sonra un, kepek, süt tozu ve maya karıştırılıp son olarak bal ile gliserin karışımı üzerine dökülmüştür. Alüminyum tel ile kapatılmış 300 ml'lik cam kavanozların içerisine özel besin ortamı konulduktan sonra kavanozlarda 1 cm yüksekliğe *G. mellonella* yumurta kümesi hazırlanmış ve 23-24 °C'de 16/8 saat (aydınlık/karanlık) aydınlatmalı böcek yetiştirme dolabında yer alan bu yumurtalardan larvaların çıkışı ve gelişmesi takip edilmiştir.

Entomopatojen nematod (EPN)'ların üretimi

EPN'lerin sürekli üretilmesi ve bakımı

Çalışmanın ana materyalini TOGÜ Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nematoloji ve Taksonomi Laboratuvarları stoklarında mevcut olan Türkiye ve Kırgızistan'a ait EPN izolatlarından daha önceki çalışmalarda yüksek etki gösteren

(patojenisitesi yüksek) *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (11KG ve TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (3KG ve Tokat-Emir) oluşturmuştur.

EPN'lerin üretilmesi amacıyla son dönem *G. mellonella* larvaları kullanılmıştır. Larvaların kokon örmelerini engellemek amacıyla 55°C'deki suda 15-20 sn. bekletilip 30 sn. çeşme suyu altında yıkanıp hareketsiz duruma getirilmiştir (Woodring ve Kaya, 1988). Otoklavda sterilize edilmiş 12 cm çapındaki petrielerin içerisine 6 cm çapındaki küçük petrieler kapaksız olarak ters çevrilip yerleştirilerek üzerine steril kurutma kağıdı konulup musluk suyu ile ıslatılmış ve kurutma kağıtları üzerine *G. mellonella* larvalarından 10 tanesi sıralanmış üzerine her bir nematod kültürüne ait içinde 2. ve 3. dönem enfektif nematod larvaları [enfektif larva (EL), infektif juvenil (IJs)]'nın konsantrasyonlarından damlalıkla alınıp verilmiştir. 10 gün boyunca inkübatörde kontrolleri takip edilmiştir. EPN'ler tarafından enfekte olan *G. mellonella* larvalarından "White tuzak" metodu kullanılarak enfektif EPN larvaları elde edilmiştir (White 1927). Nematodların aktivitelerini yitirmemeleri amacıyla 1-2 ayda bir yeni *G. mellonella* larvalarına verilerek aynı işlem tekrarlanarak kültürler yenilenmiştir.

EPN'lerin kitle üretimi

Heterorhabditis bacteriophora türüne ait iki izolat (11KG ve TOK20) ile *S. feltiae* türüne ait iki izolat (3KG ve Tokat-Emir) uygulamalar için gerekli materyali sağlamak amacıyla laboratuvarında kitle üretimi yapılmıştır. İzolatlara ait IJ'lerden faydalanılarak nematod üretimi yapılmıştır. EPN'lere ait enfektif larva (IJs)'ların *G. mellonella*'nın son dönem larvalarını enfekte etmesi sağlanmıştır. White tuzak metodunda büyük boy petrielerin her birinin üzerine 30 adet EPN'ler tarafından enfekte edilmiş *G. mellonella* larvaları konmuştur. Laboratuvar sıcaklığında (23-25°C) bekletilen düzeneklerden dışarı çıkacak olan yeni nesil EPN'ler toplanmıştır.

Acanthoscelides obtectus popülasyonlarının elde edilmesi

Çalışmanın diğer materyalini oluşturan *Acanthoscelides obtectus* (Fasulye tohum böceği); Ankara Ziraat Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü (ZMMAE) (Ankara)'ndan alınan kültürden faydalanılarak TOGÜ Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Entomoloji laboratuvarında üretimi yapılmıştır.

Fasulye tohum böceği, *A. obtectus* laboratuvar koşullarında yetiştirilebilmektedir. Bu çalışmada, fasulye taneleri daha önceden steril olan cam kavanozlara konulmuştur. Tanelerden çıkan böceklerin oksijen ihtiyacını sağlamak ve kaçışını engellemek amacıyla kavanozların ağızları birer ince tülle kapatılmıştır. Kavanozlar laboratuvar koşullarında bekletilmiş ve çalışmalarda kullanılan fasulye tohum böceği popülasyonları elde edilmiştir.

Laboratuvar etkinlik çalışmaları

Tek doz denemeleri

Tek doz çalışmasında *H. bacteriophora* (11KG ve TOK20) ve *S. feltiae* (3KG ve Tokat-Emir) izolatları *A. obtectus* erginlerine karşı 50 IJs böcek⁻¹ dozunda laboratuvar koşulları (*in vitro*)'nda denenmiştir. Çalışmada orta boy petrieler (12

cm) kullanılmıştır. Petrilerin tabanına filtre kâğıdı (Whatman No. 1) yerleştirilmiştir ve sonra üzerine 10 adet fasulye tohum böceğinin ergini ile birlikte 5 adet fasulye tohumu konulmuştur. Kapakları kapatılan petriler $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'deki inkübatöre konulmuştur. Kontrollerde petrilerin tabanındaki filtre kâğıtlarına yalnızca su ilave edilmiştir.

Mikroskopta hazırlanan süspansiyon içindeki nematodlar mikropipet aracılığıyla 50 IJs 0.2 ml^{-1} su olarak her bir petrinin dibinde bulunan filtre kağıdına emdirilerek verilmiştir. Her bir uygulamada pipet ucundaki tüm nematodların petri içerisine tam geçişini sağlamak için aynı pipet ucuyla tekrar 0.2 ml^{-1} lik su alınarak aynı petriye verilmiştir. Kontrollerde petrilerin tabanındaki filtre kâğıtlarına yalnızca su ilave edilmiştir. Denemeler 5 tekerrürlü ve aynı şartlarda farklı bir zamanda bir defada tekrarlanarak 2 tekrarlı olarak kurulmuştur. Uygulamadan sonraki 10 gün boyunca böcek ölümleri günlük kontrol edilerek veriler, kayıt altına alınmış ve sonuçlar istatistiksel analize tabii tutulmuştur.

Farklı sıcaklıklarda ve dozlarda laboratuvar etki çalışmaları

Bu çalışmalar, tek doz denemelerinde olduğu gibi yapılmış fakat 3 farklı doz (25, 50 ve $100\text{ IJs böcek}^{-1}$) denenmiştir. Denemeler 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta (Kepenekci et al. 2014; Kepenekci & Atay 2014; Kepenekci et al. 2015; Tülek et al. 2015; Kepenekci et al. 2016; Kepenekci 2016; Atay & Kepenekci 2016; Gözel et al. 2020) 5 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Denemeler söz konusu olan sıcaklıklardaki inkübatörlerde yürütülmüştür. Kontrollerde petrilerin tabanındaki filtre kâğıtlarına yalnızca su ilave edilmiştir. Uygulamadan sonraki 10 gün boyunca böcek ölümleri günlük kontrol edilerek veriler, kayıt altına alınmış ve sonuçlar istatistiksel analize tabii tutulmuştur.

Doz-ölüm denemeleri

Tek doz denemeleri ile farklı sıcaklıklarda ve dozlarda yürütülen etki denemeleri sonucu en etkili olan iki izolat doz-ölüm denemeleri kapsamına alınmıştır. Bu çalışmada, EPN izolatlarının 7 farklı dozu (5, 10, 50, 100, 250, 500 ve $1000\text{ IJs böcek}^{-1}$) fasulye tohum böceğinin erginlerine karşı uygulanmıştır. Her bir nematod izolatında her bir doz için denemeler 5 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak kurulmuştur. Denemelerin kurulduğu petriler $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'deki inkübatöre konulmuştur. Kontrollerde petrilerin tabanındaki filtre kâğıtlarına yalnızca su ilave edilmiştir. Uygulamadan sonraki 10 gün boyunca böcek ölümleri günlük kontrol edilerek veriler, kayıt altına alınmış ve sonuçlar istatistiksel analize tabii tutulmuştur.

Uygulamaların değerlendirilmesi

Çalışmalarda elde edilen “%” ölüm değerleri Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Abbott 1925). Böcek “%” ölüm oranlarına ait verilere açı transformasyonu yapıldıktan sonra tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenmiştir. Analizden önce %5 böcek ölüm oranlarına Arcsine transformasyon uygulanmıştır.

Bulgular

Tek doz denemeleri

Heterorhabditis bacteriophora 11KG, *S. feltiae* 3KG, *H. bacteriophora* TOK20 ve *S. feltiae* Tokat-Emir izolatlarının tek doz denemelerinde 50 IJs böcek¹ dozunda, *A. obtectus* erginlerine karşı 10 gün boyunca 5 tekerrürlü olarak 2 tekrarlı çalışmalar yürütülmüş olup denemeler arasında farklılık olmamasından dolayı veriler birleştirilerek analiz edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. *Acanthoscelides obtectus*'a karşı *Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın tek doz uygulaması (50 IJs böcek¹) sonucu ergin böcek ölüm oranları (%)

Table 1. Mortality (%) of *Acanthoscelides obtectus* adults in single dose assay (50 IJs insect¹) applications of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*

| EPN | Ölüm Oranı (%) ¹ | | | | | |
|--------|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|-------------|
| | <i>Steinernema feltiae</i> | | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | | Kontrol ² | |
| İzolot | 3KG | Tokat-Emir | 11KG | TOK20 | - | |
| Gün | 1 | 0.10±0.36a | 1.22±1.16a | 0.10±0.36a | 0.41±0.65a | 0.00±0.00a |
| | 2 | 10.49±2.19a | 6.55±2.03a | 1.22±1.16a | 0.62±1.00a | 1.27±1.68a |
| | 3 | 36.71±0.44a | 12.13±2.40b | 9.64±2.11b | 3.18±2.19b | 2.32±1.77b |
| | 4 | 55.16±0.51a | 25.76±2.13b | 22.52±2.39bc | 13.58±2.81bc | 3.68±1.73c |
| | 5 | 77.58±0.39a | 50.72±1.67b | 37.18±1.28b | 29.04±2.25b | 7.30±1.27c |
| | 6 | 87.22±1.55a | 62.21±1.36ab | 36.92±3.07b | 40.15±2.63b | 8.25±1.43c |
| | 7 | 93.89±1.71a | 74.94±0.77b | 55.42±1.93b | 58.25±0.75b | 10.59±0.95c |
| | 8 | 96.97±1.25a | 86.78±0.88ab | 70.75±4.32b | 72.47±1.37b | 15.68±0.35c |
| | 9 | 97.97±1.25a | 95.77±1.18ab | 77.26±3.61b | 85.24±2.33ab | 18.10±0.42c |
| | 10 | 99.59±0.65a | 99.59±0.65a | 83.79±2.91b | 91.74±2.81ab | 19.48±0.34c |

¹Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Tukey testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05)

²Kontrol grubuna nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiştir

Denemelerde kontrol grubuna, nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiş olup sadece *S. feltiae* 3KG izolatında 4. gün böcek ölüm oranları %50'yi geçerken ($F=9.22$; $df=4.47$; $P<0.05$), 5. günün sonunda ise *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında %50'nin üzerinde böcek ölümü kaydedilmiştir. Söz konusu olan iki izolatın 5. gündeki böcek ölüm oranları arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiştir ($F=19.92$; $df=4.47$; $P<0.05$) (Çizelge 1). Denemenin 7. gününde denemeye alınan diğer iki izolatın (*H. bacteriophora* 11KG ve TOK20)'da, *S. feltiae* Tokat-Emir izolatu ile istatistiksel olarak aynı düzeyde ve %50'nin üstünde böcek ölümüne neden olduğu görülürken uygulamaya alınan izolatlar içerisinde en yüksek böcek ölüm oranı %93.89 ile *S. feltiae* 3KG izolatında belirlenmiştir ($F=32.65$; $df=4.47$; $P<0.05$) (Çizelge 1). Denemenin sonunda (10. gün), *S. feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatlarında ölüm oranı %99.59, *H. bacteriophora* 11KG izolatında %83.79 ve *H. bacteriophora* TOK20 izolatında ise %91.74 olarak kaydedilmiştir ($F=36.14$; $df=4.47$; $P<0.05$) (Çizelge 1).

Farklı sıcaklıklarda ve dozlarda etki çalışmaları

Çalışmalar 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta ve 25, 50 ve 100 IJs böcek¹ olmak üzere 3 farklı dozda 5 tekerrürlü ve farklı zamanlarda olmak üzere 2 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Denemeler arasında farklılık olmamasından dolayı veriler birleştirilerek analiz edilip 10 gün boyunca böcek ölüm oranları kaydedilmiştir.

Acanthoscelides obtectus'a karşı 10. günde 10°C'de ölüm oranı 100 IJs dozunda, *H. bacteriophora* 11KG izolatında %16.04 ($F=4.35$; $df=3.35$; $P<0.05$), *S. feltiae* 3KG izolatında %32.44 ($F=11.10$; $df=3.35$; $P<0.05$), *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında %42.78 ($F=11.87$; $df=3.35$; $P<0.05$) ve *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %73.09 ($F=30.63$; $df=3.35$; $P<0.05$) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). 15°C'de 100 IJs böcek¹ dozunda ölüm oranı *H. bacteriophora* 11KG izolatında %81.15 ($F=13$; $df=3.35$; $P<0.05$), *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %87.03 ($F=16.86$; $df=3.35$; $P<0.05$), *S. feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatlarında ise böcek ölüm oranı %100 (sırasıyla $F=147$; $df=3.35$; $P<0.05$ ve $F=143.27$; $df=3.35$; $P<0.05$) olmuştur (Çizelge 3). 20°C'de 100 IJ dozunda böcek ölüm oranı *H. bacteriophora* 11 KG izolatında %88.48 ($F=18.66$; $df=3.35$; $P<0.05$) ve *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %97.63 ($F=33.73$; $df=3.35$; $P<0.05$) olurken *S. feltiae* 3KG ile Tokat-Emir izolatlarında %100 (sırasıyla $F=147$; $df=3.35$; $P<0.05$ ve $F=89.1$; $df=3.35$; $P<0.05$) olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 2. *Acanthoscelides obtectus* erginlerine karşı entomopatojen nematodlar (*Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*)'ın 10°C'de ve 3 farklı doz (25, 50 ve 100 IJs böcek⁻¹)'da laboratuvar etki denemelerinde böcek ölüm oranları (%)

Table 2. Mortality (%) of *Acanthoscelides obtectus* adults exposed to three different doses (25, 50 and 100 IJs) of the entomopathogenic nematodes (*Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*) in laboratory bioassays at 10°C

| EPN izolat | | Ölüm Oranı (%) ¹ | | | | | | | |
|------------|----|---|--------------|-------------|----------------------|-------------------------------|--------------|-------------|----------------------|
| Doz | | <i>Steinernema feltiae</i> 3KG | | | | <i>S. feltiae</i> Tokat-Emir | | | |
| | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.00±0.00a | 0.93±0.85a | 0.00±0.00a | 0.29±0.61a | 0.41±0.65a | 1.22±1.16a | 3.54±1.48a | 0.00±0.00a |
| | 2 | 7.00±1.33a | 1.65±0.97ab | 0.41±0.65b | 1.15±0.97ab | 2.45±1.51ab | 2.03±1.25ab | 7.00±1.33a | 0.00±0.00b |
| | 3 | 10.09±1.40a | 3.03±1.25a | 4.98±0.85a | 1.15±0.97a | 6.68±1.95ab | 4.23±1.18ab | 9.40±1.21a | 0.00±0.00b |
| | 4 | 11.69±1.62a | 10.40±1.19a | 8.73±1.02a | 2.57±1.09a | 10.02±1.84a | 4.83±1.37ab | 14.57±1.32a | 0.00±0.00b |
| | 5 | 16.23±1.90a | 12.02±1.41a | 12.28±0.85a | 10.01±0.00a | 10.02±1.84a | 5.81±1.95ab | 17.22±1.58a | 0.00±0.00b |
| | 6 | 19.59±1.30a | 12.02±1.41a | 16.63±1.29a | 10.01±0.00a | 10.72±2.01ab | 9.80±2.01ab | 24.20±1.74a | 0.29±0.61b |
| | 7 | 19.59±1.30a | 15.02±1.01a | 19.09±0.61a | 10.00±0.00a | 16.04±0.99a | 14.94±1.09a | 29.23±0.71a | 0.29±0.61b |
| | 8 | 19.59±1.30ab | 15.02±1.01ab | 25.52±1.03a | 10.00±0.00b | 16.04±0.99b | 20.22±0.53ab | 34.48±0.73a | 0.60±1.25c |
| | 9 | 19.59±1.30ab | 17.38±0.38ab | 30.43±0.48a | 10.00±0.00b | 19.59±0.26b | 20.22±0.53b | 36.60±0.62a | 5.09±2.38c |
| | 10 | 25.52±1.03ab | 20.52±0.31b | 32.44±0.53a | 10.00±0.00c | 21.37±0.44bc | 23.21±0.58b | 42.78±0.44a | 7.70±1.97c |
| EPN izolat | | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> 11KG | | | | <i>H. bacteriophora</i> TOK20 | | | |
| Doz | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.29±0.61a | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.41±0.65a | 0.00±0.00a |
| | 2 | 0.00±0.00a | 0.10±0.36a | 0.10±0.36a | 0.29±0.61a | 0.00±0.00a | 0.41±0.65a | 2.82±1.83a | 0.00±0.00a |
| | 3 | 0.00±0.00b | 0.10±0.36ab | 2.57±1.01a | 0.29±0.61ab | 0.00±0.00c | 5.33±1.63ab | 8.03±1.92a | 0.00±0.00bc |
| | 4 | 0.00±0.00b | 0.93±0.85ab | 2.57±1.01a | 0.29±0.61ab | 0.00±0.00b | 5.33±1.63a | 12.55±1.36a | 0.00±0.00b |
| | 5 | 0.00±0.00b | 0.93±0.85ab | 6.30±1.18a | 1.15±0.97ab | 0.00±0.00c | 7.47±1.64b | 21.56±1.16a | 0.00±0.00c |
| | 6 | 0.00±0.00b | 1.65±0.97ab | 7.00±1.33a | 1.15±0.97ab | 0.00±0.00c | 12.10±0.96b | 27.90±0.97a | 0.00±0.00c |
| | 7 | 0.00±0.00c | 4.99±0.85ab | 11.52±0.69a | 1.15±0.97bc | 0.93±0.85c | 19.30±0.48b | 40.26±1.15a | 0.00±0.00c |
| | 8 | 0.00±0.00c | 4.99±0.85ab | 12.44±0.74a | 1.15±0.97bc | 4.82±1.37c | 24.29±0.51b | 50.04±1.37a | 0.00±0.00c |
| | 9 | 0.21±0.75c | 8.15±0.36ab | 14.20±0.89a | 1.15±0.97bc | 9.55±1.12c | 32.89±1.06b | 56.42±1.05a | 0.29±0.61d |
| | 10 | 9.55±1.12ab | 11.36±0.80a | 16.04±0.99a | 1.15±0.97b | 13.22±0.88c | 35.80±1.31b | 73.09±2.38a | 1.15±0.97c |

¹ Veriler tekrerrlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Tukey testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05)

² Kontrol grubuna nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiştir

Bazı entomopatojen nematodların fasulye tohum böceğine etkinlikleri

Çizelge 3. *Acanthoscelides obtectus* erginlerine karşı entomopatojen nematodlar (*Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*)'ın 15°C'de ve 3 farklı doz (25, 50 ve 100 IJs böcek⁻¹)'da laboratuvar etki denemelerinde böcek ölüm oranları (%)

Table 3. Mortality (%) of *Acanthoscelides obtectus* adults exposed to three different doses (25, 50 and 100 IJs) of the entomopathogenic nematodes (*Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*) in laboratory bioassays at 15°C

| | | Ölüm Oranı (%) ¹ | | | | | | | |
|------------|----|---|--------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|----------------------|
| EPN izolat | | <i>Steinernema feltiae</i> 3KG | | | | <i>S. feltiae</i> Tokat-Emir | | | |
| Doz | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.10±0.36a | 2.57±1.01a | 0.41±0.65a | 0.00±0.00a | 1.65±0.97a | 3.54±1.48a | 3.03±1.25a | 5.57±1.29a |
| | 2 | 10.63±0.64a | 14.20±0.89a | 17.87±0.82a | 0.29±0.61b | 3.68±0.97b | 17.70±1.25a | 12.54±1.74ab | 9.62±1.01ab |
| | 3 | 17.18±0.50b | 32.57±0.47ab | 48.10±3.65a | 0.29±0.61c | 7.61±1.55b | 29.22±0.71a | 27.86±1.13a | 11.07±1.13ab |
| | 4 | 22.11±0.61b | 58.61±1.03a | 78.66±2.87a | 1.15±0.97c | 17.38±0.38b | 41.89±0.56a | 42.52±1.66a | 11.06±1.13b |
| | 5 | 34.34±0.79c | 76.57±0.45b | 97.55±1.51a | 4.53±0.97d | 22.03±0.70b | 53.10±0.49a | 60.21±3.35a | 11.07±1.13b |
| | 6 | 45.78±0.86b | 96.97±2.38a | 99.90±0.36a | 5.57±1.29c | 31.45±0.62b | 70.43±0.46a | 76.07±3.33a | 12.31±1.41b |
| | 7 | 57.31±0.60b | 99.90±0.36a | 100.00±0.00a | 5.57±1.29c | 38.70±0.55c | 81.82±0.54b | 96.69±2.06a | 17.00±1.62c |
| | 8 | 59.44±0.74b | 100±0.00a | 100.00±0.00a | 5.57±1.29c | 49.93±0.41b | 97.63±1.58a | 99.66±1.17a | 17.00±1.62c |
| | 9 | 68.78±0.77b | 100±0.00a | 100±0.00a | 5.57±1.29c | 58.26±0.83b | 99.90±0.36a | 100.00±0.00a | 17.00±1.62c |
| | 10 | 74.71±1.77b | 100±0.00a | 100±0.00a | 8.27±0.83c | 61.45±1.06b | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 18.48±1.76c |
| EPN izolat | | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> 11KG | | | | <i>H. bacteriophora</i> TOK20 | | | |
| Doz | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.29±0.61a | 0.00±0.00a | 0.10±0.36a | 0.41±0.65a | 0.00±0.00a |
| | 2 | 0.10±0.36a | 0.10±0.36a | 0.10±0.36a | 0.29±0.61a | 1.22±1.16a | 0.93±0.85a | 4.82±1.37a | 0.00±0.00a |
| | 3 | 0.41±0.65a | 0.62±1.00a | 6.17±1.27a | 0.29±0.61a | 1.55±1.46ab | 5.63±1.02ab | 9.64±2.11a | 0.00±0.00b |
| | 4 | 2.03±1.25ab | 3.98±1.77ab | 11.62±1.70a | 0.29±0.61b | 2.90±1.76bc | 12.04±1.03ab | 25.62±1.24a | 0.00±0.00c |
| | 5 | 7.27±2.17ab | 9.26±2.75ab | 24.07±0.76a | 1.15±0.97b | 4.55±1.97c | 18.76±0.89b | 38.36±1.08a | 0.00±0.00c |
| | 6 | 9.03±1.86b | 17.42±3.68ab | 33.24±1.00a | 1.15±0.97b | 11.72±2.68bc | 24.71±1.15ab | 48.46±3.53a | 0.29±0.61c |
| | 7 | 13.33±1.87bc | 30.35±2.38ab | 59.01±3.60a | 1.15±0.97c | 18.76±2.03b | 35.28±1.53ab | 60.36±3.15a | 1.15±0.97c |
| | 8 | 20.65±0.93bc | 41.18±4.53ab | 72.12±6.29a | 2.57±1.09c | 23.62±2.37b | 42.73±2.09ab | 66.44±2.86a | 1.15±0.97c |
| | 9 | 25.62±1.16bc | 45.59±4.38ab | 80.23±5.75a | 3.36±1.52c | 32.85±1.65b | 53.26±3.67ab | 75.90±2.95a | 2.57±1.09c |
| | 10 | 29.97±1.16bc | 54.48±3.57ab | 81.15±5.69a | 3.36±1.52c | 39.54±1.82b | 62.21±3.33ab | 87.03±2.20a | 9.62±1.01c |

¹ Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Tukey testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05)

² Kontrol grubuna nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiştir

Çizelge 4. *Acanthoscelides obtectus* erginlerine karşı entomopatojen nematodlar (*Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*)'ın 20°C'de ve 3 farklı doz (25, 50 ve 100 IJs böcek⁻¹)'da laboratuvar etki denemelerinde böcek ölüm oranları (%)

Table 4. Mortality (%) of *Acanthoscelides obtectus* adults exposed to three different doses (25, 50 and 100 IJs) of the entomopathogenic nematodes (*Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*) in laboratory bioassays at 20°C

| EPN izolat | | Ölüm Oranı (%) ¹ | | | | | | | |
|------------|----|---|--------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|----------------------|
| Doz | | <i>Steinernema feltiae</i> 3KG | | | | <i>S. feltiae</i> Tokat-Emir | | | |
| | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.00±0.00b | 2.57±1.01a | 0.10±0.36b | 0.00±0.00b | 0.93±0.85a | 4.23±1.18a | 2.03±1.25a | 1.70±1.50a |
| | 2 | 5.45±1.55b | 17.58±0.25a | 14.75±1.20ab | 0.00±0.00c | 13.66±0.19a | 12.27±0.85a | 10.24±1.30ab | 1.70±1.50b |
| | 3 | 25.06±1.91a | 31.50±0.54a | 31.77±1.37a | 0.00±0.00b | 17.38±0.38a | 23.21±0.58a | 24.29±0.62a | 3.37±1.52b |
| | 4 | 32.93±0.98b | 49.51±1.28ab | 60.87±2.59a | 0.29±0.61c | 27.70±0.27b | 33.67±0.38ab | 44.84±0.84a | 3.37±1.52c |
| | 5 | 52.27±1.43b | 73.75±0.63ab | 91.63±3.88a | 2.57±1.09c | 37.86±0.23b | 43.69±0.70b | 67.11±1.14a | 4.27±1.90c |
| | 6 | 65.13±1.56b | 96.00±2.83a | 100.00±0.00a | 5.09±2.38c | 51.05±0.61b | 59.29±0.88b | 84.23±1.19a | 4.27±1.90c |
| | 7 | 84.15±4.44b | 98.25±1.93ab | 100.00±0.00a | 5.09±2.38c | 62.64±0.69b | 74.06±1.00b | 96.46±1.48a | 4.27±1.90c |
| | 8 | 91.83±3.20b | 99.90±0.36a | 100.00±0.00a | 5.09±2.38c | 75.71±0.62c | 92.70±3.21b | 100.00±0.00a | 6.70±1.57d |
| | 9 | 96.60±1.99a | 99.90±0.36a | 100.00±0.00a | 7.70±1.97b | 93.32±1.95b | 98.45±1.46ab | 100.00±0.00a | 6.70±1.57c |
| | 10 | 98.78±1.16a | 99.90±0.36a | 100.00±0.00a | 16.04±0.41b | 95.45±1.97b | 99.79±0.75ab | 100.00±0.00a | 9.62±1.01c |
| EPN izolat | | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> 11KG | | | | <i>H. bacteriophora</i> TOK20 | | | |
| Doz | | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² | 25IJs | 50IJs | 100IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 0.29±0.61a | 0.00±0.00a | 0.10±0.36a | 0.10±0.36a | 0.00±0.00a |
| | 2 | 0.00±0.00a | 0.10±0.36a | 0.10±0.36a | 0.29±0.61a | 0.10±0.36b | 0.93±0.85ab | 4.82±1.37a | 0.00±0.00b |
| | 3 | 0.10±0.36b | 1.65±0.97ab | 7.20±0.79a | 0.29±0.61b | 0.93±0.85b | 7.95±0.91a | 13.76±1.20a | 0.00±0.00b |
| | 4 | 2.03±1.25b | 5.62±1.02ab | 13.05±0.99a | 0.29±0.61b | 5.45±1.55bc | 13.76±1.20ab | 25.62±1.24a | 0.00±0.00c |
| | 5 | 9.55±1.12ab | 18.19±0.54a | 22.20±0.64a | 1.15±0.97b | 8.88±1.95b | 22.87±0.89ab | 36.40±0.96a | 0.00±0.00c |
| | 6 | 17.70±1.25a | 22.24±0.56a | 32.44±0.72a | 1.15±0.97b | 17.22±1.58b | 32.08±1.21ab | 43.73±1.11a | 0.00±0.00c |
| | 7 | 25.01±0.78b | 27.27±0.61b | 53.78±2.52a | 1.15±0.97c | 24.71±1.07b | 40.31±1.71ab | 58.96±1.64a | 0.00±0.00c |
| | 8 | 33.24±0.80b | 36.59±0.54b | 69.29±5.25a | 5.57±1.29c | 31.17±0.93b | 52.58±1.92ab | 72.56±2.59a | 1.15±0.97c |
| | 9 | 39.13±1.29b | 44.74±0.62b | 80.23±1.29a | 5.57±1.29c | 37.53±1.09b | 64.38±3.08ab | 86.57±2.85a | 2.57±1.09c |
| | 10 | 47.78±1.41b | 51.05±1.08b | 88.48±4.36a | 6.70±1.57c | 44.83±0.95c | 77.57±3.82b | 97.63±1.58a | 5.57±1.29d |

¹ Veriler tekrerrlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Tukey testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05)

² Kontrol grubuna nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiştir.

Doz-ölüm denemeleri

Tek doz ile farklı sıcaklıklarda ve dozlarda laboratuvar etki denemeleri sonucu en yüksek etkiyi gösteren *S. feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatları ile doz ölüm denemeleri yürütülmüştür.

Denemelerde *A. obtectus*'a karşı *S. feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkileri karşılaştırıldığında; denemenin 3. gününde sadece 500 ve 1000 IJs dozlarında ölüm oranının %50'yi geçtiği ($F=32.81$; $df=7.79$; $P<0.05$) tespit edilirken denemenin 7. gününde ise tüm dozlarda böcek ölüm oranının %50'yi geçmiştir ($F=43.63$; $df=7.79$; $P<0.05$).

Denemelerin sonunda (10. gün) *S. feltiae* 3KG izolatında böcek ölüm oranı 5 IJs dozunda %77.41, 10 IJs dozunda %90.20, 50 IJs dozunda %91.19, 100 IJs dozunda %92.79, 250 IJs dozunda %98.99, 500 IJs dozunda %100 ve 1000 IJs dozunda %99.90 olarak tespit edilmiştir ($F=40.93$; $df=7.79$; $P<0.05$) (Çizelge 5). *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında denemenin 6. gününde sadece 5 ve 100 IJs dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir ($F=11.35$; $df=7.79$; $P<0.05$). Denemenin 8. gününde ise tüm dozlarda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir ($F=21.90$; $df=7.79$; $P<0.05$). Denemenin sonunda *S. feltiae* Tokat-Emir izolatı için ölüm oranı 5 IJs dozunda %89.98, 10 IJs dozunda %68.78, 50 IJs dozunda %89.04, 100 IJs dozunda %97.10, 250 IJs dozunda %71.76, 500 IJs dozunda %71.15 ve 1000 IJs dozunda %93.24 olarak tespit edilmiştir ($F=24.28$; $df=7.79$; $P<0.05$) (Çizelge 5). Doz-ölüm denemelerinin sonucunda *S. feltiae* Tokat-Emir izolatı 100 IJs dozunda %97.10 ve 1000 IJs dozunda %93.27 ($F=24.28$; $df=7.79$; $P<0.05$) etki göstermiştir. *S. feltiae* 3KG izolatı ise 500 IJs dozunda %100 etki gösterirken 1000 IJs dozunda %99.90 ($F=40.93$; $df=7.79$; $P<0.05$) etkiyle en etkili izolat olmuştur.

Kırgızistan ve Türkiye'den elde edilen entomopatojen nematod kültürlerinin [*H. bacteriophora* (izolat 11KG ve izolat TOK20) ile *S. feltiae* (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir)] *A. obtectus*'a karşı etkinliklerinin laboratuvar koşullarında ortaya konulduğu bu çalışma sonucunda, en yüksek etkiye sahip izolatın 500 IJ dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%100) olduğu söylenebilir.

Tartışma ve sonuç

Türkiye ve Kırgızistan'dan izole edilen ve daha önceki çalışmalarda yüksek etki gösteren (patojenisitesi yüksek) *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (izolat 11KG ve izolat TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir)'in *A. obtectus*'a karşı mücadelede kullanılabilme başarısını değerlendirmek için etkinlikleri araştırılmıştır.

EPN'lerin konukçuya girerek enfekte etmesi ve akabinde konukçuyu öldürmesindeki başarısında en önemli faktörlerden birinin sıcaklık olduğu bilinmektedir (Grewal et al. 1994b; Gouge et al. 1999; Kaya 1990). Grewal et al. (1994a), yüksek sıcaklıkların nematodun hayatta kalma süresini azaltırken, düşük sıcaklıkların ise nematodun aktivitesini ve enfektif özelliğini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Molyneux (1986)'nın, *Heterorhabditis* ve *Steinernema* cinslerine ait birçok farklı izolat ile sürdürdüğü çalışmalarında, Steinernematid'lerin düşük sıcaklıklarda konukçularını enfekte etmede *Heterorhabditid*'lere göre daha aktif olduklarını tespit etmiştir.

Çizelge 5. *Acanthoscelides obtectus* erginlerine karşı entomopatojen nematod (*Steinernema feltiae*)'un 7 farklı dozda doz-ölüm denemelerinde böcek ölüm oranları (%)

Table 5. Mortality (%) of *Acanthoscelides obtectus* adults exposed to seven different doses of the entomopathogenic nematodes (*Steinernema feltiae*) in dose-mortality bioassays

| | | Ölüm Oranı (%) ¹ | | | | | | | |
|-----------|----|---------------------------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|
| | | <i>Steinernema feltiae</i> Tokat-Emir | | | | | | | |
| Doz (IJs) | | 5 IJs | 10 IJs | 50 IJs | 100 IJs | 250 IJs | 500 IJs | 1000 IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 0.10±0.36a | 0.00±0.00a | 0.00±0.00a | 1.22±1.16a | 0.93±0.85a | 0.00±0.00a | 1.55±1.46a | 0.93±0.85a |
| | 2 | 0.21±0.75a | 0.41±0.65a | 0.41±0.65a | 5.62±1.02a | 0.93±0.85a | 0.41±0.65a | 2.82±1.83a | 1.65±0.97a |
| | 3 | 7.75±1.45ab | 3.54±1.48b | 4.98±0.85ab | 19.38±0.39b | 2.57±1.01b | 1.55±1.46b | 5.87±1.88ab | 1.65±0.97b |
| | 4 | 16.16±1.98ab | 6.29±1.18abc | 11.93±2.63abc | 24.83±0.91a | 8.94±0.47abc | 5.98±1.80bc | 16.32±0.41ab | 1.65±0.97c |
| | 5 | 31.59±0.44ab | 10.89±1.54bc | 28.47±2.14ab | 49.74±2.11a | 24.20±0.60ab | 12.13±2.40bc | 22.42±0.39bc | 4.98±0.85c |
| | 6 | 58.66±0.94a | 24.97±2.07a | 45.83±1.50ab | 58.03±2.20a | 33.28±1.05ab | 30.88±1.02b | 34.63±0.47ab | 5.63±1.02c |
| | 7 | 74.58±1.60ab | 39.91±0.97c | 63.23±1.38abc | 76.19±1.06a | 52.25±0.75bc | 47.75±0.75c | 59.70±0.99abc | 5.62±1.02d |
| | 8 | 82.30±1.25a | 55.75±2.71b | 74.80±1.74ab | 84.42±1.31a | 56.30±0.70b | 55.23±0.54b | 76.57±1.48ab | 7.20±0.79c |
| | 9 | 84.69±1.88ab | 64.92±2.21b | 82.99±2.07ab | 92.39±1.55a | 64.80±0.97b | 65.73±0.73b | 77.54±1.46ab | 7.94±0.91c |
| | 10 | 89.98±1.47abc | 68.78±1.99c | 89.04±1.46abc | 97.10±1.76a | 71.76±1.95bc | 71.15±1.03bc | 93.24±2.93ab | 9.78±0.56d |
| | | <i>S. feltiae</i> 3KG | | | | | | | |
| Doz (IJs) | | 5 IJs | 10 IJs | 50 IJs | 100 IJs | 250 IJs | 500 IJs | 1000 IJs | Kontrol ² |
| Gün | 1 | 2.57±1.01ab | 0.62±1.00ab | 0.00±0.00b | 0.21±0.75b | 0.93±0.85ab | 0.93±0.85ab | 7.00±1.33a | 0.00±0.00b |
| | 2 | 4.23±1.18ab | 4.94±3.84ab | 0.41±0.65ab | 5.63±1.02ab | 3.98±1.77ab | 4.23±1.18ab | 10.24±1.29a | 0.00±0.00b |
| | 3 | 7.75±1.45b | 10.79±3.12b | 3.03±1.25bc | 13.48±0.30b | 9.86±1.94b | 54.11±0.42a | 67.31±0.37a | 0.00±0.00c |
| | 4 | 12.62±1.66bc | 22.52±2.63b | 17.14±1.66b | 17.58±0.25b | 27.25±3.21b | 75.74±2.67a | 84.15±1.11a | 0.41±0.65c |
| | 5 | 18.87±1.12b | 38.70±0.80b | 26.77±2.23b | 34.23±0.89b | 34.15±3.66b | 87.18±2.61a | 86.96±0.99a | 1.65±0.97c |
| | 6 | 27.38±0.51c | 58.34±1.07b | 53.02±1.54bc | 45.83±0.78bc | 46.34±3.13bc | 90.12±2.99a | 92.06±0.91a | 1.65±0.97d |
| | 7 | 52.01±0.95b | 72.99±0.83b | 72.03±1.99b | 61.81±1.33b | 68.97±1.18b | 98.51±1.52a | 96.97±1.25a | 2.57±1.01c |
| | 8 | 55.23±0.79c | 79.66±1.52bc | 75.93±1.53bc | 66.90±1.38bc | 82.62±2.73b | 98.51±1.52a | 99.07±0.85a | 6.48±0.65d |
| | 9 | 62.74±1.12c | 85.24±1.20bc | 84.42±2.44c | 84.34±2.79c | 98.41±2.47ab | 100±0.00a | 99.90±0.36a | 6.48±0.65d |
| | 10 | 77.41±2.17d | 90.20±2.01cd | 91.19±2.02bcd | 92.79±2.23abcd | 98.99±1.82abc | 100.00±0.00a | 99.90±0.36ab | 7.94±0.91e |

¹ Veriler tekrerrlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Tukey testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05)

² Kontrol grubuna nematod izolatu yerine aynı miktarda su verilmiştir

Selvan et al. (1993) ve Koppenhöfer et al. (2004)'e göre *H. bacteriophora*'nın özellikle yüksek sıcaklıklarda etkinliğinin arttığı ve zararlı böceklerin biyolojik mücadelesinde kullanılan çok başarılı bir etmen olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada 10°C'de ölüm oranı 100 IJs konsantrasyonunda, *H. bacteriophora* 11KG izolatında %16.04, *S. feltiae* 3KG izolatında %32.44, *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında %42.78 ve *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %73.09 olarak tespit edilmiştir. 15°C'de 100 IJs böcek¹ dozunda ölüm oranı *H. bacteriophora* 11KG izolatında %81.15, *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %87.03, *S. feltiae* 3KG ve *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında ise böcek ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir. 20°C'de 100 IJs dozunda böcek ölüm oranı *H. bacteriophora* 11 KG izolatında %88.48, *H. bacteriophora* TOK20 izolatında %97.63, *S. feltiae* 3KG izolatı ile *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında ise %100 olarak tespit edilmiştir. Sonuçta *A. obtectus*'a karşı en yüksek ölüm oranı 20°C sıcaklıkta 100 IJs dozunda *S. feltiae* 3KG izolatında tespit edilmiştir.

Kepenekci et al. (2013), patates bitkisinin önemli zararlılarından olan patates güvesi, *Phthorimaea operculella* (Zeller)'ya karşı 25°C ve 1000 IJs konsantrasyonunda uygulanan *S. carpocapsae* Karadeniz izolatının ölüm oranı %96 ve *H. bacteriophora* Aydın izolatının %80, *S. feltiae* Aydın izolatının ise %40 olduğunu tespit etmişlerdir. Buna karşın, bu çalışmada denemeye alınan *S. feltiae* türüne ait her iki izolat (3KG ve Tokat-Emir)'da *A. obtectus*'a karşı %93 ve %99 olarak yüksek ölüm oranlarına neden olmuştur.

Coleoptera türü olan orman zararlısı *Dendroctonus micans* (Kugelann)'a karşı yürütülen bir çalışmada, aynı sıcaklık ve konsantrasyonda, *S. feltiae* (Aydın izolatı) için ölüm oranı %98 tespit edilirken *S. carpocapse* Karadeniz izolatı etkisiz (%40) bulunmuştur (Kepenekci & Atay 2014). Söz konusu olan çalışmasından elde edilen sonuçlar, *S. feltiae*'nin Coleoptera takımına ait türlerde daha etkili olduğunu göstermektedir. Buna karşın Tülek et al. (2015), aynı takımdaki bir depo zararlısı olan *Rhyzopertha dominica* (F.)'ya karşı *S. feltiae* (Aydın izolatı) türünün %28 ölüm oranıyla düşük etki gösterdiğini bildirmektedir. Bu çalışmada kullanılan *A. obtectus* Coleoptera takımına ait bir böcek olup *S. feltiae* türüne ait her iki izolat (3KG ve Tokat-Emir)'ın da etkili olduğu söylenebilir.

Kepenekci (2016), patates bitkisinin önemli zararlılarından olan *Leptinotarsa decemlineata* (Say)'nın son dönem larvalarına karşı gerçekleştirdikleri çalışmada, *S. feltiae* (Aydın izolatı) için %94 ve *H. bacteriophora* (Aydın izolatı) için %83 etki ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar yürütülen bu çalışmayı destekler nitelikte olup *S. feltiae* türüne ait izolatlar yine yüksek etki göstermiştir.

Bu çalışmada alınan sonuçlarda ise *S. feltiae* izolatlarının yüksek etkili tespit edilmesi, EPN türlerine ait izolatların farklı patojenisiteye sahip olmasıyla açıklanabilir. *A. obtectus*'a karşı *S. carpocapsae* (Karadeniz), *S. feltiae* (Aydın) ve *H. bacteriophora* (Aydın) izolatlarının üç ayrı doz (500, 1000 ve 2000 IJs) ve iki ayrı sıcaklıkta (15 ve 20 °C) farklı sıcaklıklardaki etkinlikleri araştıran Atay et al. (2015), *S. carpocapsae* Karadeniz izolatının tüm sıcaklık ve dozlarda en yüksek etkiyi (en yüksek %89.36 ve düşük %67.82) gösteren nematod olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada *S. feltiae* Aydın izolatının etkisinin %60'ı geçmediğini tespit etmişlerdir. Bu nedenle, aynı EPN türüne ait izolatlar, zararlı bir böceğe karşı farklı etkiler gösterebilmektedir. Bu da söz konusu izolatların elde

edildiği bölge, iklim koşulları, elde edildiği alanlardaki bitki deseni ve bu bitkilerde zararlı böcek gruplarına göre değiştiği, dolayısıyla EPN'lerin bölgeye adaptasyon yeteneğine göre farklılık gösterebildiği söylenebilir.

Zararlılarla mücadelede başarılı ve etkili bir sonuç alınabilmesi için en önemli unsurlardan biri zararlı böcek türleri üzerinde en etkili olabilecek EPN türünün uygulanması gerekliliğidir (Gözel 2016). Çünkü bazı nematod türleri oldukça geniş bir konukçu dağılımına sahipken, bazı türler sadece tek bir böcek takımını enfekte edebilmektedir. Sonuç olarak EPN türlerinin zararlı böcekler üzerindeki etkinlikleri farklılık gösterebilmektedir (Hazır et al. 2003). Her EPN türü her konukçu böceği aynı etkinlikle enfekte edememektedir. EPN türlerinin aynı zararlı böcek üzerinde farklı etkinlik gösterebildiği gibi aynı türe ait farklı izolatların da aynı zararlı böcek üzerinde farklı etkinlik gösterebildiği kanısı (Canhilal et al. 2007; Kepenekçi 2004 & 2012; Koçak et al. 2004) yapmış olduğumuz çalışma sonucunu destekler niteliktedir.

Kaynaklar

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Alcazar, J., M., Cervantes & K.V. Raman 1992. Caracterización y patogenicidad de un virus granulosis de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. *Revista Peruana de Entomología*, 35: 107-111.
- Atay, T., N, Güleç, K. Kara, A. Tülek & İ. Kepenekçi 2015. Efficacy of three entomopathogenic nematodes against bean weevil *Acanthoscelides obtectus* Say Coleoptera Bruchidae adults, 5th International Participated Entomopathogens and Microbial Control Symposium, Ankara, 108.
- Atay, T. & İ. Kepenekçi, 2016. Biological control potential of Turkish entomopathogenic nematodes against *Holotrichapion pullum* (Gyllenhal) (Coleoptera, Apionidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26: 7-10.
- BenSalah, H. & R. Aalbu, 1992. Field use of granulosis virus to reduce initial storage infestation of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in North Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 38: 119-126.
- Canhilal, R., M. İmren, H. Toktay, R. Bozbuğa, R., Çetintaş, H., Kütük, Y.E. Özdemir & S. Doğan 2014. Adana ve Kahramanmaraş illerinde entomopatojen nematodların belirlenmesi, Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Antalya, 350.
- Das, G.P., E.D. Magallona & K.V. Raman, 1992. Effects of different components of IPM in the management of the potato tuber moth, in storage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 41: 321-325.
- Deacon, J.W. 1983. Microbial control of pests and diseases, Van Nastrand Reinhold (UK) Co. Ltd., pp. 31-41.
- Gouge, D.H., L.L. Lee & T.J. Henneberry 1999. Effect of temperature Lepidopteran host species on entomopathogenic nematode (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae) infection. *Environmental Entomology*, 28: 876-883.
- Gözel, Ç. 2016. Domates Güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanım Olanakları. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Çanakkale, 104 sayfa.
- Gözel, Ç., A. Kasap & U. Gözel, 2020. Efficacy of Native Entomopathogenic Nematodes on the Larvae of Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 26: 220-225.

- Grewal, P.S., E.E. Lewis, R. Gaugler & J.F., Campbell 1994a. Host finding behavior as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitology*, 108: 207-215.
- Grewal, P.S., S. Selvan & R. Gaugler 1994b. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *Journal of Thermal Biology*, 19: 245-253.
- Haydak, M.H. 1936. A food for rearing laboratory insect. *Journal of Economic Entomology*, 29: 1026.
- Hazır, S., S.P. Stock & N. Keskin 2003. A new entomopathogenic species *Steinernema anatoliense* (Steinernematidae) from Turkey. *Systematic Parasitology*, 55: 211-220.
- Kaya, H.K. 1990. Soil ecology. (Editors: R. Gaugler and H.K. Kaya, Entomopathogenic Nematodes in Biological Control). CRC Press, Boca Raton Ann Arbor Boston, 93-115.
- Keasar, T., A. Kalish, O. Becher & S. Steinberg, 2005. Spatial and temporal dynamics of potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) infestation in field-stored. *Journal of Economic Entomology*, 98: 222-228.
- Kepenekci, İ. 2004. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae). *Russian Journal of Nematology*, 12: 157-160.
- Kepenekci, İ. 2012. Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Nematoloji (Cilt-I), Taksonomik Nematoloji (Cilt-II)]. Eğitim, Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No: 3, LIV+1155 sayfa.
- Kepenekci, İ., A. Tülek, M. Alkan & S. Hazır 2013. Biological control potential of native entomopathogenic nematodes against the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Turkey, *Pakistan Journal of Zoology*, 45: 1415-1422.
- Kepenekci, İ. & T. Atay 2014. Evaluation of aqueous suspension and entomopathogenic nematodes infected cadaver applications against the great spruce bark beetle *Dendroctonus micans* (Kugelann), (Coleoptera: Scolytidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24: 335-339.
- Kepenekci, İ., B. İnal, T. Atay & A. Yeşilayer, 2014. Effect of entomopathogenic nematodes, on the black cherry Aphid, *Myzus cerasi* (F.) (Hemiptera: Aphididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24: 157-161.
- Kepenekci, İ., S. Hazır & A. Özdem, 2015. Evaluation of native entomopathogenic nematodes for the control of the European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* L. (Diptera: Tephritidae) larvae in soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 74-79.
- Kepenekci, İ. 2016. Infectivity of native entomopathogenic nematodes applied as infected host cadavers against the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26: 173-174.
- Kepenekci, İ., T. Atay & M. Alkan, 2016. Biological control potential of Turkish entomopathogenic nematodes against the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Biocontrol Science and Technology*, 26: 141-144.
- Kepenekci, İ., T. Atay, A. Yeşilayer, Y. Yıldırım & H.D. Sağlam, 2018. Investigation of the Effectiveness of Some Entomopathogenic Nematodes [*Steinernema feltiae* (Aydın isolate), *S. carpocapsae* (Blacksea isolate) and *Heterorhabditis bacteriophora* (Aydın isolate)] against Potato Moth [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)] in a greenhouse-potting experiments. 6th ASM International Congress of Agriculture and Environment, 286-299.
- Koçak, E., A. Gökçe & İ. Kepenekci, 2004. Infectivity of Two Isolates of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) in Relation *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae) Adults. Second International Conference on Sunn Pest, Aleppo, Syria, Abstract, 32.

- Koppenhöfer, A.M. 2000. Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrate Pests. (Editors: L.A. Lacey and H.K. Kaya, Nematodes Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology). Dordrecht, The Netherlands. Kluwer, 283-301.
- Koppenhöfer, A.M., E.M., Fuzy, R., Crocker, W. Gelernter & S. Polavarapu, 2004. Pathogenicity of *Steinernema scarabaei*, *Heterorhabditis bacteriophora* and *S. glaseri* to twelve white grub species. *Biocontrol Science and Technology*, 14: 87-92.
- Lery, X., J. Giannotti & A. Taha, 1997. Multiplication of a granulosis virus isolated from the potato tuber moth in a new established cell line of *Phthorimaea operculella*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology*, 33: 640-646.
- Mohammed, M.A. & H.C. Coppel, 1983. Mass rearing of the greater wax moth *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) for small-scale laboratory studies. *Great Lakes Entomologist*, 16: 139-141.
- Molyneux, A.S. 1986. *Heterorhabditis* and *Steinernema* (*Neoaplectana*) spp.: temperature, and aspects of behavior and infectivity. *Experimental Parasitology*, 62: 169-180.
- Pehlivan, E. 1987, Depolanmış ürün zararlıları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ders Teksiri No: 33-1, 35 sayfa.
- Raman, K.V. 1994. Pest management in developing countries. (Editors: G.W. Zehnder, M.L. Powelson, R.K. Jansson and K.V. Raman, Advances in Potato Pest Biology and Management), St. Paul: The American Phytopathological Society, 583-596.
- Ramos-Rodríguez, O., J.F. Campbell & S.B. Ramaswamy, 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 42: 241-252.
- Roux, O., R., Vonarx & J. Baumgartner, 1992. Estimating potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in stored potatoes in Tunisia. *Journal of Economic Entomology*, 85: 2246-2250.
- Selvan, S., R. Gaugler & J.F. Campbell, 1993. Efficacy of entomopathogenic nematode strains against *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 86: 353-359.
- Setiawati, W., R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati & E. Chujoy, 1999. Control of potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*) using an indigenous granulosis virus in Indonesia. *Indonesian Journal of Crop Science*, 14: 10-16.
- Tülek, A., S., Ertürk, İ. Kepenekci & T. Atay, 2015. Efficacy of native entomopathogenic nematode against the stored grain insect pest, *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) adults. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25: 251-254.
- White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*, 66: 302-303.
- Woodring, J.L. & H.K. Kaya, 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: A Handbook of Techniques. Southern Cooperative Series Bulletin No: 331, Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR, 30 pp.
- Yücel, A. 1985. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde baklagillerde zararlı baklagil tohum böcekleri, yayılları, en önemli türün biyo-ökolojisi ve savaş yöntemleri. Doktora Tezi, Diyarbakır Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır, 106 sayfa.

Orijinal araştırma (Original article)

Pamuk unlubiti, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae)'in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) ile biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar¹

Sadık Emre GÖRÜR^{2*}, Kamil KARUT³

Studies on the biological control of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) with *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)

Abstract: The cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), which is a polyphagous pest, causes crop losses in many cultivated plants. Its nymphs and adults are covered with wax and the eggs are in a sac which makes the chemical control of this pest difficult. The green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), is a polyphagous predator used in biological control programs. In this study, the potential for the use of *C. carnea* in the biological control of *P. solenopsis* was investigated. The experiments were carried out in 2018 and 2019 in a climate room (26±5 °C, 65±10% R. H. and 16:8 L:D) and in a greenhouse in cages containing eggplant plants infested with the pest. Larvae of the predator were released in the climate room and greenhouse at 6-10 and 9-15 larvae per plant, respectively. They fed on the pest, *P. solenopsis*, and reduced densities at all release rates in comparison to the controls. The density of the pest, which averaged 300 per leaf in the controls, did not exceed 150 per leaf, even at the lowest release rate of the predator. These results showed that *C. carnea* could be used in biological control of *P. solenopsis*, subject to further testing under field conditions.

Keywords: Green lacewing, Cotton mealybug, eggplant, release rate, biological control

Öz: Polifag bir zararlı olan Pamuk unlubiti, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), üretimi yapılan çok sayıda bitkide ürün kayıplarına neden olmaktadır. Yumurtaların kese içinde, nimf ve ergin bireylerin mum tabakasıyla kaplanmış olması, zararlının kimyasal mücadelesini güçleştirmektedir. Altın gözlü avcı böcek *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) biyolojik mücadele uygulamalarında kullanılan polifag bir avcıdır. Bu çalışmada, *P. solenopsis*'in biyolojik mücadelesinde, *C. carnea*'nin kullanılabilme olanakları araştırılmıştır. Denemeler, 2018 ve 2019 yıllarında, iklim odası (26±5°C sıcaklık, %65±10 oranlı nem ve 16:8 A:K) ve serada, içerisinde *P. solenopsis* ile bulaşık patlıcan bitkileri bulunan kafeslerde gerçekleştirilmiştir. Avcı salımları iklim odası ve sera için sırasıyla bitki başına 6-10 ve 9-15 adet larva olacak şekilde yapılmıştır. Avcı larvaları zararlı ile beslenmiş ve tüm salım oranlarında *P.*

¹Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinin bir bölümünü oluşturmaktadır.

²Adana Biyolojik Mücadele Enstitüsü Müdürlüğü, Yüreğir, Adana

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

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: sadikemre.gorur@tarim.gov.tr

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0002-3181-8724; 0000-0002-1173-7265

Alınış (Received): 14.04. 2021

Kabul ediliş (Accepted): 06.10.2021

solenopsis sayılarının kontrolden düşük olmasını sağlamıştır. Kontrolde yaprak başına ortalama 300 adede ulaşan zararlı yoğunluğu, en düşük salım oranında dahi yaprak başına ortalama 150 adedin üzerine çıkamamıştır. Sonuç olarak, elde edilen bulgular *C. carnea*'nın *P. solenopsis*'in biyolojik mücadelesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Altıngözlü avcı böcek, Pamuk unlubiti, patlıcan, salım oranı, biyolojik mücadele

Giriş

Kimyasal mücadele yönteminin çevre ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri, farkındalığın artmasına, buna bağlı olarak üreticileri daha sağlıklı ürün yetiştirmeye yöneltmektedir. Belirtilen amaca uygun ürün yetiştirmede uygulanabilecek en iyi mücadele yöntemlerinden biri de biyolojik mücadeledir. Bu yöntemde, zararlıları baskı altına almada predatör, parazitoit ve entomopatojenler kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde ürün kayıplarına neden olan zararlı organizmalara karşı kullanılan faydalı böceklerden biri de *Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae)'dır. Polifag bir avcı olan *C. carnea* yaprakbitleri, unlubitler, akarlar, thripsler, yaprak pireleri, antepfıstığı psillidi gibi pek çok küçük ve yumuşak vücutlu eklem bacaklının yanı sıra bazı lepidopter yumurta ve larvalarının avcısıdır (Hassan et al. 1985; Hagley, 1989; Atlıhan et al. 2004; Hassanpour et al. 2009; Huang & Enkegaard 2010; Rouhani & Samih 2012; Shrestha & Enkegaard 2013; Messelink et al. 2016). Günümüzde, özellikle örtüaltı üretiminde zararlılara karşı uygulanan doğal düşmanların kitle halinde üretilip salımı şeklindeki biyolojik mücadele programlarında önemli bir pazar payına sahiptir (van Lenteren 2012). Günümüzde, özellikle örtüaltı üretiminde zararlılara karşı uygulanan doğal düşmanların kitle halinde üretilip salımı, önemli bir pazar payına sahiptir (van Lenteren 2012).

Kısa zamanda hızlıca yayılma yeteneği gösteren Pamuk unlubiti, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), polifag bir zararlı olup çoğunluğu Apocynaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Malvaceae ve Solanaceae familyasında yer alan bitki türlerinde olmak üzere; pamuk, patlıcan, domates, biber, soya, susam, bamya, ayçiçeği, süs bitkileri, yabancıotlar gibi pek çok bitkide beslenerek kalite ve kantite kayıplarına neden olmaktadır (Culik & Gullan 2005; Kaydan et al. 2013; Ibrahim et al. 2015; Gebregergis 2018; Spodek et al. 2018; Langham 2019). Yumurtaların kese içinde olması; nimf ve ergin vücudunun ise mum tabakasıyla kaplanmış olması, *P. solenopsis*'le kimyasal mücadeleyi güçleştirmektedir (Sahito et al. 2011).

Son yıllarda Pakistan ve Hindistan'da pamuk tarımında önemli zararlı bir tür haline gelen *P. solenopsis*, Hindistan'da pamukta yaklaşık %35 ürün kayıplarına neden olmaktadır (Abbas et al. 2009; Vennila et al. 2010). Pamuk unlubiti Türkiye'de ilk olarak 2012 yılında tespit edilmiştir (Kaydan et al. 2013). Türkiye'de *P. solenopsis*'in park ve bahçelerdeki süs bitkilerinde, hobi bahçelerindeki sebzelerde zarar yaptığı; pamuk ve sebzelerde ise yoğun ilaçlamadan dolayı zarar yapmadığı gözlenmiştir. Ancak ilaçlanamayan parsel kenarları gibi yerlerde bitkiyi kısa sürede tamamen kurutarak önemli derecede zarar vermiştir (Kaydan et al. 2013). Türkiye'de sera alanlarında varlığına ilişkin bir kayıt bulunmamasına karşın, İsrail'de seralarda üretimi yapılan biber ve

patlıcan bitkilerinin önemli bir zararlısı olduğu bildirilmiştir (Spodek et al. 2018). Benzer durumun Türkiye’de seracılığın yoğun yapıldığı Akdeniz sahil şeridinde de gerçekleşme potansiyeli bulunmaktadır. Dolayısıyla benzer bir sorun ile karşılaşılması durumunda zararlının seralarda biyolojik mücadelesinde kullanılabilen doğal düşmanlara ihtiyaç duyulacaktır.

Bu çalışmada, patlıcan bitkisinde zararlı *P. solenopsis*’in biyolojik mücadelesinde, avcı böcek *C. carnea*’nın kullanılabilme potansiyelinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Av, *Phenacoccus solenopsis* üretimi

Av üretiminde patates (*Solanum tuberosum* L.) yumruları kullanılmıştır. Bunun için öncelikle sürgünsüz temiz patates yumruları, +5°C sıcaklık ve karanlık ortamda muhafaza edilerek sürgün vermeleri sağlanmıştır. Belirtilen ortamda yaklaşık 10 gün sonra sürgün oluşturan patates yumruları av üretimi için 60x60x80cm ölçülerdeki kafeslere alınmıştır. Daha sonra hazırlanan kafeslere Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü’nde üretimi devam eden *P. solenopsis* kolonisinden sağlanan zararlı ile bulaşık iki adet patates yumrusu aktararak üretime başlanmıştır. Üretim, 27±5°C sıcaklık, %65±10 orantılı nem ve 16:8 A:K aydınlanma süresine sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

Avcı, *Chrysoperla carnea* üretimi

Avcı üretimi 2018 yılında Adana’nın Yüreğir ilçesinde bulunan bir patlıcan tarlasından toplanan erginlerin kültüre alınmasıyla başlanmıştır. Avcı üretimi 26±2°C sıcaklık, %65±5 orantılı nem ve uzun gün (16:8 A:K) aydınlatmalı koşullarda yapılmıştır. Ağzı tülle kapatılmış 10 cm yükseklik ve 10 cm çapındaki plastik kabın içine aktarılan ergin bireyler (her kaptaki 25 adet), Kışmır & Şengonca (1981)’ya göre hazırlanan yapay besin karışımıyla beslenmiştir. Erginlerin bıraktığı yumurtalardan elde edilen larvalar, içinde steril *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) (Ungüvesi) yumurtası bulunan ve kapağında tül olan 5X5X7 cm ölçülerindeki dikdörtgen plastik kaplara tek tek aktarılmıştır. Aktarılan larvalara pupa oluncaya kadar steril *E. kuehniella* yumurtası verilmiştir. Pupalardan elde edilen erginler, ergin üretim kaplarına aktararak üretimin devamlılığı sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan *E. kuehniella* yumurtaları Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü insektaryumundan sağlanmıştır.

***Chrysoperla carnea*’nın etkinliğinin belirlenmesi**

İklim odası çalışmaları

Çalışmalar, 26±5 °C sıcaklık, %65±10 orantılı nem ve 16:8 A:K aydınlanma süresine ayarlı, Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü iklim odasında, 60x60x80 cm ölçülere sahip üstü cam, yanları tülle kaplı kafeslerde yürütülmüştür. Denemelerde kullanılan patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisinin Adana topağı çeşidi fide üreticisi özel bir firmadan sağlanmıştır. Öncelikle *P. solenopsis* denemeye alınacak patlıcan bitkilerine bulaştırılmıştır. Bunun için 20X20 cm ölçülerinde tül parçaları unlubit üretim kafesleri içerisine bırakılarak nimflerin tüle

geçmesi sağlanmıştır. Ardından fideler henüz iki gerçek yapraklı dönemde ve viyoldeyken, av ile bulaşık tüller fideler üzerine bırakılarak nimflerin fidelere bulaşması sağlanmıştır. Unlubit ile bulaşık olan patlıcan bitkisi viyolleri, zararlı popülasyon oluşturmaya kadar $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%65\pm 5$ orantılı nem ve uzun gün (16:8 A:K) aydınlatmalı iklim odalarında kafes içerisinde tutulmuştur. Fideler ortalama 15 cm boya ulaştığında saksılara şaşırtılmış ve binoküler yardımıyla her bitkide bulunan unlubit sayısını belirlemek ve her kafeste eşit sayıda unlubit bulunmasını sağlamak için sayım yapılmıştır. Her bir bitki üzerinde 110 adet *P. solenopsis* nimfi olacak şekilde 10'ar adet saksı, deneme kafesleri içerisine yerleştirilmiştir. Kafeslerden 4 adedine bitki başına 6; 4 adedine bitki başına 10 adet, *C. carnea* larvası (1 ve 2. dönem karışık) salınmıştır. Dört kafese avcı salımı yapılmamış ve kontrol olarak değerlendirilmiştir. Larvaların tamamı (bitki başına 6 ve 10 adet) tek seferde salınmamış, ilk salım, saksıların kafeslere aktarıldığı tarih olan 7 Şubat 2019, 2. salım ise ilk salımdan 40 gün sonra (18 Mart 2019) yapılmıştır. Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre, 3 uygulama ve 4 tekrerrür olacak şekilde kurulmuştur. Kannibalizmi engellemek için larvalar Eppendorf tüplerine tek tek alındıktan sonra kapakları kafes içerisinde açılmış ve larvaların unlubit ile bulaşık bitkiler üzerine geçmeleri sağlanmıştır.

Sera çalışmaları

Sera çalışması 2019 yılı ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü cam seralarında, 2x2x2 m ölçülere sahip tül kafeslerde yürütülmüştür. Denemelerde patlıcan bitkisi kullanılmıştır. Zararlı *P. solenopsis*'in patlıcan bitkilerine bulaştırılmasında kafes çalışmasında açıklanan yöntem kullanılmış, ortalama 15 cm boya ulaşan fideler saksılara şaşırtılmıştır. İlkbahar döneminde bitki başına 120 adet *P. solenopsis* nimfi; sonbahar döneminde ise bitki başına 40 adet *P. solenopsis* nimfi olacak şekilde 10'ar adet saksı, kafesler içerisine yerleştirilmiştir. *Chrysoperla carnea* larva salımı kafes çalışmasında açıklandığı şekilde (1 ve 2. larva dönemleri karışık) yapılmıştır. İlkbahar döneminde ilk *C. carnea* salımı, bitkilerin kafeslere aktarıldığı 27 Mart, ikinci salım 23 Nisan, üçüncü ve son salım ise 18 Mayıs 2019 tarihinde yapılmıştır. Sonbahar döneminde ise ilk *C. carnea* salımı, bitkilerin kafeslere aktarıldığı 13 Kasım, ikinci salım 8 Aralık, üçüncü ve son salım ise 17 Ocak 2020 tarihinde yapılmıştır. Denemeler, tesadüf blokları deneme desenine göre, 3 uygulama ve 4 tekrerrür olacak şekilde kurulmuştur. Uygulamalar bitki başına 9 ve 15 *C. carnea* larva salımı ile kontrolden oluşmuştur. Sadece *P. solenopsis* bulunan kontrol kafeslerine avcı böcek salımı yapılmamıştır.

Örnekleme

Kafes ve sera çalışmalarında benzer yöntem izlenmiş ve her kafesteki 10 adet bitkinin rastgele seçilen birer yaprağı, gözle kontrol yöntemiyle incelenerek zararlının nimf ve ergin dişi dönemleri kaydedilmiştir. Aynı zamanda avcı salımı yapılan kafeslerde tüm bitkilerin toprak üstü aksamı kontrol edilerek görülen avcı böcek dönemleri kaydedilmiştir. Sayımlar 5'er günlük periyotlarda yapılmış ve kontrol kafesindeki bitkiler kurumaya başlayıncaya kadar devam edilmiştir.

İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizlerden önce verilerin 'Normal Dağılım' gösterip göstermedikleri belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda verilerin 'Normal Dağılım' göstermediği saptanmıştır. Normalliğin sağlanması için verilere karekök transformasyonu uygulanmış ancak normallik sağlanamamıştır. Bu nedenle verilere Kruskal-Wallis testi uygulanmış, ortalamalar arasındaki farkın önemi ise Mann-Whitney testi ile saptanmıştır. Çalışmada istatistiksel analizlerin tamamı SPSS 23.0 paket programı ile yapılmıştır.

Bulgular

İklim odası çalışması sonuçları

Kontrol uygulamasında ilk salımdan 5 gün sonra yaprak başına ortalama 118.98 adet olan *P. solenopsis* sayısı 25. günde 295.08 adede ulaşmış ve deneme sonuna kadar bu düzeylerde kalmıştır (Şekil 1). Bitki başına 6 adet avcı larvası salımı yapılan uygulamada yaprak başına ortalama *P. solenopsis* sayıları ilk avcı salımından 30. güne kadar benzer olmuş ve 108.85 ile 153.85 adet arasında değişmiştir. Otuzuncu günden sonra bu değer yaprak başına 68.43 adede düşmüş ve son güne kadar ortalama 31.58 adedin üzerine çıkmamıştır. Bitki başına 10 larva salımı yapılan kafeslerde, salımdan on gün sonra yaprak başına ortalama 59.83 adet olan *P. solenopsis* sayısı sonraki günlerde düşmüş, deneme süresince ortalama 12.53 adedin üzerine çıkmamıştır. Deneme boyunca avcı, *C. carnea* sayıları, 6 larva salımı yapılan uygulamalarda bitki başına 0.83 adedin; 10 larva salımı yapılan uygulamalarda ise bitki başına 1.05 adedin üzerine çıkmamıştır (Şekil 1).

Kontrol ile, 6 ve 10 avcı larva salımı yapılan uygulamalara ait kafeslerdeki toplam ortalama *P. solenopsis* sayıları sırasıyla 260.15, 78.60 ve 15.95 adet/yaprak olmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.001$) (Çizelge 1).

Sera çalışmaları sonuçları

İlkbahar döneminde yürütülen sera çalışmasında avcı salımı yapılmayan Kontrol kafeslerinde ilk salımdan 5 gün sonra yaprak başına 75.20 adet olan *P. solenopsis* sayısı deneme süresince doğrusal bir artış göstermiş ve 55. günde 216.15 adede ulaşmıştır. Bitki başına 9 *C. carnea* larvası salınan uygulamada ise *P. solenopsis* sayıları deneme süresince benzer olmuş, 62.35 ile 76.93 adet arasında değişmiştir. Bitki başına 15 adet avcı larvası salınan uygulamada salımdan beş gün sonra yaprak başına ortalama 60.08 adet olan *P. solenopsis* sayısı 45. günde 24.55 adede düşmüştür. Avcı salımı yapılan uygulamalarda bitki başına ortalama *C. carnea* sayıları düşük olmuş ve 0.05 adedin üzerine çıkmamıştır (Şekil 2). Toplam ortalama *P. solenopsis* sayıları 9 ve 15 larva salımı yapılan uygulamalarda kontrolden daha düşük olmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.001$).

Kontrolde yaprak başına ortalama 120.59 olan *P. solenopsis* sayısı, bitki başına 9 ve 15 larva salımı yapılan uygulamalarda sırasıyla, ortalama 68.46 ve 38.61 adet

olmuştur (Çizelge 1). Deneme süresince serada sıcaklık ve nem değerleri sırasıyla 30.75-39.80 (Min.-Max.) ile %48.00-%66.10 (Min.-Max.) arasında değişmiştir.

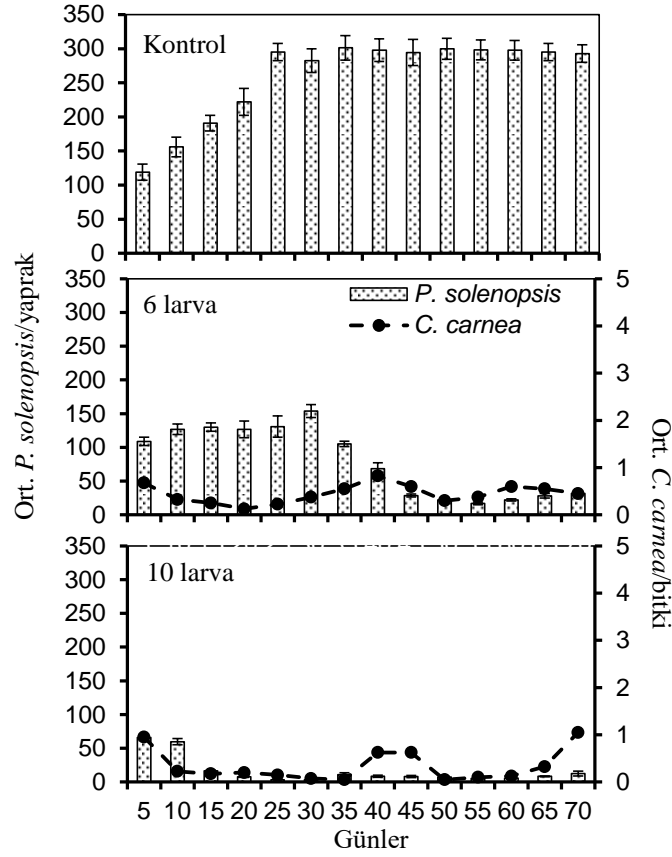
Çizelge 1. İki bin on dokuz yılı ilkbahar ve sonbahar dönemi sera çalışmaları ile iklim odasında yürütülen kafes çalışmasında farklı uygulamalarda saptanan toplam ortalama *Phenacoccus solenopsis* sayıları (adet/yaprak)*

Table 1. The mean total number of *Phenacoccus solenopsis* determined in different treatments in the greenhouse spring and autumn 2019 and the cage study carried out in the climate room (mean number/leaf)*

| Denemeler | Uygulamalar | | |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|
| | Kontrol | 6 larva | 10 larva |
| İklim odası | 260.15 ± 16.53 a | 78.60 ± 13.83 b | 15.95 ± 5.40 c |
| | Kontrol | 9 larva | 15 larva |
| Sera (İlkbahar) | 120.59 ± 13.64 a | 68.46 ± 1.47 b | 38.61 ± 3.65 c |
| Sera (Sonbahar) | 56.68 ± 5.57 a | 28.03 ± 2.11 b | 4.09 ± 0.74 c |

*Sattırda aynı harfi içeren ortalamalar arasında Mann-Whitney testine göre istatistiksel olarak fark yoktur.

Sonbahar döneminde yürütülen sera çalışmasında, kontrol uygulamasında ilk salımdan 5 gün sonra yaprak başına ortalama 21.83 adet olan *P. solenopsis* sayıları 55. günde ortalama 75.83 adede çıkmış ve deneme sonuna kadar bu düzeyde devam etmiştir. Bitki başına 9 avcı larvası salınan uygulamada yaprak başına ortalama *P. solenopsis* sayıları 30. güne kadar doğrusal bir artış ile ortalama 45.08 adede kadar yükselmiş, sonraki günlerde azalmakla beraber ortalama 16.70 ile 27.90 arasında değişmiştir. Bitki başına 15 larva salımı yapılan uygulamada ise yaprak başına *P. solenopsis* sayıları deneme süresince düşük olmuş, ortalama 12.35 adedin üzerine çıkamamıştır. Deneme boyunca avcı, *C. carnea* sayıları, 9 larva salımı yapılan uygulamalarda bitki başına 0.08 adedin; 15 larva salımı yapılan uygulamalarda ise bitki başına 0.18 adedin üzerine çıkamamıştır (Şekil 3). Toplam ortalama *P. solenopsis* sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmış ($p<0.001$), en düşük değer 4.09 ile bitki başına 15 larva salımı yapılan uygulamada elde edilmiş, bunu 28.03 ile 9 larva salımı yapılan uygulama ve 56.68 ile kontrol izlemiştir (Çizelge 1). Deneme süresince serada sıcaklık ve nem değerleri sırasıyla 17.41-32.91 (Min.-Max.) ile 55.32-84.60 (Min.-Max.) arasında değişmiştir.

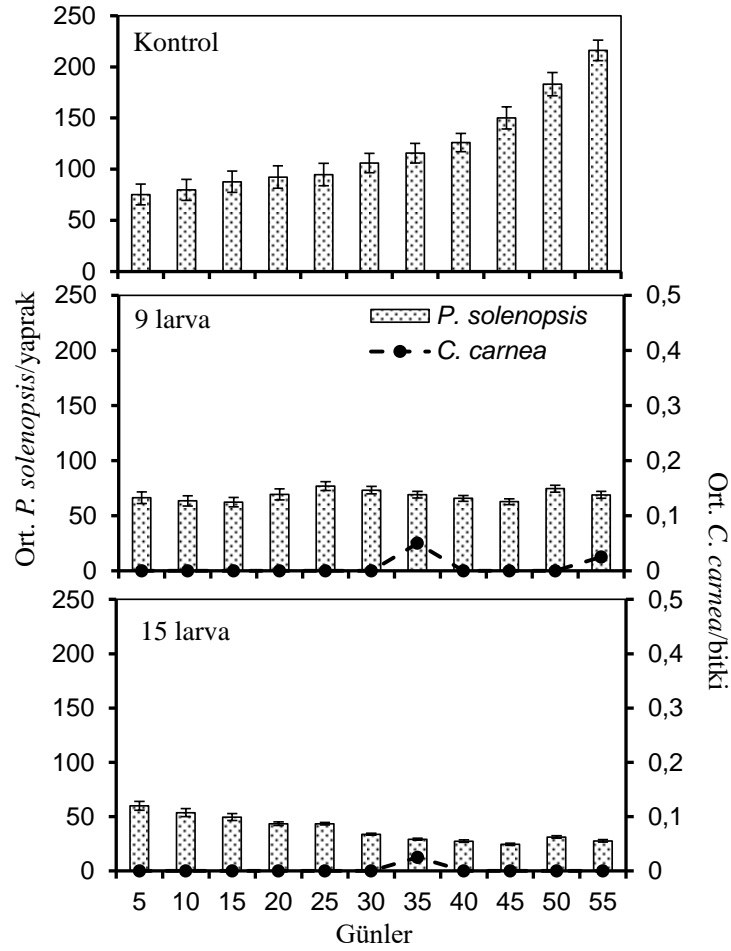


Şekil 1. İki bin on dokuz yılında iklim odasında yürütülen çalışmada, kontrol, 6 ve 10 adet *Chrysoperla carnea* larvası salınan kafeslerde ortalama *Phenacoccus solenopsis* ve *Chrysoperla carnea* sayıları

Figure 1. The mean numbers of *Phenacoccus solenopsis* and *Chrysoperla carnea* in cages in which control, 6 and 10 *Chrysoperla carnea* larvae were released in the study carried out in the climate chamber in 2019.

Tartışma

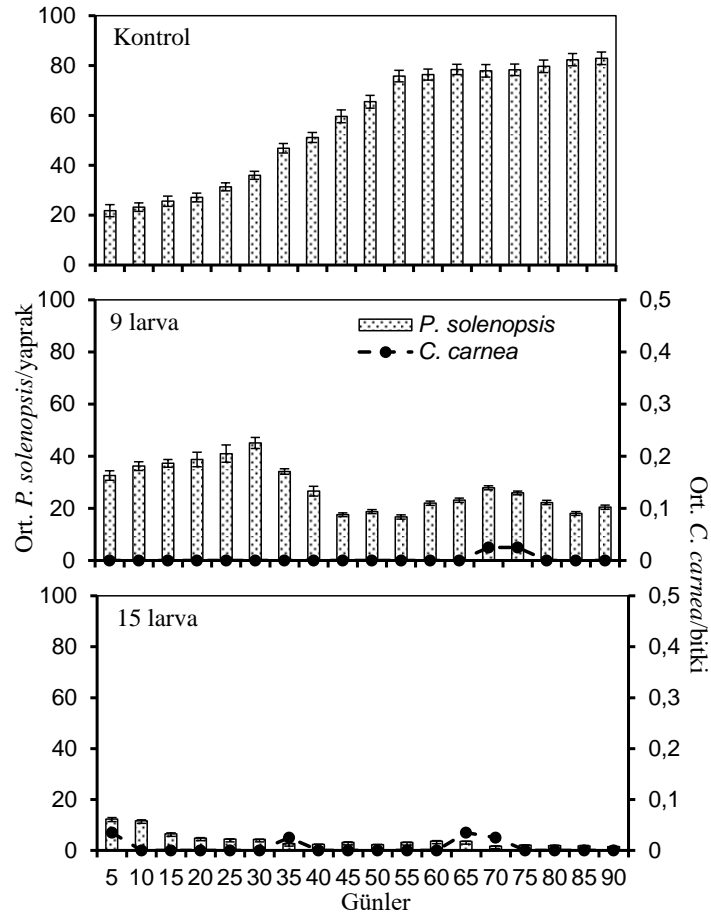
Genel avcı olan *C. carnea* her ne kadar yaprakbiti gibi bazı böcek gruplarını daha fazla tercih etse de, bu çalışmada larvalar *P. solenopsis* ile beslenmiş ve salım yapılan uygulamalarda “Kontrol” ile karşılaştırıldığında *P. solenopsis* sayılarının düşük olmasına neden olmuştur. Sattar et al. (2011) aralarında *P. solenopsis*’inde bulunduğu avlar arasında *C. carnea*’nın en fazla Ungüvesi yumurtalarını tercih ettiğini, bunu yaprakbiti *A. gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)’nin izlediğini saptamışlardır. Benzer şekilde El-Zahi (2017) *C. carnea*’nın yaprak biti ile karşılaştırıldığında *P. solenopsis*’i daha az tercih ettiğini ancak avcının unlubitin biyolojik mücadelesinde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Rashid et al. (2012) *P. solenopsis*’in birinci nimf döneminin *C. carnea* larvaları tarafından daha fazla tercih edildiğini ve avcının zararlı ile biyolojik mücadelede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 2. İki bin on dokuz yılı ilkbahar döneminde serada yürütülen çalışmada kontrol, 9 ve 15 adet *Chrysoperla carnea* larvası salınan kafeslerde ortalama *Phenacoccus solenopsis* ve *Chrysoperla carnea* sayıları

Figure 2. The mean numbers of *Phenacoccus solenopsis* and *Chrysoperla carnea* in the cages in which control, 9 and 15 *Chrysoperla carnea* larvae were released in the study carried out in the greenhouse in the spring of 2019.

İklim odası çalışmasında 10, sera çalışmalarında bitki başına 15 larva salımı yapılan uygulamalarda *P. solenopsis* popülasyonu, aynı sırayla bitki başına 6 ve 9 larva salınan uygulamalardan daha düşük olmuştur. Her ne kadar sera ortamında da denemesi gerekse de bu sonuç bitki başına en az 10 larva salımının zararlının popülasyonunu baskı altına almada yeterli olduğunu göstermektedir. Samah (2018), bu denemede uygulanan salım oranına yakın bir oranda (10:100 ; avcı:av) pamuk bitkisinde avcının başarılı olduğunu ve belirtilen salım oranında *P. solenopsis* tüketim miktarının %92.4'ün üzerinde olduğunu bildirmiştir. Biber ve kabak bitkilerinde yürütülen bir başka çalışmada Alghamdi et al. (2018), bitki başına 10 adet *C. carnea* larva salımının yapıldığı uygulamalarda yaprakbiti ve beyazsinek popülasyonlarının %90'dan fazla azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 3. İki bin on dokuz yılı sonbahar döneminde serada yürütülen çalışmada kontrol, 9 ve 15 adet *Chrysoperla carnea* larvası salınan kafeslerde ortalama *Phenacoccus solenopsis* ve *Chrysoperla carnea* sayıları

Figure 3. The mean numbers of *Phenacoccus solenopsis* and *Chrysoperla carnea* in the cages in which control, 9 and 15 *Chrysoperla carnea* larvae were released in the study carried out in the greenhouse in the autumn of 2019.

Yürütülen çalışmaların tamamında salım yapılan uygulamalarda avcı, zararlıyı baskı altına alabilmiş ancak popülasyonu bitki başına ortalama 1.05 adedin üzerine çıkamamıştır. Bu durumun neden kaynaklandığı tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak, *C. carnea* larvalarının *P. solenopsis* ile beslenebilmesine karşın, avın avcının biyolojisini tamamlamak için yeterli olmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Zheng et al. (1993) avcının üçüncü larva döneminde uygun besinle yeterli miktarda beslenmesi ile pupa ağırlıkları arasında pozitif bir ilişki olduğunu, bu durumun daha iri ve üreme potansiyeli yüksek dişi bireylerin gelişmesine, dolayısıyla yeni döllerin devam etmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Sattar et al. (2011) farklı besinler ile beslenen *C. carnea* larvalarının, avcı popülasyonuna etkilerini belirledikleri laboratuvar çalışmasında,

Ungüvesi yumurtası ile beslenen *C. carnea* larvalarının tamamının, *P. solenopsis* nimfleri ile beslenen larvaların ise %62.5'inin ergin olabildiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışma, örtüaltı patlıcan yetiştiriciliğinde sorun olması durumunda *P. solenopsis*'in biyolojik mücadelesinde avcı *C. carnea*'nın başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak her ne kadar iki deneme sera ortamında kafes içerisinde yürütülmüş olsa da elde edilen sonuçlar doğrudan sera ortamında yürütülecek çalışmalar ile desteklenmelidir.

Teşekkür

Projeyi destekleyen Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne (TAGEM-BSAD/A/18/A2/P5/473) ve *Phenacoccus solenopsis*'in tür tanısını yapan Prof. Dr. Bora KAYDAN'a (Çukurova Üniversitesi) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abbas G., Arif, M. J. S. Saeed & H. Karar, 2009. A new invasive species of genus *Phenacoccus cockerell* attacking cotton in Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11:54-58.
- Alghamdi A., S. Al-Otaibi & S. M. Sayed, 2018. Field evaluation of indigenous predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28:1-8.
- Atlıhan R., B. Kaydan & M. A. Özgökçe, 2004. Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *Journal of Pest Science*, 77: 17-21.
- Culik M. P. & P.J. Gullan, 2005. A new pest of tomato and other records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Espirito Santo, Brazil. *Zootaxa*, 964:1-8.
- El-Zahi S. E., 2017. Preference and predatory potential of *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Coccinella undecimpunctata* Linnaeus on *Phenacoccus solenopsis* Tinsley: A new threat to the Egyptian economic crops. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(4):837-843.
- Gebregergis Z., 2018. Incidence of a new pest, the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, on sesame in North Ethiopia. *International Journal of Zoology*, Article ID 3531495, <https://doi.org/10.1155/2018/3531495>.
- Hagley E.A.C., 1989. Release of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) for control of the Green Apple Aphid, *Aphis pomi* Degeer (Homoptera: Aphididae). *The Canadian Entomologist*, 121 (4/5): 309-315.
- Hassan S.A., F. Klingauf & F. Shahin, 1985. Role of *Chrysopa carnea* as an aphid predator on sugar beet and the effect of pesticides. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 100: 163-174.
- Hassanpour M., G. Nouri-Ganbalani, J. Mohaghegh & A. Enkegaard, 2009. Functional response of different larval instars of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7:424-428.
- Huang N. & A. Enkegaard, 2010. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. *BioControl*, 55(3):379-385.
- Ibrahim S. S., F. A. Moharum & N. M. Abd El-Ghany, 2015. The cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) as a new insect pest on tomato plants in Egypt. *Journal of Plant Protection Research*, 5: 48-51.

- Kaydan M. B., A. F. alıskan & M. R. Ulusoy, 2013. New record of invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Turkey. *EPPO Bulletin*, 43(1): 169-171.
- Kiřmir A. & . şengonca, 1981. *Anisochrysa carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae)'nın kitle üretim ynteminin geliştirilmesi üzerinde alışmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 5 (1) : 35 – 41.
- Langham D. R., 2019. Sesame pests - a review, part 1 WP1. Technical Report, 285p., June 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/333732200_Sesame_pests_-_a_review_part_1_WP1 (Erişim Tarihi: 01.10.2020).
- Messelink G.J., R. Vijverberg, A. Leman & A. Janssen, 2016. Biological control of mealybugs with lacewing larvae is affected by the presence and type of supplemental prey. *BioControl*, 61(5): 555-565.
- Rashid M. M., M. K. Khattak, K. Abdullah, M. Amir, M. Tariq, & S. Nawaz, 2012. Feeding potential of *Chrysoperla carnea* and *Cryptolaemus montrouzieri* on cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis*. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(3):639-643.
- Rouhani M. & M. A. Samih, 2012. Functional response of *Chrysoperla carnea* larvae to *Aphis punicae*, *Empoasca decipiens* and *Agonoscena pistaciae*. *International Journal of Agricultural Research Review*, 2: 535-541.
- Sahito H.A., H. A. Ghulam, S. S. Tajwer, M. A. Shafique, M. Bhugro & M. Sakhawat, 2011. Screening of pesticides against cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and its natural enemies on cotton crop. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1(9):232-236.
- Samah S. I., 2018. Study on cotton host plants of mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) and efficiency release the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) for its controlling on cotton plants in Egypt. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 9 (3): 247-252.
- Sattar M., G. H. Abro & T.S. Syed, 2011. Effect of different hosts on biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 43(6): 1049-1054.
- Shresthaa G. & A. Enkegaard, 2013. The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: Preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Insect Science*, 13: 94.
- Spodek M., Y. Ben-Dov, L. Mondaca, A. Protasov, E. Erel & Z. Mendel, 2018. The cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Israel: pest status, host plants and natural enemies. *Phytoparasitica*, 46 (1): 45-55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0642-1>
- van Lenteren J.C., 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57:1-20.
- Vennila S., V. V. Ramamurthy, A. Deshmukh, D. B. Pinjarkar, M. Agarwal, P. C. Pagar, Y. G. Prasad, M. Prabhakar, K. R. Kranthi & O. M. Bambawale 2010. A treatise on mealybugs of central Indian cotton production system. Technical Bulletin No. 24, p: 39. National Centre for Integrated Pest Management, New Delhi, India.
- Zheng Y., K. M. Daane, K. S. Hagen & T. E. Mittler, 1993. Influence of larval food consumption on the fecundity of the lacewing *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 67(1):9-14.

Orijinal araştırma (Original article)

**The interaction of the mycorrhizae of the fungus
Rhizophagus irregularis (Walker & Schüßler, 2010)
(Glomerales: Glomeraceae) and the stem and bulb nematode
(*Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857) (Tylenchida: Anguinidae)
on the onion plant (*Allium cepa* L.) (Asparagales:
Amaryllidaceae)**

Elif YAVUZASLANOĞLU^{1*}, Gamze AKSAY², Büşra DELEN², Ahmet ÇETİNKAYA²

**Soğan bitkisinde mikoriza (*Rhizophagus irregularis* Walker & Schüßler, 2010)
ve soğan sak nematodunun (*Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857) (Nematoda:
Anguinidae) etkileşimi**

Öz: Soğan sak nematodu ana konukçusu olan soğan bitkisinde önemli ekonomik kayıplara neden olan bir bitki paraziti nematod türüdür. Mikoriza bitki gelişimini ve sistemik dayanıklılığını artırarak bitkileri çoğu hastalık ve zararlı etmenlerine karşı dayanıklı hale getirmektedir. Ancak soğan sak nematodu ile ilişkisine yönelik ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Soğan bitkisinde mikorizanın soğan sak nematodu üzerine etkisi araştırılmıştır. Mikoriza soğanda nematod penetrasyonu ve üremesini önemli oranda etkilememiştir. Ortalama penetrasyon oranları mikorizalı ve mikorizasız bitkilerde sırasıyla %13.5 ve %7.5 olarak belirlenmiştir. Üreme oranı büyütme dolabında 0.6-1.3 kat, serada 0.7-3.6 kat olarak elde edilmiştir. Bitki ağırlığı uygulamalarda 0.9-2.2 g arasında kayıt edilmiştir. Mikorizanın soğan bitkisinin gelişimini artırarak soğan sak nematoduna toleransını artırması nedeniyle, soğan sak nematodunun bulaşık olduğu soğan yetiştirme alanlarında yaygınlaştırılması faydalıdır.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, Soğan sak nematodu, nematod bitki matar interaksyonu, nematod penetrasyon oranı, nematod üreme oranı

Abstract: The stem and bulb nematode, *Ditylenchus dipsaci*, is a plant parasite that causes significant economic losses to growers of the main host plant, onion. Fungal mycorrhizae can increase plant growth and induce systemic resistance against many diseases and pests. However, no evidence of a detailed study was found regarding the relationship of mycorrhizae with *D. dipsaci*. In this study, the effects of the mycorrhizae of the fungus, *Rhizophagus irregularis*, on *D. dipsaci*, the stem and bulb nematode, on the onion plant, *Allium cepa*, were investigated. The mycorrhizae did not significantly reduce nematode penetration and multiplication on onion plant roots. Mean penetration rates for mycorrhizal and non-mycorrhizal plants were 13.5% and 7.5%, respectively. The

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü-70100, Karaman

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 70100, Karaman

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: eyavuzaslanoglu@kmu.edu.tr

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0002-5836-7011; 0000-0002-6363-1905; 0000-0002-1558-0015; 0000-0001-9794-4363

Alınış (Received): 30.06.2021

Kabul edilmiş (Accepted): 23.08.2021

multiplication rate was between 0.6 and 1.3 in a growth chamber and 0.7 and 3.6 in a greenhouse. Fresh plant weight was 0.9-2.2 g in the greenhouse. Since the mycorrhizae of *R. irregularis* increased the growth of the onion plant by increasing its tolerance to *D. dipsaci*, it would be beneficial to increase mycorrhizal levels in onion growing areas where *D. dipsaci*, the stem and bulb nematode, is present.

Key words: mycorrhiza, stem and bulb nematode, nematode-plant-fungi interaction, nematode penetration rate, nematode reproduction factor

Introduction

The stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857) (Tylenchida: Anguinidae) causes damage to more than 500 plant species (Sturhan & Brzeski 1991). Yield losses of up to 80% occur across the world, including Turkey (Mennan & Ecevit 2002; Duncan & Moens 2006; Yavuzaslanoglu et al. 2015). The stem and bulb nematode develops in the intercellular spaces in the aboveground parts of the onion plant, causing the disintegration of the tissues and changes in the plant's physiology. It decreases market value by causing rotting of onion tubers (Yavuzaslanoglu 2019).

Mycorrhizal species of fungi form a symbiotic relationship with plant roots; fungi transport water and nutrients from the deep layers of the soil to the plant and have a growth environment within the plant for itself (Fitter et al. 2011). It has been reported that mycorrhizal fungi are particularly effective in transporting phosphorus and zinc to plants (Özdemir et al. 2010).

Endomycorrhizal fungi adapt well to cultivated plants, especially colonizing the onion plant well and producing significant increases in onion yield (Ames 1989; Bolandnazar 2009; Rozpadek et al. 2016). Elsen et al. (2008) found that arbuscular mycorrhizae reduced the populations of the plant parasitic nematodes, *Rodopholus similis* (Cobb 1893) Thorne, 1949 and *Pratylenchus coffeae* Goodey, 195 by more than 50%. Jaisme-Vega et al. (1997) reported that *Glomus mosseae* (T.H.Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe reduced root knot nematode galls by 34%-64% in the banana plant. Also, Jaisme-Vega & Rodriguez-Romero (2004) reported that mycorrhizae reduced the lesion rate due to *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen, 1953, but the nematode population did not differ from the control.

Mycorrhizae are found widely in agricultural areas (Ortaş 1997). They are environmentally friendly plant protection agents. However, no detailed study was located regarding the interaction of mycorrhizae and the stem and bulb nematode. In this study, the aim was to determine whether mycorrhizae are effective in controlling the stem and bulb nematode under controlled conditions. For this purpose, the effect of mycorrhizae on the penetration and reproduction of the stem and bulb nematode on onion plants was investigated under growth chamber and greenhouse conditions.

Materials and methods

Origin and identification of the stem and bulb nematode

The efficacy of mycorrhizal inoculation against the stem and bulb nematode was investigated using a population of the stem and bulb nematode. Culture of stem and bulb nematodes was established on sterile carrot discs from one female and one male nematode from a garlic plant obtained from Karaman Province (latitude: 37,10351; longitude: 33,117) and maintained (Yavuzaslanoglu & Aksay 2021). Nematodes were extracted by washing the carrot discs with sterile tap water for the experiments.

The identification of the stem and bulb nematode was performed according to the methodology of Yavuzaslanoglu et al. (2018). It was identified as *Ditylenchus dipsaci* by obtaining bands at 327, 396, 967, 256, 325 and 245 bp using the species specific primers, PF1/PR1, PF2/PR2, 18S/26S, Dip1R/ DipUF, Dit2F/Dit2R and Dit5F/Dit5R, respectively.

Origin and application of mycorrhizae

A commercial preparation named "Great White Granular 1" (132 propagules / g) (Hidroteks Agricultural Products Industry and Trade Limited Company, Istanbul, Turkey) of the endomycorrhizal fungal species, *Rhizophagus irregularis* (Walker & Schüßler, 2010) (formerly *Glomus intraradices*), was used in the experiments. The mycorrhizal product was applied at the rate of 2.376 propagules / 7 L of pot soil, as per the producer's instructions.

Growing onion plants for the experiments

Onion plants of the variety Betapanko (Beta Seeds, Konya, Turkey), which is susceptible to the stem and bulb nematode (Yavuzaslanoglu 2019), were grown from seed sown in two plastic pots (17x15x15 cm) containing 6 L of field soil autoclave-sterilised at 121 °C for 120 minutes, then treated or untreated with mycorrhizae, at 20 °C, 70% humidity and 16: 8 hours day: night period, in a growth chamber.

Determination of mycorrhizal infection rate of onion roots

Mycorrhizae infected plants were grown for 9 weeks or 20 weeks for the experiments. To determine the rate of mycorrhizal infection at 9 and 20 weeks, 5 of the mycorrhizal plants were carefully pulled out of pot; the roots were then gently washed in running water and cut into 1 cm lengths. The cut root pieces were placed in 9 cm diameter glass Petri dishes and stained according to the methodology of Koske & Gemma (1989) to determine the mycorrhizal infection rate. Potassium hydroxide (KOH, 10%) was added to the cut roots in the Petri dishes which were placed in an incubator at 65 °C for 1 hour. After that, the Petri dishes were removed from the incubator and the KOH was drained from them. The roots were then washed with distilled water. Then, 2 N hydrochloric acid (HCl) was added to the roots in the same Petri dishes. The Petri dishes were then placed in the incubator for 10 minutes at 65 °C. After draining the HCl, sufficient 0.1% trypan blue stain was added to the remaining roots in the Petri dishes. The Petri dishes

were then placed in the incubator for 15 minutes at 65 °C. In the last stage, the trypan blue was drained from the Petri dishes and lactic acid was added. For the last time, the Petri dishes were placed in the incubator (65 °C for 15 minutes). The stained roots in the Petri dishes were examined under a stereo microscope (Olympus SZ61). Numbers of infected mycorrhizae hyphae were counted on a template marked with a 1 cm² grid, according to the gridline intersection method of Giovannetti & Mosse (1980). The percentage infection rate was determined with the following formula:

$$\text{Infection (\%)} = \frac{\text{Roots Infected with Mycorrhizae}}{\text{Total Number of Roots}} \times 100$$

Nematode penetration experiment

Nine-week-old mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants were placed in Petri dishes containing 20 mL of water agar (2% agar, w: v), with one plant per Petri dish and 10 replications. Immediately afterwards, 400 individuals of all stages of *D. dipsaci* were inoculated in 10 µL of sterile tap water to the root collar of each plant, i. e., where the root and stem meet. The Petri dishes were then incubated at 20 °C in darkness for 3 days.

At the end of the experiment, the mycorrhizal and non-mycorrhizal plants were removed from the Petri dishes and separately stained with acid fuchsin stain. The staining process was carried out as follows; the plants in each treatment were placed in 4% NaOCl for 5 minutes to lighten their colour. The plants were then washed 3 times with sterile tap water. Following that, the plants were placed in a 250 ml beherglass beaker containing 100 ml of stain solution comprising 87.5 ml of lactic acid, 6.3 ml of glycerol, 6.2 ml of water and 0.01 g of acid fuchsin stain. The contents of each beaker were then heated in a microwave oven for 30 seconds. The plant material was then placed in a Petri dish and allowed to cool. After cooling it was washed several times with tap water. In order to remove the excess stain, equal volumes (2-3 ml) of glycerol and distilled water and a few drops of lactic acid were added onto the plant in the Petri dish. The plant was then squeezed between two slides and the nematodes were counted under the microscope, as per the methodology of Hooper et al. (2005). The trial was repeated twice in the same way.

Nematode reproduction experiment under growth chamber conditions

In order to determine the effect of mycorrhizal treatment on the reproduction of the pest nematode, 300 ml of sterile sand: field soil (1: 2 v: v) was added to pots (7x7x7 cm). The sterilization of the soil was carried out in an autoclave for 120 minutes at 121 °C. Nine-week-old mycorrhizal and non-mycorrhizal plants were both transplanted into 20 pots, one plant per pot, at the 2-3 leaf stage. In each mycorrhizal treatment, 10 of the plants were inoculated between two leaves and 10 of them were inoculated via the soil around the plant 2 times with 200 nematodes in 10 µl water with a 4 day interval.

The labelled pots were then placed in a plant growth chamber in a factorial completely randomized plot arrangement. The factors were two nematode application treatments and one mycorrhizal treatment. The plants were grown for 6

weeks at 20 °C, 70% humidity, and 16 hours light and 8 hours darkness. The plants were watered weekly with 40 ml of water and with “Hoagland solution” at three weeks intervals to provide plant nutrients (Hothem et al. 2003). Finally, the nematodes were extracted from the plants and soil in each pot over a 24 hour period by using a modified "Baermann Funnel Method" and counted at 20x magnification under a microscope (details described earlier) (Hooper et al. 2005).

Nematode reproduction experiment under greenhouse conditions

Reproduction of the stem and bulb nematode was also investigated under greenhouse conditions from March to June 2021 for 14 weeks. Two parallel experiments with the same experimental design were set up at the same time using 20 weeks old mycorrhizal and non-mycorrhizal onion seedlings. The experiments were established with a factorial completely randomized plot design with 5 replications. The two factors were mycorrhizal treatment and nematode treatment. Two plants were transplanted into each round pot (19 x19 cm) containing 6 L of a non-sterile sand: field soil mixture (1:2 v:v).

The nematode treated plants were inoculated after transplanting; 400 nematodes were inoculated onto each plant, with the same procedure as in the growth chamber experiment.

The pots were irrigated weekly with 250 ml of water and nutrients were supplied with “Hoagland solution” at three week intervals (Hothem et al. 2003).

The nematodes were extracted together from the two plants from each nematode inoculated pot over a 3 day period by using the modified "Baermann Funnel" method. Nematodes were counted at 20x magnification under a microscope, (details described earlier) (Hooper et al. 2005). Data are presented as the number of nematodes per plant. The fresh plant weight of all plants was also measured.

Statistical analysis

In order to determine the effect of mycorrhizal treatment on the nematode penetration rate in the Petri dish experiment, ANOVA was performed.

Differences in the reproduction factor (R_f) of nematodes from the effects of mycorrhizal and nematode inoculation treatments in the growth chamber were investigated with ANOVA.

The effects of mycorrhizal and nematode treatments on the fresh weight of onion plants and nematode reproduction in the greenhouse experiment were also investigated with ANOVA.

The two replications of the experiments were evaluated separately. Prior to statistical analysis, nematode counts in the nematode reproduction experiments in the growth chamber and greenhouse were transformed to $\ln(x+1)$ values to normalise the data. Statistical analysis was performed with JMP© 5.0 software (JMP, 2020). The differences between means were accepted as significantly different at the 5% level ($p < 0.05$).

Results and discussion

Mycorrhizal colonization was calculated as 60% and 79.5% on 9- and 20-weeks old plant roots, respectively. A microscope image of fungal mycorrhizal hyphae colonizing the roots of onion plants is presented in Figure 1.

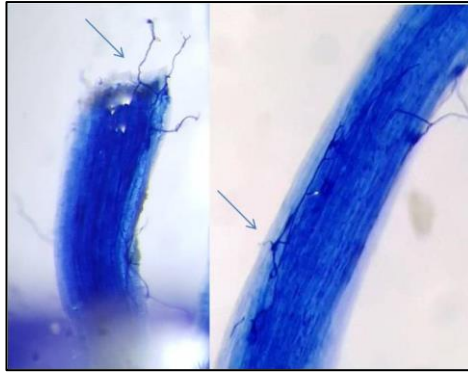


Figure 1. Microscopic view of fungal mycorrhizal hyphae on the roots of onion plants (arrows indicate mycorrhizal hyphae).

The numbers of nematodes that penetrated the mycorrhizal and non-mycorrhizal plants in both Petri dish experiments were not significantly different statistically. In the first experiment, a mean of 47 nematodes (11.8%) penetrated each mycorrhizal plant, whereas a mean of 29 (7.3%) nematodes penetrated each non-mycorrhizal plants. In the second experiment, means of 61 (15.3%) and 31 (7.8%) nematode penetrations were observed in the mycorrhizal and non-mycorrhizal plants, respectively (Table 1).

Table 1. Number of nematodes that penetrated onion plants, with and without mycorrhizal inoculation, after 3 days in two Petri dish experiments (mean \pm std error of mean and t test group)

| Experiment 1 | | Experiment 2 | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mycorrhiza + | Mycorrhiza - | Mycorrhiza + | Mycorrhiza - |
| 47 \pm 8.3 a | 29 \pm 8.3 a | 61 \pm 8.3 a | 31 \pm 8.3 a |

There was no significant difference in the nematode reproduction factors of the mycorrhizal and nematode inoculation treatments in both trials under growth chamber conditions at 6 weeks after experiment.

In the first experiment, the reproduction factor (R_f) for nematodes inoculated onto the soil containing mycorrhizal plants was 1.1, and the mean reproduction factor of nematodes inoculated onto leaves was 1.3. For the non-mycorrhizal plants, the R_f values for nematodes inoculated onto the soil and the leaves were both 1.3 (Table 2).

In the second experiment, the R_f values for nematodes inoculated onto the soil and the leaves of mycorrhizal plants were both 0.8. For the non-mycorrhizal onion

plants, the R_f values for nematode inoculation onto the soil and leaves were 0.7 and 0.6, respectively (Table 2).

Table 2. Reproduction factor (R_f) of nematodes inoculated onto soil and leaves of mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants after 6 weeks in two experiments in a growth chamber (mean \pm std error of mean and t test group)

| Experiment Number | Mycorrhizae + | | Mycorrhizae - | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Soil Inoc. | Leaf Inoc. | Soil Inoc. | Leaf Inoc. |
| 1 | 1.1 \pm 0.3a | 1.3 \pm 0.3a | 1.3 \pm 0.4a | 1.3 \pm 0.3a |
| 2 | 0.8 \pm 0.2a | 0.8 \pm 0.1a | 0.7 \pm 0.1a | 0.6 \pm 0.1a |

Gera Hol & Cook (2005) reported that mycorrhizae reduced the numbers of root knot nematodes by an average of 14% and cyst nematodes by 5%. However, the number of migratory endoparasitic nematodes increased with the application of mycorrhizae. The same authors also reported that sedentary endoparasitic nematodes have competitive relationships with mycorrhizal fungi for sites and nutrients in roots. Elsen et al. (2008) determined that arbuscular mycorrhizae reduced the numbers of *Rodopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*, which are migratory endoparasitic nematodes, by more than 50% in pot experiment. On the other hand, as in our study, Jaisme-Vega & Rodriguez-Romero (2004) reported that there was no difference between the number of *Pratylenchus goodeyi* in mycorrhizae-inoculated and control banana plants.

Plant roots infected with mycorrhizae release compounds with antioxidant properties, such as phytoalexin, phenolics (Morandi 1996), and arginine and isoflavanoids (Caron 1989). In the present study, the aim was to determine whether these compounds, which are secreted from roots in response to mycorrhizal infection; have an inhibitory effect on the infection of onion plants by nematodes inoculated into the soil. However, in this study, a statistically significant difference was not observed between soil inoculation and plant tissue inoculation in the nematode reproduction factor.

Investigation of the effects of mycorrhizal treatment on nematode damage and yield of onion plants in a non-sterile soil medium in a greenhouse did not demonstrate a statistically significant difference due to mycorrhizal treatment in two experiments.

In the first experiment, the mean fresh weight of onion plants in mycorrhizae and nematode treatments were between 1.1 g and 1.4 g at 14 weeks after nematode inoculation. The mean numbers of nematodes at harvest were 276 and 1445 in mycorrhizae infected and non-infected plants (Table 3).

In the second experiment, the fresh weight of onion plants at 14 weeks after nematode inoculation was between 0.9 g and 2.2 g (Table 4). The fresh weight of onion plants was higher in mycorrhizae infected plants in both nematode inoculated and non-inoculated treatments in both greenhouse experiments but it was not significant ($p < 0.05$). The nematode numbers of mycorrhizae infected and non-infected plants were 1074 and 1383 nematodes/ plant, respectively (Table 4).

A positive effect of mycorrhizal treatment on onion growth was also demonstrated in earlier studies (Ames 1989; Bolandnazar 2009; Rozpadek et al. 2016).

Table 3. Fresh plant weight of mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants in nematode inoculated and non-inoculated treatments in first greenhouse experiment (mean \pm std error of mean and t test group)

| Treatments | Fresh Plant Weight (g) | | Number of nematodes/ plant |
|---------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| | Nematodes + | Nematodes- | |
| Mycorrhizae + | 1.4 \pm 0.2aA | 1.3 \pm 0.2aA | 276 \pm 235a |
| Mycorrhizae - | 1.4 \pm 0.5aA | 1.1 \pm 0.4aA | 1445 \pm 708a |

“A” indicates comparisons within columns and “a” indicates comparisons within rows with the t test.

In the biological control of plant parasitic nematodes, mycorrhizae cause direct effects through competition for space and nutrients and indirect effects due to the response of the plant to the mycorrhizal infection. The indirect effects include stimulation of the plant defence system and increased plant tolerance to biotic and abiotic stress factors, increased root secretions and changes in microorganism interactions in the rhizosphere (Schouteden et al. 2015).

Table 4. Fresh plant weight of mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants in nematode inoculated and non-inoculated treatments in second greenhouse experiment (mean \pm std. error of mean and t test group)

| Treatments | Fresh Plant Weight (g) | | Number of nematodes/ plant |
|---------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| | Nematode + | Nematode - | |
| Mycorrhizae + | 1.3 \pm 0.3aA | 2.2 \pm 0.3aA | 1074 \pm 715a |
| Mycorrhizae - | 0.9 \pm 0.5aA | 1.9 \pm 0.3aA | 1383 \pm 678a |

“A” indicates comparisons within columns and “a” indicates comparisons within rows by t test.

In the current study, mycorrhizal infection of onion plants did not inhibit the penetration and multiplication of the stem and bulb nematode. However, onion yield losses caused by the stem and bulb nematode could be decreased by the growth-enhancing effects of mycorrhizal infection. In the onion growing areas infested with the stem and bulb nematode, applications of mycorrhizae would be beneficial by increasing the tolerance of onion plant to the stem and bulb nematode.

References

- Ames R. N., 1989. Mycorrhiza development in onion in response to inoculation with chitin decomposing actinomycetes. *New Phytopathology*, 112: 423-427.
- Bolandnazar S., 2009. The effect of mycorrhizal fungi on onion (*Allium cepa* L.) growth and yield under three irrigation intervals at field condition. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7 (2): 360-362.
- Caron M., 1989. Potential use of mycorrhizae in control of soilborne diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 11: 177-179.
- Castillo P., A. I. Nico, C. Azon-Aguilar, C. D. Rincon, C. Calvet & R. M. Jimnez-Diaz, 2006. Protection of olive planting stocks against parasitism of root knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Pathology*, 55: 705-713.

- Duncan L. W. & M. Moens, 2006. Migratory Endoparasitic Nematodes (Editor: Perry, N. R. & M. Moens, Plant Nematology), CAB International, London, pp. 123-142.
- Elsen A., D. Gervacio, R. Swennen & D. De Waele, 2008. AMF-Introduced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systematic effect. *Mycorrhiza*, 18: 251-256.
- Fitter A.H., T. Helgason & A. Hodge, 2011. Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Trends Cell Biology*, 25: 68-72.
- Gera Hol W. H. & R. Cook, 2005. An overview of Arbuscular Mycorrhizae Fungi-Nematode Interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6: 489-503.
- Giovannetti M. & B. Mosse, 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*, 84: 489-500.
- Hooper D. J., J. Hallmann & S. Subbotin, 2005. Methods for Extraction, Processing and Detection of Plant and Soil Nematodes, (Editor: Luc, M., R. A. Sikora & J. Bridge, Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture), CABI Publishing, London, pp. 53-87.
- Hothem, S. D., A. M. Karen, & A. L. Richard, 2003. Photochemistry in Hoagland's Nutrient Solution. *Journal of Plant Nutrition*, 26: 4, 845-854.
- Jaizme-Vega M. C., P. Teneury, J. Pinochet & M. Jaumot, 1997. Interactions between the root knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. *Plant and Soil*, 196: 27-35.
- Jaizme-Vega M. C. & A. S. Rodriguez-Romero, 2004. Uso de micorrizas en banano: Logros y perspectivas. XVI Reunion International ACORBAT. Oaxaca, Mexico, Publication Especial, pp. 143-160.
- JMP, 2020. Statistics (URL: <https://www.jmp.com>) (Date Accessed: 01.07.2020).
- Koske R. E. & J. N. Gemma, 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92: 486-505.
- Mennan S. & O. Ecevit, 2002. Farklı preparatların *Ditylenchus dipsaci* soğan ırkına karşı etkinliği üzerinde araştırmalar. *Ondokuz Mayıs University Agriculture Faculty Journal*, 17 (16): 20-24.
- Morandi D., 1996. Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. *Plant and Soil*, 185 (2): 241-251.
- Ortaş İ., 1997. Determination of the extent of rhizosphere soil. *Communication Soil Science and Plant Analysis*, 28 (19-20): 1767-1776.
- Özdemir A., Ç. Akpınar, A. Sabir, H. Bilir, S. Tangolar & İ. Ortaş, 2010. Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of grapevine genotypes (*Vitis* spp.). *European Journal of Horticultural Science*, 75 (3): 103-110.
- Rozpadek R., M. Rapala-Kozik, K. Wezowicz, A. Grandind, S. Karlsson, R. Wazny, T. Anielska, & K. Turnau, 2016. Arbuscular mycorrhiza improves yield and nutritional properties of onion (*Allium cepa*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 107: 264-272.
- Schouteden N., D. D. Waele, B. Panis & C. M. Vos, 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant parasitic nematodes: A review of the mechanisms involved. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1-12.
- Sturhan D. & M. W. Brzeski, 1991. Stem and Bulb Nematodes, *Ditylenchus* spp., (Editor: Nickle, W. R., Manual of Agricultural Nematology), Marcel Dekker Publications, New York, pp. 423-464.
- Yavuzaslanoglu E., A. Dikici & I. H. Elekcioglu, 2015. Effect of *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857 (Tylenchida: Anguinidae) on onion yield in Karaman Province, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 227-233.

- Yavuzaslanoglu E., O. Ates Sonmezoglu, N. Genc, Z. M. Akar & B. Terzi, 2018. Molecular characterization of *Ditylenchus dipsaci* on onion in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 151 (1): 195-200.
- Yavuzaslanoglu E., 2019. Resistance and tolerance of commercial onion cultivars to stem and bulb nematode, *Ditylenchus dipsaci*. *Journal of Agricultural Sciences*, 25: 409-416.
- Yavuzaslanoglu E, & G. Aksay, 2021. Susceptibility of different plant species to two populations of *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857 (Tylenchida: Anguinidae) from Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 45(1): 77-86.

Orijinal araştırma (Original article)

Çanakkale ilindeki yumuşak ve sert çekirdekli meyve bahçelerinde zararlı yaprakbitlerinin syrphid (Diptera: Syrphidae) predatörleri

Şahin KÖK^{1*}, İsmail KASAP²

Predatory syrphids (Diptera: Syrphidae) of aphid pests on pome and stone fruit orchards in the Çanakkale

Abstract: The aim of this study was to determine the syrphid species (Diptera: Syrphidae) predatory on the aphids (Hemiptera: Aphididae) feeding on pome and stone fruit trees and herbaceous host plants in orchards in Çanakkale Province, Turkey in the spring and summer of 2020 and 2021. A total of six syrphid species from six genera and 15 aphid species were identified. The most common syrphid species were *Episyrphus balteatus* (De Geer), *Eupeodes corollae* (Fabricius) and *Scaeva pyrastris* (Linnaeus) with nine, five and five aphid prey species, respectively. The highest species diversity of the syrphid-aphid complex on the fruit trees was on plum trees (*Prunus domestica* L. (Rosaceae)), with three syrphids associated with two aphids. In addition, five syrphid species were associated with eight aphid species feeding on seven herbaceous host plants. The results of this study show that syrphids have the potential to be substantial contributors to the biological control of aphid pests.

Keywords: Syrphidae, Aphididae, predator, fruit orchard, Çanakkale

Öz: Bu çalışmanın amacı 2020-2021 yılları bahar ve yaz aylarında Çanakkale ili meyve bahçelerindeki yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçları ve yabancı otlarda beslenen yaprakbitleri (Hemiptera: Aphididae) üzerindeki predator syrphid türlerinin (Diptera: Syrphidae) belirlenmesidir. Toplamda 6 cinsle bağlı 6 syrphid türü ve 15 yaprakbiti türü tespit edilmiştir. En yaygın syrphid türleri 9 yaprakbiti üzerinde belirlenen *Episyrphus balteatus* de Geer, 5 yaprakbiti üzerinde beslenen *Eupeodes corollae* (Fabricius) ve 5 yaprakbiti üzerinde beslenen *Scaeva pyrastris* (Linnaeus) olarak belirlenmiştir. Meyve ağaçları üzerindeki en yüksek syrphid-yaprakbiti çeşitliliği, 2 yaprakbiti türü ile beslenen 3 syrphid türü ile erik ağaçları (*Prunus domestica* L. (Rosaceae)) üzerinde belirlenmiştir. Ayrıca, 5 syrphid türünün 7 farklı yabancı ot üzerinde beslenen 8 yaprakbiti türü ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları syrphidlerin zararlı yaprakbitlerinin biyolojik mücadelesine önemli ölçüde katkıda bulunma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Syrphidae, Aphididae, avcı, meyve bahçesi, Çanakkale

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü - 17020 Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki MYO, Bitki Koruma Programı - 17800 Çanakkale

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: sahinkok@comu.edu.tr

ORCID ID(Yazar sırasıyla): 0000-0002-1092-8596; 0000-0002-0015-4558

Alınış (Received): 04.10.2021

Kabul ediliş (Accepted): 11.11.2021

Giriş

Türkiye, farklı iklim özellikleri gösteren coğrafi bölgeleri sayesinde meyve yetiştiriciliği açısından birçok türe ev sahipliği yapmaktadır. Dünyada yetiştiriciliği yapılan 138 meyve türünün yarısından fazlası ülkemizde ekonomik olarak yetiştirilebilmektedir (Ağaoğlu et al. 2015). Dünyada meyve üretiminde ekonomik olarak önemli kayıplara sebep olan çok sayıda hastalık ve zararlı bulunmaktadır. Bu zararlılardan, Hemiptera takımı Aphididae familyasında yer alan yaprakbitleri tarım alanlarında yetiştiriciliği yapılan tek ve çok yıllık kültür bitkilerinin en önemli zararlı gruplarından bir tanesidir. Yaprakbitleri bitki özsuyu ile beslenerek yapmış oldukları direkt zararın yanında salgıladıkları tatlımsı maddenin bitki yüzeyini kaplayarak fotosentezi engellemesi, fumajine sebep olması ve bitki virüs hastalıklarının taşıyıcılığını yapmaları nedeniyle dolaylı olarak da ciddi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Ayrıca yaprakbitleri konukçu bitkilerinin fenoloji, ekoloji ve fizyolojilerine kısa sürede adapte olarak hızlı bir şekilde üreme yeteneğine sahiptir (Pettersen et al. 2007).

Konukçusuna özelleşmiş ve genel beslenen doğal düşman türleri, yaprakbitleri ve diğer zararlı arthropod populasyonlarının baskılanmasında önemli bir role sahiptir (Symondson et al. 2002). Bu doğal düşman gruplarından, Diptera takımına bağlı Syrphidae familyası dünyanın Neotropikal, Nearktik ve Palaotropikal bölgelerinde dağılım gösteren 284 cinse ait yaklaşık 6674 türü barındırmaktadır. Syrphidae familyasına ait türler Antartika kıtası ve bazı okyanus adaları haricinde tüm dünyada yayılım göstermektedir (Thompson & Rotheray 1998, Anonymous 2021). Bu türlerin erginleri çiçekli bitkilerin nektar ve polenleri ile beslenirken larvaları ise yaprakbitlerinin önemli avcıları arasında yer almaktadır. Özellikle Syrphinae altfamilyasına bağlı türler yaprakbitlerinin biyolojik mücadele ajanları olması açısından oldukça önemlidir (Speight 2008). Syrphidae familyasına ait türlerinin üçte biri, yaprakbitleri ile beslenen larvalara sahiptir ve erginlerinin bazıları yaprakbiti feromonlarının tanımlanması gibi avını bulma adaptasyonuna sahiptir. Bu davranış biçimleri avcı syrphidleri tarımsal ekosistemlerde yaprakbitlerinin potansiyel biyolojik mücadele ajanları haline getirmektedir (Mizuno et al. 1997; Dib et al. 2010). Örneğin, syrphid türlerinden *Episyrphus balteatus* de Geer larvaları yaklaşık 100 farklı yaprakbiti türüyle beslenmektedir (Sadeghi & Gilbert 2000).

Hem tarım hem de tarım dışı habitatlarda zararlı türlerin doğal düşmanlarının çeşitliliklerinin ve zararlılar ile ilişkilerinin araştırılması biyolojik mücadele stratejilerinin ortaya koyulması açısından önem arz etmektedir. Çünkü habitatlardaki doğal düşmanların zenginliği ve çeşitliliği tüm habitatlarda daha başarılı biyolojik mücadeleyi ortaya çıkarmaktadır (Katano et al. 2015). Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada ülkemizin meyve yetiştiriciliği açısından önemli bir yere sahip olan Çanakkale ilinde yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçları ve bu ağaçların yetiştirildiği bahçelerin iç-kenar kısımlarında bulunan yabancı otlar üzerinde beslenen yaprakbitlerinin önemli doğal düşmanlarından olan Syrphidae familyasına ait avcı türlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Syrphid türlerinin örneklenmesi ve teşhisleri

Bu çalışma, Çanakkale ilinde yetiştiriciliği yapılan ayva, elma, erik, kiraz ve şeftali gibi yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçları ve meyve bahçelerinin iç-kenar kısımlarındaki yabancı otlar üzerinde beslenen yaprakbitlerinin doğal düşmanı olan syrphid türlerinin (Diptera: Syrphidae) tespit edilmesi amacıyla 2020 ve 2021 yıllarında Nisan ve Eylül ayları arasında yürütülmüştür.

Bu kapsamda arazi örneklemeleri Çanakkale ilinde meyve yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Bayramiç, Biga, Ezine, Lapseki ve Merkez ilçelerinden yapılmıştır. Avcı türler olan Syrphidae familyası bireylerinin örneklenmesi amacıyla, öncelikle göz ile yapılan kontroller sonucunda meyve bahçelerinde yaprakbitleri ile bulaşık olan meyve ağaçları ve yabancı otlar tespit edilmiştir. Meyve ağaçları ve yabancı otlar üzerindeki yaprakbiti kolonilerinin üzerinde veya yakınında tespit edilen ergin syrphid bireyleri elle veya emgi tüpü yardımıyla toplanmış, örnekleme kavanozlarına alınmış ve etiket bilgileri eklenerek preparasyonlarının yapılabilmesi için laboratuvara getirilmiştir. Meyve ağaçları ve yabancı otlar üzerindeki yaprakbiti kolonileri üzerinde larva döneminde beslenen syrphid bireyleri ise yaprakbitleri ile bulaşık bitki kısımları ile birlikte üzeri tül ile kaplanmış cam kavanoz veya plastik kutular içerisinde ergin bireylerin elde edilebilmesi için laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen larva dönemindeki syrphid bireyleri, yaprakbiti kolonisi ile birlikte üzeri tül ile kaplanmış plastik kutular içerisinde ergin bireyler elde edilene kadar 22.5°C sıcaklık, 65% bağıl nem ve 16:8 ışıklandırma ayarlı iklim odasında kültüre alınmıştır. Daha sonra plastik kutularda ergin döneme gelen ve arazilerden ergin dönemde toplanan syrphid bireyleri etil asetat kullanılarak öldürülmüş ve etiket bilgileri de yazılarak içerisinde %70 etil alkol bulunan Eppendorf tüplere alınmıştır. Syrphidae familyasına ait türlerin teşhisleri Dr. Zorica Nedeljkovic (Universidad De Alicante, Instituto Universitario De Investigación - CIBIO, Alicante, Spain) tarafından yapılmıştır.

Konukçu yaprakbitlerinin örneklenmesi ve teşhisleri

Syrphidlerin konukçusu yaprakbiti türünün belirlenmesi amacıyla; örneklemeler yaprakbitleri ile bulaşık olduğu belirlenen meyve ağaçları ve yabancı otlar üzerinden meyve bahçelerinden yapılmıştır. Yeterli sayıda ergin birey bulunmayan yaprakbiti kolonileri, ergin bireylerin elde edilebilmesi için gövde, dal, sürgün ve yaprak gibi bulaşık bitki kısımları ile birlikte laboratuvara getirilmiştir. Konukçu bitkiler üzerindeki yaprakbitleri (00) numara yumuşak fırça yardımıyla içerisinde %70 etil alkol bulunan Eppendorf tüplerine yeterli sayıda ergin kanatlı, kanatsız ve nimf dönemlerindeki bireylerden olacak şekilde aktarılmıştır. Yaprakbitlerinin preparasyonu Hille Ris Lambers (1950)'ın yöntemine göre yapılmıştır. Yaprakbitlerinin teşhisleri HD kameralı LEICA DM 2500 marka bir ışık mikroskopu ve LAS 4.1 paket programı kullanılarak Blackman & Eastop (2006; 2021)'e göre Dr. Öğr. Üyesi Şahin KÖK (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitki

Koruma Programı) tarafından yapılmıştır. Teşhisi gerçekleştirilen yaprakbitleri güncel taksonomik durumları ve isimleri için Favret (2021)'den faydalanılmıştır.

Bulgular ve tartışma

Çanakkale ili meyve yetiştiriciliği yapılan bahçelerdeki yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçları ve bahçelerin iç-kenar kısımlarında bulunan yabancı otlar üzerinde beslenen yaprakbitlerin önemli doğal düşmanlarından olan Syrphidae familyası türlerinin tespit edilebilmesi amacıyla, yürütülen bu çalışmanın sonucunda, Aphididae (Hemiptera) familyasından 15 konukçu yaprakbiti üzerinde 6 cinse ait toplam 6 avcı Syrphidae (Diptera) familyasına bağlı tür tespit edilmiştir.

Tespit edilen avcı türlerin bilimsel isimleri, örnekleme yerleri, örnekleme tarihleri, birey sayıları, konukçu yaprakbiti türü ve konukçu bitki türü taksonomik düzen içerisinde aşağıda verilmiştir.

Takım Diptera

Familya Syrphidae

Altfamilya Syrphinae

Episyrphus balteatus de Geer

İncelenen materyal: Çanakkale, Bayramiç, 7.V.2020, 1♀, *Myzus (Nectarosiphon) persicae* (Sulzer), *Prunus persica* (L.) Batsch (Rosaceae); Bayramiç, Ahmetçeli, 17.V.2020, 1♂3♀♀, *Brachycaudus (Thuleaphis) amygdalinus* (Schouteden), *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb (Rosaceae); Bayramiç, Ahmetçeli, 19.VI.2020, 12♂♂9♀♀, *Dysaphis (Pomaphis) plantaginea* (Passerini), *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae); Bayramiç, Evciler, 28.IV.2020, 3♂♂5♀♀, *M. (N.) persicae*, *P. persica*; Bayramiç, Evciler, 17.VI.2021, 2♂♂2♀♀, *D. (P.) plantaginea*, *M. domestica*; Bayramiç, Evciler, 27.VII.2021, 1♂1♀, *Aphis (Aphis) gossypii* Glover, *M. domestica*; Bayramiç, Evciler, 27.VII.2021, 1♂, *Aphis (Aphis) craccivora* Koch, *Vicia* sp. (Leguminosae); Bayramiç, Evciler, 21.05.2020, 2♀♀, *Myzus (Myzus) cerasi* (Fabricius), *P. avium*; Biga, 25.IV.2021, 3♂♂3♀♀, *Brachycaudus (Brachycaudus) helichrysi* (Kaltenbach), *Prunus domestica* L. (Rosaceae); Biga, 30.V.2021, 1♀, *Hyperomyzus (Hyperomyzus) lactucae* (Linnaeus), *Sonchus* sp. (Asteraceae); Biga, 6.V.2020, 1♂1♀, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*; Ezine, Akköy, 25.VI.2021, 1♂, *Phorodon (Phorodon) humuli* (Schrank) ve *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*; Lapseki, 29.VI.2021, 3♂♂3♀♀, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*; Merkez, Saraycık, 6.VII.2021, 1♂7♀♀, *M. (N.) persicae*, *P. persica*; Lapseki, Umurbey, 16.VIII.2021, 3♂♂2♀♀, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*.

Yayılışı ve konukçuları: *Episyrphus balteatus* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Adana, Aydın, Çanakkale, Erzincan, Erzurum, Hatay, Iğdır, İzmir ve Kahramanmaraş illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *Aphis (Aphis) acetosae* Linnaeus, *A. (A.) craccivora*, *Aphis (Aphis) fabae* Scopoli, *Aphis (Aphis) pomi* De Geer, *Aphis (Aphis) ruborum* (Börner & Schilder), *Brachycaudus (Prunaphis) cardui* (Linnaeus), *B. (B.) helichrysi*, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus), *Cinara (Cinara) cedri* Mimeur, *D. (P.) plantaginea*, *Dysaphis (Pomaphis) pyri* (Boyer de Fonscolombe), *Hyadaphis tataricae*

(Aizenberg), *Hyalopterus amygdali* (Blanchard), *Hyalopterus pruni* (Geoffroy), *H. (H.) lactucae*, *Macrosiphum (Macrosiphum) rosae* (Linnaeus), *M. (M.) cerasi*, *M. (N.) persicae*, *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), *Sitobion (Sitobion) avenae* (Fabricius)'dir (Aslan & Uygun 2007; Yiğit et al. 2007; Daşçı & Güçlü 2008; Narmanlıoğlu & Güçlü 2008; Günçan et al. 2010; Kütük & Güçlü 2016; Karakaya 2014; Pehlivan & Atakan 2016; Kök & Kasap 2019).

***Eupeodes corollae* (Fabricius)**

İncelenen materyal: Çanakkale, Bayramiç, 7.V.2020, 2♀♀, *A. (A.) acetosae*, *Rumex* sp. (Polygonaceae); Bayramiç, Ahmetçeli, 16.VI.2020, 2♀♀, *D. (P.) plantaginea*, *M. domestica*; Bayramiç, Evciler, 27.VI.2020, 1♂1♀, *D. (P.) plantaginea*, *M. domestica*; Bayramiç, Evciler, 17.V.2021, 1♂, *A. (A.) craccivora*, *Therioaphis (Pterocallidium) trifolii* (Monell) ve *Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) pisum* (Harris), *Trifolium spumosum* L. (Leguminosae); Bayramiç, 16.VII.2021, Evciler, 3♂♂5♀♀, *A. (A.) craccivora*, *Vicia* sp.

Yayılışı ve konukçuları: *Eupeodes corollae* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Adana, Çanakkale, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane ve İzmir illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *A. (A.) pomi*, *B. (T.) amygdalinus*, *B. (B.) helichrysi*, *D. (P.) pyri*, *H. pruni*, *M. (N.) persicae*, *Pterochloroides persicae* (Cholodkovsky), *S. (S.) avenae*'dir (Narmanlıoğlu & Güçlü 2008; Günçan et al. 2010; Karakaya 2014; Pehlivan & Atakan 2016; Kök & Kasap 2019; Alaserhat & Güçlü 2020).

***Paragus quadrifasciatus* Meigen**

İncelenen materyal: Çanakkale, Lapseki, Çardak, 11.VI.2020, 1♀, *H. (H.) lactucae* ve *Uroleucon (Uroleucon) sonchi* (Linnaeus), *Sonchus* sp.

Yayılışı ve konukçuları: *Paragus quadrifasciatus* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Balıkesir, Çanakkale, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane ve Kahramanmaraş illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *Anuraphis subterranea* (Walker), *B. (B.) cardui*, *H. pruni*, *H. (H.) lactucae*, *M. (M.) cerasi*'dir (Aslan & Uygun 2007; Narmanlıoğlu & Güçlü 2008; Kök & Kasap 2019; Alaserhat & Güçlü 2020).

***Scaeva pyrastris* (Linnaeus)**

İncelenen materyal: Çanakkale, Bayramiç, 17.V.2020, 1♂1♀, *A. (A.) acetocae*, *Rumex* sp.; Bayramiç, Evciler, 11.VI.2020, 2♀♀, *M. (N.) persicae*, *P. persica*; Ezine, Akköy, 25.VI.2020, 1♀, *Aphis (Aphis) spiraeicola* Patch, *Cydonia oblonga* Mill. (Rosaceae); Ezine, Akköy, 25.IV.2021, 1♀, *A. (A.) gossypii*, *Capsella rubella* Reut. (Brassicaceae); Lapseki, Çardak, 16.VI.2021, 1♂2♀♀, *H. (H.) lactucae*, *Sonchus oleraceus* (L.) L. (Asteraceae).

Yayılışı ve konukçuları: *Scaeva pyrastris* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Adana, Balıkesir, Çanakkale ve İzmir illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *A. (A.) pisum*, *A. (A.) craccivora*, *Aphis (Aphis) solanella* Theobald, *B. brassicae*, *Macrosiphum (Macrosiphum) euphorbiae*

(Thomas), *S. (S.) avenae*'dir (Günçan et al. 2010; Pehlivan & Atakan 2016; Kök & Kasap 2019).

***Sphaerophoria scripta* (Linnaeus)**

İncelenen materyal: Çanakkale, Bayramiç, 10.V.2020, 1♀, Bilinmeyen yaprakbiti 1, Bilinmeyen konukçu bitki (Asteraceae); Lapseki, Umurbey, 16.VI.2021, 1♂, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*.

Yayılışı ve konukçuları: *Sphaerophoria scripta* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Adana, Balıkesir, Çanakkale, Erzincan, Gümüşhane, Hatay ve Kahramanmaraş illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *A. (A.) pisum*, *A. (A.) craccivora*, *Aphis (Aphis) fabae cirsiacanthoidis* Scopoli, *B. (A.) cardui*, *H. tataricae*, *H. pruni*, *M. (M.) cerasi*, *M. (N.) persicae*, *R. padi*, *S. (S.) avenae*, *T. (P.) trifolii*, *Uroleucon (Uromelan) jaceae* (Linnaeus)'dir (Aslan & Uygun 2007; Yiğit et al. 2007; Pehlivan & Atakan 2016; Kök & Kasap 2019; Alaserhat & Güçlü 2020).

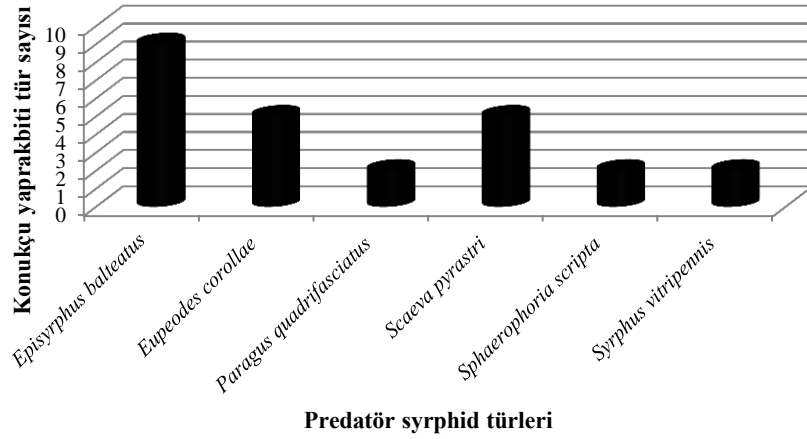
***Syrphus vitripennis* Meigen**

İncelenen materyal: Çanakkale, Bayramiç, Ahmetçeli, 9.V.2020, 2♂♂, *B. (T.) amygdalinus*, *P. dulcis*; Biga, 25.VI.2020, 3♂♂4♀♀, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*; Lapseki, Çardak, 1♂2♀♀, *B. (T.) amygdalinus*, *P. dulcis*; Lapseki, Umurbey, 16.VII.2021, 3♀♀, *B. (B.) helichrysi*, *P. domestica*.

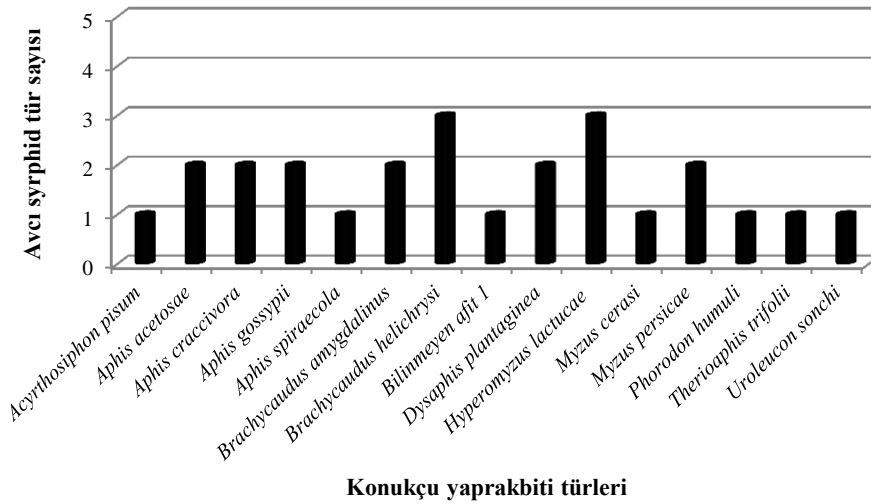
Yayılışı ve konukçuları: *Syrphus vitripennis* yaprakbitleri ile ilişkili olarak ülkemizde Burdur ve İzmir illerinden rapor edilmiştir. Ülkemizde tespit edilen konukçu yaprakbitleri; *Aphis (Aphis) passeriniana* (Del Guercio), *Dysaphis (Dysaphis) devector* (Walker), *Eucarazzia elegans* (Ferrari)'dir (Aslan 2015; Zarkani & Turanlı 2019).

Çalışma sonucunda belirlenen syrphidlerden en yaygın bulunan tür 9 farklı konukçu yaprakbiti üzerinde belirlenen *E. balteatus* olmuştur. Bunu 5'er farklı konukçu yaprakbiti üzerinde avcı olduğu tespit edilen *E. corollae* ve *S. pyrastris* izlemektedir. *P. quadrifasciatus*, *S. scripta* ve *S. vitripennis* ise 2 farklı konukçu yaprakbiti üzerinde tespit edilmiştir (Şekil 1). Konukçu yaprakbitleri açısından bakıldığında ise 3'er syrphid ile en fazla avcı tür barındıran yaprakbitleri *B. (B.) helichrysi* ve *H. (H.) lactucae* olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, yaprakbiti türlerinden *A. (A.) pisum*, *A. (A.) spiraeola*, Bilinmeyen yaprakbiti 1, *M. (M.) cerasi*, *P. (P.) humuli*, *T. (P.) trifolii* ve *U. (U.) sonchi* kolonileri üzerinde ise yalnızca 1'er syrphid türü tespit edilmiştir (Şekil 2). Çalışmada elde edilen sonuçlar konukçu bitkiler bağlamında değerlendirildiğinde, meyve türleri üzerinde en yüksek syrphid-yaprakbiti çeşitliliği 2 farklı yaprakbiti türü üzerinde 3 syrphid türü ile erik (*P. domestica*) üzerinde belirlenmiştir. Diğer en yüksek çeşitlilik ise 2 farklı yaprakbiti türü üzerinde 2 syrphid türü ile elmada (*M. domestica*) tespit edilmiştir. En az syrphid-yaprakbiti çeşitliliği ise 1 yaprakbiti türü üzerinde 1 syrphid türü ile ayva (*C. oblonga*) ve kiraz (*P. avium*) olarak belirlenmiştir. Konukçu bitkiler bakımından meyve bahçelerinin iç-kenar kısımlarında bulunan yabancı otlar değerlendirildiğinde, meyve yetiştirilen alanlarda tespit edilen 7 farklı yabancı ot üzerinde beslenen 8 yaprakbiti türü ile ilişkili olduğu belirlenen 5 syrphid türü

tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Çanakkale ilinde meyve yetiştirilen alanlarda hem meyve ağaçları üzerinde hem de bu bahçelerin iç-kenar kısımlarında bulunan yabancı otlar üzerinde syrphid-yaprakbiti çeşitliliklerinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Çanakkale ili meyve bahçelerinde belirlenen avcı Syrphidae türleri ve konukçu yaprakbiti tür sayıları
Figure 1. The predatory syrphid species and the numbers of their aphid prey species determined in fruit orchards in Çanakkale Province, Turkey



Şekil 2. Çanakkale ilinde meyve bahçelerinde belirlenen konukçu yaprakbiti türleri ve avcı syrphid tür sayıları
Figure 2. The host aphid species and the number of predator syrphid species determined in fruit orchards of Çanakkale Province, Turkey

Genel olarak bir alandaki doğal düşmanların çeşitliliğinin yüksek olmasının zararlıların biyolojik mücadelesine önemli katkıları olduğu bilinmektedir. Ancak, doğal düşman çeşitliliğinin yüksek veya düşük olmasının zararlıların biyolojik mücadelesi üzerine olumlu veya olumsuz etkilerinin de olabileceği göz önüne alınmalıdır (Jonsson et al. 2017). Yapılan çalışmalar Syrphidae familyasına ait avcı türlerin hem doğa hem de laboratuvar koşullarında yaprakbitleri üzerinde etkili olan önemli biyolojik mücadele ajanları arasında yer aldığını ortaya koymaktadır (Rojo & Marcos-García 1997; Devi et al. 2011; Lambey 2013; Jalilian 2015; Arcaya et al. 2018; Mena 2020). Yaprakbitleri tek yıllık bitkilerin yanı sıra içerisinde meyve ağaçlarının da olduğu çok yıllık bitkileri de konukçu olarak tercih etmekte ve ekonomik kayıplar meydana getirmektedir. Zararlı yaprakbitlerinden, özellikle *Aphis (Aphis) pomi* De Geer, *D. (P.) plantaginea*, *M. (N.) persicae*, *Myzus (Myzus) varians* Davidson, *B. (T.) amygdalinus*, *B. (B.) helichrysi*, *Hyalopterus amygdali* (Blanchard), *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) ve *Pterochloroides persicae* (Cholodkovsky) gibi türler dünyada yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçlarının önemli zararlıları arasında yer almaktadır (Barbagallo et al. 2007). Afidofag özelliğe sahip Syrphidae familyasına ait türlerin larva dönemleri yaprakbiti kolonilerine hızlı bir şekilde saldırmaları ve avlarını tüketmeleri nedeniyle önemli yaprakbiti avcıları olarak bilinmekte ve yaprakbitlerinin biyolojik mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Hong & Hund 2010; Leroy et al. 2010). Bu nedenlerden dolayı hem dünyada hem de ülkemizde meyve yetiştirilen alanlarda zararlı yaprakbiti türlerinin Syrphidae familyasına bağlı avcılarının kapsamlı bir şekilde araştırılması ve çeşitliliklerinin ortaya çıkarılması bu avcıların meyve ağaçlarındaki yaprakbitlerinin biyolojik mücadelesinde kullanılma imkanına önemli katkı sağlayacaktır. Ülkemizin farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda meyve yetiştiriciliği alanlarında zararlı yaprakbitlerin doğal düşmanı olan Syrphidae türleri belirlenmiştir. Aslan (2015) Burdur ili meyve alanlarında yürüttüğü çalışmada *Dysaphis* cinsine bağlı yaprakbitlerinin doğal düşmanı olarak *S. vitripennis* ve *E. corolla* türlerini tespit etmiştir. Aslan & Karaca (2005) Isparta ili meyve yetiştiriciliği alanlarında gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda önemli elma zararlısı *Dysaphis* cinsi yaprakbitlerin doğal düşmanı olarak *E. balteatus*, *Metasyrphus corollae* (Fabricius) ve *Scaeva albomaculata* (Macquart) türlerini tespit etmişlerdir. Narmanlıoğlu & Güçlü (2008) Erzurum ili İspir ilçesindeki meyve ağaçlarında zararlı yaprakbitlerinin Syrphidae familyasına bağlı doğal düşmanları olarak *E. balteatus*, *E. corollae*, *P. quadrifasciatus* ve *Syrphus ribesii* (L.) türlerinin varlığını bildirmektedirler. Güncan et al. (2010) tarafından İzmir ili şeftali bahçelerinde yürüttükleri çalışmalarında meyve ağaçlarındaki yaprakbitlerinin Syrphidae familyasından doğal düşmanı olarak *E. balteatus*, *E. corollae*, *Ischiodon scutellaris* (Fabricius) ve *S. pyrastris* türlerini rapor etmişlerdir. Ayrıca, Piekarska-Boniecka et al. (2013) tarafından Polonya’da seçilen elma bahçeleri ve iç-kenar kısımlarındaki Syrphidae türleri üzerine yürütülen çalışmanın sonucunda *E. balteatus*’un belirlenen türler arasında tüm alanlarda ortalama %65 oranında dominantlık gösterdiği tespit edilmiştir. Naderloo & Rad (2014) tarafından İran’da farklı habitatlarda gerçekleştirilen çalışmada meyve alanlarında yaprakbitlerinin avcısı olarak Syrphidae familyasından *Episyrphus*, *Eupeodes Paragus*, *Scaeva* ve *Sphaerophoria* cinslerine ait çok sayıda tür tespit etmişlerdir.

Hem dünyada hem de ülkemizde meyve alanlarında yürütülen çalışmaların sonuçları gözönüne alındığında, yaprakbiti avcısı syrphidlerin meyve alanlarında önemli bir çeşitlilik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçların ortak noktalarından biri olarak meyve alanlarında zararlı yaprakbitlerinin avcıları olarak en yaygın olarak tespit edilen syrphid türleri *E. balteatus* ve *E. corollae* olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ortaya koyduğumuz Çanakkale ili meyve ağaçları ve yabancı otları üzerinde en fazla konukçu yaprakbiti çeşitliliğine sahip syrphidlerin 9 konukçu yaprakbiti ile *E. balteatus* ve 5 konukçu yaprakbiti ile *E. corollae* türlerinin olması sonucu da burada bahsedilen çalışmaların sonuçlarını destekler niteliktedir. Ayrıca bu çalışmalardan farklı olarak bizim çalışmamızın sonuçları syrphidlerin meyve ağaçlarında beslenen yaprakbitlerinin yanısıra bahçelerin iç-kenar kısımlarında bulunan yabancı ot bitkilerinde beslenen yaprakbitlerinin üzerinde de önemli bir çeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak hem mevcut çalışma hem de dünyada ve ülkemizde meyve alanlarında yürütülen benzer çalışmalar meyve ağaçları ve bahçelerin iç-kenar kısımlarındaki yabancı otlar üzerinde beslenen yaprakbitlerinin avcı syrphid türleri açısından önemli bir çeşitliliğe sahiptir. Bu çalışmalarda elde edilen temel verilerin zararlı meyve yaprakbitleri ile biyolojik mücadele çalışmalarında Syrphidae familyasına bağlı avcı türlerin kullanılma ve etkinliklerinin artırılması bakımından oldukça önemli katkılar sağlayacağına inanılmaktadır.

Tesekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2019-3082

Kaynaklar

- Ağaoğlu Y.S., H. Çelik, M. Çelik, Y. Fidan, Y. Gülşen, A. Günay, N. Halloran, A.İ. Köksal, & R. Yanmaz, 2015. Genel Bahçe Bitkileri (Güncelleştirilmiş 7. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No: 1630, 369 s.
- Alaserhat İ. & Ş. Güçlü, 2020. Ilıman iklim meyve türlerinde bulunan aphid türleri (Hemiptera: Aphididae), doğal düşmanları ve sekonder konukçuları. *Bitki Koruma Bülteni*, 60(4): 91-109.
- Anonymous, 2021. GBIF Backbone Taxonomy Checklist Dataset, GBIF Secretariat. URL: <https://www.gbif.org/dataset/> (Erişim tarihi: 30 Ağustos 2021).
- Arcaya E., X. Mengual, C. Pérez-Bañón & S. Rojo, 2018. Biological aspects of *Pseudodoros clavatus* (Fabricius) (Diptera: Syrphidae) fed with the black legume aphid *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). *IDESIA*, 36(2): 269-274.
- Aslan B. & I. Karaca, 2005. Fruit tree Aphids and their natural enemies in Isparta region, Turkey. *Journal of Pest Science*, 78: 227-229.
- Aslan B., 2015. Survey of the predatory and parasitoid species-complex of aphids (Hemiptera: Aphididae) at fruit growing areas in Burdur, Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(1): 261-265.
- Aslan M.M. & N. Uygun, 2007. Kahramanmaraş ili afidophag syrphidleri (Diptera: Syrphidae). *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(2): 76-81.
- Barbagallo S., G. Cocuzza, P. Cravedi & S. Komazaki, 2007. IPM Case Studies: Deciduous Fruit Trees. (Editor: H. Van Emden & R. Harrington, Aphids as Crop Pests). CAB International, Wallingford, 651-661.

- Blackman R.L. & V.F. Eastop, 2006. Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. Natural History Museum, London: John Wiley & Sons Ltd., 1439 p.
- Blackman R.L. & V.F. Eastop, 2021. Aphids on the World's Plants: An Online Identification and Information Guide. URL: <http://www.aphidsonworldsplants.info> (Erişim tarihi: 30 Ağustos 2021).
- Daşçı, E. & Ş. Güçlü 2008. İğdir ovasında meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1): 71-73.
- Devi Y.R., J. Kalita & T.K. Singh, 2011. Biological control potential of an aphidophagous syrphid, *Episyrphus balteatus*, De-Geer (Diptera: Syrphidae) on mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae) on cabbage ecosystem in Manipur. *Journal of Experimental Sciences*, 2(12): 13-16.
- Dib H., S. Simon, B. Sauphanor & Y. Capowiez, 2010. The role of natural enemies on the population dynamics of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) in organic apple orchards in south-eastern France. *Biological Control*, 55: 97-109.
- Favret C., 2021. Aphid Species File (Version 5.0/5.0). URL: <http://www.aphid.speciesfile.org> (Erişim tarihi: 30 Ağustos 2021).
- Güncan A., Z. Yoldaş & N. Madanlar, 2010. İzmir'de şeftali bahçelerinde bulunan yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) türleri ve doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34(3): 399-408.
- Hille Ris Lambers D., 1950. On mounting aphids and other soft skinned insects. *Entomologische Berichten*, 13: 55-58.
- Hong B.M. & H.Q. Hung, 2010. Effect of temperature and diet on the life cycle and predatory capacity of *Episyrphus balteatus* (Syrphidae: Diptera) cultured on *Aphis gossypii* (Glover). *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 16: 98-103.
- Jalilian F., 2015. Biology and larval feeding rate of *Episyrphus balteatus* (Dip.: Syrphidae) on *Aphis pomi* (Hom.: Aphididae) at laboratory conditions. *Biological Forum*, 7(1): 1395-1399.
- Jonsson M., R. Kaartinen & C.S. Straub, 2017. Relationships between natural enemy diversity and biological control. *Current Opinion in Insect Science*, 20: 1-6.
- Karakaya İ.Ş., 2014. Aydın ilinde yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçlarında zararlı yaprakbiti (Hemiptera: Aphidoidea) türleri ile parazitoit ve predatörlerinin saptanması. Yüksek Lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 65 s.
- Katano I., H. Doi, B.K. Eriksson & H. Hillebrand, 2015. A cross-system meta analysis reveals coupled predation effects on prey biomass and diversity. *Oikos*, 124: 1427-1435.
- Kök Ş. & İ. Kasap, 2019. Çanakkale ve Balıkesir illeri yonca alanlarında belirlenen yaprakbiti (Hemiptera: Aphididae) türleri ile parazitoit ve predatörleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(4): 21-27.
- Kütük Y. & Ş. Güçlü, 2016. Erzincan ilinde kirazlarda (*Prunus avium* L.) zarar yapan Aphididae (Hemiptera) türleri ile parazitoit ve predatörlerinin belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 56(2): 155-163.
- Lambev K., 2013. Importance of species of the family Syrphidae Diptera for biological control of *Macrosiphum rosae* L. Aphididae, Homoptera. *Plant Science (Bulgaria)*, 50(1): 96-98.
- Leroy P.D., F.J. Verheggen, Q. Capella, F. Francis & E. Haubrug, 2010. An introduction device for the aphidophagous hoverfly *Episyrphus balteatus* (De Geer) (Diptera: Syrphidae). *Biological Control*, 54: 181-188.

- Mizuno M., T. Itioka, Y. Tatematsu & Y. Itô, 1997. Food utilization of aphidophagous hoverfly larvae (diptera: Syrphidae, chamaemyiidae) on herbaceous plants in an urban habitat. *Ecological Research*, 12: 239-248.
- Naderloo M. & S.P. Rad, 2014. Diversity of hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities in different habitat types in Zanjan Province, Iran. *ISRN Zoology*, ID 162343: 1-5.
- Narmanlioğlu H.K. & Ş. Güçlü, 2008. İspir (Erzurum) ilçesi'nde meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2): 225-229.
- Pehlivan S. & E. Atakan, 2016. Adana ili Balcalı ve Doğan kent yörelerinde buğday tarlasında *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) ile avcı Syrphidae (Diptera) türlerinin popülasyon değişimleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 7 (2): 111-122.
- Pettersson J., W.F. Tjallingii & J. Hardie, 2007. Host-plant selection and feeding. (Editor: H. Van Emden & R. Harrington, Aphids as Crop Pests). CAB International, Wallingford, 87-114.
- Piekarska-Boniecka H., I. Siatkowski & P. Trzcinski, 2013. The occurrence frequency of Syrphidae (Diptera) species in apple orchards and on their edges. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 12(5): 143-154.
- Rojo S. & M.A. Marcos-García, 1997. Syrphid predators (Dipt.: Syrphidae) of gall forming aphids (Hom.: Aphididae) in mediterranean areas: implications for biological control of fruit trees pests. *Entomophaga*, 42(1): 269-276.
- Sadeghi H. & F. Gilbert, 2000. Aphid suitability and its relationship to oviposition preference in predatory hoverflies. *Journal of Animal Ecology*, 69 (5): 771-784.
- Speight M.C.D., 2008. Database of Irish Syrphidae (Diptera). Irish Wildlife Manuals, N. 36. National Parks and Wildlife Service, Department of Environment, Heritage and Local Government, Dublin, Ireland, 338 p.
- Symondson W.O.C., K.D. Sunderland & M.H. Greenstone, 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, 47: 561-594.
- Thompson F.C. & G.E. Rotheray, 1998. Family Syrphidae. (Editör: L. Papp & B. Darvas, Manual of Palaearctic Diptera, Vol. 3). Science Herald, Budapest, Hungary, 81-139.
- Yiğit A., E. Sertkaya & M. Tiryakioğlu, 2007. Buğday yaprakbitleri, *Rhopalosiphum padi* (L.) ve *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae)'nin buğdayda bazı verim özelliklerine etkileri ve popülasyon gelişmeleri *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31(1): 21-34.
- Zarkani A. & F. Turanlı, 2019. Insect pests complex of common sage (*Salvia officinalis* L.) (Lamiaceae) and their natural enemies. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 34-42.

Derleme (Review)

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan biyonematisitler

Gülsüm UYSAL¹, İbrahim MISTANOĞLU², Melih KOCA³, Zübeyir DEVRAN^{3*}

Bionematicides used in the control of plant parasitic nematodes

Abstract: Plant parasitic nematodes cause the highest financial losses in agricultural crops. Numerous microorganisms (bacteria and fungi) and extracts from plants are used in the control of these pests, as well as chemical controls. However, chemical control has negative effects on the environment and human health, while bionematicides are an extremely reliable alternative management option. Bionematicides can act synergistically or as additives with other agricultural inputs in IPM programs and increase the effectiveness of nematode control. In this review, bionematicides of bacterial, fungal and plant/animal origin used in the control of plant parasitic nematodes are listed and discussed.

Keywords: Bionematicide, bacteria, fungi, extracts of plant/animal origin

Öz: Bitki paraziti nematodlar tarımsal ürünlerde ekonomik kayba yol açan en önemli organizmalardır. Bu zararlıların mücadelesinde kimyasal mücadelenin yanı sıra çok sayıda mikroorganizma (bakteriler ve funguslar) ve bitkisel kökenli ekstraktlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler arasında kimyasal mücadele çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilere sahipken biyonematisitler son derece güvenilir alternatif bir mücadele tekniğidir. Biyonematisitler, entegre zararlı yönetimi (IPM) programlarında diğer tarımsal girdilerle sinerjik veya katkı maddesi olarak kullanılabilir ve mücadelenin etkinliğini arttırabilir. Bu derlemede bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan biyonematisitler; bakteriler, funguslar; ve bitkisel/hayvansal kökenliler olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyonematisit, bakteri, fungus, bitkisel/hayvansal ekstraktlar

Giriş

Bitki paraziti nematodlar dünya genelinde birçok bitki türünde zarar oluşturan önemli tarımsal organizmalar arasındadır. Biyotrofik özellikteki bu canlılar sebzeler, meyveler ve tek-çok yıllık bitkiler, süs bitkileri ve yabancı otlar da dahil olmak üzere çok geniş bir konukçu dizisine sahiptir. Bu bitkilerde neden oldukları zararlar; ekonomik, fiziksel ve verim/kalite kaybı şeklinde gerçekleşmekte olup kayıp oranı dünya genelinde önemli

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Müdürlüğü Bitki Sağlığı Bölümü Antalya

²Bolvadin İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Afyonkarahisar

³Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü 07058 Antalya

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e mail: zdevran@akdeniz.edu.tr

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0003-1722-2518; 0000-0002-8635-0321; 0000-0003-1930-1121;0000-0001-7150-284X

Alınış (Received):17.05.2021

Kabul edilmiş (Accepted):23.08.2021

tarımsal ürünlerde yıllık yaklaşık %12.6'dır. Ekonomik değer kaybı ise yaklaşık 215.77 milyar Amerikan Doları civarındadır (Abd-Elgawad & Askary 2015; Subedi et al. 2020).

Nematodlarla mücadelede en sık başvurulan kimyasal pestisitlerin hedefteki zararlı organizmaya etkilerinin zamanla azalması ve dayanıklı popülasyonların meydana gelmesiyle biyolojik mücadele teknikleri ön plana çıkmıştır (Lamovšek et al. 2013). Biyolojik teknikler, uygulamaları esnasında hem gıda güvenliği ve çevre-insan sağlığına herhangi bir zararının olmaması hem de sürdürülebilir bir üretime imkan sağlaması nedeniyle önemlidir (Cumagun & Moosavi 2015). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) biyopestisit tanımını canlı bir organizma ya da doğal bir üründen elde edilerek formüle edilip uygulanmış ve zararlı bir organizmanın popülasyonunu düşüren ürünler olarak adlandırmıştır (FAO 2017). FAO'nun yaptığı bu tanımlamaya göre de biyopestisitler; mikroorganizma kökenli, bitkisel kökenli ve semiokimyasallar adı altında gruplandırılmaktadır (FAO 2017). Amerika Birleşik Devletleri'nde biyopestisitler mikrobiyal biyopestisitler, biyokimyasal biyopestisitler ve bitkiye aktarılmış koruyucular olarak üç grupta sınıflandırılırken (EPA 2013), Avrupa Birliği'nde ise biyopestisitler aktif bileşenlerine göre gruplandırılmamakla birlikte bu terim "Biyolojik Kontrol Ajanları (BKA)" şeklinde kullanılmaktadır (Villaverde et al. 2016; Balcı & Durmuşoğlu 2020). Toplam pestisit pazarının %5-6 ile küçük bir kısmını paylaşan biyopestisitler her 5 yılda %9-10 arasında bir büyüme ile özellikle organik tarımda yoğunlukla tercih edilmektedir (Thakore 2006; Ndolo et al. 2019). Dünya biyopestisit pazarında en çok bakteriyel ürünler yer almaktadır ve bunu sırasıyla funguslar, predatörler ve virüsler takip etmektedir. Bunlar en çok sebze ve meyve bahçelerinde kullanılmaktadır (Marrone 2014). ABD'de 200'den fazla ürün biyopestisit pazarında yer alırken Avrupa Birliği'nde bu rakam sadece 60 olarak bildirilmiştir (Kumar & Singh 2015). Biyopestisit pazarında en büyük pay %40 ile Kuzey Amerika'ya aittir ve Amerika kıtasındaki toplam biyopestisit pazar değeri 2019 verilerine göre yaklaşık 4.40 milyar dolar iken, 2027 ye kadar bu rakamın 10.63 milyar dolar olması beklenmektedir (MRR 2020). Biyolojik mücadele geleneksel yöntemler ve kimyasal mücadele ile kıyaslandığında özellikle çevre ve insan sağlığına zararsız olmasına rağmen daha yavaş ve geç etki gösteren ve sonuçları daha az tutarlı olan bir yöntemdir. Bu durumun başlıca nedenleri mikro (fungus, bakteri, virüs ve protozoa), mezo (rotiferler, nematodlar, akarlar, tardigradlar vs.) ve makro (solucanlar, termitler, kırkayaklar vs.) faunadan oluşan biyotik ve abiyotik etmenlerdir. Fakat bu BKA'larının uygulanmalarındaki başarısı, büyük ölçüde yukarıda bahsi geçen abiyotik ve biyotik faktörlerin oluşturduğu toprak ekolojisi ya da toprak ekosisteminden etkilenebilmeleriyle ilişkilidir (Cumagun & Moosavi 2015). Yapılan çalışmalarda virüslerin, akarların ve avcı nematod türlerinin bitki paraziti nematodlara karşı biyokontrol aktiviteleri tespit edilmiştir. Fakat nematodlara antagonistik etkileri tespit edilen organizmalar arasında en çok çalışılan ve gelecek vaat eden grupların bakteriler ve funguslar olduğu belirtilmektedir (Abd-Elgawad & Askary 2015; Cumagun & Moosavi 2015).

Bu derlemede bitki paraziti nematodlara karşı kullanılan biyopestisitler (bakteriler, funguslar ve bitkisel/hayvansal kökenli ekstraktlar) hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Bakteriler

Toprakta en çok bulunan organizmalar arasında yer alan bakteriler, bitki paraziti nematodların biyolojik mücadelesinde kullanılmaktadır (Tian et al. 2007). Özellikle *Bacillus*, *Pasteuria* ve *Pseudomonas* cinsinin birçok üyesi bitki paraziti nematodlara karşı kullanılmaktadır (Siddiqui & Mahmood 1999; Abd-Elgawad & Askary 2018). Bakteriyel kontrol organizmaları parazitik bakteriler ve parazitik olmayan rizobakteriler olarak iki grupta değerlendirilmektedir (Siddiqui & Mahmood 1999; Abd-Elgawad & Askary 2015). Nematofagus bakteri olarak nitelendirilen bu iki grubun üyeleri nematodlar üzerinde sinerjistik etkiye sahiptirler (Stirling 2014). Bu bakterilerin temelde etki yolları; toksin, antibiyotik veya enzim üreterek parazitlenme, besin için nematodlarla rekabete girme, bitkinin sistemik direncinin uyarılması ve bitki gelişiminin teşvik edilmesi şeklindedir. Biyokontrol organizması olarak bakteriler; obligat parazit bakteriler, fırsatçı bakteriler, rizobakteriler, Cry proteini üreten bakteriler, endofitik ve simbiyotik bakteriler olarak 6 grupta incelenmektedir (Tian et al. 2007) (Çizelge 1).

Obligat parazit bakteri (*Pasteuria*)

Bitki paraziti nematodların obligat paraziti olan *Pasteuria* cinsi bakteriler endospor formuna sahiptirler (Sayre & Starr 1985). Bu cinse ait bakterilerin bitki paraziti ve serbest yaşayan gruplar dahil yaklaşık olarak 323 nematod türünü enfekte ettiği bildirilmiştir (Chen & Dickson 1998). *Pasteuria penetrans* özellikle topraktaki kök ur nematodu popülasyonunun baskılanmasından sorumlu birincil mikroorganizma olarak kabul edilir (Akyazı & Dickson 2014). *Pasteuria* endosporları kök ur nematodu ikinci dönem larvalarının kutikulasına yapışır ve köke giriş yapan larvada çimlenen endosporlar larvanın aktivitesini sınırlarlar. Ayrıca dişi bireyde de çoğalmaya devam ederek dişinin üreme potansiyelinin kaybolmasına neden olurlar (Viaene et al. 2006). Bu endosporların uygun olmayan koşullara karşı dayanıklı olması ve pestisitlere karşı da tolerans göstermesi en önemli avantajlarından (Kati & Mennan 2006). Fakat *P. penetrans*'ın etkili olduğu konukçu sayısının az olması ve kitle üretiminin zor olması biyonematisit pazarında yer alamamasındaki engellerdendir (Weibelzahl-Fulton et al. 1996, Uysal & Göze Özdemir 2020). Ticari olarak kullanımda olan *Pasteuria nishizawae* Pn1 (Clariva® pn) ise *Heterodera glycines* (SCN) in mücadelesinde kullanılan tohum uygulaması olan bir biopreparattır (Jensen et al. 2018) (Çizelge 1).

Fırsatçı parazit bakteriler

Obligat parazitik bakteriler dışında nematofagus bakterilerin birçoğu genellikle saprofitik yaşam sürerler ve nematodları olası bir besin kaynağı olarak hedef alırlar. Bununla birlikte, bazı koşullarda nematodu enfekte etmek ve öldürmek için kütikula bariyerini delebilen tipteki bakteriler fırsatçı bakteriler olarak adlandırılmaktadır (Tian et al. 2007). Çam solgunluk nematodu *Bursaphelenchus xylophilus* ve soya fasülyesi kist nematodu *Heterodera glycines*'in fırsatçı bakterisi olarak *Brevibacillus laterosporus* G4 ve *Serratia quinivorans* BXF1 bildirilmektedir (Nascimento et al. 2016) (Çizelge1).

Rizobakteriler

Bitki gelişimini destekleyen rizobakteriler (PGPR) olarak da adlandırılan bu grubun etki mekanizması oldukça geniştir. Bu mekanizmalar; doğrudan antagonistik etki (toksinler,

enzimler ve diğer metabolik bileşenler üreterek) ve dolaylı etki olarak bitki nematod arasındaki mekanizmaları aktive etmek (sistemik dayanıklılığın teşviki), besin için rekabete girmek ve nematod davranışlarını düzenleyerek popülasyonu azaltmak olarak sıralanabilir. Ürettikleri bu toksinler nematodun yumurtadan çıkışını engellemekte, çoğalmasını baskılamakta veya doğrudan ölümlerine yol açmaktadır (Siddiqui & Mahmood 1999; Tian et al. 2007). Rizosferde en yaygın bulunan *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. rizobakteriler nematodların antagonistleri olarak bildirilmekte özellikle *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera* ve *Rotylenchulus* cinsine ait türlere karşı kullanılmaktadır (Engelbrecht et al. 2018). En yaygın kullanılan ticari ürünler ise; *Pseudomonas fluorescens*, *P. chlororaphis*, *Bacillus firmus* (strain GB-126 ve I-1582), *B. cereus* (CM-1c strain) *B. subtilis* (CM-5 strain), *B. megaterium*, *B. licheniformis* ve *B. amyloliquefaciens* (Çizelge 1)'dir. Brezilya, Hindistan, Mısır, ABD, İsrail ve Çin gibi ülkelerde yaygın kullanımları söz konusudur (Abd-Elgawad & Askary 2018).

Cry protein oluşturan bakteriler

Bacillus thuringiensis (Bt)'in serbest yaşayan ve bitki paraziti nematodların larvalarına toksik olduğu bilinen altı Cry proteini (Cry5, Cry6, Cry12, Cry13, Cry14, Cry21) belirlenmiştir (Wei et al. 2003). Bu deltaendotoksin olarak bilinen kristallerin üretimiyle bitki paraziti nematodların bağırsak epitel hücrelerinin hücre zarında oluşturulan litik gözenekler ile hasara neden olarak nematod popülasyonu baskılanmaktadır (Tian et al. 2007) (Çizelge 1).

Endofitik bakteriler

Bitkilere herhangi bir zarar vermeyerek kök doku ve rizosferde daima bulunan ve bitkide herhangi bir hastalık belirtisi göstermeden yaşamını devam ettiren bakterilere endofitik bakteriler denilmektedir (Siddiqui & Shaukat, 2003; Sülü et al. 2016). Bu bakteriler konukçu bitkide fizyolojik, morfolojik ve gelişimsel süreçlere katkı sağlamalarından dolayı bitkinin sağlıklı büyüme ve gelişmelerine neden olurlar. Bu nedenle endofit uygulamalarının yapılmasıyla bitkilerin ürettikleri pektin, selüloz ve fenolik bileşiklerin kökte bariyer oluşturarak nematodların yol açtıkları zararın azaltılabileceği düşünülmektedir (Berg & Hallmann 2006). Actinobacteria, Firmicutes ve Proteobacteria şubelerinde bildirilen endofitikler bitki savunma mekanizmalarında (fenol ve salisilik asit içeriğinin artırılması), IAA üretimi, siderofor üretimi ve de fosfat indirgeme aktiviteleriyle etkilidir (Berg & Hallmann 2006). Yapılan çalışmalarda özellikle kök ur nematodu larva penetrasyonunun ve çoğalmasının engellenmesinde etkili birçok endofitik bakteri belirlenmiş fakat ticari preparat haline getirilememiştir.

Simbiyotik bakteriler

Xenorhabdus spp. ve *Photorhabdus* spp. entomopatojenik nematodların (*Steinernema* spp. ve *Heterorhabdus* spp.) bakteriyel simbiyonlarıdır ve bu bakterilerin böceği öldürerek ve nematod üremesi için uygun bir besin ortamı sağlayarak simbiyotik birleşmeye katkıda buldukları düşünülmektedir (Kaya et al. 2006). Bu simbiyotik bakterilerin savunma bileşiklerinin üretimiyle bitki paraziti nematodlarının baskılanmasından sorumlu olduğu ve antagonistik etkisi rapor edilmiştir (Tian et al. 2007) (Çizelge 1).

Funguslar

Nematodlarla mücadelede kullanılan çok sayıda BKA bulunmaktadır. Ancak topraktaki bitki paraziti nematod yoğunluklarını düzenleyen en umut verici ve uygulanabilir BKA'ları nematofag funguslardır (Abd-Elgawad & Askary 2015). Zopf tarafından 1888 yılında nematofag özellikte olduğu belirlenen ilk fungus türü *Arthrobotrys oligospora*'dır (Braga & Araújo 2014). Ancak yapılan çalışmalarda günümüze kadar nematofag özelliğe sahip olan ve *Ascomycota* (anamorfik *Orbiliaceae* ve *Clavicipitaceae*), *Basidiomycota* (*Pleurotaceae*), *Zygomycota* (*Zoopagales*) ve *Chytridiomycota* gibi birkaç filumda yer alan 700'den fazla fungus türü tespit edilmiştir. Ayrıca geleneksel olarak fungus alemine dahil olan ancak gerçek funguslardan olmayan birkaç *Oomycota* türünün de nematodları öldürebildiği belirlenmiştir (Moosavi & Zare 2012; Li et al. 2015). Bitki paraziti nematodlara karşı kullanılan ya da kullanılma potansiyeli olan bu funguslar, nematofag funguslar ve endofitik funguslar olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.

Nematofag funguslar

Nematodları besin kaynağı olarak kullanmak amacıyla parazitleyen ve nematodlar üzerinde çoğalan funguslara nematofag funguslar denir (Moosavi & Zare 2012). Bu grupta yer alan fungusların bazıları nematodların obligat parazitleri iken büyük bir kısmı fakültatif saprofit olarak yaşamaktadır (Lopez-Llorca et al. 2008). Fakültatif yaşayanlar geliştirdikleri özel yapılar (hifler, nodüller vs.) vasıtasıyla nematodların hareketli dönemlerini enfekte edebilmektedir. Obligat özellikte olanlar ise nematodların bünyesine aldığı ve içeriden gelişen ya da kutikularına yapışan ve direk giriş yapan sporları vasıtasıyla nematodları enfekte edebilmektedir (Lopez-Llorca et al. 2008; Moosavi & Zare 2012). Nematodlarla parazitik ilişki içerisindeki bu funguslar beslenme davranışlarına göre; yumurta ve dişi paraziti funguslar, nematod kapan (yakalayan) funguslar, endoparazitik funguslar ve toksin üreten funguslar olmak üzere dört gruba ayrılabilir (Çizelge 1).

Yumurta ve dişi paraziti funguslar

Özellikle sabit endo ya da ekto parazit nematod türlerinde etkili olabilen bu gruptaki funguslar konukçularını zoospor ya da appressorium'ları ile enfekte etmektedir (Viaene et al. 2006; Lopez-Llorca et al. 2008). Saprofitik özelliklerinden dolayı laboratuvarında da kolaylıkla kültüre alınabilmektedir (Braga & Araújo 2014). *Clonostachys*, *Cylindrocarpon*, *Dactyella*, *Haptocillium*, *Hirsutella*, *Lecanicillium*, *Pochonia* ve *Paecilomyces* cinslerine ait birçok fungus türü nematodlarla mücadelede bu grup içerisinde değerlendirilmektedir (Viaene et al. 2006; Moosavi & Zare 2012; Li et al. 2015) (Çizelge 1). Bu fungusların nematod dokusuna girişleri oluşturdukları appressorium'ları vasıtasıyla fiziksel, ürettikleri bazı enzimler vasıtasıyla da kimyasal bir süreç içermektedir (Lopez-Llorca et al. 2008). Protein ve kitinden oluşan çok katmanlı bir yapıya sahip olan nematodların kutikula ve yumurta kabuklarının kimyasal olarak parçalanmasında ise funguslar tarafından üretilen kollagenaz, kitinaz ve proteazlar gibi enzimlerin görev aldığı tespit edilmiştir (Yang et al. 2007; 2013).

Nematod kapan (yakalayan) funguslar

Çeşitli şekil ve boyutlarda oluşturdukları tuzak yapıları ile nematodların hareketli dönemlerini yakalayan funguslardır. Bu grupta yer alan bir çok tür *Arthrobotrys*, *Duddingtonia* ve *Monacrosporium* cinsleri içerisinde yer almaktadır (Braga & Araújo 2014) (Çizelge 1). Konukçuya özelleşmeyen bu gruptaki funguslar basit ya da çok karmaşık [iki boyut ya da üç boyut kazanmış yapışkan hifler, yapışkan yumrular (nodüller), daralabilen ya da daralmayan halkalar vs.] tuzak yapıları oluşturabilmektedir (Moosavi & Zare 2012; Braga & Araújo 2014). Ayrıca bu funguslar avlarını ürettikleri bazı kimyasallarla [methyl 3-methyl-2- butenoate (MMB) gibi] tuzak yapılarına çekebilmektedir (Hsueh et al. 2017). Bu yolla da etkinliklerini arttırabilmektedirler.

Endoparazitik funguslar

Endoparazitik fungusların birçoğu obligat parazittir (Nordbring-Hertz et al. 2006). Bu funguslar nematodların hareketli dönemlerini sporları (konidia ya da zoospor) ile infekte edebilmektedir (Moosavi & Zare 2012). Dolayısıyla bu gruptaki funguslar genellikle hif ya da miselyum oluşturmamaktadır (Braga & Araújo, 2014). Üretilen sporlar nematodlar tarafından yutulmakta ya da kutikularına sıkıca yapışmaktadır (Nordbring-Hertz et al. 2006; Moosavi & Zare 2012). Endoparazitik funguslar *Catenaria*, *Haptocillium*, *Harposporium* ya da *Drechmeria* gibi cinsler içerisinde yer almaktadır (Lopez-Llorca et al. 2008) (Çizelge 1). Bu grup içerisinde değerlendirilen funguslar obligat parazit olmaları ve konukçularının sınırlı olması nedeniyle kullanımları ve in vitro üretimleri daha düşüktür; dolayısıyla daha sınırlı bir etki ve endüstriyel ölçekte üretimleri açısından daha maliyetli olabilmektedirler (Braga & Araújo 2014).

Toksin üreten funguslar

Toksin üreten funguslar, kütüküladan gerçekleştirecekleri hif penetrasyonu öncesi nematodları toksinle hareketsizleştirmekte ya da öldürmektedir (Lopez-Llorca et al. 2008; Okorie et al. 2011). *Ascomycota* ve *Basidiomycota*'ya ait 150 farklı cinsten yaklaşık 280 türün nematisidal aktiviteye sahip bu bileşiklerden (toksinler) 200'den fazlasını ürettiği tespit edilmiştir (Li & Zhang 2014). Bu bileşikler, alkaloidler, peptitler, terpenoidler, makrolitler, oksijen heterosiklikleri ve benzo bileşikler, kinonlar, alifatik bileşikler, basit aromatik bileşikler ve steroller dahil olmak üzere çeşitli kimyasal gruplara aittir (Li & Zhang 2014). *Alternaria*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Beauveria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Trichoderma* ve *Pochonia* gibi fungus cinslerine ait önemli türler bu grup içerisinde yer almaktadır (Li & Zhang 2014; Erazo Sandoval et al. 2020) (Çizelge 1).

Endofitik funguslar

Endofitler, bitki dokularında herhangi bir hastalık belirtisine neden olmadan yaşayan mikroorganizmalardır (Porras-Alfaro & Bayman 2011). Birçok bitki türünde fungal ya da bakteriyel endofit tespit edilmiştir (Zhou et al. 2016). Özellikle bazı fungal endofitler, bitki gelişimi ve verimlerinde etkili olabildikleri gibi biyotik-abiyotik etmenlere karşı bitki dayanıklılığını ya da toleransını da arttırabilmektedir (Yan et al. 2011; Zhou et al. 2016). Nematodlarla mücadelede kullanılabilen endofitik funguslar; mikorizal funguslar, neotyphodium endofitler ve fusarium endofitler olmak üzere üç başlık altında değerlendirilmektedir (Çizelge 1).

Mikorizal funguslar

Bu grupta yer alan ve bitki kökleri ile ilişkileri en iyi bilinen endofitler bitkilerin zorunlu simbiyotik parazitleri olan Arbuskular Mikorizal Fungus (AMF)'lerdir (Viaene et al. 2006; Moosavi & Zare 2012). Bu organizmalar oluşturdukları hif yapıları vasıtasıyla konukçu bitkinin toplam kök yüzey alanını arttırmakta ve böylelikle bitkinin su ve besin maddelerine erişimini kolaylaştırmaktadır. (Viaene et al. 2006; Hardoim et al. 2015). Ayrıca AMF'ler ağır metal toksisitesini azaltabilmekte ve de nematodlar dahil hastalık ve zararlılardan kaynaklı oluşacak zararları da baskılayabilmektedir (Viaene et al. 2006; Moosavi & Zare 2012; Zhou et al. 2016). Örneğin nematodların neden olduğu zararları AMF'lerin % 44-57 oranında baskılayabildiği tespit edilmiştir (Veresoglou & Rillig 2012). Özellikle hastalık ve zararlılar üzerindeki bu etkilerinin kök hücrelerinde neden oldukları fizyolojik değişiklikler ya da kök salgıları üzerindeki etkilerinden olabileceği düşünülmektedir (Viaene et al. 2006). En iyi bilinen AMF türleri ise özellikle *Glomus* ve *Rhizophagus* cinslerinde yer almaktadır (Schüßler et al. 2001; Hardoim et al. 2015) (Çizelge 1).

Neotyphodium endofitler

Neotyphodium (= *Acremonium*) türleri, genellikle soğuk mevsim çimlerinde hücreler arası boşluklarda kolonize olabilen obligat biyotroflardır (Cumagun & Moosavi 2015). Bu endofitik funguslar, konukçularının bazı bitki paraziti nematodlara karşı dirençlerini arttırabilmektedir (Hallmann & Sikora 2011). Bu etkinin ise endofitler tarafından salgılanan bazı kimyasallardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Viaene et al. 2006). Nematodların mücadelesinde endofitler tarafından üretilen alkaloidlerin (ergot alkaloidleri vs.) rolünün farklı çim x *Neotyphodium* ilişkilerinde ise farklılık gösterebileceği belirtilmektedir (Hallmann & Sikora 2011). Ancak özellikle uygun endofit-çim birlikteliklerinin spor amacıyla kullanılan yeşil alanlarda nematod mücadelesi için kullanılabilmesi bildirilmektedir (Hallmann & Sikora 2011).

Fusarium endofitler

Bitkilerde önemli zararlara neden olan ırkları ile bilinen *Fusarium oxysporium*'un doğadaki birçok ırkı patojenik olmayan saprofit özelliklere sahiptir (Hallmann & Sikora 2011). Bu patojenik olmayan *F. oxysporum* ırklarının birçoğu fungal patojenlerin, bitki paraziti nematodların ve böceklerin antagonistleri olarak tanımlanmıştır (Alabouvette & Couteaudier 1992; Hallmann & Sikora 2011; Waweru et al. 2013). Ayrıca patojenik olmayan bu ırkların *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus goodeyi*, *Helicotylenchus multincinctus* gibi birçok bitki paraziti nematod türüne karşı da biyokontrol potansiyeli belirlenmiştir (Martinuz et al. 2013; Waweru et al. 2013; 2014). Özellikle bitki paraziti nematod yumurtaları için son derece patojenik olan söz konusu *Fusarium* ırkları, ayrıca salgıladıkları toksik metabolitler ile de nematodlar üzerinde etkili olabilmektedir (Cumagun & Moosavi 2015). Yapılan bazı çalışmalarda ise patojenik olmayan bazı *Fusarium oxysporum* ırklarının bitki paraziti nematodlara karşı bitkilerde sistemik dayanıklılığı uyardığı da tespit edilmiştir (Vu et al. 2006).

Bitkisel/hayvansal kökenliler

Nematodlarla mücadelede kimyasallara alternatif yöntem ya da bileşenlerin içerisinde yer alan bitkisel ya da hayvansal kökenli bileşenler sadece nematodlarla mücadelede değil toprak yapısının düzenlenmesi ve de herhangi bir kalıntıya sebebiyet vermemeleri gibi farklı nedenlerden dolayı önemlidir. Bu bileşenlerin en önemlileri ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Azadirachtin

Azadirachtin, Indian lilac olarak bilinen *Azadirachta indica* bitkisinden elde edilen bir kimyasaldır (Javed et al. 2008). Bu kimyasal özellikle söz konusu bitkinin meyve ve tohum kabuğundan elde edilebilmektedir (Schmutterer 1990). Böceklerde çeşitli etkilere (uzaklaştırıcı, beslenmeyi etkileyici vb.) sahip olduğu tespit edilen bu kimyasalın nematodlarda da önemli etkileri belirlenmiştir (Oka et al. 2007; Javed et al. 2008). Yapılan çalışmalarda azadirachtinin özellikle larvalarda nematostatik ya da nematisit etkilere sahip olduğu, ayrıca nematodların yumurta üretimlerinde ve kök-urulanmalarında azalmalara neden oldukları belirlenmiştir (Javed et al. 2008; Oka et al. 2007). Yapılan çalışmalarda Neem bazlı formülasyonlar ve azadirachtinin hıyarda kök-ur nematodu (Lynn et al. 2010), ve patatesten kist nematodunu önemli ölçüde baskıladıkları belirlenmiştir (Trifonova & Atansov 2011).

Karvakrol

Fenolik bir monoterpen olan karvakrol, timol ile izomerik olup, *Origanum dictamnus*, *O. vulgare*, *O. majorana*, *Thymus vulgaris* ve *T. zygis* dahil olmak üzere çeşitli aromatik bitkilerde bulunmaktadır (Liolios et al. 2010). Karvakrol, antimikrobiyal (Da Rosa et al., 2015), antioksidan (Camo et al., 2011), antiinflamatuvar (Pérez et al. 2011), antibakteriyel, antifungal (Jaberian et al. 2013), insektisit (Isman et al. 2001), ve nematisit (Oka et al. 2000) etkileri olan çok geniş etki yelpazesine sahip bir bileşen olarak bilinmektedir. Özellikle bitki paraziti nematodlarda nematostatik ya da ovisidal etkileri gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada belirli süre ve dozda (24 saat, 488 ppm) karvakrola maruz kalan *M. incognita* J2'lerin %100 oranında paralize oldukları tespit edilmiştir (Ntalli et al. 2010). Oka et al (2000), karvakrolün *in vitro* koşullarda 125 ppm'den yüksek dozlarda *M. javanica*'nın yumurtadan çıkmasını engellediğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalarda karvakrolün nematisit etkisi belirlenmiştir. Ancak söz konusu etkinin mekanizması henüz tespit edilememiştir.

Quillaja saponaria

Saponinler, hidrofilik yapıya sahip şeker zincirlerinin bağlı olduğu hidrofobik bir çekirdek (aglikon) içeren yüksek moleküler ağırlıklı glikozitlerdir. Aglikonun kimyasal yapısına göre iki ana saponin türü vardır: Triterpenoid saponinler (burada çekirdek bir triterpendir) ve steroid saponinler (burada çekirdek bir steroiddir). Steroid ve triterpenoid saponinlerin en yaygın endüstriyel kaynakları, sırasıyla Meksika bitkisi (*Yucca schidigera*) ve Şili ağacı (*Quillaja saponaria*)'nın özleridir (San Martin & Magunacelaya 2005). Pek çok bitki kökenli saponinin antimikrobiyal olduğu, bitkileri böcek saldırılarından koruduğu ve bitki savunma sisteminin bir parçası olarak kabul

edilebileceği bilinmektedir (Francis 2002). Ancak özellikle *Q. saponaria*'dan elde edilen triterpen saponinler, böcek ve nematodları kontrol etmek için kullanılmaktadır.

Sarımsak Ekstraktı

Sarımsak (*Allium sativum*), soğan, pırasa ve frenk soğanı gibi çeşitli amaçlarla yetiştirilen *Allium* ailesine ait sebzelerdir. Sarımsak ekstraktlarının antimikrobiyal özellikleri 19. yüzyılın başlarında araştırılmış ve bu özellikleri organosülfür bileşiği allicin'e atfedilmiştir (Gupta & Sharma 1993; Eder et al. 2021). Ayrıca sarımsağın uçucu yağının, ajoen, dialil disülfür (DADS), dialil trisülfür (DATS), alil metil trisülfür ve dialil sülfid gibi diğer organosülfür bileşikleri bakımından zengin olduğu da tespit edilmiştir (Corzo-Martinez et al. 2007). Yapılan çalışmalarda da sarımsak uçucu yağının nematisidal aktivitesinden ise bahsi geçen bu sülfür bileşiklerinin sorumlu olduğu da belirtilmektedir (Gupta & Sharma 1993; Park et al. 2005).

Susam

Susam (*Sesamum indicum*) sesamin, sesamolin ve sesamol gibi nematisidal etkiye sahip bileşenler içermektedir (Radwan et al. 2009). Susam bitkisinin ve yağının bitki paraziti nematodlara karşı kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır ve bu çalışmalarda susam bitki ekstraktının nematodlara karşı sistemik bir aktiviteye sahip olduğu bildirmiş ve yine bazı hibrit susam ekstraktlarının endoparazitik ve ektoparazitik nematodlara karşı nemastatik ve nematotoksik etkileri belirlenmiştir (Kankam et al. 2015). Yapılan çalışmada özellikle kök ur nematodunda gal ve yumurta paketi oluşumunda azalmalar rapor edilmiştir (Kankam et al. 2015).

Kitin

Kitin ve türevleri, bitkinin savunma mekanizmasını güçlendirmek için yoğun bir şekilde tercih edilmektedir (Zargar et al. 2015). Kitin ve kitinosan ürünleri olan HYT-C ve HYT-D nematodların kontrolünde kullanılan alternatif uygulamalardandır. Bu iki ürün de kök oluşumunu ve hücre yapısını güçlendirir ve bitkileri toprak patojenleri ve nematodlara karşı uyarır. Kitin ürünü HYT-C, karideslerden ekstrakte edilen mikronize kitine dayanmaktadır (Chen & Peng 2019). Kitin, nematod yumurta kabuğunun ve pharynxinin temel bileşenidir (Zhang et al. 2005). Toprağa kitin ilavesi, kitinolitik mikroorganizmaların popülasyonunu artırmaktadır (Zargar et al. 2015). Bu mikroorganizmalar polisakkarit olan kitini, disakkarit olan kitobiyoza çevirir, yumurtaları ve kitin içeren genç nematodların kütikularını parçalar (Chen & Peng 2019).

Çizelge 1. Bitki paraziti nematodlarla mücadelede kullanılan organizmalar ve etki şekilleri (Gera Hol & Cook 2005; Tian et al. 2007; Lopez-Llorca et al. 2008; Moosavi & Zare 2012; Li et al. 2015; Abd-Elgawad & Askary 2018)

Table 1. Organisms used in the management of plant parasitic nematodes and their mode of action

| Grubu | Organizma türü | Etki şekli | Etkili olduğu nematod türü | Etkili olduğu dönem | |
|------------|------------------------------------|---|--|---|------------------------|
| Bakteriler | Obligat parazit bakteriler | <i>P. penetrans</i> , <i>P. nishizawae</i> | Endosporların parazitizmi | <i>Meloidogyne</i> spp. | |
| | Fırsatçı bakteriler | <i>B. laterosporus</i> strain G4, <i>S. quinivorans</i> BXF1 | Parazitizm, enzim ve toksin üretimi | <i>H. glycines</i> , <i>B. xylophilus</i> Larva | |
| | Rizobakteriler | <i>B. firmus</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. cereus</i> (CM-1c strain), <i>B. subtilis</i> (CM-5 strain), <i>P. fluorescens</i> , <i>P. chlororaphis</i> , <i>B. rinojensis</i> A396 | PGPR, toksin ve sekonder metabolit üretmek, Sistemik direncin uyarılması, besin rekabeti | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Globodera</i> spp., <i>R. similis</i> , <i>A. besseyi</i> , <i>T. semipenetrans</i> , | Yumurta, larva ve dışı |
| | Cry proteini üreten bakteriler | <i>B. thuringiensis</i> (Cry5-6, Cry12-14, Cry21) | Toksin üretimi | <i>C. elegans</i> , <i>T. colubriformis</i> , | Larva |
| | Endofitik bakteriler | Birçok rizobakteri | Rizobakterilerle benzer etki mekanizması | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp. | Yumurta, larva ve dışı |
| | Simbiyotik bakteriler | <i>Xenorhabdus</i> spp. <i>Photorhabdus</i> spp. | Toksin üretimi | <i>B. xylophilus</i> , <i>M. incognita</i> | Yumurta |
| Funguslar | Yumurta ve dışı paraziti funguslar | <i>P. lilacinus</i> <i>P. chlamydosporia</i> | Apressorium Apressorium | <i>Globodera</i> spp., <i>Heterodera</i> spp., <i>Meloidogyne</i> spp. Yumurta ve dışı | |
| | | <i>Trichoderma</i> spp. | Konidia | <i>Globodera</i> spp., <i>Meloidogyne</i> spp., <i>T. semipenetrans</i> Yumurta, dışı ve 2. dönem juveniller | |
| | Nematod kapan funguslar | <i>D. stenobrocha</i> <i>A. oligospora</i> | Sıkılaştırıcı halkalar Yapışkan ağlar | Toprakta hareketli nematodlar Nematodların hareketli dönemleri | |
| | Endoparazitik funguslar | <i>H. rhossiliensis</i> | Yapışkan conidia | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Heterodera</i> spp., <i>Criconea</i> spp. | |

Çizelge 1 devamı
Table 1 continued

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|---|
| | <i>N. concurrens</i> | Yapışkan sporlar | <i>Aphelenchus</i> spp. | |
| | <i>C. anguillulae</i> | Zoospor | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Heterodera</i> spp. | Larva ve yumurta |
| Toksin üreten funguslar | <i>P. ostreatus</i> | Zehirli damlacıklar | Toprakta hareketli nematodlar | Nematodların hareketli dönemleri |
| | <i>C. comatus</i> | Toksin, dikenli yapılar | Toprakta hareketli nematodlar | |
| Mikorizal funguslar | <i>Glomus</i> spp. | Arbüsküler mikorizal fungus | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Heterodera</i> spp., <i>Globodera</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>R. similis</i> | Nematodların hareketli ve sabit dönemleri |
| Neotyphodium endofitler | <i>Neotyphodium</i> spp. | - | <i>Meloidogyne</i> spp. | |
| Fusarium endofitler | <i>F. oxysporium</i> | - | <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>R. similis</i> | Yumurta, dişi ve larva |

Sonuç

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde çok sayıda mikroorganizma (bakteriler ve funguslar) ve bitkisel/hayvansal kökenli ekstraktlar kullanılmaktadır. Fakat bunlar içerisinde nematisidal etkinliğe sahip az sayıda ticari preparat biyokontrol ürünü olarak geliştirilmiş durumdadır. Bu etmenlerin etkinliklerini sınırlandıran çeşitli faktörler (toprak yapısı, uygulamada kullanılan su miktarı, sıcaklık, ekoloji, nematod türü ve popülasyonu) bulunmaktadır. Ayrıca bitki ve çevre arasındaki etkileşimlerin anlaşılması pratikte ideal biyokontrol etkinlikleri için önem arz etmektedir. Özellikle biyokontrol ajanlarının topraktaki gelişimi ve büyük ölçekli uygulamaları değişkenlik göstermektedir. Laboratuvar çalışmaları neticesinde hedef konukçuda etkili olduğu belirlenen bir biopreparatın arazi koşullarındaki performansları arasında zaman zaman farklılıklar gözlenmektedir. Belirlenen bu farklılıklara rağmen kimyasalların çevre ve insan sağlığına verdiği zarar nedeniyle BKA'lar çevre dostu özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Biyolojik ürünlerin in vitro da kolay yetiştirilebilme, bazı izolatların konukçu spesifik olması ve tohum uygulaması gibi uygulama yöntemlerinin çeşitli olması avantajları arasında sıralanmaktadır. Diğer yandan raf ömürlerinin ve etkinlik sürelerinin kısa olması, enfeksiyon için yüksek inokulum miktarına ihtiyaç duyulması da dezavantajları arasındadır. Ancak bu organizmalar için uygun sistemlerin geliştirilmesi (üretim, formülasyon, uygulama, vb.) ve hedef olmayan organizmalar üzerinde daha az ya da hiçbir etkiye neden olmamalarının sağlanması, BKA'ların etkili bir performans sergilemelerinde rol oynayan anahtar faktörlerdir (Jansson & Lopez-Llorca 2004). Özellikle BKA'ları içerisinde yer alan ve konukçu bitkilerde uyarılmış sistemik

dayanıklılığın (ISR-Induced Systemic Resistance) oluşumunda rol alan rizobakteriler ya da patojen olmayan *Fusarium* cinsi funguslar gibi etmenlerin entegre mücadele sistemi içerisinde daha fazla yer bulacağı tahmin edilmektedir. Bu etkiye sahip olan BKA'ların sadece bitki paraziti nematodların mücadelesinde değil diğer bitki patojeni etmenlere karşıda etkili bir şekilde kullanılabilecekleri düşünülmektedir (Jansson & Lopez-Llorca 2004). Sonuç olarak, biyonematisitler, entegre zararlı yönetimi (IPM) programlarında diğer tarımsal girdilerle sinerjik veya katkı maddesi olarak hareket edebilir ve mücadelenin etkinliğini arttırabilirler. Ancak bitki paraziti nematodlarla yapılacak bu mücadelede BKA'larının kullanımının, üreticilere verilecek detaylı eğitimlerle arttırılabileceği unutulmamalıdır. Böylelikle sürdürülebilir ve çevre dostu bir mücadele programı uygulanabilecektir.

Kaynaklar

- Abd-Elgawad M.M.M. & T.H. Askary, 2015. Impact of phytonematodes on agriculture economy. (Editor: T.H. Askary & P.R.P. Martinelli, Biocontrol Agents of Phytonematodes). CAB International, Wallingford, 3–49.
- Abd-Elgawad M.M.M. & T.H. Askary, 2018. Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28 (1): 1-24.
- Akyazi F. & D.W. Dickson, 2014. *Pasteuria penetrans* suppression of root-knot nematode *Meloidogyne arenaria* race 1 in vegetables. *Turkish Journal of Entomology*, 38 (2): 173-180.
- Alabouvette C. & Y. Couteaudier, 1992. Biological control of *Fusarium* wilts with non-pathogenic *Fusarium*. (Editor: E.C. Tjamos, R.J. Cook & G.C. Papavizas, Biological control of plant diseases). Plenum, New York, 415–426.
- Balcı H. & E. Durmuşoğlu, 2020. Bitki koruma ürünü olarak biyopestisitler: tanımları, sınıflandırılmaları, mevzuat ve pazarları üzerine bir değerlendirme. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(2): 252-265.
- Berg G. & J. Hallmann, 2006. Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes. (Editor: T.N. Sieber, C.J.C. Boyle & B.J.E. Schulz, Microbial root endophytes). Springer, Berlin, Heidelberg, 53-69.
- Braga F.R. & J.V. Araújo, 2014. Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98: 71-82.
- Camo J., A. Lorés, D. Djenane, J.A. Beltrán & P. Roncalés, 2011. Display life of beef packaged with an antioxidant active film as a function of the concentration of oregano extract. *Meat Science*, 88 (1): 174–178.
- Chen Z.X. & D. Dickson, 1998. Review of *Pasteuria penetrans*: Biology, ecology, and biological control potential. *Journal of Nematology*, 30 (3): 313.
- Chen Q. & D. Peng, 2019. Nematode chitin and application. *Targeting Chitin-containing Organisms*, 209-219.
- Corzo-Martinez M., N. Corzo & M. Villamiel, 2007. Biological properties of onions and garlic. *Trends in Food Science & Technology*, 18 (12): 609–625.
- Cumagun C.J.R., & M.R. Moosavi, 2015. Significance of Biocontrol Agents of Phytonematodes. (Editor: T.H. Askary & P.R.P. Martinelli, Biocontrol Agents of Phytonematodes). CAB International, Wallingford, 50–78.
- Da Rosa, C. G., M.V. De Oliveira Brisola Maciel, S.M. De Carvalho, A.P.Z. De Melo, B. Jummes, T. Da Silva, S.M. Martelli, M.A. Villetti, F.C. Bertoldi & P.L.M. Barreto, 2015. Characterization and evaluation of physicochemical and antimicrobial properties of zein nanoparticles loaded with phenolics monoterpenes. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 481: 337–344.

- Eder R., E. Consoli, J. Krauss & P. Dahlin, 2021. Polysulfides applied as formulated garlic extract to protect tomato plants against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Plants*, 10: 394.
- Engelbrecht, G., I. Horak, P.J. Jansen van Rensburg & S. Claassens 2018. Bacillus-based bionematicides: development, modes of action and commercialisation. *Biocontrol Science and Technology*, 28 (7): 629-653.
- EPA (Environmental Protection Agency) 2013. Regulating biopesticides. URL: www.epa.gov/opp00001/biopesticides (Erişim tarihi: Nisan, 2021).
- Erazo Sandoval N.S., M.M. Echeverría Guadalupe, J.L. Jave Nakayo, H.A. León Reyes, V.A. Lindao Córdova, J.C. Manzano Ocaña & N.M. Inca Chunata, 2020. Effect of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) and *Trichoderma harzianum* (Rifai) on *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 42(1): e47522.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2017. Sustainable management of the fall armyworm in Africa. FAO program for action. Food and agriculture organisation of the united nations. URL: <http://www.fao.org/3/a-bt417e.pdf> (Erişim tarihi: Nisan, 2021).
- Francis G. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *The British Journal of Nutrition*, 88: 587–605.
- Gera Hol W.H., & R. Cook, 2005. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6: 489-503.
- Gupta R. & K. Sharma, 1993. A study of the nematicidal activity of allicin-an active principal in garlic, *Allium sativum* L., against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. *International Journal of Pest Management*, 39: 390-392.
- Hallmann J., & R.A. Sikora, 2011. Endophytic fungi. (Editor: K.G. Davies & Y. Spiegel, Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms Progress in Biological Control). 11. Dordrecht, the Netherlands, 227-258.
- Hardoim P.R., L.S. van Overbeek, G. Berg, A.M. Pirttilä, S. Compant, A. Campisano, M. Döring & A. Sessitsch, 2015. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 79: 293–320.
- Hsueh Y.P., M.R. Gronquist, E.M. Schwarz, R.D. Nath, C.H. Lee, S. Gharib, F.C. Schroeder, & P.W. Sternberg, 2017. Nematophagous fungus *Arthrobotrys oligospora* mimics olfactory cues of sex and food to lure its nematode prey. *eLife* 6, e20023.
- Isman M.B., A.J. Wan & C.M. Passreiter, 2001. Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. *Fitoterapia*, 72 (1): 65-68.
- Jaberian H., K. Piri & J. Nazari, 2013. Phytochemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of some medicinal plants. *Food Chemistry*, 136 (1): 237–244.
- Jansson H.B. & L.V. Lopez-Llorca, 2004. Control of nematodes by Fungi. (Editor: M. Dekker, Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications). CRC Press, Boca Raton FL, USA, 205-215.
- Javed N., S.R. Gowen, S.A., El-Hassana, M. Inam-ul Haqa, F. Shahinab & B. Pembroke, 2008. Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. *Crop Protection*, 27:36-43.
- Jensen J.P., U. Kalwa, S. Pandey & G.L. Tylka, 2018. Avicta and clariva affect the biology of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. *Plant Disease*, 102 (12): 2480-2486.
- Kankam F., E.N.K. Sowley & A. Mohammed, 2015. Management of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) with aqueous sesame seed extract. *International Journal of Agricultural Research*, 6 (4): 24-31.
- Katı T. & S. Mennan, 2006. Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ile biyolojik mücadele. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2): 265-274.

- Kaya H.K., M.M. Aguilera, A. Alumai, H.Y. Choo, M. De la Torre, A. Fodor & R.U. Ehlers, 2006. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological control*, 38 (1): 134-155.
- Kumar S. & A. Singh, 2015. Biopesticides: present status and the future prospects. *Journal of Fertilizers & Pesticides*, 6(2): 100-129.
- Lamovšek J., G. Urek, & S. Trdan, 2013. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): microbes against the pests. *Acta Agriculturae Slovenica*, 101 (2): 263-275.
- Li G., & K.-Q. Zhang, 2014. Nematode-toxic fungi and their nematocidal metabolites. (Editor: K.-Q. Zhang & K.D. Hyde, Nematode-Trapping Fungi). Springer, Dordrecht, The Netherlands, 313–375.
- Li J., C. Zou, J. Xu, X. Ji, X. Niu, J. Yang, X. Huang & K.Q. Zhang, 2015. Molecular mechanisms of nematode-nematophagous microbe interactions, basis for biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 53: 67-95.
- Liolios C.C., K. Graikou, E. Skaltsa & I. Chinou, 2010. Dittany of Crete: a botanical and ethnopharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 131 (2): 229–241.
- Lopez-Llorca L., J. Macia-Vicente & H.B. Jansson, 2008. Mode of action and interactions of nematophagous fungi. (Editor: A. Ciancio, & K.G. Mukherjee, Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes). Springer, Dordrecht, Netherlands, 51–76.
- Lynn O.M., W. Song, J. Shim, J. Kim & K. Lee, 2010. Effects of azadirachtin and neem-based formulations for the control of sweet potato whitefly and root-knot nematode. *Journal of Korean Society Applied Biological Chemistry*, 53: 598-604.
- Marrone P.G. 2014. The market and potential for biopesticides. American Chemical Society, (In Biopesticides: state of the art and future opportunities), California, 245-258.
- Martinuz A., A. Schouten & R.A. Sikora, 2013. Post-infection development of *Meloidogyne incognita* on tomato treated with the endophytes *Fusarium oxysporum* strain Fo162 and *Rhizobium etli* strain G12. *BioControl*, 58: 95–104.
- Moosavi M.R. & R. Zare, 2012. Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. (Editor: J.M. Merillon & K.G. Ramawat, Plant Defence: Biological Control, Progress in Biological Control). Springer, Dordrecht, Netherlands, 67–107.
- MRR (Market Research Report) 2020. Biopesticides Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Type (Bioinsecticide, Biofungicide, Bionematicide, and Others), Source (Microbials and Biochemicals), Mode of Application (Foliar Application, Seed Treatment, Soil Treatment, and Others), Crop (Cereals, Oilseeds, Fruits & Vegetables, and Others), and Regional Forecast, 2020-2027. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/> (Erişim tarihi: Mayıs, 2021).
- Nascimento F.X., M. Espada, P. Barbosa, M.J. Rossi, C.S. Vicente & M. Mota, 2016. Non-specific transient mutualism between the plant parasitic nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, and the opportunistic bacterium *Serratia quinivorans* BXF1, a plant-growth promoting pine endophyte with antagonistic effects. *Environmental Microbiology*, 18 (12): 5265-5276.
- Ndolo D., E. Njugunaa, C.O. Adetunjib, C. Harboc, A. Rowea, A. Den Breyend, J. Sangeethae, G. Singhf, B. Szewczyk, T.S. Anjorinh, D. Thangaduraii & R. Hospeti, 2019. Research and development of biopesticides: challenges and prospects. *Outlooks on Pest Management*, 30 (6): 267-276.
- Nordbring-Hertz B., H.B. Jansson & A. Tunlid, 2006. Nematophagous Fungi. (Encyclopedia of life sciences). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 1-11.
- Ntalli N.G., F. Ferrari, L. Giannakou & U. Menkissoglu-Spiroudi, 2010. Phytochemistry and nematocidal activity of the essential oils from 8 greek lamiaceae aromatic plants and 13 terpene components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13): 7856–7863.

- Oka Y., S. Nacar, E. Putievsky, U. Ravid, Z. Yaniv & Y. Spiegel, 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*, 90(7), 710–715.
- Oka Y., N. Tkachi, S. Shuker & U. Yerumiyahu, 2007. Enhanced nematicidal activity organic and inorganic ammonia releasing amendments by *Azadirachta indica* extracts. *Journal of Nematology*, 39(1): 9-16.
- Okorie C.C., C.C. Ononuju & I.A. Okwujiako, 2011. Management of *Meloidogyne incognita* with *Pleurotus ostreatus* and *P. tuberregium* in soybean. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(3): 401-405.
- Park I.K., J.Y. Park, K.H. Kim, K.S. Choi, I.H. Choi, C.S. Kim & S.C. Shin, 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*, 7 (5): 767–774.
- Pérez, S.G., M.S. Zavala, L.G. Arias & M.L. Ramos, 2011. Anti-inflammatory activity of some essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 23 (5), 38–44.
- Porras-Alfaro A. & P. Bayman, 2011. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 291–315.
- Radwan M.A., E.K. El-Maadawy, S.I. Kassem & M.M. Abu-Elamayem, 2009. Oil cakes soil amendment effects on *Meloidogyne incognita*, root-knot nematode infecting tomato. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42 (1): 58-64.
- San Martin R. & J. Magunacelaya, 2005. Control of plant-parasitic nematodes with extracts of *Quillaja saponaria*. *Nematology*, 7: 577-585.
- Sayre R.M. & M.P. Starr, 1985. *Pasteuria penetrans* (ex Thorne 1940) non. rev. comb. n. sp. n. a mycelial and endospore forming bacterium parasite in plant parasitic nematodes. *ProcHeminth Society Washington* 52: 149–165.
- Schmutterer H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from neem tree *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35: 271-297.
- Schüßler A., D. Schwarzott & C. Walker, 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105: 1413–1421.
- Siddiqui Z.A. & I. Mahmood, 1999. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: a review. *Bioresource technology*, 69(2): 167-179.
- Siddiqui, I.A. & S.S. Shaikat, 2003. Endophytic bacteria: prospects and opportunities for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Nematologia Mediterranea*, 31 (11): 111-120.
- Stirling G.R. 2014. Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture. CABI, 536 p.
- Subedi P., K. Gattoni, W. Liu, K.S. Lawrence & S.W. Park, 2020. Current utility of plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents towards plant-parasitic nematodes. *Plants*, 9, 1167.
- Sülü S.M., İ.A. Bozkurt & S. Soylu, 2016. Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 103-111.
- Thakore Y. 2006. The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*, 2 (3): 194-208.
- Tian B., J. Yang & K.Q. Zhang, 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*, 61(2): 197-213.
- Trifonova Z. & A. Atansov, 2011. Control of potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* with some plant extracts and neem products. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17: 623-627.

- Uysal G. & F.G. Göze Özdemir, 2020. Bitki Paraziti Nematodların Biyolojik Mücadelesinde Bakteriler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 13: 53-72.
- Veresoglou S.D. & M.C. Rillig, 2012. Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology Letters*, 8: 214–217.
- Viaene N., D.L. Coyne & B.R. Kerry, 2006. Biological and cultural management. (Editör: R.N. Perry & M. Moens, Plant nematology). CABI, Wallingford, 346-369.
- Villaverde J.J., P. Sandin-España, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti & J.L. Alonso-Prados, 2016. Biopesticides from natural products: current development, legislative framework, and future trends. *BioResources*, 11 (2): 5618-5640.
- Vu T., R. Hauschild & R.A. Sikora, 2006. *Fusarium oxysporum* endophytes induced systemic resistance against *Radopholus similis* on banana. *Nematology*, 8(6): 847-852.
- Waweru B., L. Turoop, E. Kahangi, T. Dubois & D. Coyne, 2013. Potential biological control of lesion nematodes on banana using Kenyan strains of endophytic *Fusarium oxysporum*. *Nematology*, 15: 101–107.
- Waweru B., L. Turoop, E. Kahangi, D. Coyne & T. Dubois 2014. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). *Biological Control*, 74: 82–88.
- Weibelzahl-Fulton E., D.W. Dickson & E.B. Whitty, 1996. Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* by *Pasteuria penetrans* in field soil. *Journal of Nematology*, 28 (1): 43-49
- Wei J.Z., K. Hale, L. Carta, E. Platzer, C. Wong, S.C. Fang & R.V. Aroian, 2003. *Bacillus thuringiensis* crystal proteins that target nematodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (5): 2760-2765.
- Yan X., R.A. Sikora & J. Zheng, 2011. Potential use of cucumber (*Cucumis sativus* L.) endophytic fungi as seed treatment agents against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Zhejiang University Science B*, 12: 219–225.
- Yang J., B. Tian, L. Liang & K.Q. Zhang, 2007. Extracellular enzymes and the pathogenesis of nematophagous fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 75: 21–31.
- Yang J., L. Liang, J. Li & K.Q. Zhang, 2013. Nematicidal enzymes from microorganisms and their applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 7081-7095.
- Zargar V., M. Asghari, & A. Dashti. 2015. A review on chitin and chitosan polymers: structure, chemistry, solubility, derivatives, and applications. *ChemBioEng Reviews*, 2 (3): 204–226.
- Zhang, Y., J.M. Foster, L.S. Nelson, D. Ma & C.K. Carlow, 2005. The chitin synthase genes *chs-1* and *chs-2* are essential for *C. elegans* development and responsible for chitin deposition in the eggshell and pharynx, respectively. *Developmental Biology*, 285 (2), 330-339.
- Zhou W., J.L. Starr, J.L. Krumm & G.A. Sword, 2016. The fungal endophyte *Chaetomium globosum* negatively affects both above and belowground herbivores in cotton. *FEMS Microbiology Ecology*, 92 (10): 158.

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 virgöl 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:

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.

Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi Yazım Kuralları

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.