Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi
Atatürk University Journal of Agricultural Faculty

Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 52 (1): 81-89, 2021
Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (1): 81-89, 2021
ISSN: 1300-9036, E-ISSN: 2651-5016
http://dergipark.gov.tr/ataunizfd

Araştırma Makalesi / Research Article

Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin Biyolojik Mücadele İmkanlarının Araştırılması*

Gökhan ERARSLAN[1,,a] Recep KOTAN[2,b]**

[1]Atatürk Universitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye
[2]Supersol Biyoteknoloji A.Ş., Menderes, İzmir, Türkiye
**Sorumlu yazar e-mail: gokhanerarslan@outlook.com
doi: 10.17097/ataunizfd.783496

Geliş Tarihi (Received): 04.09.2020 Kabul Tarihi (Accepted): 16.01.2021 Yayın Tarihi (Published): 26.01.2021

ÖZ: Bu çalışmada; toplam yedi farklı bakteri straini (*Bacillus cereus* FD-63, *Bacillus sphaericus* FD-49, *Bacillus subtilis* EK-7, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *Brevibacillus brevis* CP-1, *Pseudomonas chlororaphis* Nem-28 ve *Pseudomonas fluorescens* KŞN-1) ve bir adet fungus izolatı (*Beauveria bassiana* ET-10) patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin ergin ve birinci, ikinci, üçüncü dönem larvalarına karşı biyolojik mücadelede etkinliğini belirlemek için sera koşullarında test edilmiştir. Sera denemelerinde en etkili bulunan üç bakteri straini ise tarla şartlarında denenmiştir. Sera denemeleri 5 tekerrürlü, tarla denemeleri ise 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; sera koşullarında en etkili bulunan *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *B. brevis* CP-1 ve *P. fluorescens* KŞN-1 strainlerinin tarla denemelerinde birinci dönem larvalarda sırası ile %41,33, %20 ve %11,33, ikinci dönem larvalarda %20, %26,66 ve %4,66; üçüncü dönem larvalarında ise %10, %24,66 ve %6,66 ölüme sebep olmuştur. Ayrıca *B. brevis* CP-1 strainin ergin böceklerde etkili olmadığı fakat *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 ve *P. fluorescens* KŞN-1 strainleri sırası ile %30 ve %4 oranında ölüme sebep olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, *Leptinotarsa decemlineata*, Patates böceği

Investigation of Biological Control Possibilities of Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)

ABSTRACT: In this study; a total of seven bacterial strains (*Bacillus cereus* FD-63, *Bacillus sphaericus* FD-49, *Bacillus subtilis* EK-7, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *Brevibacillus brevis* CP-1, *Pseudomonas chlororaphis* Nem-28 and *Pseudomonas fluorescens* KŞN-1) and one fungus isolate (*Beauveria bassiana* ET-10) were tested for determining of biological control activity against on mature (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and on 1., 2. and 3. larvae stages in greenhouse conditions. The most effective three bacterial strains in greenhouse conditions were tested for in field conditions. Geenhouse experiments were carried out with 5 replications and field experiments with 4 replicates. According to the results obtained from the study; the most effective *B. brevis* CP-1, *B. thuringiensis* subsp. kurstakii FDP-41 and *P. fluorescens* KŞN-1 strains in greenhouse conditions caused death 41.33%, 20% and 11.33% in the first period larvae; 20%, 26.66% and 4.66% respectively in the second stage larvae; 10%, 24.66% and 6.66% in the third stage larvae in the field conditions, respectively. In addition, it was determined that *B. brevis* CP-1 was not effective in mature insects but *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 and *P. fluorescens* KŞN-1 strains caused death %30 and %4, respectively.

Keywords: Biological control, *Leptinotarsa decemlineata*, Potato beetle

GİRİŞ

Türkiye tarımı ve ekonomisinde önemli bir yere sahip olan patates anavatanı Güney Amerika olan bir kültür bitkisidir (Alisdair et al., 2001). Günümüzde, patates özellikle Doğu ve Orta Anadolu başta olmak üzere hemen hemen ülkemizin her tarafında yetiştirilmektedir.

Patates üretiminin dünyada en çok yapıldığı ülkeler sırasıyla Çin, Rusya, Hindistan, Ukrayna, ABD ve Almanya'dır. TÜİK 2019 verilerine göre ise

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Erarslan, G., Kotan, R., 2021. Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin Biyolojik Mücadele İmkanlarının Araştırılması. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (1): 81-89. doi: 10.17097/ataunizfd.783496

[a]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4801-2807 [b]ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6493-8936

*Bu makale, Gökhan ERARSLAN'ın Atatürk Üniverstesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde kabul edilen Yüksek Lisans Tezi'nin bir kısmıdır.

© Bu makale, Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır.

ülkemizde; patates ekim alanı yaklaşık 1.408.967 dekar olup, toplam hasat edilen alan 1.407.661 da, toplam üretim miktarı ise 4.979.824 tondur (TÜİK, 2019).

Her yıl dünya tarım ürünlerinin bir bölümü olumsuz çevresel koşullar, zararlılar hastalıklar ve patojen mikroorganizmalardan dolayı kaybedilmektedir. Patates üretimine olumsuz etki yapan birçok hastalık ve zararlı olmakla birlikte en önemli zararlısı iç ve dış karantinaya dâhil olan patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Coleoptera: Chrysomelidae)]'dir.

Patates böceği ergini yaklaşık olarak 1 cm boyunda, sarımsı turuncu renkte ve sırtı bombelidir. Sertleşmiş üst kanatların üzerinde 5'er tane uzunlamasına siyah renkli bant mevcuttur. Yumurta 1 mm boyunda, oval ve koyu sarı renklidir. Zararlı toplamda dört larva dönemi geçirir. Olgun larvanın boyu yaklaşık 10-13 mm'dir. Larva gelişimini tamamlayınca, toprağın 1-14 cm derinliğinde pupa olmaktadır. Patates böceği kışı toprağın 1-30 cm derinliğinde ergin olarak geçirmektedir. Erginler, bulundukları yerdeki toprağın sıcaklığı 14-15 dereceye ulaştığında ortaya çıkmaktadırlar. Topraktan çıkan erginler konukçuları varsa hemen beslenmeye başlamakta, beslendikten kısa bir süre sonra da çiftleşen dişi böcekler genel olarak yaprakların alt yüzeyine kümeler halinde yumurta bırakmaktadırlar. Yumurtadan çıkan larvalar kümeler halinde önce yumurta kabuklarını, daha sonra da yaprakların alt yüzeyindeki epidermisi yiyerek beslenmektedirler. Patates böceği Marmara Bölgesi şartlarında 3-4, Orta Anadolu Bölgesi koşullarında 1-5 döl (TAGEM, 2011), Erzurum koşullarında ise yılda 3 döl vermektedir (Şahin, 1997).

Polifag zararlı olan patates böceği, patates, patlıcan, domates, biber ve bazı yabancı otlar dâhil birçok kültür bitkisinde beslenmektedir (Hare, 1990). Ergin ve larvalar bitkilerin yeşil aksamında beslenmekte olup, en fazla zararı özellikle dördüncü dönem larvaları oluşturmaktadır. Herhangi bir mücadele yapılmaz ise zarar düzeyi %100'lere ulaşabilmektedir (Christie et al., 1991).

L. decemlineata'ya karşı mücadelede diğer zararlılarla mücadelede olduğu gibi kültürel önlemler önemli yer tutmaktadır. Bu zararlı ile kültürel mücadele kapsamında; patateste boğaz dolumu ve bakım işlemlerinin iyi yapılmasına, hasat sırasında tarlada yumru bırakılmamasına ve bunların hemen depoya taşınmasına özen gösterilmelidir. Patateslerin depolandığı depo pencerelerine böceklerin geçemeyeceği şekilde kafes teller takılmasına, depoya bulaşık çuval ve malzemelerin konulmamasına, deponun temizliğine ve ilaçlanmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Patates böceği 10 °C'nin altında gelişemediğinden, patateslerin bu sıcaklığın altında güvenle depolanması önerilmektedir. Patates böceği çok hareketli olmayıp, ergin ve larvaları büyük oldukları için kolaylıkla görülebilmektedir. Bu nedenle küçük bahçelerde larva ve erginlerin toplanarak yok edilmesi, yumurta gruplarının ezilmesi etkili olabilmektedir (TAGEM, 2011).

Dünyada ve ülkemizde patates böceğine karşı çoğunlukla kimyasal mücadele yapılmaktadır. Çünkü kimyasallar tarımsal üretimde zararlılara karşı hem kolay uygulanmakta hem de hızlı etki göstermektedirler. Bu zararlı ile kimyasal mücadele vejetatif aksam ve tohumluk ilaçlaması olarak uygulanmaktadır (TAGEM, 2011). Fakat uygulanan kimyasallar üründe kalıntı bırakmakta, insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Kullanılan kimyasalların zararlı etkilerinden dolayı, alternatif mücadele yöntemlerinin kullanımının daha uygun olacağı düşünülmektedir (Uygun vd., 2010; Tozlu et al., 2019; Kotan, 2020; Tozlu et al., 2020a,b). Bu anlamda akla gelen yaklaşımlardan birisi de mikrobiyal biyoajanların hastalık ve zararlı kontrolünde kullanılmasıdır.

Bir canlının diğer canlıya karşı kullanılması olarak bilinen biyolojik mücadele; ilk defa 1919'da ABD'de Smith tarafından uygulanmıştır. Biyolojik mücadele yöntemi ilk kez böcekler, akarlar ve yabancı otları kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır (Julien, 1992). Çok sayıda tanımı bulunan biyolojik mücadelenin en yaygın kullanılanı; doğal veya genetik yapısı değiştirilmiş mikroorganizmalar (biyolojik savaş elemanları; genellikle fungus ve bakteriler) ya da onların ürettikleri metabolitler kullanılarak patojen mikroorganizmaların ve zararlıların yok edilmesi veya populasyonlarının baskı altına alınmasını hedefleyen bir tarımsal mücadele yöntemi olarak yapılan tanımdır (Kotan, 2002).

L. decemlineata ile mücadelede bakteriyel ve fungal ajanların kullanımı ile ilgili dünyada ve ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır.

Huger et al. (1986) yaptıkları çalışmada; *L. decemlineata*'nın larvalarına karşı *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* strainini denemişlerdir. Deneme sonucunun oldukça etkili olduğu kanısına varmışlardır. Bu nedenle bakterinin etki mekanizmasına olan ilgi ve çalışmalarda, günden güne artmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada; patates böceğinden izole edilen *Pseudomonas putida* straini kullanılarak zararlı larvaları üzerindeki insektisidal etki testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu strainin *L. decemlineata*'nın biyolojik kontrolünde önemli bir kontrol ajanı olabileceğini göstermiştir (Muratoğlu et al., 2011).

B. bassiana'nın ARSEF 2991 ve ATCC 44860 izolatlarından hazırlanan solusyonlar ile yapılan bir çalışmada; bu solüsyonların etkinliği *L. decemlineata*

ve *Coleomegilla maculata lengi* larvalarına karşı denenmiş ve her iki solüsyonunda *L. decemlineata* larvaları için oldukça toksik olduğu gözlemlenmiştir (Todorova et al., 1994).

Bu çalışmada; toplam yedi adet bakteri straini ve bir adet fungus izolatının sera ve tarla şartlarında patates böceğinin ergin ve birinci, ikinci, üçüncü dönem larvalarına karşı biyolojik mücadelede kullanılabilirliği araştırılmıştır. Böylece patates böceğinin mücadelesinde kimyasallara alternatif olabilecek çevre ve insan sağlığına dost biyoajanların geliştirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu araştırmanın ilk ayağı olan sera denemeleri, 27.07.2016-10.08.2016 tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü araştırma serasında yapılmıştır. Tarla denemeleri ise 09.07.2017-24.07.2017 tarihleri arasında çiftçi koşullarında yürütülmüş olup, Erzurum ili Narman ilçesi Beyler köyünde bulunan patates ekili bir tarla kullanılmıştır. Etkili biyoajanların test edildiği sera ve tarla çalışmalarında bölgede yaygın olarak ekimi yapılan Granola patates çeşidi kullanılmıştır.

Kullanılan potansiyel biyoajan mikroorganizmalar

Daha önce yürütülen çeşitli çalışmalarda izole edilen ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde mikroorganizma kültür kolleksiyonu'nda muhafaza edilen (Çizelge 1) bakteri strainleri ve bir adet biyoajan fungus izolatı kullanılmıştır (Çizelge 2). Sera denemelerinde en etkili olan bakteri strainleri arasından seçilen üç strain (*Brevibacillus brevis* CP-1, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 ve *Pseudomonas fluorescens* KŞN-1) tarla koşullarında patates böceğinin kontrolü için yapılan çalışmalarda kullanılmıştır. Hazırlanan bakteriyel formülasyonlardaki canlı bakteri sayısı dilisyon metoduna göre belirlenmiş olup, 1×10^7 kob/ml olarak belirlenmiştir. Fungus sporları hemositometre ile $1x10^7$ ml spor konsantrasyonuna ayarlanmıştır.

Çizelge 1. Bu çalışmada kullanılan potansiyel biyoajan bakteri strainleri
Table 1. *Potential bioagent bacterial strains used in this studies*

İzolat	MIS Tanı Sonucu	Bİ	Kaynak
CP-1	*Brevibacillus brevis*	0.65	Göktürk et al., 2017
FDP-41	*Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstakii*	0.57	Tozlu et al., 2011
EK-7	*Bacillus subtilis*	0.65	Tozlu et al., 2017
Nem-28	*Pseudomonas chlororaphis*	0.40	Göktürk et al., 2017
FD-49	*Bacillus sphaericus*	0.71	Dadaşoğlu, 2013
FD-63	*Bacillus cereus*	0,24	Dadaşoğlu, 2013
KŞN-1	*Pseudomonas fluorescens*	0.59	Göktürk et al., 2017

Bİ: Benzerlik indeksi oranı

Çizelge 2. Bu çalışmada kullanılan fungal izolat
Table 2. *Fungal isolate used in this studies*

İzolat	ITS Tanı Sonucu	Bİ	Erişim Numarası*	Kaynak
ET 10	*Beauveria bassiana*	0.99	GB KY806126	Tozlu et al., 2017

Bİ: Benzerlik indeksi oranı, *****GenBank

Sera ve tarla çalışmalarında test edilen böcekler

Çalışmalar, patates böceğinin ergin ve üç larva (1., 2. ve 3.) dönemiyle yapılmıştır (Şekil 1). Zararlının dört larva dönemi olmasına rağmen; çalışmalara başlanmadan önce yapılan ön değerlendirmelerde, 4. dönem larvaların dış müdahale anında hemen pupa dönemine geçiş yaptıkları tespit edilmiş olup, mikroorganizma uygulamalarının etkililiğinin bu dönem larvalar üzerinde test edilmemesine karar verilmiştir. Sera çalışmaları için zararlı böcekler, Erzurum İli Narman ilçesi Beyler Köyü'nden toplanmıştır. Toplanan böceklerin larva ve erginleri 7.5 lt'lik 30x20 cm ebatlarındaki plastik saklama kutularının içerisinde kurutma kâğıdı ve taze patates yaprağı ile beslenerek 25±3°C'de %45±5 nem seviyesinde iklim odasında 24 sa süre ile muhafaza edilmiştir.



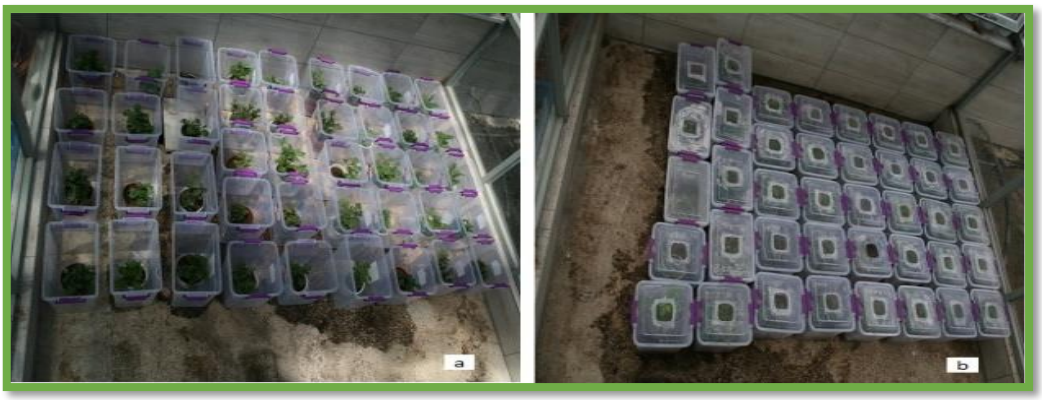
Şekil 1. Denemelerde kullanılan patates böceğinin biyolojik dönemleri (**a**: 1. dönem larva, **b**: 2. dönem larva, **c**: 3. dönem larva, **d**: Ergin)

Figure 1. *Biological stages of the potato beetle used in the experiments (a: 1st stage larva, b: 2nd stage larva, c: 3rd stage larva, d: adult)*

Metot

Sera denemeleri

Sera koşullarında 2 lt'lik 13×15 cm ebatındaki saksılara 30 gün önceden her saksıya 1 yumru olacak şekilde ekilen ve büyütülen patates bitkileri, 20 lt'lik plastik kutu ve bez tülbentlerden oluşturulan kafesler içine alınmıştır (Şekil 2). Kafesler içindeki bitkilere kafes kapakları açılarak 12 saat önce Erzurum ili Narman ilçesi Beyler Köyü'ndeki patates ekilen alanlardan toplanan 1. dönem, 2. dönem, 3. dönem larvalar ve ergin böcekler sayılarak (larvalardan 10 adet, ergin böceklerden ise 5'er adet) bitkiler üzerine bırakıldıktan sonra bakteri süspansiyonları ve fungal süspansiyon püskürtülmüştür. Ergin böceklerde erkek ve dişi ayrımı yapılmamıştır. Her kafese, hazırlanan süspansiyonlardan eşit miktarda püskürtülmüştür (10 ml). Kontrollü şartlar altında düzenli olarak sulanan bitkiler 13 günlük süre boyunca izlenerek; 3. gün, 8. gün, 13. günlerde; 1., 2. ve 3. dönem canlı, ölü larva ve pupa sayıları ile canlı ve ölü ergin sayıları kaydedilmiştir. Çalışmada negatif kontrol olarak %30 oranında steril NB besiyeri ve %70 oranında sıvı taşıyıcı karışımı kullanılmıştır. Pozitif kontrol olarak ise patates böceği ile mücadelede yaygın olarak kullanılan bir kimyasal ilaç olan Redsunny EC (50 g/L Lambda-cyhalothrin) kullanılmıştır. Deneme her bir kombinasyon için 5 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Uygulamalara ait sera denemelerinden genel bir görünüm (**a:** Böcekler bırakılmadan önce, **b:** Böcekler bırakıldıktan sonra)

Figure 2*. An overview of the greenhouse trials of applications (**a:** Before releasing insects, **b:** After releasing insects)*

Tarla denemeleri

Bu çalışma 09.07.2017-24.07.2017 tarihleri arasında Erzurum ili Narman ilçesi Beyler köyünde araştırmacıya ait patates ekili tarlada yapılmıştır. Deneme arazi koşullarında önceden yapılan sürvey çalışmalarında yapılan gözlemlerde patates böceğinin en yoğun olduğu dönemde yürütülmüştür. Sera koşullarında elde edilen sonuçlara göre en yüksek etkiyi gösteren 3 bakteri straini seçilerek tarla denemelerinde test edilmiştir. Tarlada şansa bağlı olarak 20 patates ocağı belirlenmiştir. Daha sonra seçilen ocaklarda bulunan bitkilerdeki böcek sayıları 1. dönem larvalardan 15'er adet, 2. dönem larvalardan 15'er adet, 3. dönem larvalardan 15'er adet, ergin böceklerden ise 5'er adet olarak ayarlanmıştır. Seçilen ocaklar üzerine ahşap çerçeve ve bez tülbentlerden oluşturulan kafesler yerleştirilerek kenarları toprakla iyice kapatılmıştır (Şekil 3). Kafes kapakları açılarak önceden hazırlanan bakteri süspansiyonları püskürtülmüştür. Her kafese, hazırlanan süspansiyonlardan eşit miktarda püskürtülmüştür (10 ml). Sera denemelerinden farklı olarak tarla denemelerinde püskürtme işlemi 3. gün sayımları yapıldıktan sonra da yapılmıştır. Düzenli olarak sulanan bitkiler günlük olarak kontrol edilip uygulamanın yapıldığı ilk günden itibaren 3. gün, 8. gün ve 13. gün ölü ergin, ölü larva ve pupa sayıları kaydedilmiştir. 13 günlük süre sonunda denemenin son değerlendirilmesi yapılarak, ölü ergin, ölü larva ve pupa sayıları belirlenmiştir. Çalışmada negatif kontrol olarak %30 oranında steril NB besiyeri ve %70 oranında sıvı taşıyıcı karışımı kullanılmıştır. Pozitif kontrol olarak ise patates böceği ile mücadelede yaygın olarak kullanılan bir kimyasal ilaç olan Redsunny EC (50 g/L Lambda-cyhalothrin) kullanılmıştır. Deneme her bir kombinasyon için 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Uygulamalara ait tarla denemelerinden genel bir görünüm
Figure 3. *An overview of field trials of applications*

Sonuçlarının analiz edilmesi

Sera ve tarla denemelerinden elde edilen sonuçlar JMP 5.0 istatistik analiz programında varyans analizine (ANOVA) göre değerlendirilmiştir. Yüzde ölüm oranları ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ölüm oranı (\%)} = 100 \text{ X } \frac{\text{Ölü larva veya ergin sayısı}}{\text{Toplam larva veya ergin sayısı}}$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, sera koşullarında test edilen toplam yedi adet bakteri straini ve bir adet fungus izolatının patates böceğinin 1., 2. ve 3. dönem larvalarında etkinlikleri açısından yapılan değerlendirmede en yüksek etkinliğe sahip üç bakteri izolatı *B. brevis* CP-1 (1. dönem larvada %10), *P. fluorescens* KŞN-1 (2. dönem larvada %10, erginde %80) ve *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 (1. dönem larvada %10, erginde %20) tarla denemelerinde test edilmek için seçilmiştir (Çizelge 3). Bu uygulamalardan *P. fluorescens* KŞN-1'in 13. günde ergin böceklerde %80'lik bir ölüm oranına sebep olması oldukça önemli olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sera denemelerinde larva dönemleri ve ergin böceklerde yapılan uygulamaların sonuçları
Table 3. *The application results of larval stages and adult insects in greenhouse trials*

Strain	Ölüm oranı (%)*			
	1. dönem larva	2. dönem larva	3. dönem larva	Ergin
FD-63	0.00 D	0.00 C	0.0	0.00 E
CP-1	10.00 C	0.00 C	0.0	0.00 E
KŞN-1	0.00 D	10.00 B	0.0	80.00 B
Nem-28	0.00 D	0.00 C	0.0	20.00 C
ET-10	0.00 D	10.00 B	0.0	20.00 C
FD-49	0.00 D	0.00 C	0.0	20.00 C
EK-7	0.00 D	0.00 C	0.0	0.00 E
FDP-41	10.00 B	0.00 C	0.0	20.00 C
KONTROL (-)	0.00 D	0.00 C	0.0	0.00 E
KONTROL (+)	100.00 A	100.00 A	10.00	100.00 A
CV	**14.93**	**18.63**	**ÖS**	**2.60**
LSD	**0.22**	**0.28**	**ÖS**	**2.02**

KONTROL (+): Redsunny, **KONTROL (-):** %30 NB-%70 taşıyıcı sıvı, **ÖS:** Önemsiz
*Aynı sütunda benzer harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur (P<0.01).

Yapılan tarla denemelerinde, *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *B. brevis* CP-1 ve *P. fluorescens* KŞN-1 strainleri birinci dönem larvalarda sırası ile %41.33, %20 ve %11.33 oranında ölüme sebep olmuştur. Bu bakteri strainleirinin ikinci dönem larvalardaki etkinlikleri sırası ile %20, %26.66 ve %4.66; üçüncü dönem larvalardaki etkinlikleri ise %10, %24.66 ve %8.00 olarak belirlenmiştir. Ergin böceklerde ise *B. brevis* CP-1 straininin etkili olmadığı, *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 ve *P. fluorescens* KŞN-1 strainlerinin ise sırası ile %30 ve %4 öldürücü etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tarla denemelerinde larva dönemleri ve ergin böceklerde yapılan uygulamaların sonuçları
Table 4. *The application results of larval stages and adult insects in field trials*

Strain	Ölüm oranı (%)*			
	1. dönem larva	2. dönem larva	3. dönem larva	Ergin
FDP-41	41.33 B	20.00 B	10.00 B	30.00 B
CP-1	20.00 C	26.66 BC	24.66 C	4.00 C
KŞN-1	11.33 D	4.66 D	8.00 C	0.00 C
KONTROL (-)	4.66 D	13.33 CD	1.33 C	0.00 C
KONTROL (+)	100 A	100 A	100 A	100 A
CV	**14.97**	**23.8**	**20.45**	**27.05**
LSD	**1.23**	**1.76**	**1.37**	**0.56**

KONTROL (+): Redsunny, **KONTROL (-):** %30 NB-%70 taşıyıcı sıvı
*Aynı sütunda benzer harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur (P<0.01).

Kryukov et al. (2009) yaptıkları çalışmada, *L. decemlineata*'ya karşı entomopatojenik bakteri olan *B. thuringiensis* ssp. ve entomopatojenik funguslar *Metarhizium anisopliae* ve *B. bassiana* fungal izolatlarını senkronize bir şekilde patates böceği larvalarına uygulamışlar ve %95-100 ölümüne neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Bakterilerin böceklerin beslenmesini durdurduğu gözlemlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada; *B. thuringiensis* FDP-41 straini tarla ve sera şartlarında, *B. bassiana* ET-10 izolatı ise sera şartlarında patates böceğinin 1., 2. ve 3. dönem larvalarına ve ergin böceklere karşı uygulanmış, bu uygulamalar negatif kontrol ile kıyaslandığında her iki izolatın az da olsa böceklerde pupa dönemine geçişi hızlandırarak beslenmeyi azaltıcı etki yaptığı gözlemlenmiştir. Böceklerin davranışlarını bozacak canlı mikroorganizmaların, bu mikroorganizmaların ürettiği bazı metabolitlerin, bitkisel ekstre veya uçucu yağların veya doğada bulunan bazı organik veya inorganik doğal bileşenlerin tarımda zararlılarla mücadelede kullanımı konusunun üzerinde çok daha önemle durulması gerektiğini vurgulamak isteriz.

Ertürk et al. (2008), *B. pumilus*, *B. sphaericus*, *B. megaterium* ve *B. cereus* strainleri ile laboratuvar ortamında, patates böceğine karşı yaptıkları deneyler sonucunda, *B. pumilus'un* larvalarda %95.7 ve ergin böceklerde %26.7

oranında ölüme neden olduğunu ve *B. sphaericus*'un ise böceğin larvalarında %74.5 ve ergin böceklerde %23.3 ölüme neden olduğunu saptamışlardır. *B. cereus* ve *B. megaterium* sırasıyla *L. decemlineata* larvalarının %51.1 ve %29.7'sini öldürmüştür. Yaptığımız bu çalışmada ise, sera şartalarında *B. sphaericus* FD-49 straini larva ve ergin böceklerde test edilmiş, larvalarda ölüm meydana gelmemiş, ergin böceklerde ise %20 oranında ölüm meydana gelmiştir. *B. sphaericus* straininin ergin böceklerdeki etkileri her iki çalışmada da paralellik gösterse de etkinliğinin düşük olması bakterilerde aynı türün farklı strainleri arasında biyolojik mücadeledeki etkinlikleri açısından bir farklılığın olabileceğini göstermektedir.

Özsarı vd. (2017) yaptıkları bir çalışmada laboratuvar stoklarından seçtikleri 19 endofitik bakteri (EB) straininin ve daha önce renk değişimi gözlenen patates böceği larvasından izole edilen bir *P. fluorescens* 184 (Pf) straininin *L. decemlineata* larvalarına etkilerini araştırmışlardır. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönem *L. decemlineata* larvaları 16 saat süre ile aç bırakıldıktan sonra, EB süspansiyonu uygulanmış sağlıklı patates yaprakları bulunan petri kaplarına bırakılmıştır. Negatif kontrol olarak sadece steril su ile uygulama görmüş larva ve patates yaprakları kullanılmıştır. Petri kaplarında 8 gün süreyle tutulan larvaların ortalama ölüm oranı (%) saptanmıştır. EB strainlerinden *Pantoea agglomerans* (Pa) CC372-83 larvalarda %80 ölüm oranıyla en başarılı uygulama olmuştur. Yaptığımız çalışmada da *P. fluorescens* KŞN-1 straini sera ve tarla şartlarında 1., 2. ve 3. dönem larvalara ve erginlere karşı denenmiştir. Sera denemelerinde ikinci dönem larvalarda %10, erginlerde ise %80 oranında ölüm meydana getirmiştir. Erginlerde yaptığı etki negatif kontrole göre oldukça önemli bulunmuştur. Tarla denemelerinde ise birinci dönem larvalarda; %11,33, ikinci dönem larvalarda; %4,66, üçüncü dönem larvalarda; %6,66, erginlerde ise; %4 oranında etkinlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre *P. fluorescens* KŞN-1 straininin arazi koşullarında etkinliğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Ginxin et al. (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; *B. thuringiensis* 3A-HBF tarafından üretilen Cry3Aa7 proteininin *L. decemlineata*'ya karşı toksik bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. 3A-HBF'nin *L. decemlineata*'ya karşı %50 ölümcül konsantrasyonunun ise 1,15 µg/ml olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da *B. thuringiensis* straini sera ve tarla şartlarında *L. decemlineata* zararlısına karşı biyoajan olarak kullanılmıştır. Sera uygulamalarında 1. dönem larvalarda %10, ergin böceklerde ise %20 oranında ölüm meydana getirmiştir. Tarla uygulamalarında ise, 1. dönem larvalarda %41.33, 2. dönem larvalarda %26.66, 3. dönem larvalarda %24.66, ergin böceklerde ise %30 ölüm meydana getirmiştir.

Bu çalışmada; biyoajan uygulamalarının etkinliklerinin farklı koşullar altında değişebileceği anlaşılmıştır. Nitekim, sera denemelerinde erginlerde %80 ölüm meydana getiren *P. fluorescens* KŞN-1 straininin tarla denemelerinde etkinliğinin %4'e kadar düştüğü tespit edilmiştir. Öte yandan sera denemelerinde erginlerde %20 oranında etkili olan *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41 straininin tarla denemelerinde %30 oranında ölüm meydana getirdiği gözlemlenmiştir. *B. brevis* CP-1 straininin sera ve tarla denemelerinde erginlere karşı bir etkinliğinin olmadığı görülmüştür.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada; test edilen toplam 7 bakteri straini ve 1 fungal izolatı içerisinde özellikle *B. thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *B. brevis* CP-1 ve *P. fluorescens* KŞN-1strainlerinin patates böceğinin biyolojik mücadelesinde belli bir potansiyele sahip oldukları görülmüştür. Biyolojik mücadelede bakteri etkinliğinin bakteri içerikli formülasyonun uygulama dozu, uygulama sayısı ve hedef zararlının biyolojik dönemlerine göre değişebileceği bilinmektedir. Bu çalışmada biyoajan bakterilerin patates böceğinin yumurtaları üzerine etkilerine bakılmamıştır. Böceklerin biyopestisitlere karşı en hassas dönemlerinin yumurta dönemi olabileceği düşünülünce, daha sonra yapılacak çalışmalarda bu izolatların mutlaka bu yönü ile de test edilmesi gerekmektedir. İleride yapılacak formülasyon çalışmaları ile bu potansiyel izolatların hem etkinliklerinin artırılması hem de etki mekanizmalarının aydınlatılmasına yönelik çalışmaların yapılması düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

BAP/2016-263 no'lu proje kapsamında bu çalışmaya maddi olarak destek sağlayan Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP)'ne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Yazarlar, makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Alisdair, B., Ayyoubi, Z., Jawdat, D., 2001. The effect of gamma irradiation on potato microtuber production in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 61 (3): 183-187.

Christie, R.D., Sumalde, A.C., Schutz, J.T., Gudmestad, N.C., 1991. İnsect transmission of the bacterial ring rot pathogen, American J. of Patato Research, 68 (6): 363-372.

Dadaşoğlu, F., Çalmaşur, Ö., Karagöz, K., Kotan, R., 2014. Insecticidal effect of some bacteria on Cherry Slugworm (*Calıroa cerasi* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Tenthredinidae). Fresenius Environmental Bulletin, 23 (8): 11272-11280.

Ertürk, Ö., Yaman, M., Aslan, İ., 2008. Effects of four *Bacillus* spp. of soil origin on the Colorado potato beetle *L. decemlineata* (Say.). Entomological Research, 38 (2): 135-138.

Ginxin, Y., Fuping, S., Changlong, S., Liu, J., Chunqin, L., Dafang, H., Shuliang, F. Zhang, J., 2009. An engineered *B. thuringiensis* strain with insecticidal activity against Scarabaeidae (*Anomala corpulenta*) and Chrysomelidae (*L. decemlineata* and *Colaphellus bowringi*). Biotechnology Letters, 31 (5): 697-703.

Göktürk, T., Tozlu, E., Kotan, R., 2017. Investigation of prospects of entomopathogenic bacteria and fungi for biological control of *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae). Pakistan J. of Zoology, 50 (1): 75-82.

Hare, J.D., 1990. Ecology and management of the Colorado patato beetle. Annu. Rev. Entomol., 35 (1): 81-100.

Huger, A.M., Krieg, G.A., Langenbruch, W., 1986. Discovery of a new strain of *B. thuringiensis* effective against Coleoptera. Biotecnology, 3 (18): 83-96.

Julien, M.H., 1992. Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds. 3rd. Common Wealth Agricultural Bureaux İnternational, Wallingford, U.K, pp. 223.

Kotan, R., 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarından İzole Edilen Patojen ve Saprofitik Bakteriyel Organizmaların Klasik ve Moleküler Metotlar ile Tanısı ve Biyolojik Mücadele İmkânlarının Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 217 s.

Kotan, R., 2020. Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, ISBN: 978-605-68060, İstanbul, 158 s.

Kryukov, V.Y., Khodyrev, V.P., Yaroslavtseva, O.N., Kamenova, O.A. S., Duisembekov, B.A., Glupov, V.V., 2009. Synergistic action of entomopathogenic Hyphomycetes and the bacteria *Bacillus thuringiensis* ssp. *morrisoni* in the infection of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata.* Applied Biochemistry and Microbiology, 45 (5): 511-516.

Muratoğlu, H., Demirbağ, Z., Sezen, K., 2011. An entomopathogenic bacterium, *P. putida*, from *L. decemlineata*. Turkish J. of Biology, 35 (3): 275-282.

Özsarı, P., Akbaba, M., Özaktan, H., Karsavuran, Y., 2017. *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) (Coleoptera: Chrysomelidae)'nın biyolojik mücadelesinde bakteriyel endofitlerin kullanılması. Türkiye Biyolojik Mücadele Derg., 8 (2): 107-124.

Şahin, M.E., 1997. Patates Böceği, *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera, Chrysomelidae)'nin Erzurum Ekolojik Koşullarında Biyo-ekolojisi, Popülasyon Yoğunluğu ve Doğal Düşmanlarının Tespiti. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 57 s.

TAGEM, 2011. Patates Entegre Mücadele Teknik Talimatları. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara. https://www.tarimorman.gov.tr /TAGEM/ Bel geler/yayin/011_patates.pdf (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2020).

Todorova, S.I., Cote, J.C., Marte, P., Coderre, D., 1994. Heterogeneity of two *B. bassiana* strains revealed by biochemical tests, protein profiles and bio-assays of *L. decemlineata* (Col.: Chrysomelidae) and *Coleomegilla macultata lengi* (Col.: Coccinellidae) larvae. Entomophaga, 39 (2): 159-169.

Tozlu, E., Dadaşoğlu, F., Kotan, R., Tozlu, G., 2011. Insecticidal effect of some bacterıa on *Bruchus dentipes* Baudi (Coleoptera: Bruchidae). Fresenius Environmental Bulletin, 20 (4): 918-923.

Tozlu, E., Kotan, R., Tozlu, G., 2017. The investigation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as a biocontrol agent of rosestemsawfly, *Syrista parreyssii* (Spinola, 1843) (Hymenoptera: Symphyta; Cephidae) larvae. Fresenius Environmental Bulletin, 26(12): 7091-7100.

Tozlu, E., Kotan, R.**,** Tozlu, G., 2020a. Evaluation of entomopathogenic bacteria against *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae). Journal of Agricultural Studies, 8 (4): 424-434.

Tozlu, E., Tekiner, N., Tozlu, G., Kotan, R., Çalmaşur, Ö., Göktürk, T., Dadaşoğlu, F., 2020b. The investigation of the biological control of *Icerya purchasi* Maskell, 1878

(Hemiptera: Margarodidae) with entomopathogenic fungi and bacteria. Alınteri Journal of Agriculture Science. 35 (1): 50-56.

Tozlu, E., Saruhan, İ., Tozlu, G., Kotan, R., Dadasoğlu, F., Tekiner, N., 2019. Potentials of some entomopathogens against the brown marmorated sting bug, *Halyomorpha halys* (Stal, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29 (76): 1-8.

TÜIK, 2019. Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. http://www.tuik.gov.tr. (Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2020).

Uygun, N., Ulusoy, M.R., Satar, S., 2010. Biyolojik mücadele. Türkiye Biyolojik Mücadele Derg., 1 (1): 1-14.