

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AFYONKARAHİSAR İLİ PATATES ÜRETİM ALANLARINDAN
TOPLANAN *Leptinotarsa decemlineata* SAY (COLEOPTERA:
CHRYSOMELİDAE) POPÜLASYONLARININ İMİDACLOPRİD VE
DELTAMETHRİN DİRENÇ DÜZEYLERİ

Cenk KESKİN

Danışman
Doç. Dr. Sibel YORULMAZ SALMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019



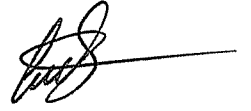
©2019 [Cenk KESKİN]

TEZ ONAYI

Cenk KESKİN tarafından hazırlanan "Afyonkarahisar ili patates üretim alanlarından toplanan *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) popülasyonlarının imidacloprid ve deltamethrin direnç düzeyleri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Sibel YORULMAZ SALMAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cengiz KAZAK
Çukurova Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Recep AY
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Yusuf UÇAR**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Cenk KESKİN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplanması	11
3.2. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının kültüre alınması	13
3.3. Çalışmada kullanılan insektisitler	15
3.4. Bioassay testler	15
3.2.1. Toksikite testi.....	15
3.5. İstatistiksel analiz.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	20
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	23
KAYNAKLAR	27
ÖZGEÇMİŞ.....	32

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AFYONKARAHİSAR İLİ PATATES ÜRETİM ALANLARINDAN TOPLANAN *Leptinotarsa decemlineata* SAY (COLEOPTERA: CHRYSOMELİDAE) POPÜLASYONLARININ İMİDACLOPRİD VE DELTAMETHRİN DİRENÇ DÜZEYLERİ

Cenk KESKİN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sibel YORULMAZ SALMAN

Bu çalışmada, ülkemizde önemli patates üretim alanlarından birisi olan Afyonkarahisar ilinden toplanan patates böceği popülasyonlarındaki imidacloprid ve deltamethrin direnç seviyeleri belirlenmiştir.

Çalışmada ilaçlar patates böceğinin 3. dönem larvalarına topikal aplikasyon yöntemi ile uygulanmıştır. Patates böceğinin imidacloprid ve deltamethrin'e direnç düzeylerini belirlemek için LD₅₀ değerleri belirlenmiştir. Popülasyonların LD₅₀ değerlerini belirlemek için her bir biyoassay için beş veya altı ilaç konsantrasyonu saf su ile seyreltilerek hazırlanmış ve hazırlanan ilaç konsantrasyonları larvaların thorax bölgesine 1 µl olarak uygulanmıştır. Kontrolde ise sadece saf su kullanılmıştır. Ölü canlı sayımları yetmiş iki saat sonra yapılmış ve elde edilen değerlerden LD₅₀ değerleri belirlenmiştir. Direnç oranları arazi popülasyonlarının LD₅₀ değerlerinin hassas popülasyonun LD₅₀ değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Sandıklı 1, Sandıklı 2, Sandıklı 3, Şuhut 1, Şuhut 2, Şuhut 3, Dinar, Merkez, Bolvadin, Emirdağ popülasyonlarında imidacloprid için belirlenen direnç oranları sırasıyla 3.96, 7.43, 11.33, 14.33, 27.31, 25.08, 9.12, 2.34, 7.46, 8.72; deltamethrin için belirlenen direnç oranları ise sırasıyla 25.86, 36.50, 35.09, 60.11, 77.17, 72.82, 40.07, 9.41, 45.86, 56.59 kat olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Leptinotarsa decemlineata*, insektisit direnci, imidakloprit, deltametrin.

2019, 33 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF RESISTANCE LEVEL AGAINST IMIDACLOPRID AND DELTAMETHRIN OF *Leptinotarsa decemlineata* SAY (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) POPULATIONS COLLECTED FROM POTATO PRODUCTION AREAS PROVINCE OF AFYONKARAHISAR

Cenk KESKİN

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Plan Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sibel YORULMAZ SALMAN

In this study, imidacloprid and deltamethrin resistance levels of colorado potato beetle populations collected from Afyonkarahisar province which is one of the important potato production areas in our country was determined.

In all experiments, 3rd instar larvae of colorado potato beetle and topical application method were used. LD₅₀ values determined to determine insecticide resistance levels to imidacloprid and deltamethrin. Five or six insecticide doses prepared by serial dilutions of 50% with pure water for all experiments and 1 µl were applied to the thorax of the larvae. Only pure water was applied in control group. Dead-live counts were performed seventy-two hours after application and LD₅₀ values calculated. Resistance rates of populations were calculated by ratio the LD₅₀ values of the field populations to the LD₅₀ value of the susceptible population.

Resistance rates determined for imidacloprid in Sandikli 1, Sandikli 2, Sandikli 3, Suhut 1, Suhut 2, Suhut 3, Dinar, Cental, Bolvadin, Emirdag populations as 3.96, 7.43, 11.33, 14.33, 27.31, 25.08, 9.12, 2.34, 7.46, 8.72-fold, and 25.86, 36.50, 35.09, 60.11, 77.17, 72.82, 40.07, 9.41, 45.86, 56.59-fold for deltamethrin, respectively.

Key words: *Leptinotarsa decemlineata*, insecticide resistance, imidacloprid, deltamethrin.

2019, 33 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Sibel YORULMAZ SALMAN'a teőekkürlerimi sunarım.

Hassas laboratuvar popülasyonlarını bizimle paylaşan ve üretim aşamaları ile metot hakkında bilgi ve tecrübeleriyle desteklerini esirgemeyen Dr. Ian Scott ve Sophie Krolkowski'ye teőekkürlerimi sunarım.

FYL-2018-6054 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Cenk KESKİN
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Patates böceğinin ergini.....	3
Şekil 3.1. Tarla koşullarında bulunan patates böceği larvaları. Şuhut, Afyonkarahisar	11
Şekil 3.2. Tarla koşullarında bulunan patates böceği larvaları. Sandıklı, Afyonkarahisar	12
Şekil 3.3. Kanada'dan buz kutusu içinde gelen hassas patates böceği yumurtaları	12
Şekil 3.4. İklim odasında yetiştirilen patates bitkileri.....	13
Şekil 3.5. Böcek yetiştirme kafesinde yumurtlayan dişi birey	14
Şekil 3.6. Böcek yetiştirme kafesi	14
Şekil 3.7. Böcek yetiştirme kafesinin kapağı.....	15
Şekil 3.8. Topikal aplikasyon uygulaması.....	16
Şekil 3.9. İnsektisit uygulamasından sonra iklim odasında beklemeye alınan petripler.....	17
Şekil 3.10. Patates böceğinin 3. dönem larvaları.....	17
Şekil 3.11. İnsektisit uygulamasından sonra petri kabına alınan larvalar	18
Şekil 3.12. Besin olarak verilen taze patates yaprakları.....	18

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Afyonkarahisar ili ve ilçelerinde patates üretim alanları ve miktarları	2
Çizelge 1.2. Afyonkarahisar ilinde tarımda kullanılan girdilerden gübreler haricindeki diğer kimyasal maddeler (Tarımsal İlaçlar vb.)	4
Çizelge 3.1. Patates böceğinde kullanılan direnç skalası.....	19
Çizelge 4.1. Afyonkarahisar ilinden toplanan patates böceği popülasyonlarının imidacloprid direnç düzeyleri.	20
Çizelge4.2. Afyonkarahisar ilinden toplanan patates böceği popülasyonlarınınindeltamethrin direnç düzeyleri.	22



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

LD Letal doz
µl Mikrolitre



1. GİRİŞ

Solanaceae familyası içerisinde yer alan patatesin (*Solanum tuberosum* L.), Güney Amerika'nın And Dağları yöresindeki arazilerde doğal olarak yetiştiği; 16. yüzyılın ikinci yarısında İspanyollar tarafından ülkelerine getirildiği, daha sonra İngiltere, İrlanda, İskoçya ve diğer Avrupa ülkelerine yayıldığı bilinmektedir. Türkiye'ye ilk kez 19. yüzyıl sonlarında giren patates, önce Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, daha sonra ise Trakya Bölgesi'nde yetiştirilmeye başlanmıştır (Berkhan, 2002). Tek yıllık kültür bitkilerinden olan patates, çeşitli iklim bölgelerine kolaylıkla adapte olarak dünyanın hemen her yerinde başarıyla yetiştirilmektedir ve patatesin besin kaynağı olarak tüketimi de her geçen gün artmaktadır. Yüksek oranda nişasta ve alkol içermesi nedeniyle hammadde olarak endüstride kullanılmasının yanında, düşük kalitede olan patates yumruları da hayvan beslemede kullanılmaktadır (Arioğlu, 2002). Dünya'da en önemli patates üreticisi olan ülkeler Çin, Hindistan, Rusya, Ukrayna ve ABD'dir. Bu beş ülkenin dünya patates üretiminden aldıkları pay %50'yi aşmaktadır. Türkiye 3,9 milyon tonluk üretimiyle 19. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2015).

Türkiye'de birçok ilde patates üretimi yapılmaktadır. Üretim yoğun olarak sırasıyla Niğde, Konya, Afyon, İzmir, Kayseri, Nevşehir ve Bolu illerinde gerçekleştirilmektedir. TÜİK (2018), verilerine göre 2017 yılında Türkiye'de patates üretim alanı 1.428.835 dekar, üretim miktarı ise 4.800.000 ton; ayrıca aynı yıl Afyonkarahisar ilindeki patates üretim alanı 129.131 dekar, üretim miktarı ise 473.016 ton olarak belirlenmiştir. Türkiye'de Afyonkarahisar ili, patates üretimi açısından Niğde ve Konya'nın ardından 3. sırada bulunmaktadır. Afyonkarahisar'da il merkezi ve ilçeler göz önüne alındığında en fazla patates üretimin yapıldığı yerler miktar itibarıyla büyükten küçüğe sırayla; Sandıklı, Şuhut, Dinar, Merkez Bölge, Bolvadin, Çobanlar, Emirdağ, Sinanpaşa, Kızılören, İhsaniye, Çay, Evciler, Hocalar, Bayat, Sultandağı ve İsehisar olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1.1. Afyonkarahisar ili ve ilçelerinde patates üretim alanları ve miktarları (TÜİK, 2018).

İlçe Adı	Ekilen Alan (da)	Üretim miktarı (Ton)
Sandıklı	45000	172719
Şuhut	30500	98481
Dinar	16000	61411
Merkez	11100	42604
Bolvadin	9000	34544
Çobanlar	4650	17625
Emirdağ	3500	13434
Sinanpaşa	3117	10066
İhsaniye	2783	10272
Kızılören	2400	8060
Çay	800	3071
Bayat	75	216
Hocalar	125	222
Sultandağı	35	151
İscehisar	36	97
Evciler	10	43
Başmakçı	-	-
Dazkırı	-	-

Dünya’da ve ülkemizde patates yetiştiriciliğinde çok sayıda bitki koruma sorunları ile karşılaşmaktadır. Bu sorunların birisi de zararlıların oluşturduğu ekonomik kayıplardır. Bu zararlı kompleksi içinde yer alan türler, bitkinin farklı fenolojik dönemlerinde zararlı olmaktadır. Patates üretimini azaltan canlı faktörlerin başında Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), yaprakbitleri (*Aphis nasturtii* Kalt., *Macrosiphum euphorbia* Thomas., *Myzus persicae* Sulz. ve *Aphis gossypii* Glov. (Homoptera: Aphididae), *Hyalesthes obsoletus* Sign. (Homoptera: Cixiidae), patates güvesi (*Scrobipalpa perculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae), thrips (*Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae), kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae* Koch. (Acarina: Tetranychidae), pis kokulu yeşil böcek (*Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) ve yaprak pireleri (Homoptera: Cicadellidae) gelmektedir (Kayapınar ve Kornoşor, 1990).

Bu zararlıların en önemlilerinden biri *Leptinotarsa decemlineata*’dır. Patates böceği, ilk olarak 1811 yılında ABD’de Thomas Nutall tarafından görülmüştür (Casagrande, 1985; Jacques 1988). Daha sonra 1819-1820 yıllarında Nebraska

sınırı yakınlarında Thomas Say tarafından *Doryphora decemlineata* olarak kayıt altına alınmıştır (Alyokhin, 2009). Zararlıya elitradaki sarı rengin üzerinde bulunan, 10 adet uzunlamasına siyah çizgiden dolayı *decemlineata* adı verilmiştir (Şekil 1.1.) (Çakıllar, 1960).



Şekil 1.1. Patates böceğinin ergini

Patates bitkisinin her dönemine zarar yapmakta olan ve polifag zararlılardan biri olan *L. decemlineata*, birinci ve ikinci larva döneminde bitkinin yaprak epidermisini yiyerek, özellikle üçüncü ve dördüncü larva dönemlerinde ise yaprağı tamamen yiyerek, hatta yumrulara galeriler açarak zarar verebilmektedir (Radcliffe, 1982). Bitkinin fide döneminde verdiği zarar pek çok açıdan önemli olmaktadır. Bu denli zararlı olmasından dolayı ülkemizde bu zararlının mücadelesinde yoğun şekilde kimyasal insektisit kullanılmaktadır. Ancak, geniş spektrumlu sentetik insektisitlerin uzun süreli kullanılmasının çevreye, insan sağlığına ve faydalı organizmalara zararlı etkileri olduğu ve bu böceğin sentetik insektisitlere direnç geliştirildiği bilinmektedir (Pimentel vd., 1992; Cox vd., 1995; Mansour vd., 2004).

Çizelge 1.2.'de Afyonkarahisar iline ait tarımsal üretimde kullanılan pestisit miktarları verilmiştir. Üreticiler ve ilaç bayileri ile yapılan görüşmelerle Afyonkarahisar ilinde de üreticilerin patates böceği ile mücadelede yoğun bir şekilde kimyasal pestisit kullandıkları tespit edilmiştir.

Çizelge 1.2. Afyonkarahisar ilinde tarımda kullanılan girdilerden gübreler haricindeki diğer kimyasal maddeler (Tarımsal İlaçlar vb.)(Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 2015).

Kimyasal maddenin adı	Miktarı (ton)
İnsektisitler	42
Herbisitler	48
Fungisitler	65
Rodentisitler	19
Diğerleri	12

İmidacloprid aktif maddesi piyasaya sürüldüğü 1991 yılından beri zararlılarla savaşmada yoğun olarak kullanılmaktadır. Neonikotinoidler, asetilkolin reseptörü olarak bilinen ve nikotinden türetilmiş pestisitlerdir. Piyasaya sunulan ilk neonikotinoid, 1991 yılında satışa çıkan imidacloprid etken maddesidir ve IRAC (Insecticide Resistance Action Commitee) etki mekanizması listesinde 4A grubunda yer almaktadır (IRAC, 2019). Onu takiben hızla aynı etkiye sahip etken maddeler üretilmiştir. İmidacloprid, kimyasal savaşmada yoğun biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, zararlıların daha önce kullanılan aktif maddelere karşı direnç geliştirmiş olması, dolayısıyla piyasaya sürülen bu yeni nesil insektisit buna hızlı ve ucuz bir çözüm getirmesi düşüncesidir. Ancak kullanılmaya başlanmasının ardından kısa süre içerisinde imidacloprid'e karşı dirençli zararlılar da tespit edilmeye başlanmıştır ve bunlardan biri de patates böceği, *L. decemlineata*'dır (Stankovic vd., 2004; Nauen ve Denholm, 2005; Alyokhin vd., 2007; Kumargal vd., 2012; Bozdoğan ve Bahadıroğlu, 2014).

Deltamethrin aktif maddesi IRAC etki mekanizması gruplandırmasında piretroidler/piretrinlerin bulunduğu 3A grubunda yer almaktadır. Bu grupta yer alan aktif maddeler böceklerde sinir ve kas sistemi üzerine etki

göstermektedir ve sodyum kanal modölatörleri olarak bilinmektedir (IRAC, 2019). Deltamethrin etken maddesi ilk sentezlenen piretroid etken maddesidir ve 30 yıldan fazla süredir tarımsal zararlılarla savaşında kullanılmaktadır (Zamojska vd., 2011). Piretroid insektisitler dünyada tarımsal zararlılara karşı kimyasal savaşında kullanılan en yaygın insektisit gruplarından birisidir (Khambay ve Jewess, 2004). Bunun doğal sonucu olarak onlarca zararlıda piretroidlere karşı direnç geliştiği bildirilmektedir (APRD).

İnsektisit direnci; zararlı bir popülasyonun duyarlılığındaki kalıtsal bir değişikliğin sonucu olarak, bir insektisit önerilen dozuna göre kullanılmasına rağmen, zararlıyı kontrolde sürekli başarısız olması olarak tanımlanmaktadır (IRAC, 2019).

Ülkemiz literatüründe patates böceğinin insektisitlere karşı geliştirdiği direnç üzerine yapılan çalışma sayısı oldukça azdır ve yapılmış olan çalışmalar güncel değildir. Afyonkarahisar ilinde bulunan patates böceği popülasyonlarında insektisit direnci ile ilgili yapılmış çalışma ise bulunmamaktadır. Direnç verilerinin etkili kullanılabilmesi için, veriler aynı bölgede olsa dahi, direnç testleri her popülasyona ayrı ayrı uygulanmalı ve veriler güncel olmalıdır.

Bu çalışmada ülkemizin önemli patates üretim merkezlerinden Afyonkarahisar ili patates üretim alanlarından toplanan patates böceği popülasyonlarının, bu zararlıyla kimyasal mücadelede sıkça kullanılan neonikotinoid bir insektisit olan imidacloprid'e ve piretroidler grubunda yer alan deltamethrin'e karşı direnç seviyeleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Atak ve Atak (1977), yaptıkları çalışmada 1974 ve 1975 yıllarında Trakya ve Marmara bölgesinin çeşitli yerlerinden toplanan, patates böceğinin kışlamış erginlerin ve yaz sonu erginlerinin, azinphosmethyl, trichorphon ve propoxur etken maddelerine karşı duyarlılıklarını araştırmışlar ve aradaki farkları ortaya koymuşlardır. Azinphos methyl için iki yıldaki LD₅₀ değerlerinin ortalamaları sırayla 1.34 ve 1.45 µg/böcek bulunmuştur ve aradaki farklılığın önemli bir farklılık olmadığı açıklanmıştır. 1974 yılı yaz erginlerinde LD₅₀ değerleri ortalaması azinphos methyl için 1.55, trichlorphon için 5.24; 1975'te azinphos methyl için 1.30, propoxur için 1.38 µg/böcek olarak tespit edilmiştir.

French vd. (1992), yaptıkları çalışmada Kuzey Carolina, ABD'de patates böceği, popülasyonlarındaki insektisit direnç seviyelerini bioassay testler kullanılarak belirlemişlerdir. Daha sonra ortalama ölüm seviyelerini korelasyon analizi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada, carbaryl ve carbofuran (karbamatar), fenvalerate ve permethrin (piretroitler) ile azinphosmethyl, methamidophos, ve phosmet (organofosfatlar) olmak üzere farklı sınıflardaki insektisitler arasındaki çapraz direnç ilişkileri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde farklı sınıflardaki insektisitler arasındaki ilişkinin çoklu direnç ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çoklu direnç ve çapraz direnç ilişkisinin bioassay testlerle insektisit direncinin ortaya koyulmasında önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır.

Erdoğan ve Gürkan (1997), yaptıkları çalışmada Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ illerinden topladıkları *L. decemlineata* erginlerini ve 3. dönem larvalarını kullanarak, topikal aplikasyon yöntemiyle direnç seviyelerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada 4 farklı gruba ait 6 insektisit kullanılmıştır; azinphosmethyl ve chlorpyrifos-ethyl (organik fosforular), cypermethrin ve deltamethrin (piretroitler), endosülfan (klorlandırılmış hidrokarbonlar), karbofuran (karbamatlılar). En yüksek direnç seviyeleri deltamethrin aktif maddesine karşı Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ illeri için sırayla 225.92, 58.83, 90.42 kat olarak bulunmuştur.

Olson vd. (2000), yapılan çalışmada 1995-1998 yılları arasında ABD, Kanada, Almanya, Fransa ve Polonya'dan, imidacloprid duyarlılığının araştırılması için 134 ayrı patates böceği popülasyonunu testlere tabi tutmuşlardır. Çalışmada yumurtadan çıkan bireylerin imidacloprid karıştırılmış, patates-bazlı agar ile beslenmesi sağlanmıştır ve çapraz direnç testleri için filtre kağıdı üzerinde esfenvalerate, azinphosmethyl, ve carbofuran'a maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda 29 kat ile en dirençli popülasyon Long Island popülasyonu olmuştur. 4 yılda test edilen popülasyonların analizi, esfenvalerate ve azinphosmethyl arasında çapraz direnç ilişkileri olduğunu göstermiştir. Çalışmada imidacloprid için seleksiyon baskının azaltılması önemle vurgulanmıştır.

Zhao vd. (2000), patates böceğinin ergin ve larvalarıyla yaptıkları çalışmada Long Island, New York, ABD'den toplanan popülasyonlarda imidacloprid direnci incelemişlerdir. Duyarlı bir ırk ile karşılaştırıldığında ergin ve larvalar için sırasıyla 100.8 ve 13.2 kat direnç bulunmuştur. Bu yüksek seviyedeki direnç oranları yalnızca 3 üretim sezonu boyunca imidacloprid kullanılmasının ardından gelişmiştir. Ayrıca F1 çaprazlarının analizleri sonucu imidacloprid direncinin eksik baskın olarak taşındığı tespit edilmiştir. Piperonil bütoksit ile yapılan sinerji çalışmaları, erginlerde imidacloprid direncinin karmaşık-fonksiyonlu oksidaz aracılığı ile ilgili olduğunu ve larvalarda direncin mekanizmaların biri olabileceğini desteklemektedir. S, S, S-tribütil fosforotrithioat (DEF) ile yapılan sinerji çalışmaları ise esterez bağlantılı detoksifikasyonun ek bir direnç faktörü olabileceğini göstermiştir. Kullanılan sinerjistlerin dirençli ırklardaki direnci tamamen ortadan kaldırmaması nedeniyle ilave direnç mekanizmaları olduğu düşünülmektedir.

Stankovic vd. (2004), Sırbistan'da yaptıkları bir araştırmada patates böceği kontrolünde kullanılan chlorpyrifos (organik fosforlular) ve karbosulfan (karbamatlar)'a karşı direnç değerlerini ortaya koymuşlardır. Araziden toplanan 9 popülasyondaki ilk nesil ergin bireylerde topikal aplikasyon yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada iki insektisit için de belirli miktarda direnç tespit etmişlerdir. Ayrıca iki insektisite karşı tespit edilen direnç arasında bir bağlantı bulunmayarak rotasyonda kullanılmalarının uygun olacağını açıklamışlardır.

Mota-Sanchez vd. (2006), New York, ABD'den topladıkları *L. decemlineata* popülasyonlarında neonikotinoitler ve spinosad arasındaki çapraz direnç ilişkisini araştırmışlardır. Bölgede yaygın kullanılan bir neonikotinoit olan imidacloprid direnci hassas bir ırka kıyasla 309 kat bulunmuş, ayrıca bölgede hiç kullanılmayan diğer neonikotinoitlere karşı çapraz direnç ilişkileri tespit edilmiştir. Direnç yönetimi stratejileri için neonikotinoitlerle, imidacloprid yerine spinosad önerilmesinin taşıdığı bazı risklere rağmen daha faydalı olacağı öne sürülmüştür.

Alyokhin vd. (2007), Kanada ve ABD'den topladıkları patates böceği popülasyonlarında besleme yöntemi kullanarak thiamethoxam ve imidacloprid için direnç değerlerini belirlemişlerdir. Aynı çalışmada ayrıca Güney Maine bölgesinden alınan örneklerde imidacloprid direnci olduğu bilinen böceklerin; imidacloprid, thiamethoxam ve clothianidin'e karşı tarla denemeleri de yapılmıştır. Sonuç olarak tüm bu neonikotinoitler arasında önemli bir çapraz direnç ilişkisi olduğu ortaya konulmuştur.

Baker vd. (2007), hassas ve dirençli patates böceği popülasyonlarındaki imidacloprid direncinin yaşam parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. Dirençli popülasyondaki direncin kalıtım derecesi yüksek ve poligenik olduğu tespit edilmiştir. 1999 ve 2005 yılları arasında devam eden çalışmada yumurta gelişme süresi ve doğurganlık parametrelerinde dirençli popülasyonda hassas popülasyona kıyasla önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Yumurta açılma başarısının ise farklı zamanlarda yapılan testlerde farklı sonuçlar verdiği, bunun direnç genlerinde zaman içinde meydana gelen modifikasyonlar sonucu meydana gelebileceği tartışılmıştır.

Tan vd. (2008), ABD'de yaptıkları çalışmada, imidacloprid direncinin *L. decemlineata*'ya karşı neonikotinoit kullanımını tehdit ettiğini belirtmişlerdir. İzole edilen merkezi sinir sistemi üzerinde imidacloprid, başlangıçta neuroexcitatory (uyarıcı), yüksek konsantrasyonlarda ise neuroinhibitory (engelleyici) olarak tespit edilmiştir. İlacın uyarıcı ve engelleyici ilişkisi her

popülasyonda farklı bulunmuştur. Merkezi sinir sistemi üzerindeki imidacloprid uyarılması dirençli ve hassas bireylerde birbirine benzer bulunmuştur. Bu çalışmada, imidaclopridin engelleyici etkisine karşı azalan sinir duyarlılığının, patates böceğinde imidacloprid direnciyle ilişkili olduğuna ilişkin veriler sunulmuştur.

Szendrei vd. (2012), ABD’de yaptıkları çalışmada 1998-2010 yılları arasında patates böceği popülasyonlarındaki ergin bireyler, thiamethoxam ve imidacloprid duyarlılıklarının tespit edilmesi için topikal aplikasyon yöntemi ile testlere tabi tutulmuştur. İmidacloprid direnci 2001 yılına kadar çok sınırlı alanda mevcut olmasına karşın 2009 yılına gelindiğinde bütün popülasyonların %95’inde LD₅₀ değerleri, hassas popülasyona oranla çok daha yüksek seviyede tespit edilmiştir. Thiamethoxam direnci ise ilk kez 2003 yılında Massachusetts’te bulunmuştur. Neonikotinoid insektisitlere karşı direnç gelişiminin patates böceği kontrolünü zorlaştırdığı ve entegre mücadele stratejilerinin izlenmesi sonuçlarına varılmıştır.

Huseth ve Groves (2013), patates böceğinin fenolojisi ve yaşam parametrelerini tarla ve sera koşullarında yaptıkları denemelerde denemişlerdir. Sonuçta insektisit direnci ile böceklerin çıkış zamanı arasında bir ilişki bulunmamıştır. Üreme kapasitesi, cinsiyet oranı ve vücut büyüklüğünde meydana gelen farklılıkların ise patatesteki zararlı yönetimi ile bir ilişkisi olmadığı belirlenmiştir.

Baker vd. (2014), imidacloprid dirençli ve hassas patates böceği popülasyonlarıda, patates böceğinin doğasının önemli bir parçası olan, kanibalizmin etkisini araştırmışlardır. Kannibalizm ile direnç arasında bir etki tespit edilmemesine karşılık test edilen farklı popülasyonların kannibalizm dereceleri birbirinden önemli ölçüde farklı bulunmuştur ve yumurta gelişme süresi ve yumurta açılma başarısı gibi parametreleri önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Scott vd. (2015), 2008-2011 yılları arasında, patates böceğinin Kanada'dan toplanan 150'den fazla popülasyonu ile yaptıkları çalışmada 3 neonikotinoid ve iki anthranilic diamide insektisit, yaprak disk metodu kullanılarak, 2. dönem larvalardaki direnç seviyelerini izlemiştir. Çalışma sonunda duyarlılıktaki azalışlar ortaya konulmuş ve direnç yönetimi stratejilerinin önemi vurgulanmıştır.

Clements vd. (2016), 2011 ve 2014 yılları arasında patates böceğine karşı 1.84-27.03 oranları arasında değişen imidacloprid direnci saptamışlardır. Çalışmada imidacloprid direncinin yakın alanlarda (<100km) yüksek olduğu, mesafe arttıkça hassasiyetin arttığı bildirilmiştir.

Crossley vd. (2018), ADB'nin Washington ve Oregon eyaletlerinden elde ettikleri 10 farklı patates böceği popülasyonunda larva ve ergin bireylerde topikal aplikasyon yöntemiyle LD₅₀ değerlerini belirlemişler ve elde edilen değerleri Minnesota ve Wisconsin bölgelerindeki LD₅₀ değerleriyle kıyaslamışlardır. Sonuçta yüksek seviyede duyarlılık tespit edilmiş olup özellikle ergin bireylerde elde edilen sonuçlara göre insektisit direncinin gelişebileceği bu yüzden insektisit direnç izleme çalışmalarının gerekliliği vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplanması

Patates böceği popülasyonları 2018 yılı patates üretim sezonu boyunca, Afyonkarahisar ilindeki patates üretim alanlarından toplanmıştır. Patates böceği popülasyonları Afyonkarahisar ili patates üretim alanlarını temsil etmek adına patates üretiminin en fazla olduğu ilçelerden yapılmıştır (Şekil 3.1. ve 3.2.). Bu amaçla Sandıklı, Şuhut, Dinar, Merkez, Bolvadin ve Emirdağ ilçelerinden sırasıyla 3, 3, 1, 1, 1, 1 olmak üzere 10 popülasyon toplanmıştır. Arazide patates böceği erginleri patates yaprakları ile birlikte toplanılarak hava alabilen kavanozlar içerisine koyulmuş ve kavanozlar üzerinde popülasyonların toplanma tarihi ve yerleri yazılmıştır. Popülasyonlar buz kutusu içerisinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Toksikoloji Laboratuvarı bünyesinde bulunan iklim odalarına getirilmiştir.

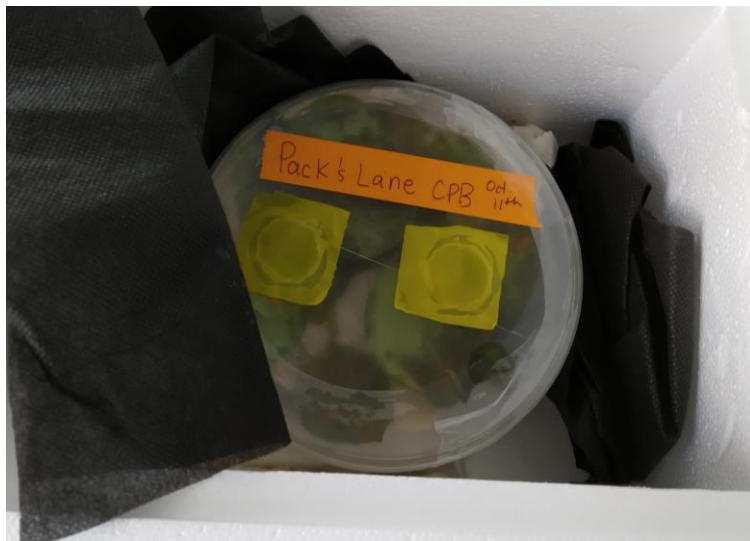


Şekil 3.1. Tarla koşullarında patates böceği larvaları ile bulaşık patates bitkileri. Şuhut, Afyonkarahisar



Şekil 3.2. Tarla koşullarında patates böceği larvaları ile bulaşık patates bitkileri. Sandıklı, Afyonkarahisar

Karşılaştırma popülasyonu olarak şimdiye kadar çeşitli çalışmalarda kullanılmış olan (Liu vd., 2014; Scott vd., 2015; Kaplanoğlu vd., 2017) London Research and Development Center (Agriculture and Agri-Food Canada)'dan getirilen; organik bir patates üretim alanından toplanarak günümüze kadar 190'ı aşkın jenerasyon kontrollü iklim odalarında pestisit uygulamasına maruz kalmadan üretimine devam edilen hassas patates böceği popülasyonu (Pack's line) kullanılmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Kanada'dan buz kutusu içinde gelen hassas patates böceği yumurtaları

3.2. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının kültüre alınması

Patates böceği erginlerinin beslenmesi amacıyla; 24 ± 1 °C, 16:8 (A/K) saatlik fotoperiyot ve 60 ± 10 nem koşullarının sağlandığı iklim odalarında saksı içerisinde patates bitkisi yetiştirilmiştir (Şekil 3.4.). Ergin bireyler patates bitkileri bulunan kafeslere alınmış ve taze yapraklarıyla düzenli olarak beslenip yumurta bırakmaları sağlanmıştır (Şekil 3.5.). Yumurtadan çıkan ve 3. döneme ulaşan larvalar bioassay çalışmalarda kullanılmıştır. Araziden toplanılan patates böceği popülasyonları ve hassas popülasyon 24 ± 1 °C sıcaklıkta 16:8 (A/K) saatlik fotoperiyotta ve 60 ± 10 nem koşullardaki iklim odalarında yetiştirilmiştir. Popülasyonların yetiştirilmesi için 2 cm kalınlığında ve 50 cm uzunluğunda çiteler kullanılarak iskelet oluşturulmuş, daha sonra tül ile kaplanarak böcek yetiştirme kafesleri hazırlanmıştır (Şekil 3.6 ve 3.7).



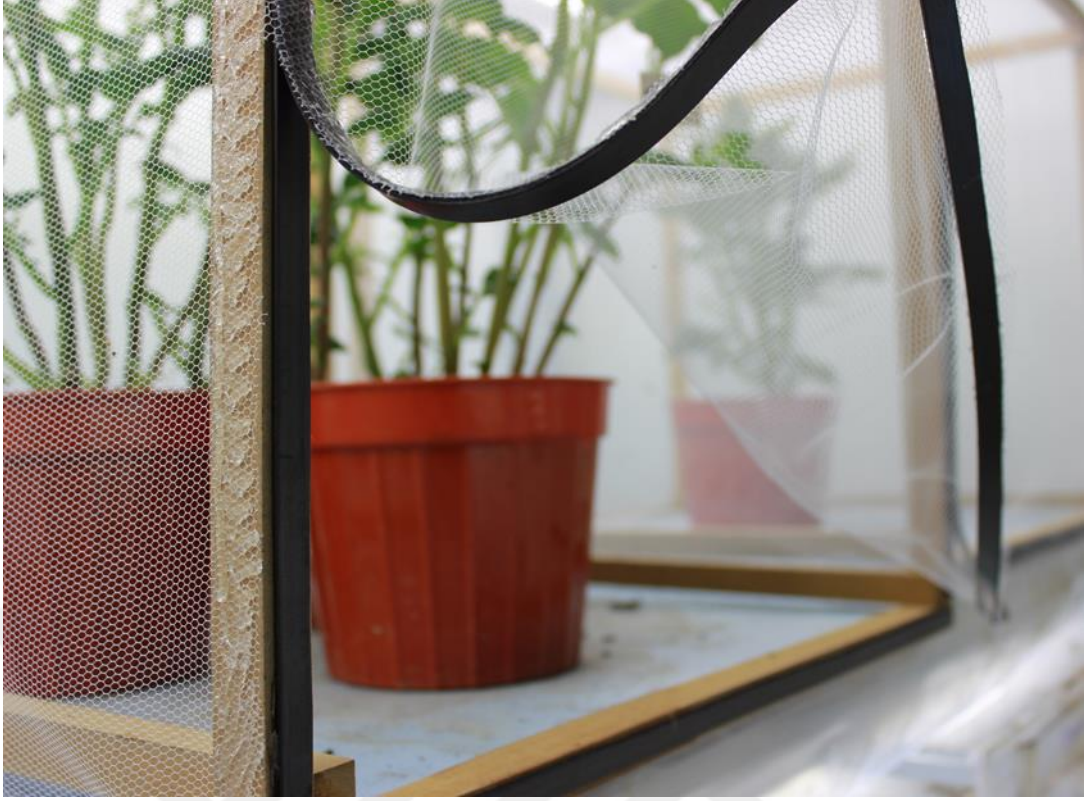
Şekil 3.4. İklim odasında yetiştirilen patates bitkileri



Şekil 3.5. Böcek yetiştirme kafesinde yumurtlayan dişi birey



Şekil 3.6. Patates böceği üretiminde kullanılan böcek yetiştirme kafesi



Şekil 3.7. Böcek yetiştirme kafesinin kapağı

3.3. Çalışmada kullanılan insektisitler

Direnç testleri için patates böceğine ruhsatlı olduğu ve bölgede yaygın olarak kullanıldığı tespit edilen imidacloprid (neonikotinoid)(Confidor SC 350; Bayer CropScience) ve deltamethrin (sentetik piretroit) (Decis EC; Bayer CropScience) aktif maddeli ticari ürünler kullanılmıştır.

3.4. Bioassay testler

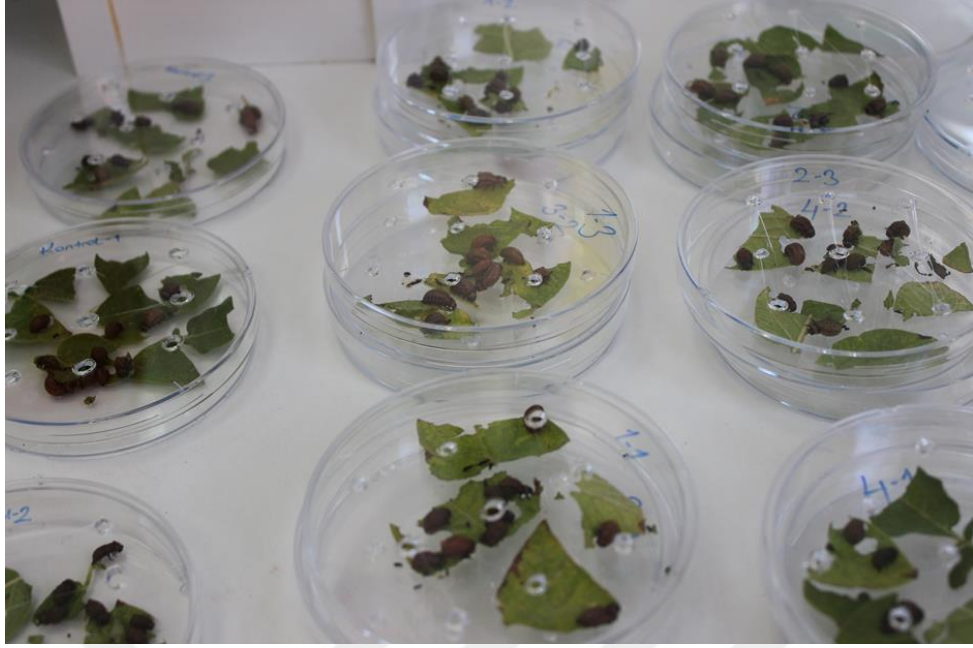
3.4.1. Toksikite testi

Patates böceği popülasyonlarında imidacloprid ve deltamethrin direnç gelişiminin belirlenmesinde Zhao vd. (2000), yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. Çalışmadaki bütün bioassay testlerde patates böceğinin 3. dönem larvasına topikal aplikasyon yöntemi kullanılarak LD₅₀ değerleri belirlenmiştir. İnsektisit uygulamaları 6 doz + 1 kontrol ve her doz için 3 tekrerrür olacak şekilde yürütülmüştür. Her tekrerrürde patates böceğinin 5 adet

3. dönem larvası denemeye alınmıştır (Şekil 3.11.). En yüksek doz olarak ön denemeler kurularak %90'ın üzerinde ölüme neden olan minimum doz seçilmiştir. %10-%90 arasında ölüm gösteren dozları belirlemek için insektisit dozları en yüksek dozdan itibaren her seferinde %50 seyreltilerek hazırlanmıştır. Kontrole ise sadece saf su uygulaması yapılmıştır. Hazırlanan insektisit dozları patates böceğinin 3. dönem larvalarının abdomenlerinin üst kısmına, mikropipet yardımıyla topikal aplikasyon yöntemi kullanılarak 1 µL olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.8 ve 3.10.). Uygulama yapılan bireyler ağzı hava alması için delinen petripler içerisine alınarak; 24±1 °C sıcaklık, 16:8 (A/K) saatlik fotoperiyot ve %60±10 nem koşullarının sağlandığı iklim odalarında bekletilmiştir (Şekil 3.9.). Ölü-canlı sayımları yetmiş iki saat sonra yapılarak LD₅₀ değerleri belirlenmiştir. Bu süre içerisinde patates böceği larvalarının besinsizlikten ölmesini engellemek amacıyla günlük olarak taze patates yaprakları verilmiştir (Şekil 3.12.). Populasyonların direnç oranları tarla populasyonlarından elde edilen LD₅₀ değerleri, referans popülasyonun LD₅₀ değerine bölünerek hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Topikal aplikasyon uygulaması yapılan 3. dönem *Leptinotarsa decemlineata* larvaları



Şekil 3.9. İnektisit uygulamasından sonra iklim odasında beklemeye alınan petriler



Şekil 3.10. Patates böceğinin 3. dönem larvaları



Şekil 3.11. İnektisit uygulamasından sonra petri kabına alınan *L. decemlineata* larvaları



Şekil 3.12. *L. decemlineata*'ya besin olarak verilen taze patates yaprakları

Deltamethrin ve imidacloprid aktif maddelerine karşı bulunan direnç oranları Daniella vd. (2017)'ye göre derecelendirilmiştir.

Çizelge 3.1. Patates böceğinde kullanılan direnç skalası

Direnç oranı	Derecelendirme
R<5	Düşük seviye direnç
$5 \leq R \leq 10$	Orta seviye direnç
R>10	Yüksek seviye direnç

R: Direnç oranı

3.5. İstatistiksel analiz

Yapılan ölü canlı sayımları sonucu elde edilen veriler POLO bilgisayar paket programıyla analiz edilerek değerlendirilmiştir (LeOra software, 1994).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Arazi popülasyonlarının imidacloprid direnç oranları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Buna göre Sandıklı 1, Sandıklı 2, Sandıklı 3, Şuhut 1, Şuhut 2, Şuhut 3, Dinar, Merkez, Bolvadin, Emirdağ popülasyonlarında imidacloprid için belirlenen direnç oranları sırasıyla 3.96, 7.43, 11.33, 14.33, 27.31, 25.08, 9.12, 2.34, 7.46, 8.72 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Afyonkarahisar ilinden toplanan patates böceği popülasyonlarının imidacloprid direnç düzeyleri.

Popülasyon Adı	n*	LD ₅₀	Eğim	R**
Sandıklı 1	90	21.17 15.21-30.14	1.620 ± 0.389	3.96
Sandıklı 2	90	39.66 28.11-49.12	1.820 ± 0.418	7.43
Sandıklı 3	105	60.49 50.45-72.15	4.446 ± 1.005	11.33
Şuhut 1	105	76.51 58.78-89.12	9.407 ± 2.922	14.33
Şuhut 2	105	145.81 124.75-160.11	7.903 ± 2.288	27.31
Şuhut 3	105	133.93 111.98-152.56	8.413 ± 2.288	25.08
Dinar	90	51.89 39.99-60.46	1.471 ± 0.399	9.12
Merkez	105	12.5 7.45-15.65	1.705 ± 0.359	2.34
Bolvadin	110	39.86 25.14-48.23	3.240 ± 0.819	7.46
Emirdağ	90	46.59 34.56-55.56	1.610 ± 0.406	8.72
Hassas Popülasyon	105	5.34 3.15-6.89	1.489 ± 0.299	-

*: Birey sayısı

** : Direnç oranı

İmidacloprid aktif maddesi için Sandıklı 1 ve Merkez popülasyonlarında düşük seviye direnç, Sandıklı 2, Dinar, Bolvadin ve Emirdağ popülasyonları için orta seviye direnç, Sandıklı 3, Şuhut 1, Şuhut 2 ve Şuhut 3 popülasyonları için yüksek seviye direnç bulunmuştur.

LD denemelerinden elde edilen eğim sonuçları popülasyonun homojen ya da heterojen yapısı ile ilgili bilgi vermektedir. Buna göre eğim değeri >2 olan popülasyonların daha homojen yapıda olduğu, <2 olan popülasyonların ise daha heterojen yapıda oldukları bilinmektedir (Yu, 2008). Heterojen bir popülasyonda insektisit seleksiyon baskısı devam ettikçe popülasyon içerisinde hassas bireyler elemine olacağı için direnç geliştirme ihtimalinin daha yüksek olduğu görülür.

En yüksek direnç oranlarının tespit edildiği Şuhut ilçesinde patates üretiminin uzun yıllardır devam ettiği bilinmektedir. Bu doğrultuda yıllara göre artan insektisit kullanımının direnç seviyelerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir. Bir diğer dikkat çekici veri ise popülasyonların 7.903, 8.413 ve 9.407 olarak tespit edilen eğim değerlerinden hareketle yüksek homojeniteye sahip olduğudur. Eğim değerlerine bakıldığında diğer ilçelerde bulunan popülasyonlarda heterojenitenin yüksek olduğu ve seleksiyon baskısı devam ettikçe kolayca insektisit direncinin gelişebileceği görülmektedir.

Arazi popülasyonlarının deltamethrin direnç oranları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Buna göre Sandıklı 1, Sandıklı 2, Sandıklı 3, Şuhut 1, Şuhut 2, Şuhut 3, Dinar, Merkez, Bolvadin, Emirdağ popülasyonlarında imidacloprid için belirlenen direnç oranları sırasıyla 25.86, 36.50, 35.09, 60.11, 77.17, 72.82, 40.07, 9.41, 45.86, 56.59 kat olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Afyonkarahisar ilinden toplanan *L. decemlineata* popülasyonlarının deltamethrin direnç düzeyleri

Popülasyon Adı	n*	LD ₅₀	Eğim	R**
Sandıklı 1	105	55.36 35.45-70.21	2.820 ± 0.452	25.86
Sandıklı 2	90	78.12 52.10-85.21	2.120 ± 0.514	36.50
Sandıklı 3	105	75.10 45.48-95.78	2.166 ± 1.112	35.09
Şuhut 1	105	128.65 95.14-158.78	7.103 ± 2.881	60.11
Şuhut 2	105	165.15 101.12-198.17	5.702 ± 2.144	77.17
Şuhut 3	90	155.85 98.21-185.85	6.741 ± 2.122	72.82
Dinar	105	85.75 62.14-100.12	1.890 ± 0.225	40.07
Merkez	105	20.15 10.98-28.12	1.912 ± 0.233	9.41
Bolvadin	90	98.15 75.12-115.45	3.225 ± 0.615	45.86
Emirdağ	90	121.12 98.78-141.14	1.952 ± 0.365	56.59
Hassas Popülasyon	105	2.14 1.12-4.45	1.489 ± 0.299	-

*: Birey sayısı

** : Direnç oranı

Deltamethrin aktif maddesi için Merkez popülasyonunda orta seviye direnç, Sandıklı 1, Sandıklı 2 , Sandıklı 3, Şuhut 1, Şuhut 2, Şuhut 3, Dinar, Bolvadin ve Emirdağ popülasyonları için yüksek seviye direnç bulunmuştur.

Özellikle Şuhut ilçesinden toplanan popülasyonların eğimleri incelendiğinde tespit edilen yüksek homojenliğin yüksek direnç seviyeleri ile bağlantılı olduğu görülmektedir. İmidacloprid direnç gelişimi ile benzer şekilde Sandıklı 1, Sandıklı 2, Sandıklı 3, Dinar, Merkez, Bolvadin ve Emirdağ popülasyonlarında belirlenen düşük eğim değerleri ve yüksek heterojenite deltamethrin baskısı devam ettiği sürece bu alanlarda patates böceği popülasyonlarının daha yüksek direnç seviyelerine ulaşacağını göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tarım alanlarında; ekonomik olması, uygulamanın kolay olması ve hızlı sonuç alınması gibi nedenlerden dolayı kimyasal mücadele en fazla kullanılan mücadele yöntemidir (Ay vd., 2005). Zararlıların pestisitlere karşı direnç geliştirmesi kimyasal mücadelenin etkinliğini sınırlandıran önemli bir faktördür (Ay ve Yorulmaz Salman, 2010).

Patates böceği, patatesteki görülen birincil zararlılardan ve patates üretimini sınırlayan en önemli faktörlerden biridir (Bolter ve Jongsma, 1995; Grudenvd, 1998). Patates böceğiyle mücadeleyi zorlaştıran etmenlerden biri de üretim maliyetini artırması nedeniyle, zararlının insektisit direnci kazanmasıdır (Grafius, 1997).

Ülkemizde patates böceğinde insektisit direnç gelişimine ait çalışma sayısı çok azdır ve bu konu ile ilgili literatür güncel değildir. Atak ve Atak, (1977) yaptıkları çalışmada Marmara Bölgesi'ndeki patates böceğinin kışlamış ve yaz sonu erginlerinin, azinphosmethyl, trichorphon ve propoxur etken maddelerine karşı duyarlılıklarını araştırarak; aradaki farkın 1974 ve 1975 yılları için önemli olmadığını belirtmişlerdir. Diğer çalışmada ise Erdoğan ve Gürkan (1997), Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ illerinden topladıkları *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarındaki; azinphosmethyl ve chlorpyrifos-ethyl (organik fosforlar), cypermethrin ve deltamethrin (piretroidler), endosülfan (klorlandırılmış hidrokarbonlar), karbofuran (karbamatlar) direncini araştırmışlardır. Bu çalışmadaki en yüksek direnç seviyesi deltamethrin'de Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ illeri için sırayla 225.92, 58.83, 90.42 kat olarak bulunmuştur.

Dünyada ise çok sayıda güncel direnç çalışması var olup bu veriler mücadele stratejilerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Baker vd. (2007), 1999-2005 yılları arasında patates böceği popülasyonlarında 6.8-22.9 arasında değişen imidacloprid direnci tespit etmişlerdir. Sladan vd. (2012) Sırbistan'da bulunan patates böceği popülasyonlarında 1.0-645.3 kat arası bensultap, 1.0-

60.0 kat arası cypermethrin ve 1.0-82.9 kat arası imidacloprid direnci tespit etmişlerdir. Huseeth ve Groves (2013) yaptıkları çalışmada patates böceği popülasyonlarında 0.3-79.02 kat arasında değişen imidacloprid direnci tespit etmişlerdir. Baker vd. (2014), ABD'de bulunan patates böceği popülasyonlarında 7.6-71.0 kat arasında değişen imidacloprid direnci tespit etmişlerdir. Clements vd. (2016), patates böceğinde 1.84 ile 27.03 kat arasında değişen imidacloprid direnci tespit edildiğini bildirmişlerdir. Crossleyvd. (2018) ABD'nin farklı bölgelerindeki patates böceği popülasyonlarının LD₅₀ değerlerini tespit etmişler ve bunları birbirleriyle kıyaslamışlardır.

Bu tez kapsamında yapılan bioassay testlerde Afyonkarahisar ilinden toplanan patates böceği popülasyonlarında deltamethrin direnç düzeyleri 9.41-77.17 kat arasında, imidacloprid direnç düzeyleri ise 3.96-27.31 kat arasında değişen oranlarda tespit edilmiştir.

Doğru mücadele stratejilerinin uygulanabilmesi için direnç verileri uygulamanın yapılacağı bölgeye ait olmalıdır ve bu verilerin güncel olması gerekmektedir. Bu tez kapsamında Afyonkarahisar ili patates üretim alanlarında bulunan patates böceği popülasyonlarında direnç testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu popülasyonlarda imidacloprid ve deltamethrin direncinin varlığı tespit edilmiştir.

Ülkemiz literatüründe Afyonkarahisar ilinde bulunan patates böceği popülasyonları ile ilgili insektisit direnci konusunda herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışma bölgede yapılan ilk çalışmadır.

Bu tez çalışmasının yürütüldüğü 2018 yılı üretim sezonunda yaygın ve etkili kullanılmasına karşılık imidacloprid etken maddesi açık alanlarda ülkemizde 24 Aralık 2018 tarihi itibarıyla arılarda neden olduğu zarar sebebiyle yasaklanmıştır (Anonim, 2019a). Çalışmaların yürütüldüğü üretim sezonunda aktif madde yasaklı olmadığı için tezin geçerliliğini etkilemediği düşünülmektedir. En azından bu çalışma ile Afyonkarahisar ili patates üretim alanlarında imidacloprid direnci genel olarak belirlenmiştir. Açık alanlarda

imidacloprid uygulanması yasaklanmamış olsa özellikle Şuhut bölgesi üretiminde ileride imidacloprid direncinin sorun oluşturabileceği açıkça görülmektedir.

Afyonkarahisar ilinde bulunan üreticiler, ilaç bayileri ve tarım ilçe müdürlükleri ile yapılan görüşmelerde patates böceği ile mücadelede imidacloprid aktif maddeli insektisitlerin en yaygın kullanılan insektisit olduğu kanısına varılmıştır. Bu etken maddenin yasaklanmasının ardından alternatif insektisitlere yönelim kaçınılmaz olduğundan, tez kapsamında patates böceği popülasyonlarının direnç düzeyleri incelenen diğer etken madde olan deltamethrin'e karşı belirlenen direnç düzeyleri daha fazla önem kazanmıştır. Bu nedenle deltamethrin uygulamalarının alanda zararlı mücadelesinde uzun yıllardan beri kullanıldığı düşünülürse belirlenen yüksek direnç seviyeleri şaşırtıcı olmamıştır. Ancak özellikle Şuhut bölgesinde deltamethrin baskısı devam ettikçe zararlıdaki direnç gelişimi daha yüksek seviyelere ulaşabileceği düşünülmektedir.

Doğru insektisitlerin yeterli miktarda kullanılması, çevresel faydalarının yanı sıra üretim giderlerini azaltmada önemli bir adımdır. Ayrıca ulusal ekonomiye de ağır bir yük olan pestisit giderlerinin azaltılmasında direnç çalışmalarının yaygınlaştırılarak, zararlıların henüz hassasiyetinin yitirmediği ilaçların kullanılmasının ve benzer amaçla farklı etkili maddeye sahip ilaçların rotasyona sokulmasının önemli bir ekonomik fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu yönüyle yapılan bu çalışma sonucu direnç geliştiği tespit edilen deltamethrin etken maddeli insektisitlerin kullanımının azaltılmasının veya diğer etken maddeli insektisitlerle rotasyona sokulmasının üreticilere hem maddi katkılar sağlayacağı hem de gereksiz insektisit kullanımının azalmasıyla insan ve çevre sağlığına olan negatif etkilerin azalmasında bir etki sağlayacağı düşünülmektedir.

IPM uygulamaları da dahil olmak üzere zararlılarla mücadele stratejileri geliştirilirken direnç verilerinin de göz önünde bulundurulması mücadelenin etkinliğini arttıracak çok değerli bir veri sağlamaktadır. Ancak tüm dünyada

zararlı kontrolünde henüz yeterince yer bulmayan direnç testlerinin yaygınlaştırılması ve bu amaçla kullanılabilmesi için kullanılan yöntemlerin düşük maliyetli olması yararlıdır.



KAYNAKLAR

- Alyokhin, A., Dively, G., Patterson, M., Castaldo, C., Rogers, D., Mahoney, M., Wollam, J. 2007. Resistance and cross-resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science*, 63(1), 32-41.
- Alyokhin, A. 2009. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3(1), 10-19.
- Anonim, 2019a. Erişim Tarihi: 08.05.2019.
<http://www.greenpeace.org/turkey/tr/news/blog/mavi-gezegen/basardik-arilara-zarar-veren-pestisitler-yasaklandi-181224/blog/62076/>
- Atak, E. D., Atak, U. 1977. Marmara Bölgesinde Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin insektisitlere karşı direnci üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 17(1).
- APRD. Whalon M. E., Mota-Sanchez D., Hollingworth, R.M. The MSU Arthropod pesticide resistance database. www.pesticideresistance.org. Erişim Tarihi:08.05.2019.
- Arioğlu, H.H. 2002. Nişasta ve şeker Bitkileri Ders Kitabı. Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No:A-57. Adana, s. 234 .
- Ay, R., Sökeli, E., Karaca, İ., Gürkan M. O. 2005. Response to some acaricides of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) from protected vegetables in Isparta (Turkey). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29 (3), 165-171
- Ay, R., Yorulmaz Salman, S. 2010. Inheritance and detoxification enzyme levels in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) strain selected with chlorpyrifos. *Journal of Pest Science*, 83(2), 85-93.
- Baker, M.B., Alyokhin, A., Porter, A.H., Ferro, D.N., Dastur, S.R., Galal, N. 2007. Persistence and inheritance of costs of resistance to imidacloprid in Colorado potato beetle. *Journal of Economic Entomology*, 100(6), 1871-1879.
- Baker, M., Hossain, K., Zabierek, K., Collie, K., Alyokhin, A., Mota-Sanchez, D., Whalon, M. 2014. Geographic variation in cannibalism in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations. *Environmental Entomology*, 43, 102-109.
- Berksan, Ö.F., 2002. Patates Tarımı (ed. Y. şimşek), Kar Tarım, Ankara.

- Bolter, C. J., Jongsma, M. A. 1995. Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata*) adapt to proteinase inhibitors induced in potato leaves by methyl jasmonate. *Journal of Insect Physiology*, 41(12), 1071-1078.
- Bozdoğan, H., Bahadıroğlu, C. 2014. Çeşitli insektisit gruplarının Chrysopidae Schneider 1851 familyasına ait bazı böcekler üzerindeki etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2).
- Casagrande, R.A. 1985. The "Iowa" potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 31, 27-29.
- Clements, J., Schoville, S., Peterson, N., Lan, Q., Groves, R.L. 2016. Characterizing molecular mechanisms of imidacloprid resistance in select populations of *Leptinotarsa decemlineata* in the Central Sands region of Wisconsin. *PLoS One*, 11(1), e0147844.
- Cox, D. L., Knight, A. L., Biddinger, D. J., Lasota, J. A., Pikounis, B., Hull, L. A., Dybas, R. A. 1995. Toxicity and field efficacy of avermectins against codling moth. *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) on apples. *Journal of Economic Entomology*, 88, 708-715.
- Crossley, M. S., Rondon, S. I., Schoville, S. D. 2018. A Comparison of resistance to imidacloprid in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) populations collected in the Northwest and Midwest US. *American Journal of Potato Research*, 95(5), 495-503.
- Çakıllar, M. 1960. Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Bitki Koruma Bülteni*, 1(3).
- Daniella, G., Christelle, D., Andric, G., Cédric, R., Thierry, G., Frédéric, F., Jean-Philippe, D., Joël, G., Anubis, V.R. ve Florence, F., 2017. Levels of insecticide resistance to deltamethrin, malathion, and temephos, and associated mechanisms in *Aedes aegypti* mosquitoes from the Guadeloupe and Saint Martin islands (French West Indies). *Infectious Diseases of Poverty* 6, 38.
- Erdoğan, C., Gürkan, M.O. 1997. *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)'nın değişik populasyonlarının bazı insektisitlere karşı duyarlılığının belirlenmesi üzerinde araştırmalar. *Turkish Journal of Entomology*, 21(4).
- FAOSTAT, 2015. Erişim tarihi: 01.04.2018 Area harvested and production quantity of potatoes, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- French, N. M., Heim, D.C., Kennedy, G.G. 1992. Insecticide resistance patterns among Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), populations in North Carolina. *Pest Management Science*, 36(2), 95-100.

- Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 2015. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Verileri. Erişim Tarihi: 08.05. 2019.
- Grafius, E. 1997. Economic impact of insecticide resistance in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on the Michigan potato industry. *Journal of Economic Entomology*, 90(5), 1144-1151.
- Gruden, K., Štrukelj, B., Popovič, T., Lenarčič, B., Bevec, T., Brzin, J., Jongsma, M. A. 1998. The cysteine protease activity of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) guts, which is insensitive to potato protease inhibitors, is inhibited by thyroglobulin type-1 domain inhibitors. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 28(8), 549-560.
- Huseth, A. S., Groves, R.L. 2013. Effect of insecticide management history on emergence phenology and neonicotinoid resistance in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(6), 2491-2505.
- IRAC, 2019. Erişim Tarihi: 08.05.2019. <http://www.irac-online.org/modes-of-action/>
- Jacques, R. L., 1988. *The Potato Beetles*, E. J. Brill, Leiden, 144 pp.
- Kayapınar, A., Kornoşor, S. 1990. Çukurova Bölgesi'nde Mısır Tarımıyla Birlikte Gelişen Entomolojik Sorunlar ve Çözüm Yolları. I. Tarım Kongresi 9-13 Ocak. Adana. 595 s.
- Kaplanoglu, E., Chapman, P., Scott, I. M., Donly, C. 2017. Overexpression of a cytochrome P450 and a UDP-glycosyltransferase is associated with imidacloprid resistance in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Scientific reports*, 7(1), 1762.
- Khambay, B. P. S., Jewess, P. J. 2004. Pyrethroids. *Comprehensive Molecular Insect Science*, eds Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS (Elsevier, Oxford), 6, 1-29.
- Kumargal, D., Çömelekoğlu, Ü., Aşkın, A. 2012. İyon kanallarını hedef alan insektisitler. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2).
- LeOra software. 1994. Polo-pc: A user's guide to probit or logit analysis leOra software, 28p. Berkeley, CA.
- Liu, S. Q., Scott, I. M., Pelletier, Y., Kramp, K., Durst, T., Sims, S. R., Arnason, J. T. 2014. Dillapiol: a pyrethrum synergist for control of the Colorado potato beetle. *Journal of Economic Entomology*, 107(2), 797-805.
- Mansour, F., Azaizeh, H., Saadf, B., Tadmor, Y., Abo-moch, F., Said, O. 2004. The potential of middle eastern flora as a source of new safe bio-acaricides to

control *Tetranychus cinnabarinus*. the carmine spider mite. *Phytoparasitica*, 32, 66–72.

- Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R. M., Grafius, E. J., Moyer, D.D. 2006. Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science*, 62(1), 30-37.
- Nauen, R., Denholm, I. 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. *Archives Of Insect Biochemistry And Physiology*, 58(4), 200-215.
- Olson, E. R., Dively, G. P., Nelson, J. O. 2000. Baseline susceptibility to imidacloprid and cross resistance patterns in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations. *Journal of Economic Entomology*, 93(2), 447-458.
- Pimentel, D., Acquary, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., Lipner, V., Giordano, S., Horowitz, A., D'amore, M. 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *Bioscience*, 42, 750–760.
- Preisler, H. K., M. A. Hoy, and J. L. Robertson. 1990. Statistical analysis of modes of inheritance for pesticide resistance. *Journal of Economic Entomology*, 83, 1649-1855.
- Radcliffe, EB. 1982. Insect pests of potato. *Annual Review of Entomology*, 27, 173-204.
- Scott, I. M., Tolman, J. H., MacArthur, D. C. 2015. Insecticide resistance and cross-resistance development in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) populations in Canada 2008–2011. *Pest Management Science*, 71(5), 712-721.
- Stone, B.F. 1968. A formula for determining degree of dominance incases of monofactorial inheritance of resistance to chemicals. *Bull. W.H.O.* 38, 325-326.
- Sladan, S., Miroslav, K., Ivan, S., Snežana, J., Petar, K., Goran T., Jevdović, R. 2012. Resistance of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to neonicotinoids, pyrethroids and nereistoxins in Serbia. *Romanian Biotechnological Letters*, 17, 7599–7609.
- Stanković, S., Zabel, A., Kostic, M., Manojlovic, B., Rajkovic, S. 2004. Colorado potato beetle [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] resistance to organophosphates and carbamates in Serbia. *Journal of PestScience*, 77(1), 11-15.

- Szendrei, Z., Grafius, E., Byrne, A., Ziegler, A. 2012. Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science*, 68(6), 941-946.
- Tan, J., Salgado, V. L., Hollingworth, R. M. 2008. Neural actions of imidacloprid and their involvement in resistance in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Pest Management Science*, 64(1), 37-47.
- TÜİK, 2018. Erişim Tarihi: 08.05.2019. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>
- Yu, SJ., 2008. The toxicology and biochemistry of insecticides. CRC Pres Taylor-Francis Group, 250 pp.
- Zamojska, J., Węgorek, P., Mrówczyński, M. 2011. Changes in the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) susceptibility level to pyrethroids and the pest resistance mechanisms to deltamethrin. *Journal of Plant Protection Research*, 51(3), 294-299.
- Zhao, J. Z., Bishop, B. A., Grafius, E. J. 2000. Inheritance and synergism of resistance to imidacloprid in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(5), 1508-1514.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Cenk KESKİN
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1994
Medeni Hali :Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cenkkeskin07@gmail.com

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)

Eğitim Durumu

Lise :Aldemir Atilla Konuk Anadolu Lisesi, 2012
Lisans :Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

Yayınlar

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C. 2019. The effects of milbemectin and spirodiclofen resistance on *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Acari:Phytoseiidae) life table parameters. Crop Protection (in press).

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C. 2019. Contact toxicity of some plant essential oils to spirodiclofen-resistant and susceptible *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) populations. Turkish Journal of Entomology, (in press).

Keskin, C., Yorulmaz, Salman, S. 2019. Determination of resistance level against imidacloprid of *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) populations collected from Afyonkarahisar province. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference. 24-27 April 2019, Kayseri, Turkey (Poster Sunum).

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C. 2018. Contact toxicity to spirodiclofen resistant and susceptible *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) populations of some essential oils. XV. International Congress of Acarology. 2-8 September 2018, Antalya, Turkey (Poster Sunum).

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C. 2018. The effects of milbemectin resistance on some biological parameters and life table of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Acari: Phytoseiidae) XV. International Congress of Acarology. 2-8 September 2018, Antalya, Turkey (Poster Sunum).

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C., Gençtürk, A. 2018. Isparta ili elma üreticilerinin bitki koruma uygulamaları. VII. Bitki Koruma Kongresi (Uluslararası Katılımlı), Özet Bildiri Kitabı, Sayfa: 188, 14-18 Kasım 2018, Muğla.

Yorulmaz, Salman, S., Keskin, C. 2018. İmidacloprid'in farklı dozlarının predatör akar *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) (Acari: Phytoseiidae) 'un bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. VII. Bitki Koruma Kongresi (Uluslararası Katılımlı), Özet Bildiri Kitabı, Sayfa: 154, 14-18 Kasım 2018, Muğla.

