



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PATATES EKİM ALANLARINDA ZARARLI *Leptinotarsa decemlineata*
SAY. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)'NİN İNSEKTİSİTLERE DİRENÇ
DURUMU VE DİRENÇ YÖNETİMİNDE DİATOM TOPRAĞI İLE ZEOLİTİN
KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR**

Orhan MÜLAYİM

DOKTORA TEZİ

Bitki Koruma Anabilim Dalı

**Mayıs-2025
KONYA**

TEZ KABUL VE ONAYI

Orhan MÜLAYİM tarafından hazırlanan “**PATATES EKİM ALANLARINDA ZARARLI *Leptinotarsa decemlineata* SAY. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)’NİN İNSEKTİSİTLERE DİRENÇ DURUMU VE DİRENÇ YÖNETİMİNDE DİATOM TOPRAĞI İLE ZEOLİTİN KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR**” adlı tez çalışması 09/05/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bitki Koruma Anabilim Dalı**’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
	Başkan
Unvanı Adı SOYADI	Prof. Dr. Erhan KOÇAK
	Danışman
Unvanı Adı SOYADI	Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN
	Üye
Unvanı Adı SOYADI	Prof. Dr. İnanç ÖZGEN
	Üye
Unvanı Adı SOYADI	Prof. Dr. Turgay ÜSTÜNER
	Üye
Unvanı Adı SOYADI	Dr. Öğr. Üyesi Fatma Nur ELMA

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr.
FBE Müdürü

Bu tez çalışması **Selçuk Üniversitesi**
Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü
tarafından **22111004** nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Orhan MÜLAYİM

Mayıs 2025

ÖZET

DOKTORA TEZİ

PATATES EKİM ALANLARINDA ZARARLI *Leptinotarsa decemlineata* SAY. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)'NİN İNSEKTİSİTLERE DİRENÇ DURUMU VE DİRENÇ YÖNETİMİNDE DİATOM TOPRAĞI İLE ZEOLİTİN KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Orhan MÜLAYİM

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN

2025, 134 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN

Prof. Dr. Turgay ÜSTÜNER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Prof. Dr. İnanç ÖZGEN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Nur ELMA

Bu çalışmada, patatesin önemli zararlılarından *Leptinotarsa decemlineata* Say.'ın Türkiye'de patates üretiminin yoğun olduğu Afyonkarahisar, Niğde ve Konya illerindeki popülasyonlarında acetamiprid, deltamethrin ve spinosad etken maddelerine karşı direnç düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca dirençli popülasyonlarda karboksilesteraz ve glutatyon-S-transferaz (GST) enzim aktiviteleri ölçülerek biyokimyasal direnç mekanizmaları incelenmiştir. Bunun yanı sıra, diatom toprağı ve zeolit'in bu insektisitlerle kombinasyon halinde sinerjistik etkileri araştırılmıştır. Zararlı'nın larva ve erginleri Afyonkarahisar (Sandıklı, Şuhut), Niğde (Konaklı, Çiftlik) ve Konya (Çumra, Selçuklu) illeri patates ekim alanlarındaki ikişer farklı lokasyondan 2023 yılı haziran ayından itibaren toplanmıştır.

Acetamiprid uygulamasında 24 saat maruz bırakma süresi sonunda direnç oranları (RR₅₀) Sandıklı popülasyonunda 74.30, Şuhut popülasyonunda 59.47, Konaklı popülasyonunda 54.40, Çiftlik popülasyonunda 48.81, Çumra popülasyonunda 25.26, Selçuklu popülasyonunda 31.46 kat olarak tespit edilmiştir. Deltamethrin uygulamasında RR₅₀ Sandıklı popülasyonunda 19.04, Şuhut popülasyonunda 14.68, Konaklı popülasyonunda 10.84, Çiftlik popülasyonunda 14.34, Çumra popülasyonunda 7.41, Selçuklu popülasyonunda 8.10 kat olarak tespit edilmiştir. Spinosad uygulamasında RR₅₀ Sandıklı popülasyonunda 22.00, Şuhut popülasyonunda 20.35, Konaklı popülasyonunda 14.82, Çiftlik popülasyonunda 13.54, Çumra popülasyonunda 12.00, Selçuklu popülasyonunda 7.94 kat olarak tespit edilmiştir. Biyotestler sonucunda Afyonkarahisar ve Niğde popülasyonlarında yüksek, Konya popülasyonlarında ise orta düzeyde direnç saptanmıştır.

Acetamiprid+diatom(%2 w/v) toprağı uygulamasında elde edilen sinerjizm oranları (SR₅₀ değerleri) Sandıklı popülasyonunda 3.21, Konaklı popülasyonunda 5.19, Çumra popülasyonunda 2.60, Selçuklu popülasyonunda 3.72 olarak belirlenmiştir. Deltamethrin + diatom (%2 w/v) toprağı uygulamasında SR₅₀ Sandıklı popülasyonunda 3.74, Konaklı popülasyonunda 4.28, Çumra popülasyonunda 2.47, Selçuklu popülasyonunda 3.10 olarak belirlenmiştir. Spinosad + diatom (%2 w/v) toprağı uygulamasında SR₅₀ Sandıklı popülasyonunda 2.91, Konaklı popülasyonunda 4.27, Çumra popülasyonunda 4.67, Selçuklu popülasyonunda 2.39 olarak belirlenmiştir. Zeolit, insektisitlerle karışımında sinerjistik değil, antagonist etki göstermiştir. Hassas popülasyon üzerinde yapılan çalışmalarda Acetamiprid+zeolit(%2 w/v) uygulamasından elde edilen SR₅₀ 48 saat maruz bırakma süresinde 0.52, deltamethrin+zeolit(%2 w/v) uygulamasında 0.41, spinosad + zeolit(%2 w/v) uygulamasında 0.39 olarak

tespit edilmiştir. Diatom toprağı ile yapılan uygulamalarda belirgin sinerjistik etkiler elde edilirken, zeolitin antagonist etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

Leptinotarsa decemlineata popölasyonlarında mikropłaka hücrelerinde kinetik okuma sonucu belirlenen toplam karboksilesteraz enzim aktivite sonuçlarına göre hassas popölasyon ile karşılaştırıldığında Sandıklı popölasyonunda 3.62, Selçuklu popölasyonunda 2.35 Çumra popölasyonunda 2.28, Çiftlik popölasyonunda 2.15, Şuhut popölasyonunda 1.34 kat enzim aktivite artışı belirlenmiştir. Glutasyon-transferaz (GST) enzim aktivite oranları Sandıklı'da 1,29, Şuhut'ta 2,59, Çiftlik'te 1,46 ve Selçuklu popölasyonunda 1,66 kat olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular, *Leptinotarsa decemlineata* ile mücadelede direnç yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar sözcükler: Acetamiprid, deltamethrin, glutathion-s transferaz, insektisit direnci, karboksilesteraz, *Leptinotarsa decemlineata*, sinerjizm, spinosad,

ABSTRACT

Ph. D THESIS

INVESTIGATIONS ON THE RESISTANCE STATUS TO SOME
INSECTICIDES OF *Leptinotarsa decemlineata* SAY. (COLEOPTERA:
CHRYSOMELIDAE) IN PATATO CULTIVATION AREAS AND THE
POSSIBILITIES OF USING DIATOMACEOUS EARTH AND ZEOLITE IN
RESISTANCE MANAGEMENT
Orhan MÜLAYİM

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN PLANT PROTECTION

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

2025, 134 Pages Jury

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Prof. Dr. Turgay ÜSTÜNER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Prof. Dr. İnanç ÖZGEN

Asst. Prof. Dr. Fatma Nur ELMA

In this study, the resistance levels of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) to the insecticides acetamiprid, deltamethrin, and spinosad were determined in populations from the major potato-producing provinces of Afyonkarahisar, Niğde, and Konya in Türkiye. In addition, the biochemical resistance mechanisms were investigated by measuring carboxylesterase and glutathione S-transferase (GST) enzyme activities in resistant populations. The synergistic effects of diatomaceous earth and zeolite in combination with these insecticides were also evaluated. Larvae and adults of the pest were collected from two different locations in potato cultivation areas of Afyonkarahisar (Sandıklı, Şuhut), Niğde (Konaklı, Çiftlik) and Konya (Çumra, Selçuklu) provinces, starting from June 2023.

In acetamiprid application, after 24 hours exposure period, the resistance rates (RR_{50}) were determined as 74.30 in Sandıklı, 59.47 in Şuhut, 54.40 in Konaklı, 48.81 in Çiftlik, 25.26 in Çumra, and 31.46 fold in Selçuklu population. In deltamethrin application, the RR_{50} were determined as 19.04 in Sandıklı, 14.68 in Şuhut, 10.84 in Konaklı, 14.34 in Çiftlik, 7.41 in Çumra, and 8.10 fold in Selçuklu population. In spinosad application, RR_{50} were determined as 22.00 in Sandıklı, 20.35 in Şuhut, 14.82 in Konaklı, 13.54 in Çiftlik, 12.00 in Çumra and 7.94 fold in Selçuklu population. Bioassay results revealed high resistance levels in the Afyonkarahisar and Niğde populations and moderate resistance in the Konya populations.

Synergism rates (SR_{50} values) obtained in Acetamiprid+ diatomaceous earth (2% w/v) application were determined as 3.21 in Sandıklı, 5.19 in Konaklı, 2.60 in Çumra and 3.72 in Selçuklu population. In deltamethrin + diatomaceous earth (2% w/v) application SR_{50} was determined as 3.74 in Sandıklı, 4.28 in Konaklı, 2.47 in Çumra, 3.10 in Selçuklu population. In spinosad + diatomaceous earth (2% w/v) application SR_{50} was determined as 2.91 in Sandıklı, 4.27 in Konaklı, 4.67 in Çumra, 2.39 in Selçuklu population. Zeolite showed an antagonistic effect rather than a synergistic effect when mixed with insecticides. In studies conducted on susceptible population, the synergism ratio (SR_{50} values) obtained from Acetamiprid + zeolite (2% w/v) application was determined as 0.52 in 48-hour exposure period, 0.41 in deltamethrin + zeolite (2% w/v) application, and 0.39 in spinosad + zeolite (2% w/v) application. Diatomaceous earth showed significant synergistic effects when combined with insecticides, whereas zeolite exhibited antagonistic interactions.

According to the total carboxylesterase enzyme activity results determined as a result of kinetic reading in microplate cells in *Leptinotarsa decemlineata* populations, when compared to the susceptible

population, an increase of 3.62 in Sandıklı, 2.35 in Selçuklu, 2.28 in Çumra, 2.15 in Çiftlik and 1.34-fold in Şuhut population was determined. Glutathione-s transferase (GST) enzyme activity rates were determined as 1.29 in Sandıklı, 2.59 in Şuhut, 1.46 in Çiftlik and 1.66-fold in Selçuklu population.

These findings provide valuable insights for the development of resistance management strategies against *L. decemlineata*.

Keywords: Acetamiprid, deltamethrin, glutathione-s transferase, insecticide resistance, carboxylesterase, *Leptinotarsa decemlineata*, synergism, spinosad,



ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmaya başlamayı ve çalışmayı neticelendirmeyi bana nasip eden Yüce Allah’a hamdolsun.

Doktora çalışmamın her aşamasında yol gösteren, danışmanım Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN hocama, ikinci tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Aslı DAĞERİ hocama, tez izleme komitesinde yer alan Prof. Dr. Turgay ÜSTÜNER ve Dr. Öğr. Üyesi Fatmanur ELMA hocalarıma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümündeki tüm değerli hocalarıma ve tez savunma jürisinde bulunarak katkı sağlayan Prof. Dr. Erhan KOÇAK ve Prof. Dr. İnanç ÖZGEN hocalarıma teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. Ayhan GÖKÇE'ye katkıları ve desteklerinden dolayı en içten şükranları mı sunmak isterim.

Çalışmalarımın her aşamasında desteğini esirgemeyen Aileme, arazi çalışmalarında destek olan değerli büyüklerim Aydın EROL ve Fahrettin KURT’a, yine arazi çalışmalarında destek olan kuzenlerim Murat EKİCİ ve Seyit SİLAY’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca katkı ve yardımlarından dolayı, yakın zamanda kaybettiğimiz değerli misafir öğrencimiz Sayın Omar Samee MAHMOOD’a teşekkür eder, Allah’tan rahmet dilerim.

Her zaman varlığı ve dualarıyla yanımda olan Babam Prof. Dr. Mevlüt Mülayim ve Rahmetli Annem Ayşe Mülayim’e sonsuz şükranlarımı sunmak isterim.

Orhan MÜLAYİM
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
Çizelgeler Dizini	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	2
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
2.1. Patates böceği	7
2.2. Patates Böceği (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)’nın Sistematikteki Yeri	8
2.3. Patates Böceğinin Tanımı ve Biyoeкологиjsi	9
2.4. Patates Böceği ile Mücadele.....	12
2.5. İnsektisitlere Karşı Direnç ve Direnç Yönetimi	14
2.5.1. Direnç mekanizmaları.....	17
2.5.2. İnsektisitlerde direnç yönetimi	21
2.6. Sinerjistik Etki Çalışmaları.....	22
2.6.1. Diatom toprağı ve kullanımı	23
2.6.2. Zeolit ve kullanımı.....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Patates böceği (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say.).....	29
3.1.2. Kimyasallar	30
3.1.3. İnsektisitler	30
3.1.4. Diatom toprağı ve zeolit.....	33
3.1.5. Kullanılan cihazlar ve diğer materyaller	34
3.2. Yöntem	35
3.2.1. Konukçu bitkinin yetiştirilmesi	35
3.2.2. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> ’nın toplanması ve yetiştirilmesi	35
3.2.3. İnsektisitlerin uygulanışı.....	39
3.2.4. İnsektisit direncinin belirlenmesi	40
3.2.6. Diatom toprağının sinerjistik etkisinin belirlenmesi	40
3.2.7. Zeolit in sekti sidal ve sinerjistik etkisinin belirlenmesi	41
3.2.8. Enzim analizleri.....	41

3.2.9. Veri analizleri	43
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	44
4.1. İnsektisitlerin <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki toksisitesi.....	44
4.1.1. Acetamiprid direncinin belirlenmesi	44
4.1.2. Deltamethrin'in <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki etkinliği	51
4.1.3. Spinosad'ın <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki etkinliği	57
4.2. Diatom Toprağının Sinerjistik Etkinliğinin Belirlenmesi	64
4.2.1. Acetamiprid + diatom toprağının sinerjistik etkinliğinin belirlenmesi	64
4.2.2. Deltamethrin + Diatom toprağının <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki etkinliği.....	70
4.2.3. Spinosad + diatom toprağının <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki etkinliği.....	76
4.3. Zeolitin Sinerjistik Etkinliğinin Belirlenmesi.....	82
4.4 Biyokimyasal Analizler	86
4.4.1 Toplam karboksilesteraz enzim aktivitesinin belirlenmesi	87
4.4.2 Gluthation s-transferase enzim aktivitesinin belirlenmesi	89
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	92
5.1 Sonuçlar	92
KAYNAKLAR	97
EKLER	107
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> a-b) Ergini (orijinal), c) Erkeği ve Dişisi	9
Şekil 2.2. Patates böceği yumurta kümeleri ve dişi yumurta bırakma davranışı (orijinal)	10
Şekil 2.3. Patates böceği larvaları (orijinal)	11
Şekil 2.4. Patates böceği pupasının dorsal ve lateralden görünümü (orijinal)	11
Şekil 3.1. Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesinden alınan hassas popülasyon (orijinal)	30
Şekil 3.2. Acetamiprid'in molekül yapısı	31
Şekil 3.3. Deltamethrin'in molekül yapısı	32
Şekil 3.4. Spinosad'ın molekül yapısı	33
Şekil 3.5. Denemede kullanılan zeolit	33
Şekil 3.6. Denemede kullanılan diatom toprağı	34
Şekil 3.7. Püskürtme kulesi (Spray tower) (orijinal)	34
Şekil 3.8. Denemelerde kullanılan iklim kabini (orijinal)	35
Şekil 3.9. İklim odasında yetiştirilen patates bitkileri (orijinal)	35
Şekil 3.10. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Niğde/Konaklı) (orijinal)	36
Şekil 3.11. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Niğde/Çiftlik) (orijinal)	36
Şekil 3.12. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Konya/Selçuklu) (orijinal)	36
Şekil 3.13. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Konya/Çumra) (orijinal)	37
Şekil 3.14. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Afyonkarahisar/Şuhut) (orijinal)	37
Şekil 3.15. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarının toplandığı alanlar (Afyonkarahisar/Sandıklı) (orijinal)	37
Şekil 3.16. Patates ekim alanlarından toplanan ve plastik küvetlere yerleştirilen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larva ve erginleri (orijinal)	38
Şekil 3.17. Plastik küvet içerisinde kültüre alınan <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larva ve erginleri (orijinal)	38
Şekil 3.18. İnsektisit uygulanan petri kapları ve ortama bırakılan larvalar (orijinal)	40
Şekil 3.19. Enzim çalışmalarında örneklerin hazırlanması (orijinal)	42

Çizelgeler Dizini

Çizelge 3.1. Popülasyonların toplandığı lokasyonlar.....	29
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan insektisitlere ait bilgiler	30
Çizelge 4.1. Acetamiprid'e 24 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	45
Çizelge 4.2. Acetamiprid'e 48 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	45
Çizelge 4.3. Acetamiprid'e 72 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	45
Çizelge 4.4. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	46
Çizelge 4.5. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	46
Çizelge 4.6. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Şuhut popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	47
Çizelge 4.7. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	47
Çizelge 4.8. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	48
Çizelge 4.9. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	48
Çizelge 4.10. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	49
Çizelge 4.11. Deltamethrin'e 24 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarında LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	52
Çizelge 4.12. Deltamethrin'e 48 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarında LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	52
Çizelge 4.13. Deltamethrin'e 72 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarında LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	52
Çizelge 4.14. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	53
Çizelge 4.15. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	53
Çizelge 4.16. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Şuhut popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	54

Çizelge 4.17. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	54
Çizelge 4.18. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	55
Çizelge 4.19. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	55
Çizelge 4.20. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	56
Çizelge 4.21. Spinosad'a 24 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	58
Çizelge 4.22. Spinosad'a 48 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	58
Çizelge 4.23. Spinosad'a 72 saat maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve RR ₅₀ değerleri	59
Çizelge 4.24. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)	59
Çizelge 4.25. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	60
Çizelge 4.26. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Şuhut popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)	60
Çizelge 4.27. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	61
Çizelge 4.28. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	61
Çizelge 4.29. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	62
Çizelge 4.30. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	62
Çizelge 4.31. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	64
Çizelge 4.32. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	65

Çizelge 4.33. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	65
Çizelge 4.34. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	66
Çizelge 4.35. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	66
Çizelge 4.36. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	67
Çizelge 4.37. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	68
Çizelge 4.38. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	68
Çizelge 4.39. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	69
Çizelge 4.40. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	69
Çizelge 4.41. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	70
Çizelge 4.42. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	71
Çizelge 4.43. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	71
Çizelge 4.44. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	72
Çizelge 4.45. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	72
Çizelge 4.46. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	73
Çizelge 4.47. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	73

Çizelge 4.48. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	74
Çizelge 4.49. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	74
Çizelge 4.50. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	75
Çizelge 4.51. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	76
Çizelge 4.52. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri	77
Çizelge 4.53. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri	77
Çizelge 4.54. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri	78
Çizelge 4.55. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri	78
Çizelge 4.56. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	79
Çizelge 4.57. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	79
Çizelge 4.58. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	80
Çizelge 4.59. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	80
Çizelge 4.60. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	81
Çizelge 4.61. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Acetamiprid ve zeolit (%2 w/v)+acetamipride maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	82
Çizelge 4.62. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Deltamethrin ve zeolit (%2 w/v)+deltamethrine maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri.....	83

Çizelge 4.63. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın Spinosad ve zeolit (%2 w/v)+spinosada maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC ₅₀ , LC ₉₀ ve SR ₅₀ değerleri	84
Çizelge 4.64. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	84
Çizelge 4.65. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	85
Çizelge 4.66. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	85
Çizelge 4.67. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarında karboksilesteraz aktivite değerleri.....	87
Çizelge 4.68. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> popülasyonlarında GST enzim aktivite değerleri.....	89

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C: santigrat derece

%: yüzde

Kisaltmalar

LC: Öldürücü konsantrasyon (lethal concentration)

LD₅₀: popülasyonda %50 ölüme neden olan doz

LD₉₀: popülasyonda %90 ölüme neden olan doz

LC₅₀: popülasyonda %50 ölüme neden olan konsantrasyon

LC₉₀: popülasyonda %90 ölüme neden olan konsantrasyon

µL: Mikrolitre

µg: mikro gram

gr: gram

kg: kilogram

mg: miligram

ml: mililitre

l: litre

mM: Milimolar

min: Dakika

mOD: Mili optik yoğunluk

da: dekar

m: metre

cm: santimetre

mg ai l⁻¹: 1 litre çözeltideki miligram aktif bileşen

DEM: diethyl maleate

TPP: triphenyl phosphate

DEF: S.S.S-tributyl phosphorotrithioate

PBO: Piperonil bütoksit (Piperonyl butoxide)

DDT: dichlorodiphenyltrichloroethane

SC: Akıcı konsantre / Süspansiyon konsantre (suspension concentrate/ flowable concentrate)

EC: Emülsiyeli olabilen konsantre (emulsifiable concentrate)

3A: sodyum kanalı düzenleyiciler (piretroin grubu)

4A: nikotinik asetil kolin reseptörleri düzenleyiciler (neonikotinoid grubu)

SiO₂: silisyum dioksit

CaO: kalsiyum oksit

Na⁺ : Sodyum

N: azot

P: fosfor

K: potasyum

BSA: Bovine serum (Bovine Serum Albumine)

Buffer: Tampon çözelti

CCE: Karboksilkolin esteraz

CDNB: 1-chloro-2,4-dinitrobenzene

ChE: Kolinesteraz

GSH: Glutasyon (reduced glutathione)

GSS: Alman Hassas ırkı (German Susceptible Strain)

GST: Glutasyon s-transferaz (Glutathion S transferase)

HCl: Hidroklorik asit

M: Molar

nm: Nanometre

MOD: Mili optik yoğunluk (mili optic density)

PCR: Polimeraz Zincir Reaksiyonu (Polymerase Chain Reaction)

P-450: Sitokrom P-450 (MO: monooksijenaz, MFO (Mixed function oxygenases, Cytochrom p450 Monooxygenase)

ppm: Milyonda bir birim (parts per million)

rpm: Dakikada devir sayısı (Revelution Per Minute)

R.R.: Direnç oranı (resistance ratio)

U.V.: Ultra viyole

g : G kuvveti

1. GİRİŞ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), Solanaceae familyasının 1.500-2.000 tür içeren en büyük cinsine dâhildir. Solanaceae familyası 3.000-4.000 türü bulunan 90'dan fazla cinsten oluşur (Machida-Hirano, 2015). Familyanın en önemli üyeleri arasında, patates (*Solanum tuberosum* L.), patlıcan (*Solanum melongena* L.) domates (*Lycopersicon esculentum* L.), biber (*Capsicum* spp.), ve tütün (*Nicotiana tabacum* L.) yer almaktadır.

Patates ilk olarak Güney Amerika'da And Dağları bölgesinde ortaya çıkmış, Kolombiya, Venezuela, Peru, Şili ve Arjantin'in kuzey bölgelerine yayılmıştır (Anonim, 2023).

Bugün kullanılan patates türleri *tuberosum* alt türlerinin kendi aralarında ve yabani patates türleriyle yapılan melezlemeler sonucunda geliştirilmiştir (Çaylak, 2002). Geniş ürün yelpazesine sahip olması, iklimsel adaptasyon gibi özelliklerinden dolayı şu anda 125'ten fazla ülkede 3.000 patates çeşidi yaygın olarak yetiştirilmektedir (Birch ve ark., 2012).

Patates (*Solanum tuberosum*), deniz seviyesinden yaklaşık 4.000 metre yüksekliğe kadar olan rakımlarda yetişebilen, kutup bölgeleri dışındaki pek çok coğrafyada tarımı yapılan, beslenme ve endüstriyel alanda yüksek değere sahip bir bitkidir. Yaklaşık 0,6–0,8 m boylanabilen, beyaz veya açık pembe çiçek açan, yumru kısımları hariç zehirli alkaloidler içeren otsu formda bir bitkidir. Toprak altındaki yumru kısmı “patates” olarak isimlendirilmektedir. Yumrudaki kuru madde miktarının %80'e yakını nişastadan oluşmaktadır. Yumrular protein, B vitamini, C vitamini, demir, fosfor, potasyum, magnezyum gibi mineraller içermektedir. 100 gram patates yumrusunda, insan için gerekli günlük proteinin en az %7'si, demir miktarının %10'u, C vitamini miktarının %20-50'si, B12 vitamini miktarının %10'u ve enerji miktarının da %3'ü bulunmaktadır. Ayrıca sindirim sistemini ve potasyum-sodyum iyon dengelerini düzenlemektedir (Çaylak, 2002). Patatesin besin olarak önemi içermiş olduğu bu bileşenlerden dolayı açıkça anlaşılmaktadır. Besin değeri ve kullanım alanlarının fazla olması gibi özellikleri nedeniyle patates, az gelişmiş ve yeterli beslenemeyen memleketlerde açlık sıkıntısına çözüm olabilecek en önemli gıda maddelerinden birisidir (Arioğlu, 2002). Pirinç, buğday ve mısır gibi tahıllardan sonra üretim miktarı bakımından dünya genelinde dördüncü sırada yer almakta ve gelişmekte olan ülkelerde temel gıda ihtiyacının karşılanmasında kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, diğer birçok tarla bitkisine kıyasla birim alandan daha fazla ürün verme kapasitesine sahiptir.

FAO verilerine göre, 2021 yılında dünya çapında yaklaşık 18.2 milyon ha alanda patates ekimi yapılmıştır. Bu alanda Çin, yaklaşık 5,8 milyon ha ile en büyük patates ekim alanına sahip ülke konumundadır. Hindistan ise 2,2 milyon ha ekim alanı ile ikinci sırada yer almakta, onu 1,3 milyon ha alan ile Ukrayna takip etmektedir (Anonim, 2023). Dünya patates üretimi 2021 yılında 376 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında birinci sırada yer alan Çin 94,3 milyon ton, ikinci sıradaki Hindistan 54,2 milyon ton, üçüncü sıradaki Ukrayna 21,3 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin patates üretimi dünyadaki toplam üretimin %1,4'ünü oluşturmakta ve üretim miktarları göz önüne alındığında 16. sırada bulunmaktadır (Anonim, 2023).

Türkiye'de patates tarımının başlangıç noktası, 1876 yılında Adapazarı Ovası olmuştur. İlk patates üretimi Sakarya Nehri Vadisi ve Adapazarı Ovası çevresinde gerçekleştirilmiştir (Onaran ve ark., 2000). Patates iklim ve toprak koşullarına yüksek adaptasyon yeteneği sayesinde ülkemizde hemen her yerde yetişebilmektedir. Patates Türkiye'nin ekonomik büyümesinde (Toplam Gayri Safi Yurtiçi Hasıla içinde yaklaşık %3) önemli bir rol oynamaktadır ve en çok tüketilen sebzedir (Günel ve ark., 2010).

Türkiye'de patates üretimi en çok Orta Anadolu'da (%41.7), daha sonra Ege Bölgesi (%21.2), daha sonra da Batı Anadolu Bölgesi'nde (%12.1) yapılmaktadır. Ülkemizde patates üretim alanı olarak 2022 yılında 176.300 da (%12.7) ile Niğde ilk sırada yer alırken, 149.968 da (%10.8) ile Afyonkarahisar ikinci, 120.491 da (%8.7) ile Konya üçüncü sıradadır. 2022 yılı patates üretimi 5.200.000 tondur. 679.653 ton (%13.1) üretim ile ilk sırada Niğde bulunurken, Afyonkarahisar 607.539 ton (%11,7) ile ikinci, Konya 518.677 ton (%10) üretim ile üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2023).

Patates yetiştiriciliğinde, çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler üründe hem kalite hem miktar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Biyotik faktörler; fungal, viral ve bakteriyel hastalık etmenlerinin yanı sıra, zararlı böcekler ve nematodları kapsamaktadır. 20 fungal patojen, 11 viral patojen ve 6 bakteriyel patojen, 10 nematod türü yaygın olarak patatesteki ekonomik zarar oluşturmaktadır (Kepenekci ve ark., 2016).

Farklı takımlara ait zararlılar yaprak ve yumrulara beslenmek suretiyle patates üretiminde önemli verim kayıplarına yol açmaktadır. En önemli yaprak zararlılarından biri, patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'dır. Ayrıca, yapraklarda zarar oluşturan *Empoasca fabae* Harris (Hemiptera: Cicadellidae); yumrulara beslenen *Agriotes* spp. (tel kurtları) (Coleoptera: Elateridae); hem yaprak hem de yumrulara beslenerek zarar veren *Agrotis ipsilon* Hufnagel (bozkurt) (Lepidoptera: Noctuidae); depolama ve tarlada zarar yapan *Phthorimaea operculella*

Zeller (patates güvesi) (Lepidoptera: Gelechiidae) önemli türler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra, yapraklarda beslenen ve viral hastalıkların biyolojik vektörlüğünü yapan yaprak bitleri (Hemiptera: Aphididae), patates bitkisinin verimini ciddi biçimde tehdit etmektedir.

Leptinotarsa decemlineata Say (Coleoptera: Chrysomelidae), yalnızca patatesin (*Solanum tuberosum*) değil, Solanaceae familyasına ait diğer kültür bitkilerinin de en önemli zararlılarından biridir (Alyokhin, 2009). Larva ve ergin dönemlerinde %30-50 oranında ürün kaybına yol açabilmektedir (Hare, 1980; Zhang ve ark., 2013). Beslenme zararı, özellikle yoğun popülasyonlarda, bitki gelişimini ciddi şekilde engellemekte ve verim üzerinde belirgin bir olumsuz etki yapmaktadır (Ferro ve ark., 1985). Patates böceği, ergin ve larva dönemlerinde çoğunlukla patates ve patlıcan yapraklarında beslenir. Beslenme sırasında genellikle yaprağın kenarından başlayarak içe doğru ilerler veya yaprak yüzeyinde delikler açarak burada beslenmeyi sürdürür. Beslenme sonucu önce yaprakların yalnızca ana damarları kalır, ardından bu damarlar da tüketildiğinde bitkide sadece gövde kısmı sağlam kalır. Ergin ve larva dönemlerinde, patates ve patlıcanın çiçekleri ile meyvelerini de tüketirler (Anonim, 2017). En fazla zararı son dönem larvaları yapmaktadır.

Patates böceğine karşı birçok mücadele yöntemi kullanılsa da en çok kimyasal mücadele yöntemine başvurulmaktadır. Kimyasal mücadele, yumru ilaçlaması ve yeşil aksam ilaçlaması şeklinde uygulanmaktadır. İnsektisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı zararlılarda insektisitlere karşı direnç gelişmesine neden olmaktadır. Direnç sorunu da, farklı insektisitlerin kullanımı, daha sık ilaçlama ve daha yüksek dozlarda insektisit kullanımı ile aşılmaya çalışılmaktadır. Bu durum biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkilemekte, doğal kaynakların kirlenmesine yol açmakta ve ürünlerde kalıntı sorununa neden olmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilebilmesi için zararlıların direnç durumlarının bilinmesi ve direnç yönetimi önem kazanmıştır.

Patates böceğinde ilk insektisit direnci 1952 yılında DDT'ye karşı bildirilmiştir (Quinton, 1955). Daha sonra 1968 yılında dieldrin etken maddesine karşı da direnç gelişimi bildirilmiştir (Gauthier ve ark., 1981). Yapılan araştırmalarda, patates böceğinin 13 farklı insektisit grubundan 56 farklı aktif maddeye karşı direnç geliştirdiği tespit edilmiştir. (Özdemir ve ark., 2021).

Ülkemizde patates böceğinde insektisit direnci ile ilgili ilk araştırma 1974-1975 yıllarında yapılmış ve azinphosmethyl, trichlorphon ve propuxur etken maddelerine karşı direnç geliştirmedeği tespit edilmiştir (Atak ve Atak, 1977). 1980 yılında toplam patates

ekim alanlarının %19'unda kimyasal mücadele uygulanırken, 1988 yılında bu oranının %54'e çıktığı bildirmiştir (Ünal ve Kılıç, 1997). Giderek artan ve bilinçsiz insektisit kullanımı neticesinde, ülkemizde patates böceğine ruhsatlı 19 aktif maddenin (Anonim, 2024) hemen hepsine karşı az veya çok direnç geliştirdiği belirlenmiştir.

Zararlılarda mücadelede, doğal organik ve inorganik maddelerin kullanımı bilinen en eski yöntemlerdendir. Örneğin, tahılların depolanmış ürün zararlılarına karşı korunmasında geleneksel olarak inert tozlar kullanılmıştır. Antik Meksika'daki Aztekler mısırı kireçle karıştırıp zararlılara karşı korumaya çalışmışlardır. İnert tozların daha önce geleneksel kullanımlarının bilinmesine rağmen, tarla şartlarında ve depolanmış ürünlerdeki etkinliği ile ilgili araştırmalar ancak son 70 yılda başlamıştır. İnert tozlar böcekler fiziksel etki eder, böceğin metabolizmasını etkilemez. Standart insektisitlere göre etkisi daha yavaştır. Su kaybı nedeniyle böceklerin ölümüne neden olur (Golob, 1997). İnert tozlar, böceğin kütikulasındaki mum tabakasına zarar vererek su kaybına neden olur. Su kaybı oranı %60'ı geçtiğinde böcek ölür. Ayrıca böceğin hareketini ve solunumunu bozar ve yumurta bırakmayı etkileyebilir (Obeng-Ofori, 2010). Böceklerde insektisit direncinin azaltılması, direnç enzim ilişkileri, sentetik organik insektisitlerin kullanımının azaltılması ve bu zararlı ile mücadelede çevre dostu doğal organik ve inorganik maddelerin kullanılmasına yönelik araştırmaların yapılması önemlidir.

Araştırmamızda patates böceği ile kimyasal mücadelede ülkemizde en çok kullanılan insektisitlere karşı zararlıda insektisit direnç seviyelerinin belirlenerek daha etkili kimyasal mücadele programlarının hazırlanması ve kullanılan insektisitlerin olumsuzluklarının azaltılması amaçlanmıştır. Bunun yanında zararlıda insektisit direnci ile ilişkili enzim aktivitelerinin belirlenmesi ile fizyolojik direnç mekanizması hakkında bundan sonra yapılacak araştırmalarda katkı sağlanması hedeflenmiştir. Diatom toprağı ve zeolitin sinerjistik etkileri belirlenerek patates böceği ile mücadele çalışmalarında etkinliğin artırılması ve kimyasal mücadelenin çevresel risklerinin azaltılması konularına katkı amaçlanmıştır.

Afyonkarahisar, Niğde ve Konya illeri ülkemizde patates tarımının en çok yapıldığı illerdir. Bu nedenle araştırmamızda bu illerdeki patates ekim alanlarında en çok kullanılan insektisitlerden acetamiprid, deltamethrin ve spinosad için farklı lokasyonlardan toplanan popülasyonlarda insektisit direnç katsayıları belirlenmiştir. Ayrıca diatom toprağı ve zeolitin patates böceği mücadelesinde kullanılan acetamiprid,

deltamethrin ve spinosad ile karıştırılarak kullanıldığında sinerjistik etkileri ve insektisit direnci ile ilgili enzim aktiviteleri tespit edilmiştir.



2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Patates böceği

En önemli patates zararlısı olan patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say), Meksika ve güneybatı Amerika kökenlidir (Alyokhin ve ark., 2008). Patates böceği, ilk olarak 1811 yılında Amerika’da *Solanum rostratum* (Solanaceae) üzerinde görülmüş; 1824 yılında ise Thomas Say tarafından *Leptinotarsa decemlineata* Say olarak adlandırılmıştır (Brues, 1940). İlk patates böceği salgını 1859’da Omaha, Nebraska yakınlarında kaydedilmiştir (Jacques, 1988). 1880’den önce Kanada’nın Atlantik kıyılarında yayılmaya başlayan patates böceği, 1922 yılında Fransa’da bildirilmiş; buradan İran, Çin ve diğer bazı Asya ülkeleri ile Avrupa genelinde yayılım göstermiştir (Casagrande, 1987; Jolivet, 1991; Weber, 2003). 1874’te ilk defa Almanya’da tespit edilmiş ve bu popülasyonlar alınan önlemler ile başarıyla yok edilmiştir (Alyokhin, 2009). Daha sonra 1921 yılında Fransa’da görülmüştür (Çakıllar, 1960). Buradan yaklaşık 30 yıl içerisinde Avrupa’nın tamamına yayılmıştır (Grapputo ve ark., 2005). Dünyada endemik olduğu alan 5000 km² iken, yayıldığı alanın 16 milyon km²’ye ulaşmış ve yaklaşık 80 km/yıl hızla yayılımının devam ettiği tahmin edilmektedir (Guo ve ark., 2017). 20. yüzyıl sonlarına gelindiğinde, Avrupa, Asya, İran, Orta Asya ve Çin’in batısında sorun haline gelmiştir (Jolivet, 1991; Weber, 2003).

Ülkemizde ilk olarak Edirne’de 1963 yılında görülmüş (Atak, 1973), kısa zamanda tüm patates ekim alanlarına yayılmıştır (Gürkan ve Boşgelmez, 1984).

Oligofag bir zararlı olan patates böceği Solanaceae familyasından 20 civarında bitki ile beslenebildiği bilinmektedir (Hsiao, 1988). Ana konukçusu patatestir. Patlıcan, domates, biber ve tütünde beslenebilmekte ayrıca yine Solanaceae familyasından *Solanum nigrum* L., *Solanum rostratum* Dunal, *Solanum angustifolium* Miller, *Solanum dulcamara* L., *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles, *Solanum carolinense* gibi bazı bitkilerde beslenebilmektedir (Hare, 1990; Özşarı, 2018). Solanaceae familyası bitkilerinden atropin gibi toksik alkaloidleri içeren *Atropa belladonna* (güzellavrat otu) ve *Hyoscyamus niger* (banotu) gibi bitkilerle de beslenebildiği bilinmektedir (Metcalf ve Luckmann, 1994).

Patates böceğinin, Solanaceae familyasından olmayan kıvrıcık marul (*Lactuca sativa*) ve soğan (*Allium cepa*) (Çakıllar, 1960), karabiber (*Piper nigrum*) (Gökçe ve ark.,

2007), karnabahar (*Brassica oleracea*) (Gödel ve ark., 2020) gibi kültür bitkileri ile *Verbascum thapsus* ve *Cirsium vulgare* gibi yabancı bitkiler (Metcalf ve Luckmann, 1994) üzerinde de beslendiği bildirilmiştir.

Patatesteki bazı uçucu yağların konukçu tercihini etkilediği (Hare, 1990) ve patates dışındaki bitkilerin, patatesin zararlı için mevcut veya uygun olmadığı zamanlarda zorunlu bir alternatif olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Diğer fitofag böceklerin beslenmesi veya mekanik yaralanmalar, patates bitkisinin patates böceği için çekiciliğinin arttığı belirlenmiştir. Bitkinin yaralanan yerlerden savunma mekanizması olarak salgılanan sekonder metabolitlerin buna neden olabileceği düşünülmektedir (Bolter ve ark., 1997). Patatesin salgıladığı kolesterol, β -sitosterol, melezitose fosfolipitler ve klorojenik asit gibi bileşiklerin patates böceğinin beslenmesinde uyarıcı rol oynadığı belirlenmiştir (Szafrank ve ark., 2008). Kışlaktan çıktıktan sonra besin bulan patates böceği erkeklerinin toplanma feromonu salgıladığı ve bu feromonun hem erkekler hem de dişiler için çekici özellikte olduğu belirlenmiştir (Dickens ve ark., 2002).

Konukçusunu yürüyerek veya uçarak bulan zararlının, uçuş mesafesinin 100 km kadar olabildiği belirtilmiştir (Ferro ve ark., 1983). Uçuş etkinliğinin kışlaktan çıkan ergin bireylerde, diğer generasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uçuşların kışlaktan çıktıktan 5 gün sonra başladığı ve dişilerin uçuş kapasitesinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Guo ve ark., 2011). Kışlaktan çıkan erginlerin 8 km/h hızla uçabildiği (Dunn, 1949) ve besin bulamadığı durumlarda 4 hafta kadar açlığa dayandığı bildirilmiştir (Guo ve ark., 2017).

Zararlı önce bitkinin yaprakları olmak üzere tüm yeşil aksamını tüketmekte ardından gövde ve yumrulara beslenmektedir (Weber ve Ferro, 1993). Beslenmeyle yaptığı zararın yanı sıra, bitkideki fenolik bileşiklerin azalması sonucunda yumruda kararma (Hamouz ve ark., 2005), yumruların küçülmesi nedeniyle kalitenin de düşmesine neden olmaktadır (Ropek ve Kołodziejczyk, 2019).

2.2. Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata*)'nın Sistematikteki Yeri

Patates böceğinin sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir;

Alem: Animalia

Şube: Arthropoda

Altşube: Hexapoda

Sınıf: Insecta

Takım: Coleoptera (Linnaeus, 1758)

Alttakım: Polyphaga

Süperfamilya: Chrysomeloidea

Familya: Chrysomelidae (Latreille, 1802)

Alt Familya: Chrysomelinae (Latreille, 1802)

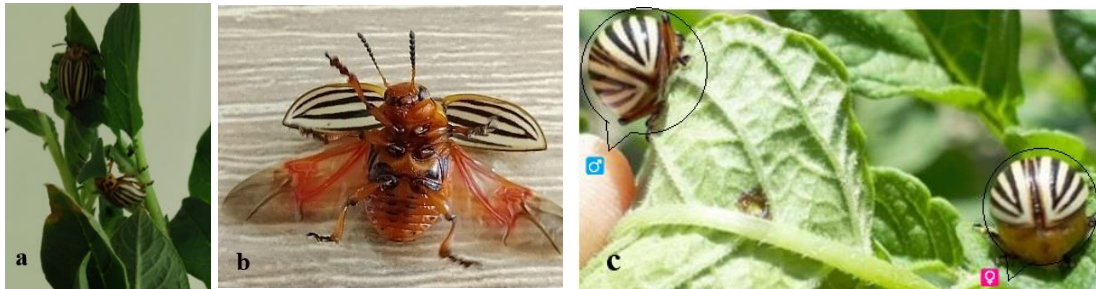
Cins: *Leptinotarsa* (Chevrolat in Dejean, 1836)

Tür: *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)

Coleoptera takımı, 350.000 tür ile en fazla türe sahip olan böcek takımıdır (Caterino ve ark., 2002; Gullan ve Cranston, 2010). Bu takımın türlerinin en belirgin özelliği, ön kanatlarının sertleşip ‘elitra’ adı verilen bir yapıya dönüşmesidir. Elitra arka kanatların üstünü örterek onları korur ve sadece uçuş öncesi açılıp sonrasında kapanır. Coleoptera takımı üyelerinin göğüs kası sayısı azdır ayrıca türlerin çoğunda vücut sertleşmiş şekildedir. Ağız tipleri çiğneyici ağız yapısındadır. Anten genellikle 11 segmenti geçmez. Başkalaşım şekilleri ise Holometabol gelişim şeklindedir (Gullan ve Cranston, 2010).

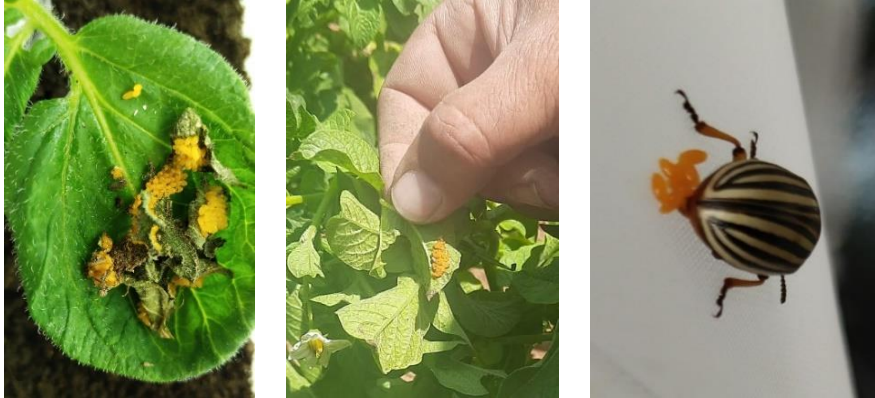
2.3. Patates Böceğinin Tanımı ve Biyoekolojisi

Erginler oval 10-12 mm uzunlukta 0.7 cm genişliğinde, soluk sarı renktedir. Sırt kısmı bombelidir. Baş ve pronotumda siyah noktalar vardır. Pronotumda “V” harfine benzer şekilde siyah renkli bir leke olup etrafında farklı şekil ve büyüklükte siyah lekeler yer almaktadır. Her iki elytron boyunca 5 adet siyah renkli şerit vardır. Elytranın alt kısmında şeffaf, ince ve damarlı yapıdaki ikinci çift zar kanatlar bulunmaktadır (Fasulati, 1985; Klimets, 1988; Benkovskaya ve ark., 2004) Erkek bireylerin abdomenin posterior bölgesi daha dar ve sivri iken, dişi bireylerde daha geniştir ayrıca dişi bireyler daha iri ve daha açık renklidir. (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *Leptinotarsa decemlineata* a-b) Ergini (orijinal), c) Erkeği ve Dişisi

Kış 5-30 cm derinlikte toprak içerisinde ergin dönemde geçirmekte ve toprak sıcaklığı 13°C'nin üzerine çıktığında yani Nisan ayında toprak içinden çıkarak bulduğu besinlerle beslenir, besin bulunmadığı zaman, besin bulabilmek için farklı yerlere uçarlar. En önemli bulaşma yolu bu şekildedir. Uçma yetenekleri zayıf olmasına rağmen güçlü rüzgarların etkisiyle uzun mesafelere uçabilirler (Ferro ve ark., 1985; Voss ve Ferro, 1990). Bu sayede, birbirinden uzak popülasyonlar arasında gen alışverişi mümkün hale gelmektedir. Erginler 10 mm/s hızla yürüyerek tarla içerisinde yüzlerce metre yol alabilir (Ng ve Lashomb, 1983). Orta ve uzun mesafelere dağılımı ise uçarak gerçekleşir. 3 km'ye kadar uçuşlar yaygın şekilde görülmekle birlikte uygun rüzgârların etkisiyle 160 km kadar uçabildikleri tespit edilmiştir. Ekim alanlarında eş bulmak ve yumurta bırakmak için kısa mesafeli ve düşük irtifalı uçuşlar yaptıkları da belirlenmiştir (Voss ve Ferro, 1990). Kışlaktan çıkan erginler kısa bir süre beslenmenin ardından çiftleşerek yumurtalarını aynı gün veya sonraki gün bırakırlar. Yumurtalar 20-50'li gruplar halinde yaprakların alt yüzeyine bırakılır; bir dişi toplamda 500-800 adet yumurta bırakabilir (Brown ve ark., 1980). Yumurtalar 1-2 mm uzunluğunda, oval şekilli olup; başlangıçta açık sarı renkteyken zamanla koyulaşmaktadır (Şekil 2.2). Yumurtalar sıcaklığa bağlı olarak 6-10 gün içerisinde açılırlar. 12°C'nin altında ise yumurta açılımı gerçekleşmez. Larvalar yumurtadan çıktığında kırmızımsı-sarı renkli ve yaklaşık 1.5 mm uzunluktadır.



Şekil 2.2. Patates böceği yumurta kümeleri ve dişi yumurta bırakma davranışı (orijinal)

Larvalar olgunlaştığında kambur görünümlü, koyu sarı renklidir (Şekil 2.3). Baş ve bacaklar siyah renkte ve sırt kısmında iki yanında sıra halinde siyah noktalar bulunur (Hare, 1990). Yumurtadan çıkan larvalar ilk olarak yumurta kabuklarıyla ardından bitki dokularıyla beslenirler. Birinci larva döneminin sonuna kadar yaprağın alt yüzeyinde grup halinde beslendikten sonra ikinci larva dönemiyle yaprak saplarına, tepe

tomurcuklarına ve sürgünlere geçerler. Yumurtadan yeni çıkan larvanın boyu 2 mm kadar iken, 1. dönemin sonunda 4 mm'ye yaklaşır (Uygun ve Karaca, 2015). 4. larva döneminden sonra gelişimini tamamlar ve toprak içinde (5-18 cm derinlikte) pupa olur.



Şekil 2.3. Patates böceği larvaları (orijinal)

Pupalar 1 cm uzunlukta ve sarımsı renklidir (Şekil 2.4). Kokon örmez ve bu dönem toprakta geçer.



Şekil 2.4. Patates böceği pupasının dorsal ve lateralden görünümü (orijinal)

Patates böceğinin optimum gelişme sıcaklığı 25-33°C'dir (Hare, 1990). Yumurtadan ergin dönemine kadar en kısa gelişme süresi 20.7 gün ile 28°C'de gerçekleşmektedir. Sıcaklık 33°C'ye çıktığında gelişme sürenin 27.1 güne çıktığı belirlenmiştir (Ferro ve ark., 1985). Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda 55 gün içerisinde dişi bireylerin %50'sinin öldüğü, maksimum ergin ömrünün ise 120 gün olduğu tespit edilmiştir (Peferoen ve ark., 1981). Bir dişinin bıraktığı maksimum yumurta sayısının tarla koşullarında 800 adet, laboratuvar koşullarında ise 4000 adedi bulunduğu tespit edilmiştir (Hare, 1990). Dişilerin yumurta bırakmak için daha önce yumurta bırakılmamış yaprakları tercih ettiği belirlenmiştir (Capinera, 2001). Yapraklarında yüksek α -solanine alkaloidi içeriği bulunan varyetelerin, yumurta bırakmak için tercih edildiği belirtilmiştir (Lyytinen ve ark., 2007). Patates böceği karasal iklimte sahip

bölgelerde 2 döl verirken, ılıman iklime sahip bölgelerde 4 döle ulaşabilmektedir (Radcliffe ve Lagnaoui, 2007).

Değişen iklim koşullarına göre yaşam döngüsü farklılık göstermekte (Alyokhin, 2009) ve değişen çevresel koşullara adapte olabilmektedir. Örneğin zorunlu kış diyapozu (Alyokhin ve ark., 2015) genelde 4 ay iken, iklim koşullarının uygun olmadığı durumlarda 1 yıl veya daha uzun süreli olabilmektedir (Tauber ve Tauber, 2002). Fotoperiyodun kısalmasının kışlama davranışını tetiklediği (Alyokhin, 2009) ve zararlının ergin döneminde toprak sıcaklığı, toprak nemi, toprak yapısı, vücut büyüklüğü gibi değişkenlere bağlı olarak değişen derinliklerde kışladığı (Noronha ve Cloutier, 1998) ve kışlama derinliği ile orantılı olarak soğuğa dayanabildiği belirlenmiştir (Milner ve ark., 1992).

2.4. Patates Böceği ile Mücadele

Diğer tarım ürünlerinde olduğu gibi patates üretiminde de birim alandan alınan ürün miktarını ve kalitesini arttırmak ve ekonomiye katkı oranını yükseltmek temel hedeflerden biridir. Mücadeleye başlarken, ilk olarak kültürel önlemler uygulanmalı; yani bitki artıkları uygun şekilde yok edilmelidir. Ardından, mekanik yöntemler kullanılarak ergin bireyler, larvalar ve yumurta kümeleri toplanarak imha edilmelidir. Küçük alanlarda patates böceği larvaları, ergin bireyleri ve yumurta kümelerini toplayarak imha etmek etkili olmaktadır. Önceki yıldan kalan kendi gelen patates bitkileri ve konukçu olabilecek diğer bitkilerin bulunması kışlaktan çıkan erginlere besin olacağı için bunların yok edilmesi önemlidir (Hare,1990). Münavebe yöntemi, ancak geçen yılın ekim alanları ile yeni ekim alanları arasındaki mesafe yeterince uzak olduğunda başarılı olabilmektedir. Geç ekim yapılması da yaygın bir metottur.

Patates böceği ile biyolojik mücadelede *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinslerine dahil olan nematodlar konukçularını arama, kısa zamanda etkinlik gösterme ve insektisitlere uyumluluk gibi avantajlarının olması nedeniyle entegre mücadelede kullanılan organizmalardır (Silva ve ark., 2021).

Etki mekanizmasının mide yoluyla sınırlı olması (Wraight ve Ramos, 2005) ve zararlının *Bacillus* spp. toksinlerine karşı davranışsal bir direnç gösterip beslenmekten kaçınabilmesi (Hoy ve Head, 1995) *Bacillus* kökenli toksinlerin tarla şartlarında etkinliğini sınırlamaktadır.

Beauveria bassiana (Ascomycota: Hypocreales) patates böceği larva ve erginlerinde yüksek düzeyde kontrol sağlayan önemli bir entomopatojendir (Wraight ve Ramos, 2005). Kışlamış erginlerde %70 oranında ölüme neden olduğu bildirilmiştir (Weber ve Ferro, 1993). Yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarında aktivitelerinin az olması nedeniyle kurak bölgelerde *Beauveria bassiana* kullanım imkânı düşüktür.

Edovum puttleri (Hymenoptera.: Eulophidae)'nin patates böceği yumurtalarını %42 oranında parazitlediği, ergin parazitoitin ovipozisyon sırasında konukçu yumurtasına fiziksel zarar verdiği ve patates böceği yumurtalarında toplam ölüm oranının %60-99 arasında olduğu bildirilmiştir (Yabaş ve ark., 1995).

Predatör böceklerin çoğunun patates böceği yumurta ve larvalarıyla beslenebildiği ve patates böceğinde beslenen predatör sayısının 46 kadar olduğu bildirilmiştir (Feng, 2013).

Çok sayıda doğal düşmanı olmasına rağmen bunların çoğu için patates böceği primer konukçu değildir ve biyolojik mücadelenin etkinliği oldukça sınırlıdır. Bu durum patates böceğinin yüksek üreme kapasitesi ve gelişme süresinin çoğu doğal düşmandan daha kısa olmasıyla ilişkilidir. Üretim alanlarında insektisit kullanımı sonucu doğal düşmanların baskılanması, tarla içi ve çevresinde barınabilecekleri alanların olmaması da biyolojik mücadele açısından önemli dezavantajlardır (Ayık, 2014).

Kimyasal mücadele uygun maliyetli olması, uygulamanın kolay olması ve kısa zamanda hızlı etki göstermesi gibi avantajlarından dolayı en çok tercih edilen yöntemdir. Yapılan çalışmalarda kimyasal mücadele için ekonomik zarar eşiği ilk olgun larvaların görülmesi (Igrc ve ark., 1999; Igrc Barčić ve ark., 2006) veya zararlı yoğunluğunun bitki başına adet olarak 0.5 ergin veya 1.5 larva (Cutler ve ark., 2007), 4 larva (Binns ve ark., 1992), 5 larva (Jossi ve Dubois, 1998), 5 olgun larva (Nouri-Ganbalani ve ark., 2010), 12 larva (Mailloux ve ark., 1991), 15 larva (Jörg ve ark., 2007) ve 20 larvaya (Martel ve ark., 1986) ulaşması şeklinde farklılık göstermektedir.

Kimyasal mücadele yönteminde insektisitler kullanılarak tohumluk ve yeşil aksam ilaçlaması yaygın olarak kullanılmaktadır. Kayıtlara göre insektisitlerin ilk ticari uygulaması 1864 yılında patates böceğine karşı yapılmıştır (Gauthier ve ark., 1981). Paris yeşili, kurşun arseniyat gibi arsenikli bileşikler mücadelede kullanılan ilk kimyasallardır (Brown, 1951). 1940'lı yıllarda arsenikli bileşiklere karşı direnç gelişimi görülmesi üzerine o dönemde yeni keşfedilen DDT yoğun olarak kullanılmıştır (Gauthier ve ark., 1981).

Patates böceği mücadelesinde yaklaşık 150 yıldan bu yana insektisitlerin kullanımı ve kimyasal mücadele yönteminin çok tercih edilmesi nedeniyle kullanılan ilaçlara karşı böceklerin hızlı direnç gelişimi gösterdiği bildirilmiştir (Clark ve Argentine, 1994; Alyokhin ve ark., 2008; Bishop ve Grafius, 1996). Ayrıca direnç yeteneğinin yüksek oluşu nedeniyle yeni insektisitlere, piyasaya sürülmesinden kısa bir süre sonra direnç geliştirmektedir (Forgash, 1985; Whalon ve ark., 2007; Mota-Sanchez ve Wise, 2017).

Günümüzde farklı bileşiklerden oluşan insektisitler patates böceği mücadelesinde en önemli yeri tutmakta, sayısı 30'u geçen aktif madde patates böceğine karşı kullanılmaktadır. Patates böceğine karşı en çok kullanılan 4 temel insektisit grubu organik fosforlular, karbamatlılar, neonikotinoidler ve piretroitlerdir (Piironen ve ark., 2013).

Patates böceğine karşı organik klorlular, organik fosforlular, karbamatlı bileşikler ve diğer organik insektisitler de kullanılmış, 1970'lerin sonlarında direnç gelişiminden dolayı etkinliğin azalması nedeniyle kimyasal mücadelede o dönemde yeni olan piretroitler kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle sentetik piretroitler yüksek insektisidal etkisi ve sıcakkanlılara etkisinin düşük olması gibi avantajları ile yaygın olarak kullanılmışlar ancak patates böceği piretroitlere karşı da kısa sürede direnç geliştirmiştir (Torun ve Gürkan, 1996). Neonikotinoidlerin kullanılmaya başlanması önemli bir dönüm noktası olmuştur. İlk olarak 1995 yılında imidacloprid ruhsat almış (Grafius, 1997) daha sonra thiamethoxam ve acetamiprid kullanılmıştır. Neonikotinoid grubu insektisitler, aktif madde veya metabolitlerinin bitkide 45-90 gün kadar kalması ve sistemik özellikleri nedeniyle patates böceği ve tel kurtlarına karşı yumru ilaçlaması ve yeşil aksam ilaçlaması şeklinde kullanılmıştır (Sánchez-Bayo ve ark., 2013).

2.5. İnsektisitlere Karşı Direnç ve Direnç Yönetimi

Böceklerde insektisit direnci, farklı araştırmacı ve kuruluşlar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. İnsektisit Direnç Eylem Komitesi (IRAC, Insecticide Resistance Action Committee)'ne göre direnç, böcek popülasyonlarında, yoğun pestisit kullanımı veya yanlış kullanımı neticesinde oluşan, zararlı popülasyonuna, etikette önerilen şekilde kullanılan insektisitin beklenen etkiyi gösterememesi ve bu durumun kalıtsal olması şeklinde ifade edilmiştir (IRAC 2024). Dünya Sağlık Örgütü (WHO,

World Health Organization) normal bir popülasyonun bireylerinin çoğunu öldürdüğü tespit edilen zehirli bir maddenin belirli bir dozuna karşı, aynı türden başka popülasyon bireylerinin tolerans kazanması şeklinde tanımlamıştır (Brown, 1958). Durmuşoğlu (2016) bir zararlıya karşı aynı pestisit veya etki mekanizması aynı olan pestisitlerin arka arkaya uzun süre kullanılması sonucunda, zararlı popülasyonunda bu pestisit ya da pestisitlere karşı önce hassasiyetin azalması ve hassasiyeti az olan bireylerin popülasyondaki oranının artması şeklinde tanımlamıştır.

Pestisitlerin yaygın ve bilinçsiz şekilde kullanımı neticesinde zararlılarda farklı şekillerde direnç oluşmaktadır. Bunlar; özel, davranışsal, morfolojik, fizyolojik, çapraz ve çok yönlü direnç tipleridir. “Mutasyon” sonucu direnç oluşmaktadır. Genetik kökenli olduğu bilinen bu değişiklikler: genlerin kopya sayısının çoğalması (gen amplifikasyonu), genlerin fazla çalışması (overexpression), ürün yapısının değişikliği (aminoasit değişikliği) ve alel yokluğu olarak ifade edilmiştir. Direnç gelişimiyle ilişkili olduğu bilinen enzimler arasında Glutathione S-transferazlar, esterazlar, P450 monooksijenazlar ve hidrolazlar yer almaktadır (Çakır ve Yamanel, 2005).

Pestisitlere karşı direnç konusunda ilk bilgi, 1914’te Amerika’da *Quadrasspidiotus perniciosus*’un lime-sülfür (kalsiyum polisülfid, sülfür ile kalsiyum hidroksit ile karışımıyla oluşan çözelti)’e karşı direnç geliştirdiği bilgisidir (Melanders, 1914). 1946’ya kadar, 11 böcek türünün insektisit direnci geliştirdiği bildirilmiş, bu sayı 1970’de 244’e yükselmiştir. 1914’ten 2016’ya kadar olan süre zarfında 597 zararlı türünün 338 adet bileşiğe direnç geliştirdiği bildirilmiştir. En fazla direnç sırasıyla Diptera, Lepidoptera, Homoptera, Acarina, Coleoptera ve Thysanoptera takımı türlerinde görülmüştür (Thompson, 2011).

Direncin en çok görüldüğü ilaç grupları ise sırasıyla organik fosforlu bileşikler, piretroitli bileşikler, klorlandırılmış hidrokarbonlardan cyclodine grubu bileşikler, DDT, neonicotinoidler ve karbamatlı bileşiklerdir (Thompson, 2011).

Patates böceği için direnç mekanizmaları esteraz, karboksilesteraz ve monooksijenaz enzimlerinin normalden fazla salgılanması, hedef doku duyarsızlığı ve detoksifikasyonu sağlayan salgıların artması şeklinde açıklanmaktadır (Clark ve ark., 2001).

Patates böceğindeki direnç gelişiminin asetilkolinesteraz (AChE) reseptörleri ile sınırlı olmayıp, sodyum kanallarındaki mutasyonların permethrinde olduğu gibi imidacloprid hassasiyetinin azalması da etkili olduğu belirtilmiştir (Tan ve ark., 2005). İmidacloprid, metabolizmada olefin isimli daha düşük toksisiteli bir metabolite

dönüşmektedir (Mota-Sanchez, 2002). Olefin oluşumu tüm bireylerde değil, dirençli olan bireylerde daha yüksek oranda gerçekleşmektedir. Toksik maddelerin salgılar ile vücuttan uzaklaştırılması ve insektisit penetrasyonunun azaltılması diğer direnç mekanizmaları kadar yaygın değildir. Bu mekanizmaların carbaryl (Rose ve Brindley, 1985), ve imidacloprid direncinde kullanıldığı belirtilmiştir (Olson ve ark., 2000; Mota-Sanchez, 2002).

Aynı gruptaki insektisitlerin kullanımı çapraz direnç gelişimine neden olarak direnç yönetimini zorlaştırmaktadır. İmidacloprid'e karşı direnç geliştirmiş popülasyonların hiç kullanılmadığı halde thiamethoxam'a karşı da 15 kat direnç geliştirdiği tespit edilmiştir (Mota-Sanchez ve ark., 2006).

Patates böceğinde ilk direnç 1952 yılında DDT'ye karşı bildirilmiştir (Quinton, 1955). Daha sonra 1968 yılında dieldrin etken maddesine karşı da direnç bildirilmiştir (Gauthier ve ark., 1981). Carbofuran'a karşı hassas olan popülasyonda bir yetiştirme sezonu içerisinde direnç geliştirebildiği belirtilmiştir (Ioannidis ve ark., 1992). Aynı şekilde endosülfan'a karşı ruhsat aldığı yılda direnç geliştiği tespit edilmiştir (Sharif ve ark., 2007). Patates böceğinin 13 farklı insektisit grubundan 56 farklı aktif maddeye karşı direnç geliştirdiği bildirilmiştir. (Özdemir ve ark., 2021). Solanaceae familyasına ait bitkilerde beslenen patates böceği, bu familya bitkilerinin yapraklarında bulunan toksik glikoalkaloidleri detoksifiye edebilmek için fizyolojik yetenekler geliştirmiştir (Ferro, 1993). Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) ile beslenen patates böceği, bu bitkide bulunan nikotinin bir analogu olan neonikotinoidlere direnç geliştirmiştir. İmidacloprid'e karşı ruhsat almasından 2 yıl sonra direnç seviyesi 100 katına çıkmışken (Zhao ve ark., 2000) kısa sürede bu oran 300 kata ulaşmıştır (Mota-Sanchez ve ark., 2006). Neonikotinoid grubu insektisitlerin yaygın kullanımı ve etki sürelerinin uzun olması, hassas genotiplerin oluşumunu engellemekte (Bishop ve Grafius, 1996) ve bu durum direnç gelişimini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca neonikotinoid grubundaki insektisitlerin topraktaki kalıntısı kendi gelen bitkilere geçmekte ve zararlının subletal dozlara maruz kalması nedeniyle direnç kazanması kolaylaşmaktadır (Gressel, 2011). Bu yüzden münavebenin başarısını da düşürmektedir. Patates böceğinin subletal dozlara daha fazla maruz kalması, yaz popülasyonlarında daha yüksek direnç görülmesinin nedeni olarak açıklanmaktadır. (Szendrei ve ark., 2012).

Ülkemizde patates böceğinin insektisitlere direnci ile ilgili ilk araştırma 1974-1975 yıllarında yapılmıştır. Patates böceğinin azinphosmethyl, trichlorphon ve propuxur etken maddelerine karşı direnç geliştirmedeği tespit edilmiştir (Atak ve Atak, 1977).

1980 yılında toplam patates ekim alanlarının %19'unda kimyasal mücadele uygulanırken, 1988 yılında bu oranının %54'e çıktığı bildirilmiştir (Ünal ve Kılıç, 1997). Azinphosmethyl'e karşı Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ popülasyonlarında sırasıyla 11.24, 8.99 ve 9.04 kat oranlarında direnç geliştiğini, endosülfan, carbofuran ve deltamethrin'e karşı sırasıyla 45.46, 6.83 ve 225.92 kata ulaşan oranlarda direnç meydana geldiği bildirilmiştir (Erdoğan ve Gürkan, 1997).

2.5.1. Direnç mekanizmaları

Böcekler bitkilerdeki sekonder metabolitler ve insektisitlere karşı kendilerini korumak amacıyla dirençle ilgili çeşitli mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bunlar; hedef bölge (Target-Site) ve detoksifikasyon mekanizmaları olarak iki ayrı şekildedir. Böceklerde direncin mekanizması moleküler ve biyokimyasal metotlar ile tespit edilebilmektedir. Bu mekanizmaların bilinmesi çapraz direnç oluşumu ve ilaç seçiminde önemlidir (Cygler ve ark., 1993).

Schoville ve ark., (2018) insektisit direncinin bazı genlerin (Glutasyon S-transferazlar: EOG85TG3K, EOG85F05D, EOG8BCH22; UDP-glikoziltransferaz: EOG8BCH22; kütikül proteinleri: EOG8QJV4S, EOG8DNHJQ; ABC taşıyıcıları: EOG83N9TJ) artışı ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Kütikula protein genlerinin, *L. decemlineata*'da imidacloprid direncinde rol oynadığı bildirilmiştir (Clements ve ark., 2016) ve en az birinin RNAi baskılanmasından sonra direnç özellikleri üzerinde fenotipik etkileri olduğu belirlenmiştir (Clements ve ark., 2017). Toplam 163 kütikula protein geni tanımlanmıştır (Willis, 2010)

2.5.1.1. Hedef bölge (Target-Site) mekanizmaları

Organik fosforlu ve karbamatlı insektisitlerin hedefleri sinir sinapslarındaki asetilkolinesterazlardır. Sentetik piretroitli insektisitlerin hedefi ise sinir kılıflarının sodyum kanallarıdır. Aksonal sodyum kanalının insektisit bağlanma bölgesinde tek bir amino asit değişikliği olursa, piretroitlere direnç gelişmektedir.

Hedef bölge proteinlerindeki mutasyonlar, böceklerde bulunan en iyi bilinen piretroid direnç mekanizmasıdır (Nkyave ark., 2013).

2.5.1.2. Detoksifikasyon mekanizmaları

İnsektisitlerin hedefleri olan bölgeye ulaşmadan parçalanması işlevini yerine getiren mekanizmalara detoksifikasyon mekanizmaları denir. Canlılarda ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunu gerçekleştiren enzimler esterazlar, oksidazlar ve glutathion-S-transferazlardır (Cygler ve ark., 1993).

İnsektisidlerin çoğunun etkisi, esas hedef konumunda olan sinir sistemine yönelik toksik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Sinir sistemi en hassas sistemdir. Piretroitler grubu, Tip-I (permetrin, tetrametrin, piretrinler vb.) ve Tip II (cypermethrin, deltamethrin vb.) olarak iki gruptur. Birinci tip olanlar sinir boşalmaları şeklinde etkisini gösterir. İkinci tip olanlar ise ısı ile orantılı olarak öldürücü ve sinir iletimini engellemek yoluyla etki ederler (Yavuz ve Şanlı, 1999). Glutathion-S-transferazların deltametrin metabolizmasına katılımı oksidazlar ve esterazlara kıyasla çok daha düşüktür. (Argentine ve ark. 1994; Shariff ve ark. 2007).

Organik fosforlular grubundaki insektisitler hedef enzim olan asetilkolinesteraz enzimi ile yapısal bütünleşme özelliğindedir. AchE enziminin doğal substratı olan asetilkolinin analogu olarak çalışır. ACh sinapslardan sinir impulslarının geçişini kolaylaştıran nörotransmitter bir maddedir. Asetilkolinesteraz kolinerjik sinapsisdeki nörotransmitter asetilkolini hidroliz eder, asetilkolini, kolin ve asetik aside dönüştürür. Asetilkolinin analogu olan organik fosforlu insektisitler AchE'nin aktif bölgesine bağlanır ve AchE enziminde aktif olan bölgede bulunan serin aminoasidinin fosforilasyon ya da karbamilasyon suretiyle dönüşümsüz veya düşük seviyede dönüşümlü olarak inhibe edilmesine neden olurlar. ACh'in hidroliz olsa bile, insektisitler, enzim-substrat kompleksi olarak sabit kalırlar. Bu durumda organik fosforlular AChE inhibisyonu ile sinir impulslarının transmisyonunu bloke eder, sinapsislerdeki asetilkolinin artan konsantrasyonu ve merkezi sinir sistemi daha fazla uyarılması, canlının ölümüne neden olur (Chen ve ark., 2001).

Neonikotinoid grubu insektisitlerin hedefi, böceklerde merkezi sinir sisteminin kolinerjik iletim bölümüdür. Bu sistemin iki çeşit ACh alıcısı vardır. Bunlar; iyonotropik ve nikotine duyarlı nikotinik asetilkolin alıcıları (nAChR) ve metabotropik ve muskarine duyarlı muskarinik asetilkolin alıcıları (mAChR)'dır. Asetilkolin, presinaptik nöronlardan salgılandığında, merkezi sinir sistemi veya periferik sinir sistemi içindeki nöromusküler birleşme yerinde bulunan presinaptik veya postsinaptik nöronlardaki asetilkolin reseptörlerine (AChR) bağlanır. ACh'in nAChR'ne bağlanması durumunda,

kimyasal kapılı iyon kanalının açılmasına neden olarak Na⁺ iyonunun hücre içine geçmesine ve K⁺ iyonunun hücre dışına çıkmasına yol açar. ACh daha sonra sinaptik boşlukta AChE tarafından parçalanır ve sinir iletimi gerçekleşir (Swenson, 2013).

Neonikotinoid grubu maddeler sinirlerin iletilmesinde nAChR'ne seçici ve kalıcı olarak bağlanırlar. Böyleyken ACh sinapslarda serbest kaldığında postsinaptik zarda nAChR'nin alıcılarına bağlanamaz ve etki gösteremez. nAChR'ne bağlanan neonikotinoidler kimyasal kapılı iyon kanallarının devamlı açık bulunmasına sebep olurlar, sinir iletimi sürekli devam eder ve böcek paralyze olarak ölür. Nikotinik asetilkolin alıcılarının diğer sıcakkanlılara kıyasla böcekte daha çok bulunmasından dolayı insektisitler memelilere göre böcekler daha toksiktir. Fakat en önemli dezavantajları arılara fazla toksik olmasıdır. Arılarda nAChR diğer böcek türlerinden fazla bulunur. Ayrıca insektisitlerin detoksifikasyonundan sorumlu genler arılarda daha azdır (Anonymus, 2019).

Clements ve ark., (2016) *Leptinotarsa decemlineata*'da meydana gelen, neonikotinoid grubundan bir etken madde olan imidacloprid direncinin çoklu kütikular protein geni ve sitokrom p450 transkriptleri dahil olmak üzere birden fazla direnç mekanizmasının artan transkripsiyonu ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir.

Toprağın doğasında var olan spinosinler, Actinomycetes sınıfından *Saccharopolyspora spinosa* bakterisinin fermantasyondan üretilen bir insektisittir. Spinosad, sinir sisteminde nikotinik asetilkolin alıcılarında bilinmeyen bir bölgede etkilidir ve kontakt veya mide yolu ile etki eder. Spinosad memeli türlerinde düşük toksisiteli bir insektisittir (sıçanlarda akut oral LD₅₀ > 5000 mg kg⁻¹), ancak güneş ışığı etkisini hızlı bir şekilde azaltır (Thompson ve ark., 2000).

Toprağın doğasında var olan spinosinler, Actinomycetes sınıfından *Saccharopolyspora spinosa* bakterisinin fermantasyondan üretilen bir insektisittir. Spinosad'ın etkin maddeleri, böceğin sinir sistemi üzerinde etki eden ve öncelikle neonikotinoidlerin reseptörlerinden farklı bir noktada nikotinik asetilkolin reseptörleri (nAChR) ile etkileşime giren spinosin A ve D'dir (Sparks ve ark., 2012). Spinosad memeli türlerinde düşük toksisiteli bir insektisittir (sıçanlarda akut oral LD₅₀ > 5000 mg kg⁻¹), ancak güneş ışığı etkisini hızlı bir şekilde azaltır (Thompson ve ark., 2000).

2.5.1.2.1. Hidrolazlar

Hidrolaz enzimleri böcekler ve diğer çok sayıda canlıda bulunmaktadır. Böceklerde hidrolaz enziminin aktivitesi arttığında dirençte artmaktadır (Hollingworth ve Dong, 2008). Ester, amid ve fosfat yapısında olması nedeniyle piretroitli ve organik fosforlu insektisitler kısa süre içinde hidrolaz enzimleriyle detoksifiye edilirler. Hidrolaz enzimlerinin en önemli grubu esterazlardır (Yu, 2008). Esteraz enzimlerinin (asetilkolinesterazlar ve karboksilesterazlar) böceklerde feromon, hormon, sindirim sistemi, sinir iletimi, üreme metabolizması ve insektisit direncinde etkili olduğu bilinmektedir. Bu esteraz gruplarının organik fosforluların engellenmesindeki rolleri büyüktür (Baffi ve ark., 2005). Özellikle karboksilesterazlar ve kolinesterazlar, organofosforlu bileşiklerin inhibisyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Oakeshott ve ark., 1993). Organofosforlu bileşikler bu enzimleri inhibe ederek asetilkolinesterazın aktivitesini engeller; böylece sinirsel iletimi aksatarak insektisit etkilerini ortaya çıkarırlar.

2.5.1.2.2. Glutathione S-transferazlar

Glutathione S-transferaz (GST) enzimleri böceklerde insektisitlerin toksik etkilerine karşı bir savunma mekanizmasıdır. Genel olarak, GST'lerin işlevinin, doğrudan veya bir monooksigenaz veya esteraz bazlı direnç mekanizmasının ikincil metabolizmasını katalize ederek endojen ve eksojen bileşiklerin detoksifikasyonu olduğu düşünülmektedir (Hemingway, 2000; Hemingway ve ark., 2004). Glutathione-S-transferaz (GST) enzimi ayrıca hücre membranının korunmasına da destek olmaktadır (Yu, 2008). GST'ler böceklerde organik fosforlu insektisitlere karşı gelişen dirençte önemli bir role sahiptir (Susurluk, 2008).

GST aktivitesi yoluyla böcek direnci ilk olarak organik fosforlu insektisitler için belgelenmiştir, ancak GST'ler klorlu hidrokarbonlar, piretroidler üzerinde aktiftir ve oksijen metabolizmasında yaygın olan reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda önemli bir rol oynar (Hemingway ve ark., 2004).

2.5.1.2.3. Monooksijenazlar

Monooksijenazlar, böcekler, memeliler, bitkiler, kuşlar ve bakteriler gibi çok sayıda organizmada bulunan bir enzim grubudur. Bu gruptaki en önemli enzimlerden biri Sitokrom P450'dir. Sitokrom P450, monooksijenaz sisteminde merkezi bir oksidaz görevi görür. Ayrıca P-450 redüktaz ve sitokrom b5 gibi diğer proteinlerle birlikte çalışarak direnç gelişiminde rol oynarlar. Böceklerde monooksijenazlar, pestisitlere karşı direnç gelişiminde, beslenme, büyüme, gelişme ve bitki toksinlerine tolerans gibi çeşitli fonksiyonel roller üstlenirler. P-450 enzimleri, organik fosforlu insektisitlerin etkilerini engellemek suretiyle etki gösterirler (Jeffrey, 1999).

2.5.2. İnsektisitlerde direnç yönetimi

Direnç gelişiminin en önemli belirtisi, önerilen dozlarda yapılan uygulamalara rağmen beklenenden daha fazla sayıda canlı böceğin gözlemlenmesidir. Zararlıların direnç kazanmalarını engellemek veya azaltmak için bazı önlemler alınabilir. Bu önlemler “pestisit direnç yönetimi” olarak adlandırılmaktadır. Direnç gelişimini engellemek için kullanılan insektisitlerin rotasyonu ve kimyasal mücadele dışındaki mücadele yöntemlerinin kullanılması önemlidir. Direnç yönetimi konusunda en önemli faktörler, zararlıda direncin oluşmasının engellenmesi, direncin oluşum hızının yavaşlatılması ve direnç geliştirmiş popülasyonları ekonomik zarar eşiğinin altında tutmaktır.

Direnç gelişiminin azaltılması için insektisitlerin daha sınırlı alanlarda kullanılması, pestisitlerin yalnızca böceklerin üreme dönemlerinde ve ergin böceklerin fazla çoğaldığı dönemde uygulanması, kimyasal savaş dışındaki mücadele yöntemlerinden mümkün olduğunca faydalanılması, bekleme süresi uzun olan insektisitler yerine, bekleme süresi kısa olan, ani etkili insektisitler kullanılması, insektisitlerin önerilen dozlarda kullanılması, böceğin hassas olduğu biyolojik döneme uygun olan gruplardan insektisitlerin kullanılması, insektisitlerin etkinliğini arttıracak sinerjistik maddeler kullanılması ve ilaç rotasyonu uygulanması direnç yönetim sistemlerinin hazırlanmasında önemlidir (Şanlı, 1998).

İnsektisit Direnç Eylem Komitesi (IRAC), üreticiler için etkili ve sürdürülebilir insektisit uygulamaları için İnsektisit Direnç Yönetimi (Insecticide resistance management = IRM) stratejileri sağlamaktadır. IRAC, insektisitleri etki mekanizmasına

göre 30 farklı grupta toplamıştır. Farklı grup insektisitler kullanılması için etiket üzerinde pestisit grubu ve uyarılar yer almaktadır. Direnç yönetimi için belli bir bölgede kullanımına yeni başlanacak insektisitler için direnç riski olan bazı zararlılarda LD₅₀, LC₅₀ denemeleri yapılmakta ve sonuçları saklanarak belirli aralıklarla LD₅₀, LC₅₀ çalışmaları tekrar edilmekte ve sonuçlar ilk elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak, direnç gelişimi izlenmektedir. Direnç gelişiminin erken belirlenmesi ve direnç yönetiminin ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla direnç izleme sistemlerinin kurulması gerekmektedir (Durmuşoğlu, 2016).

2.6. Sinerjistik Etki Çalışmaları

Patates böceğinin, çoğu insektisit grubuna direnç kazanması direnç yönetimini gerekli kılmıştır (Gökçe ve ark., 2018). İnsektisitler ile beraber kullanıldığında insektisitlerin etkinliğini arttıran maddelerin kullanılması zarar oranı ve zararlıdaki direnci azaltmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Direnç gelişimine neden olan enzimleri inhibe ederek sinerjistik etki gösterecek maddelerin kullanımı, direnç mekanizmalarının kırılmasında kolay ve hızlı sonuç alınan bir yöntemdir (Scott ve ark., 1990). Kapsaisin organik fosforlu insektisitler ile beraber kullanımında sinerjistik etkisinin olduğu, insektisitlerin tek başına kullanımına göre 35°C de %24, 15°C de %73 daha fazla ölüm meydana getirdiği bildirilmiştir (Maliszewska ve Tęgowska, 2012). Polyolefin ile deltamethrinin patates böceğinin 3. dönem larvalarına karşı beraber kullanımı sonucu 30-50 dakikalık sürede deltamethrine hassas popülasyonda %100, dirençli popülasyonunda ise %80 oranında ölüm meydana getirdiği ve beslenme süresinin azaldığı belirlenmiştir (Gökçe ve ark., 2018).

Zararlılarda mücadelede, doğal organik ve inorganik maddelerin kullanımı bilinen en eski yöntemlerdendir. Çok sayıda araştırmada depolanmış ürün zararlılarına karşı inert tozların insektisit etkisi ve sinerjistik etkisi çalışılmıştır. İnert tozlar beş gruba ayrılabilir. Birinci grupta silika içermeyen tozlar bulunur. Bunlar; fosfat ve öğütülmüş kükürt, kireç (kalsiyum hidroksit), kireç taşı (kalsiyum karbonat) ve sofratuzudur (sodyum klorür). İkinci grupta kum, kaolinit, kül, odun külü ve kil yer alır. Bu grubun özelliği, yeterli etkinliğin sağlanması için çok miktarda maddeye ihtiyaç duyulmasıdır (ürün ağırlığının %5'ine kadar). Üçüncü grupta ise diatomlu toprak ve zeolit gibi silika içeren inert tozlar (SiO₂ içeriği %90'a kadar) yer almaktadır. Dördüncü grupta sentetik

silisyum dioksit (SiO_2 içeriği %98'in üzerinde) yer alır ve endüstride topraklanmayı önleyici ve akışkanlık sağlayıcı olarak kullanılır. Beşinci grup Sodyum silikatın sulu çözeltilerinin kurutulmasıyla üretilen silika agrojelleri kapsar bunlar, çok hafif, hidrofobik tozlardır, sorunları düşük yoğunluk ve uçucu olmalarıdır (solunması halinde tehlikelidir), bu durum geniş bir şekilde kullanılmalarını engellemiştir (Batistič ve ark., 2023).

2.6.1. Diatom toprağı ve kullanımı

Diatom toprağı, hücre çeperleri amorf silisten ($\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) oluşan tek hücreli fotosentetik sucul algler olan diatomelerin bıraktığı fosilleşmiş çökeltidir (Işıkberr ve ark., 2017). Diatomelerin ağırlıklarının %50'si ve hücre çeperleri %95'i silisten oluşmaktadır. Hücre çeperlerinde bulunan bu silis diatomelerin ölümünden sonra çözülmemekte ve birirmektedir. Dünya diatom toprağı rezervinin 1 milyar tondan fazla olduğu ve bunun 125 milyon tonunun ülkemizde olduğu düşünülmektedir. Diatom toprağı gübrelerde taşıyıcı ve silis kaynağı olarak kullanılmakta ayrıca filtrasyon, absorbant, dolgu ve katkı malzemesi olarak sanayide de kullanılmaktadır (Çetin ve Taş, 2012). Hayvan yeminde katkı malzemesi olarak ve parazit mücadelesinde kullanılabildiği gibi, gıda katkı maddesi olarak da kullanılabilmektedir (Işıkberr ve ark., 2017).

Diatom toprağının insektisidal, akarisidal ve repellent etkisi bulunmaktadır. İnsektisidal etkisi su kaybetme (dehidrasyon) ve kurutma (desikasyon) yoluyla görülmekte hatta besinle beraber böceğin bünyesine girerek iç dokularda yırtılma ve solunum sisteminde tıkanmaya yol açarak boğulmalara neden olabilmektedir (Korunic, 1998). Diatom toprağı partikülleri vücuda temas ettiğinde, böcek rahatsız olur ve temizlenmeye çabalarken, bulaşıklılığının daha da artmasına sebep olur. Organik kökenli olması, memelilere toksisitesinin düşük olması, zararlıda direnç geliştirme riskinin bulunmaması gibi avantajlarından dolayı mücadelede alternatif olarak önemli bir kullanım potansiyeline sahiptir. Diatom toprağının inert materyal olması uygulandığı yüzeyde çevre ile etkileşime girmeden uzun süre kalarak etki süresinin uzun olması da önemli bir avantajdır (Işıkberr ve ark., 2017). Diatom toprağının insektisidal etkinliği zararlının türüne göre değişiklik gösterdiği gibi materyalin diatomit tür kompozisyonuna, jeolojik orijinine, SiO_2 içeriğine, pH değerine, sıcaklığa ve neme bağlı olarak da farklılık göstermektedir (Fields ve Korunic, 2000).

Çağırğan ve Çetin (2021) 2020 yılında yaptıkları çalışmada, patates böceğine karşı topikal aplikasyon yöntemiyle imidacloprid ve imidacloprid+diatom toprağı (%2 w/v) karışımı ile diatom toprağının sinerjistik etkisini araştırmışlardır. İmidacloprid uygulamalarında 48, 72, 96 saat sonra 0.447, 0.401 ve 0.387 μg larva⁻¹ olan LD₅₀ değerlerini, imidacloprid+diatom toprağı uygulamalarında sırasıyla 0.231, 0.223 ve 0.214 μg larva⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Sinerji oranının 48 saat sonunda 1.93 olarak maksimum seviyeye ulaştığını, 72 ve 96 saat sonra ise 1.79 ve 1.80 düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Diatom toprağının sinerjistik etkisinden dolayı imidaclopride dirençli popülasyonların mücadelesinde ve direnç yönetiminde katkı sağlayacağını belirtmişlerdir.

Rhyzopertha dominica'ya karşı diatom toprağı içeren protect-It isimli ticari preparatın 300 ve 600 ppm dozundaki uygulamadan 7 gün sonunda %82.6 ve 92.8 oranlarında ölüm tespit edilmiştir (Wakil ve ark., 2006). Başka bir çalışmada *Sitophilus granarius* erginlerine yerel diatom toprağı 250 ppm ve 500 ppm olarak iki doz uygulanmış ve ölüm oranları 250 ppm uygulamada çeltikte %8.1, ekmeklik buğdayda %20.3; 500 ppm uygulamada çeltikte %56 ekmeklik buğdayda %51 olarak tespit edilmiştir (Doğanay ve Işıkbir, 2020). Diatom toprağının insektisidal etkinliğinin uygulamadan sonra zamanla arttığı bilinmektedir. *Sitophilus oryzae*'ye karşı 250 ppm dozunda diatom toprağı uygulamasından 7.gün sonra ölüm oranı %1.5 iken, 14, 21 ve 28 gün sonraki ölüm oranlarının % olarak sırasıyla 24.5, 53.0 ve 80 seviyelerine çıktığı bildirilmiştir (Ertürk ve ark., 2017).

Diatom toprağının insektisit etkisi ortam nemi ile ters orantılıdır. Bu durum nemin yükselmesi sonucunda diatom toprağının nemi absorbe etmesinden ve kutikuladan su kaybının azalmasından kaynaklanmaktadır (Fields ve Korunic, 2000). Diatom toprağının *S. granarius* erginlerindeki LC₅₀ değerini %40 nemde 680 ppm ve %60 nemde 1662 ppm olduğunu, aynı çalışmada *T. castaneum* için aynı nem koşullarındaki LC₅₀ değerleri de 736 ve 2594 ppm olduğunu tespit etmişlerdir (Aldryhim, 1993).

Tribolium confusum, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* gibi zararlılarda sıcaklık arttığında diatom toprağının insektisit etkisinin arttığı belirlenmiştir (Şen ve ark., 2019). Sıcaklıkla beraber zararlı faaliyetlerinin artması sonucu diatom toprağının zararlı vücuduna bulaşıklığının artmasının bu durumun sebebi olduğu düşünülmektedir (Arthur, 2001).

Başkaya, (2020) diatom toprağının insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkisini araştırdığı çalışmada, diatom toprağının %0, 0.2, 0.4, 0.8 w/v konsantrasyonlarını erginlere karşı uygulamış 24, 48, 72, 96 saat sonra ölü ve canlı sayımlarını yapmıştır. *T. urticae* erginlerine karşı 24 saat sonunda ölüm oranlarını %0.2, 0.4, 0.8 konsantrasyonları için sırasıyla %4, %6, %15 olarak bulmuştur. En yüksek ölüm oranın 72 saat sonunda %0.8 konsantrasyonunda %71 olduğunu bildirmiştir. *C. maculatus* erginlerine karşı 48 saat sonunda ölüm oranlarının %0.2, 0.4, 0.8 konsantrasyonları için sırasıyla %2.5, %5, %15 olduğunu, en yüksek ölüm oranının da 96 saat sonunda %0.8 konsantrasyonunda %58.75 olduğunu bildirmiştir. Sinerjistik etki denemelerinde cypermethrin ve aynı konsantrasyonda cypermethrin ile (%0.4 w/v) diatom toprağı karışımını *C. maculatus* erginlerine karşı uygulanmış ve 48, 72, 96 saat sonra ölü ve canlı bireyleri saymıştır. 72 saat sonunda LC₅₀ değeri cypermethrin için %0.006 iken diatom toprağı+cypermethrin için %0.0015 olduğunu belirlemiştir. Sinerjistik etki denemelerinde spiromesifen ve aynı konsantrasyonda spiromesifen ile diatom toprağı (%0.4 w/v) karışımını *T. urticae* erginlerine karşı uygulamış ve 24, 48, 72 saat sonra ölü ve canlı bireyleri saymıştır. 48 saat sonunda LC₅₀ değerini spiromesifen için %0.0009 iken diatom toprağı+spiromesifen için %0.0006 olarak saptamıştır. Sonuç olarak diatom toprağı ve pestisitlerle karışımlarının her iki zararlı üzerinde etkili olduğunu, insektisitlerle beraber kullanıldığında da insektisitlerin LC₅₀ değerleri düştüğü için kimyasal kullanımında azalma olacağını bildirmiştir.

Yassine ve ark. (2019) diatom toprağının sprey uygulamasından 96 saat sonra *Agriotes lineatus* için LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerini sırasıyla 0.2086 ve 0.2196 mg/cm² olarak belirlemişlerdir.

Erdoğan ve ark. (2016), 3 g/m² dozunda uygulanan farklı diatom topraklarının *Tetramorium* sp. bireylerinde 12 saat içerisinde %100 ölüme neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Kabak (2019), *Blatella germanica* (L.)(Alman hamamböceği) nimflerine karşı K-16 ve K-14 kodlu yerel diatom toprağının insektisit etkisini araştırdığı çalışmada, diatom toprağının 0.05, 0.10, 0.25, 0.75, 1.5 g/m² konsantrasyonlarını farklı sürelerde incelemiştir. K-16 kodlu diatom toprağının birinci gün sonunda 1.5 g/m² konsantrasyonunda %100 ölüm oranına ulaştığını belirlemiştir. Sonuç olarak K-14 ve K-16 kodlu yerel diatom topraklarının *B. germanica* nimflerine karşı kullanılabilme potansiyelinin olduğu bildirmiştir.

2.6.2. Zeolit ve kullanımı

Zeolitler, yapısında silikon, alüminyum ve oksijen içeren alüminosilikat mineral gruplarıdır. Bu mineraller, volkanik küllerle tuzlu su arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Zeolitlerin yapıları, kil mineralleriyle benzerlik gösterir; her ikisi de alüminosilikat kategorisine aittir ancak kristal yapıları farklıdır. Zeolit içerisindeki gözenekler, iyon ve moleküllerin geçişine olanak tanır ve bu özelliği "moleküler elek" olarak adlandırılır. Bu özelliklerin yanı sıra zeolitlerin katalitik özellikleri de değerlerini artırır (Gottardi ve Galli, 1985). Zeolitler; enerji, tarım, hayvancılık, madencilik, metalurji, inşaat, deterjan, kağıt endüstrisi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır (Anonim, 2001).

Alkali metaller ve alüminosilikatlar içeren zeolitlerle, diatomit gibi diatom iskeletlerinden oluşan yapılar arasındaki insektisit etkileri uzun süredir çalışılmaktadır (Korunic, 1998; Fields ve Korunic, 2000; Subramanyam ve Roesli, 2000; Arthur, 2002; Vardeman ve ark., 2006). Özellikle silika içeren inert tozlar, tahıl depolama sürecinde zararlılara karşı etkili bir kontrol aracı olarak kullanılmaktadır (Golob, 1997).

Zeolit, böceklerin tüyleri arasındaki boşluklardan daha küçük parçacıkları içerebilir. Bu parçacıklar, böcek tüylerine yapışarak vücut yüzeyinde kalır. Bu sayede, böceklerin vücuttaki karbondioksit gazını serbest bırakmasını önler. Böceklerin stigmalarına yapışmak suretiyle solunumu engeller ve böceklerin oksijen azlığından ölmesine neden olur. Böcekler, vücutlarına yabancı madde yapıştığında, genellikle tımarlanma davranışı sergilerler. Zeolit, bu tımarlanma sırasında vücutta çizikler oluşturur ve nem emme yeteneği sayesinde böceklerin dehidrasyonla ölmesine yol açar (Ikeda ve ark., 1996).

Zeolitlerin ve diğer inert tozların etkinliğini belirleyen üç ana faktör; çevre koşulları, böcek ve konukçu bitki türü ve tozun yapısıdır. Bağlı hava nemi, uygulama yöntemi, böceğin gelişim evresi, böceğin büyüklüğü, epidermis üzerindeki mum tabakasının kalınlığı, tüylülük, böceğin hassasiyeti ve hareketi bu maddelerin etkinliği konusunda önemli hususlardır. Ayrıca zeolitin moleküler yapısı, silika içeriği, parçacık şekli ve boyutu, alüminyum-silisyum oranı, emilim verimliliği ve coğrafi kökeni de önemli etkenlerdir (Gorišek, 2023). İnert tozlarla yapılan zararlı mücadelesinin amacı, öncelikle böceğin solunum yolunu tıkamak, daha sonra kütikülü tahrip ederek su kaybına, toz parçacıklarının yutulmasına ve epikütikular lipidlerin adsorpsiyonuna neden olarak böceğin kurumasına yol açmaktır (Eroğlu ve ark., 2017).

Işıklı (2019), zeolitin insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkisini *Callosobruchus maculatus* (F.) ve *Tetranychus urticae* (Koch) erginlerinde incelenmiştir. Zeolitin insektisidal etkisi denemelerinde *Callosobruchus maculatus* erginlerine karşı %0.2, 0.4 ve 0.8 (w/v) konsantrasyonları; 48, 72 ve 96 saat maruz bırakma sürelerinde ergin ölümleri incelenmiştir. En yüksek ölüm oranı (%27.50) 96 saatte %0.8 konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Zeolitin *Tetranychus urticae* erginlerine karşı akarisidal etkisi %2.5, 5 ve 10 (w/v) konsantrasyonlarında; 24, 48, 72 ve 96 saat maruz bırakma sürelerinde incelenmiştir. En yüksek ölüm oranı (%100) %10'luk konsantrasyon ve 96 saat maruz bırakma süresinde belirlenmiştir. Zeolitin deltamethrin ile karışımının sinerjistik etkisi *Callosobruchus maculatus* erginleri üzerinde araştırılmıştır. Öncelikle deltamethrin tek başına uygulanmış 72 saatte LC₅₀ değeri %0.012 w/v olarak bulunmuştur, daha sonra %0.4 w/v konsantrasyonundaki zeolit ile karışımı uygulanmış LC₅₀ değeri %0.010 w/v olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak zeolitin insektisit ve sinerjistik etkisinin olduğunu belirtilmiştir.

Pezzutti (1979) depolanmış buğday, mısır ve pirinçte zararlı böceklerle (*Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Bostrichidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Curculionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) mücadelede adsorbantların kullanımını araştırmıştır. Silika jel ve zeolit grubu alüminasilikat kristalleri, kuru hava şartlarında test edilmiş ve özellikle zeolitin 98 günde *Oryzaephilus surinamensis*'in bütün dönemlerini öldürdüğünü bildirmiştir.

Colella (2007), zeolitin UV ışınlarından bakteriyel endotoksinlerin korunmasında etkili olduğunu ve bu şekilde insektisitlerde taşıyıcı ve stabilize edici olarak kullanılabileceğini ileri sürmüştür.

De Smedt ve ark. (2016), zeolitin *Tuta absoluta* larvalarındaki insektisit etkisini tespit etmek için, topikal aplikasyon ve rezidüel etki uygulamaları yapmışlar ve zeolitin yumurtadan çıkan birinci dönem larvalarda %60 ölüme yol açtığını tespit etmişlerdir.

Daniel ve ark. (2013), zeolitin *Meligethes* spp. mücadelesinde etkinliğini araştırmışlardır. Toz ve sprey şeklinde uygulamasından 7 gün sonra *Meligethes* spp.'nin yoğunluğunun %50-80 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Zeolitin uygulanmasının *Meligethes* spp. yoğunluğunu önemli ölçüde azalttığı ve tarımsal verimi artırdığını belirtmiştir.

Kljajić ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada zeolitin, buğdaydaki *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* ve *Tribolium castaneum* için insektisidal etkilerini incelemişlerdir. 24±1°C sıcaklık %50-55 bağıl nem koşullarında 0.50, 0.75 ve 1.00 g/kg dozlarda

uygulamışlardır. 1.00 g/kg dozda 7 gün sonra en yüksek etkiyi *S. oryzae*'ye karşı %62, 14 ve 21 günlük uygulamalarda %100 ile *T. castaneum*, %96-98 ile *S. oryzae*, ve %70-82 ile *R. dominica*'ya karşı tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında ana materyal olarak patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* (Say)' türü patates böceği kullanılmıştır. Ayrıca enzim analizlerinde çeşitli kimyasallar, direnç testlerinde yaygın olarak kullanılan insektisitler, insektisidal ve sinerjistik etki testlerinde ise diatom toprağı ve zeolit materyali kullanılmıştır. Bunların dışında çalışmalarda çeşitli laboratuvar cihazları ile plastik ve cam malzemeler gibi yardımcı ekipmanlardan da yararlanılmıştır.

3.1.1. Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)

Denemelerde kullanılan *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonları, Niğde, Konya ve Afyonkarahisar illerinde yer alan patates ekim alanlarından, her ildeki ikişer lokaliteden toplanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Popülasyonların toplandığı lokasyonlar

Lokasyonlar İl/İlçe	Koordinatlar
Afyonkarahisar	
Şuhut	38°31'03"N 30°32'57"E
Sandıklı	38°28'36"N 30°16'12"E
Niğde	
Konaklı	38°09'34"N 34°49'40"E
Çiftlik	38°12'26"N 34°31'11"E
Konya	
Çumra	37°34'05"N 32°38'33"E
Selçuklu	38°02'02"N 32°30'55"E

Ayrıca Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesinden, Prof. Dr. Ayhan GÖKÇE tarafından Niğde İli patates ekim alanlarından alınarak izole edilmiş ve 2015 yılından bu yana laboratuvar koşullarında kültürü devam ettirilen hassas popülasyondan alınan bireyler (Şekil 3.1.), iklim odasında ($26\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $60\pm10\%$ orantılı nem, 16/8 saat aydınlık/karanlık fotoperiyod koşullarında) kültüre alınmıştır.



Şekil 3.1. Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesinden alınan hassas popülasyon (orijinal)

3.1.2. Kimyasallar

Bu çalışmada kullanılan başlıca kimyasallar şunlardır: Triton X-100, Sodium phosphate monobasic, α -Naphthyl acetate solution, Fast Blue, Glutathione (GSH), Tris base, Temizleme solüsyonu (Etanol), Bovine Serum Albumine (BSA), HCl buffer, etanol, 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB).

3.1.3. İnsektisitler

Bu çalışmada, *Leptinotarsa decemlineata* ile yapılan biyolojik denemelerde yaygın olarak kullanılan üç farklı etken madde içeren insektisitler tercih edilmiştir. Bu insektisitler; acetamiprid, deltamethrin, spinosad etken maddeli insektisitlerdir. Araştırmada, patates böceği kontrolünde yaygın olarak kullanılan insektisitlerden, Bayer İlaç firmasına ait 25 g/l deltamethrin ihtiva eden Decis 2.5 EC, Koruma Tarım firmasına ait 480 g/l Spinosad ihtiva eden Phomidan 480 SC, Agrobrest Grup firmasına ait olan %20 Acetamiprid ihtiva eden Goldplan 20 SP ticari isimli preparatlar kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan insektisitlere ait bilgiler

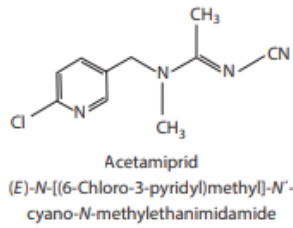
Etken madde adı	Ticari adı	Formülasyon	Grubu	Uygulama dozu	Etki mekanizması	Kimyasal grup adı
Acetamiprid (%20)	Goldplan	SP	4A	6 g/da	Nikotinik asetilkolin reseptörü agonistler/ antagonistler	Neonikotinoidler
Deltamethrin (25 g/l)	Decis	EC	3A	30 ml/da	Sodyum kanal modülatörleri	Piretroitler, Piretrinler
Spinosad (480 g/l)	Phomidan	SC	5	10 ml /da	Nikotinik Asetilkolin reseptör agonistleri	Spinosinler

3.1.3.1. Acetamiprid

Kimyasal formül: $C_{10}H_{11}ClN_4$

Neonikotinoidler, aynı zamanda cloronikotiniller olarak da bilinen aktif maddeler arasında acetamiprid, clothianidin, imidacloprid, thiacloprid ve thiamethoxam gibi insektisitler bulunur ve çok kullanılan insektisitler arasında yer alır. Bu grup bileşikler sinir sistemi üzerinde etki ederek böceklerin ölümüne neden olur. Neonikotinoidler, nikotinik ACh reseptörlerine bağlanarak sinir sistemi üzerinde etki gösterirler. Bu etki, doğal olarak oluşan asetilkolin'in (ACh) sinaptik bölgede birikmesine yol açar çünkü alıcı reseptörler tıkanır. Sonuç olarak, bu etki böceklerin ölümüne neden olur. Bu grup insektisitler, kontakt ve mide zehiri olmalarının yanı sıra sistemik etkili olmalarıyla da dikkat çeker. Bu özellikleri sayesinde, bitkilerde uç kısımlara doğru hareket edebilirler ve hem yaprakların alt kısmında hem de büyüme noktalarında bulunan böceklere etkili olabilirler. Neonikotinoidlerin etki sürelerinin uzun olması, düşük miktarlarda bile yüksek etkinlik göstermeleri ve memelilere karşı orta derecede zehirlilik göstermeleri, organik fosforlu ve karbamatlı insektisitlere karşı dayanıklı popülasyonların mücadelesinde etkili olmalarını sağlar. Bu özellikler nedeniyle kullanım alanları her geçen gün artmaktadır.

Acetamiprid, yaprak bitleri, patates böceği, çekirgeler, thripsler ve beyazsinekler gibi zararlıların kontrolünde yaygın olarak kullanılan sistemik bir insektisittir. Acetamiprid'in sıçanlar üzerindeki akut oral LD_{50} değeri 417 mg/kg'dır ve bu değer, maddenin sıçanlar için orta derecede toksik olduğunu göstermektedir (Yu, 2015).



Şekil 3.2. Acetamiprid'in molekül yapısı

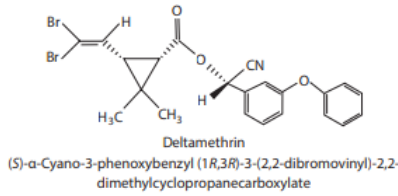
3.1.3.2. Deltamethrin

Kimyasal formül: $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$

Piretroit grubu insektisitler, uzun zamandır bilinmelerine rağmen son yıllarda önemli bir yer edinmişlerdir. Bu grup içerisinde doğal ve sentetik piretroitler yer alır.

Doğal piretroitler, Pyrethrum cinsine ait bitki türlerinin çiçeklerinin öğütülmesiyle elde edilen piretrum ekstraktı içerirler ve genellikle %1-2 oranında piretrin içerirler. Sentetik piretroitler ışığa dayanıklı ve kalıntı etkisi yüksek insektisitlerdir.

İnsanlar üzerinde sistemik ve akut toksisitelerinin düşük olması nedeniyle sentetik piretroitlerin geniş bir kullanım alanı vardır. Bu bileşiklerin, özellikle deltamethrin gibi dördüncü nesil sentetik piretroitlerin, hektara 10-50 gram aktif madde dozunda güçlü bir insektisit etkisi gösterme kapasitesi vardır ve bitkideki kalıcılıkları 10 gün kadar sürebilir. Ayrıca, memelilere karşı toksisiteleri oldukça düşüktür. Sentetik piretroitlerin avantajlarından biri, sıcakkanlılara karşı düşük toksisiteleri ve genellikle kısa sürede dekompoze olmalarıdır. Memelilerin midesi asidik bir ortam olduğu için bu bileşikler hızla inaktif hale gelirler. Böceklerle karşı ise düşük konsantrasyonlarda bile etkilidirler çünkü böceklerin midesi bazik bir ortam içerir. Sentetik piretroitlerin geniş etki spektrumuna sahip olduğu, kontakt ve mide zehiri etkili oldukları ve özellikle ısırıcı-çiğneyici ağız yapısına sahip böceklerle karşı son derece etkili oldukları bilinmektedir. Etki mekanizmaları, sinir hücrelerindeki sodyum kanallarının açık kalmasına neden olarak uyarıların sürekli olmasını sağlamaktadır. LD₅₀ değeri sıçanlarda akut oral 135 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu özellikler, sentetik piretroitli bileşikleri günümüzde en yoğun kullanılan insektisitler gruplarından biri yapmıştır (Yu 2015).



Şekil 3.3. Deltamethrin'in molekül yapısı

3.1.3.3. Spinosad

Kimyasal formülü: C₄₁H₆₅NO₁₀

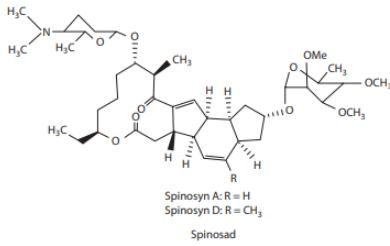
Spinosad, *Saccharopolyspora spinosa* (Actinomycetes) bakterisinin fermentasyonu ile elde edilen bir aktif madde olan spinosyn A ve spinosyn D metabolitlerinin karışımından oluşur. Bu özelliği nedeniyle spinosad, "biyo insektisit" olarak adlandırılır. Nikotinik Asetilkolin Reseptör Allosterik (nAChR) düzenleyicilerden biri olan spinosad, 5A grubuna aittir.

Spinosad, kontakt ve mide zehiri etkisi olan bir bileşiktir. Parazitoit ve predatör böceklerle karşı toksisitesi düşüktür. Ancak, balırlarının bulunduğu alanlarda dikkatli

kullanılmalıdır; doğrudan püskürtüldüğünde toksik olabilir, ancak kalıntıları balarıları üzerinde düşük etkilidir, bu nedenle pratikte güvenli kabul edilir. LD₅₀ değeri sıçanlarda akut oral 5000 mg/kg'dan daha büyüktür.

Spinosad, sinir sistemine etki eden bir insektisittir. Temas yoluyla etkisi olduğu gibi beslenmeyle alındıktan sonra mide zehirlenmesi şeklinde de etki gösterir. Zararlı organizmanın sinir sistemi tahrip olur, istemsiz kas hareketleri meydana gelir ve zararlı felç olur ve ölür (Anastas ve ark., 1999; Thompson ve ark., 2000).

Ayrıca spinosadın çapraz dayanıklılık riski taşımadığı, düşük dozlarda uygulandığında çevre kirliliğine neden olmadığı, sıcakkanlılara karşı düşük zehirlilik gösterdiği, kalıntı seviyelerinin düşük olduğu için direnç gelişme riskinin az olduğu, hektar başına 12-150 gram (aktif madde) aralığında uygulandığında bitkilerde fitotoksisite belirtisi görülmediği ve kanserojen özellik taşımadığı belirtilmiştir (Copping ve Menn, 2000). Bu özellikler spinosadın güvenli ve etkili bir insektisit olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 3.4. Spinosad'ın molekül yapısı

3.1.4. Diatom toprağı ve zeolit

Sinerjist etki testlerinde kullanılan zeolit, Gordes Zeolit firmasının %100 doğal Nat-Min 9000 ticari isimli ürünüdür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Denemede kullanılan zeolit

Sinerjist etki testlerinde kullanılan diatom toprağı ise Beğ-Tuğ mineral firmasından temin edilen Turco 010 isimli 10 µm çaplı toz şeklindeki üründür (Şekil 3.6). Turco 010, %83.4 SiO₂ ve %1.3 CaO içermekte olup pH'sı 5.1 düzeyindedir (Anonim, 2021).



Şekil 3.6. Denemede kullanılan diatom toprağı

3.1.5. Kullanılan cihazlar ve diğer materyaller

Mikropleytlar (96 kuyulu düz tabanlı), Santrifüj tüpü P.P Vida kapaklı 15 ml ve 50 ml, pipet cam dereceli 5 ml, Parafilm 38x100mm, Tüp (mikrosantrifüj P.P -2.0 ml), PCR tüpleri (düz kapaklı-0.2 ml), lam, lamel, kağıt havlu, pamuk, saksılar, buzluk çanta, buz kasetler, toprak, 12 cm çap ve 2.5 cm derinlikteki petri kapları, parafilm, 100 ml'lik ölçü silindiri, cam şişeler, beherler, 10, 100, ve 1000'lik mikropipet ucu (Eppendorf), 1 no'lu filtre kağıt (Whatman), aseton, falkon tüpler, pipet, ezici çubuk (pestle), eppendorf tüp, pudrasız nitril eldiven.

Kullanılan cihazlar: mikropipetler, püskürtme kulesi (Burkard Scientific Laboratory Spray Tower) (Şekil 3.7.), manyetik karıştırıcı, vorteks, ultrasonik banyo, soğutmalı santrifüj, Molecular Devices Versamax Microplate Reader, -80 derin dondurucu, stereomikroskop, inkübatör, etüv, saf su cihazı, hassas terazi, pH metre, iklim kabini (Nüve TK 120)(Şekil 3.8.).



Şekil 3.7. Püskürtme kulesi (Spray tower) (orijinal)



Şekil 3.8. Denemelerde kullanılan iklim kabini (orijinal)

3.2. Yöntem

3.2.1. Konukçu bitkinin yetiştirilmesi

Patates bitkisini yetiştirmek için kumlu toprak, perlit ve torf karışımı hazırlanmış ve ekim yapılmıştır. Kültürlerin devamı için gerekli besini sağlayabilmek amacıyla belli aralıklarla ekimler yapılmıştır. Bitkiler iklim odasında $26\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%60\pm10$ orantılı nem, 16/8 saat aydınlık/karanlık fotoperiyod koşullarında yetiştirilmiştir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. İklim odasında yetiştirilen patates bitkileri (orijinal)

3.2.2. *Leptinotarsa decemlineata*'nın toplanması ve yetiştirilmesi

Araştırmada kullanılan *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonları 2023 yılı Haziran ayından itibaren Afyonkarahisar (Sandıklı, Şuhut), Niğde (Konaklı, Çiftlik) ve Konya (Çumra, Selçuklu) illerindeki ikişer lokasyonda bulunan patates ekim alanlarından toplanmıştır (Şekil 3.10., 3.11., 3.12., 3.13., 3.14., 3.15., 3.16.). Hassas popülasyon Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri bölümünden alınmıştır.



Şekil 3.10. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Niğde/Konaklı) (orijinal)



Şekil 3.11. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Niğde/Çiftlik) (orijinal)



Şekil 3.12. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Konya/Selçuklu) (orijinal)



Şekil 3.13. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Konya/Çumra) (orijinal)



Şekil 3.14. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Afyonkarahisar/Şuhut) (orijinal)



Şekil 3.15. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarının toplandığı alanlar (Afyonkarahisar/Sandıklı) (orijinal)

Denemelerde larva dönemindeki patates böceği kullanıldığı için araziden çok sayıda larva ve kültürün devamını sağlamak için erginler toplanmıştır. Patates böceği larva ve erginleri patates yaprakları ile birlikte toplanılarak hava alabilecek şekilde ağız kısmı tül ile kapatılmış plastik kaplar içerisine konulmuş (Şekil 3.16), popülasyonların toplanma tarihi ve yerleri kaydedilmiştir. Patates ekim alanlarından toplanan farklı biyolojik dönemlerdeki patates böceği laboratuvara getirildikten sonra yumurta paketleri, genç larvalar (1. ve 2. dönem), olgun larvalar (3. ve 4. dönem) ve erginler şeklinde ayrılmıştır.



Şekil 3.16. Patates ekim alanlarından toplanan ve plastik küvetlere yerleştirilen *Leptinotarsa decemlineata* larva ve erginleri (orijinal)

Denemelerde kullanılan 3. ve 4. dönem larvalar laboratuvarda $26\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%60\pm10$ nem, 16/8 saat aydınlık/karanlık fotoperiyotta 1 gün süreyle beslenmeye bırakılmış ve bu süre sonunda toplama ve taşıma sırasında zarar görmüş bireylerin elemine edilmesi sağlanmıştır (Huseth ve Groves, 2013). Ayrılan yumurtalar, genç larvalar ve erginler kültürün devamlılığını sağlamak için Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan iklim odasında kültüre alınmıştır. Kùltürler daha önceden yetiştirdiğimiz patates bitkilerinin yaprakları ile beslenmiştir. Yetiştirme ortamına her gün yeni besin konulmuştur. Ergin ve olgun larvalar bırakılan yumurtaları yedikleri için bırakılan yumurtalar farklı bir plastik kap içine alınmıştır (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Plastik küvet içerisinde kültüre alınan *Leptinotarsa decemlineata* larva ve erginleri (orijinal)

3.2.3. İnektisitlerin uygulanışı

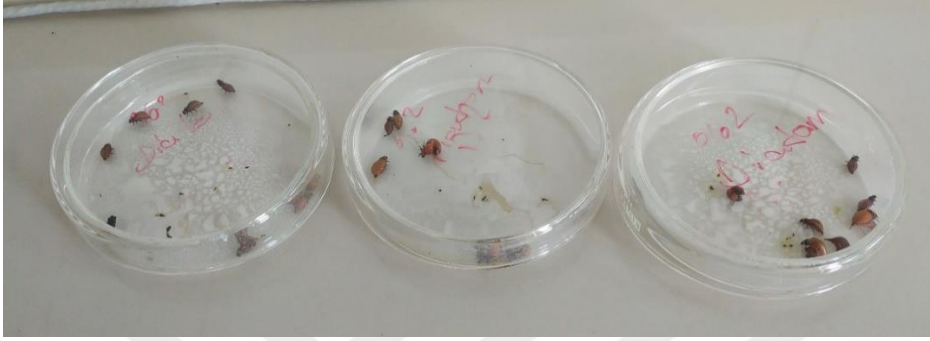
Çalışmada kullanılan inektisitler, Bayer İlaç firmasına ait %2.5 (w/v) deltamethrin aktif maddesi içeren Decis 2.5 EC ticari isimli preparatı, Koruma Tarım firmasına 480 g/l Spinosad aktif maddesi içeren Phomidan 480 SC ticari isimli preparatı, Agrobrest Grup firmasına ait olan %20 Acetamiprid aktif maddesi içeren Goldplan 20 SP ticari isimli preparatıdır.

Araştırma kapsamında kullanılacak inektisitler için ayırıcı dozlar belirlenmiştir. Ayırıcı doz, popülasyon içinde hassas bireylerin ölümüne neden olan ve geriye dirençli bireylerin kalmasına neden olan dozdur. Ayırıcı doz, kullanılacak pestisite karşı hassas popülasyonun başlangıç toksisitesinin %95'i ile %99'u arasındaki değerle ifade edilmektedir. Yapılan bir çalışmada ayırıcı doz olarak LC₉₀'ın iki katı alınmıştır (Kwon ve ark., 2015). Çok sayıdaki çalışmada ayırıcı doz olarak LC₉₅ ve LC₉₉ seçilmiştir (Knight ve ark., 1990; Campos ve ark., 1996; Nauen ve ark., 2001; Stumpf ve Nauen 2002). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ayırıcı doz oluşturmada, hassas popülasyonun %100'ünü öldüren en düşük dozun 2 katının alınmasının tavsiye edildiği bildirilmiştir. Araştırmacılar popülasyonların dirençli veya hassas oluşunu, popülasyonlara ayırıcı dozun uygulanmasından sonra, ölüm oranının %80'den düşük görülmesi durumunda popülasyonların dirençli kabul edilmesi gerektiğini bildirmiştir (Ay ve ark., 2005).

Doz belirleme çalışmalarında referans olarak hassas popülasyon kullanılmıştır. Rezidüel etki testlerinde *L. decemlineata* 3-4. dönem larvaları kullanılmıştır. Ön denemelerde, her inektisit için %15-95 ölüm meydana getiren doz aralığı belirlenmiştir. İnektisitler en az altı konsantrasyon olacak şekilde her adımda %50 seyreltilerek oluşturulmuştur. Kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Hazırlanmış olan farklı konsantrasyonlardaki inektisitler püskürtme kulesi kullanılarak petri kaplarına (2 ml) 1 atmosfer basınçla püskürtülmüş 5 dk süre kurumaya bırakılmıştır (Gokulakrishnaa ve Thirunavukkarasu, 2023). Bu şekilde hazırlanan petri kaplarına 10 adet 3-4. dönem sağlıklı larva yumuşak pens yardımıyla bırakılarak petri kaplarının kapağı kapatılmıştır. Larvaların havasızlıktan ölmeleri için petri kabı ile kapak arasına dikdörtgen şeklinde küçük bir kağıt konularak kapağın tam olarak kapanması önlenmiştir. Bu şekilde hazırlanan petri kapları iklim kabinine konularak 24, 48 ve 72 saat maruz bırakma süreleri sonunda ölü ve canlı bireyler sayılmıştır. Yumuşak bir fırça ile vücuduna hafifçe dokunulduğunda tepki vermeyen larvalar ölü olarak kabul edilmiştir (Alkan ve ark., 2017).

3.2.4. İnsektisit direncinin belirlenmesi

Denemeler tesadüf parselleri deneme tertibinde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her tekerrür için bir petri kabı (12cm çapında, 2,5 cm yüksekliğinde) kullanılmıştır. Her petri kabına 10 adet 3-4. dönem larva yerleştirilmiştir (Şekil 3.18.). Denemeler iklim kabininde $26\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%60\pm10$ orantılı nem, 16-8 saat (aydınlık karanlık) fotoperiyod koşullarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18. İnsektisit uygulanan petri kapları ve ortama bırakılan larvalar (orijinal)

3.2.5. Direnç oranlarının belirlenmesi

Acetamiprid, Deltamethrin, Spinosad ve bu insektisitlerin sinerjist maddelerle karışımlarının uygulamasından elde edilen verilerin analizi Polo-Plus paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiş (LeOra, 2002), LC değerleri belirlenmiştir. Arazi popülasyonlarının LC_{50} değerlerinin, hassas popülasyonun LC_{50} değerlerine bölünmesi ile direnç katsayıları belirlenmiştir.

Direnç düzeyleri Lee ve ark., (1999)'a göre aşağıdaki skalayla değerlendirilmiştir.

Direnç oranı <2 ; direnç yok veya çok düşük

Direnç oranı=2-5; düşük düzeyde direnç

Direnç oranı=5-10; orta düzeyde direnç

Direnç oranı >10 yüksek düzeyde direnç

3.2.6. Diatom toprağının sinerjistik etkisinin belirlenmesi

Çağırğan (2023) diatom toprağının sinerjistik etkisini araştırdığı çalışmasında diatom toprağının $\%2$ w/v konsantrasyonunu kullanmıştır Başkaya, (2020) diatom toprağının insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkisini araştırdığı çalışmasında, *Tetranychus urticae* ve *Callosobruchus maculatus* erginlerine karşı diatom toprağının $\%0.2$, 0.4 , 0.8 konsantrasyonlarını kullanmıştır. Işıklı (2019), zeolitin insektisidal,

akarısıdal ve sinerjistik etkisini araştırdığı çalışmasında *Callosobruchus maculatus* erginlerine karşı %0.2, 0.4 ve 0.8 (w/v) konsantrasyonları; *Tetranychus urticae* erginlerine karşı %2.5, 5 ve 10 (w/v) konsantrasyonlarını kullanmıştır. Araştırmamızda daha önceki çalışmalarda kullanılan konsantrasyonlar değerlendirilerek diatom toprağının %2'lik konsantrasyonu kullanılmıştır.

Sinerjistik etki testlerinde öncelikle saf su ile diatom toprağının %2'lik karışımı hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan karışım ile 5 farklı konsantrasyonda insektisit çözeltisi hazırlanmıştır. Denemelerde kontrol olarak %2lik diatom kullanılmıştır. Diatom toprağı-insektisit karışımları püskürtme kulesi ile petri kaplarına püskürtülmüş (2 ml) ve petri kapları 5 dakika kuruduktan sonra 10 adet larva petri kaplarına konularak kapatılmıştır. Uygulamadan 24, 48, 72 ve 96 saat sonra l bireyler sayılmıştır. POLO (LeOra, 2002), programı ile LC değerleri tespit edilmiştir. Sinerjizm oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$SR = \frac{\text{aktif maddenin } LC_{50} \text{ değeri}}{\text{sinerjistik madde ile karıştırılan aktif maddenin } LC_{50} \text{ değeri}}$

$SR < 1$; antagonist

$SR = 1$; sinerjist veya antagonist bir etki yok

$SR > 1$; sinerjist (Zamojska ve ark., 2011)

3.2.7. Zeolitin insektisidal ve sinerjistik etkisinin belirlenmesi

Sinerjistik etki testlerinde öncelikle saf su ile zeolitin %2'lik karışımı hazırlanmış ve kontrol olarak kullanılmıştır. Daha sonra %2'lik zeolit ile 5 farklı konsantrasyonda insektisit çözeltisi hazırlanmıştır. Kontrol ve zeolit-insektisit karışımları püskürtme kulesi kullanılarak petri kaplarına 2 ml püskürtülmüştür. Petri kapları 5 dakika kurumaya bırakıldıktan sonra 10 adet larva petri kaplarına bırakılarak kapakları kapatılmıştır. Uygulamadan 24, 48, 72 ve 96 saat sonra l bireyler sayılmıştır. POLO (LeOra, 2002), programı LC değerleri tespit edilmiştir. Sinerjizm oranı diatom toprağında kullanılan yöntemle yapılmıştır.

3.2.8. Enzim analizleri

Total esteraz ve Gluthation S-Transferaz'ın enzim aktivitelerinin kinetik olarak belirlenmesinde, Stumpf ve Nauen (2002) ile Yorulmaz Salman ve Ay (2013) tarafından

tanımlanan yöntemlerden yararlanılmış ve bu yöntemler *Leptinotarsa decemlineata*'ya uygun olarak modifiye edilmiştir.

3.2.8.1. Esteraz aktivitesi

Total esteraz için larva dönemi (3-4.)'nden abdomen (mide) – anüs'e uzanan bölgeden 20 mg parça alınmıştır (Şekil 3.19.). Alınan vücut parçası 0.1 M ve 7.5 pH ya sahip %0.1 Triton X-100 içeren sodyum fosfat bufferdan (SFB) 100 µl ilave edilerek 1.5 ml eppendorf tüp içerisinde ezilmiştir. Elde edilen homojenat 10000 g hızda soğutmalı santrifüjde 6 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Süpernatant 100 kat seyreltilerek mikrolaka hücreleri içerisine kontrol hariç 25'er µl aktarılmış ve üzerine pH 6, 0.2 M fosfat bufferdan 25 µl aktarılmıştır. Kontrol hücreleri homojenatsız olarak okutulmuştur. Tüm hücreler üzerine 30 mg fast blue RR tuzunu 50 ml 0.2 M SFB içinde çözündürerek ve bunun içerisine 500 µl 0.1 M α -naftil asetatın eklenmesi ile hazırlanan substrat çözeltiden 200 µl eklenerek enzim aktivite okumalarına geçilmiştir. Okuma 23°C ve 450 nm'de 15 dk süre ile Molecular Devices Versamax Microplate Reader'da gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.19. Enzim çalışmalarında örneklerin hazırlanması (orijinal)

3.2.8.2. GST (Glutathione S-transferase) aktivitesi

Diğer bir enzim olan GST kinetik aktivitesi belirlenmesinde 30 mg yine aynı şekilde abdomen kısmından alınmıştır. Alınan parça üzerine 0.05 M ve 7.5 pH'ya sahip Tris HCl bufferdan 500 µl eklenerek homojenize edilmiştir. Homojenat yine aynı şekilde soğutmalı santrifüjde 10000 g hızda +4°C'de 6 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Elde edilen homojenat 10 kat seyreltilmiştir. Mikrolaka hücrelerine 100 µl süpernatant eklenmiştir. Daha sonra her hücreye %0.1 etanolde hazırlanan 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB)

'den 100 µl ve Tris HCl buferda hazırlanan reduced glutathione (GSH) 100 µl'dan eklenmiştir. Son konsantrasyon 0.4 mM CDNB ve 4 mM GSH olmuştur. Kontrol hücreleri homojenatsız olarak okunmuştur. Aktivitedeki değişime Molecular Devices Versamax Microplate Reader'da 340 nm ve 25 °C 'de 5 dk'da okutularak bakılmıştır.

Tüm enzim okumaları üçer tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.8.3. Protein miktarlarının bulunması

Örneklerin toplam protein miktarlarının belirlenmesinde Bradford (1976) yöntemi kullanılmış; standart olarak Bovine Serum Albumin (BSA) uygulanmıştır.

3.2.9. Veri analizleri

Denemelerde kullanılan ve sinerjist maddelerle karıştırılan insektisitlerin LC değerleri POLO bilgisayar paket programı (LeOra, 2002) kullanılarak belirlenmiştir. İstatistik analizlerde yüzde ölüm oranlarına Arcsin transformasyonu uygulanmıştır. Acetamiprid, deltamethrin, spinosad ve bu insektisitlerin diatom ve zeolit ile karışımlarına ait ortalamalar SPSS istatistik programında çift yönlü (two-way ANOVA) varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamaların arasındaki farklılıkların önem derecesi Duncan testi ile belirlenmiştir.

Enzim analizlerinden elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi tekniği ile (One-Way ANOVA) analiz edilmiş ve popülasyonlar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. İnsektisitlerin *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki toksisitesi

Araştırmada patates böceği 3. ve 4. dönem larvaları, püskürtme kulesi ile insektisit uygulaması yapılmış petri kaplarında rezidüel etki testlerine maruz bırakılmıştır. Bu kapsamda, acetamiprid, deltamethrin ve spinosad etken maddeleri kullanılarak larvalardaki insektisit direnç düzeyleri belirlenmiştir.

Farklı insektisit uygulamalarının 3-4. dönem larvalar üzerindeki 24, 48 ve 72 saatlik maruz bırakma süreleri boyunca etkinlik düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak, insektisit dozlarındaki artışa bağlı olarak etkinlik düzeylerinin anlamlı şekilde yükseldiği belirlenmiştir ($p<0.05$).

4.1.1. Acetamiprid direncinin belirlenmesi

Araştırmada hassas popülasyonda acetamipridin LC_{50} değerleri 24, 48, ve 72 saatte sırasıyla 1.507, 0.856 ve 0.461 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1., 4.2., 4.3.). Acetamipridin LC_{50} değerinin en yüksek olduğu popülasyon Sandıklı popülasyonudur. Sandıklı popülasyonundaki LC_{50} değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 111.964, 68.804 ve 29.080 mg ai l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1., 4.2., 4.3.).

Acetamipridin LC_{50} değerinin en düşük olduğu popülasyon Çumra popülasyonudur. Çumra popülasyonundaki LC_{50} değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 38.062, 27.318 ve 18.125 mg ai l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1., 4.2., 4.3.).

Direnç oranlarını incelediğimizde (24 saat maruz bırakma süresinde), zararlının Sandıklı popülasyonunda 74.30 kat, Şuhut popülasyonunda 59.47 kat, Çiftlik popülasyonunda 48.81 kat, Konaklı popülasyonunda 54.40 kat, Selçuklu popülasyonunda 31.46 kat, Çumra popülasyonunda 25.26 kat direnç geliştirdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.). Direnç oranları bakımından 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerindeki direnç katsayılarını incelediğimizde düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir.

Çizelge 4.1. Acetamiprid'e 24 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	1.507 1.045-2.280	15.811 7.820-58.803	1.255± 0.209	13.212	16	0.826	-
Sandıklı	180	111.964 73.563-177.976	902.56 449.27-3699.4	1.414±0.216	21.131	16	1.320	74.30
Şuhut	180	89.617 61.602-129.358	874.069 468.409-2704.685	1.296±0.210	7.547	16	0.472	59.47
Konaklı	180	81.977 55.312-118.474	840.938 448.475-2658.656	1.268±0.210	10.058	16	0.629	54.40
Çiftlik	180	73.563 50.951-102.649	601.676 351.509-1527.548	1.404 ± 0.218	10.325	16	0.645	48.81
Çumra	180	38.062 26.783-52.654	289.859 172.968-696.592	1.454±0.219	6.193	16	0.387	25.26
Selçuklu	180	47.409 34.046-66.186	357.217 208.138-896.950	1.461±0.218	5.841	16	0.365	31.46

a: Birey sayısı,
b: Güven aralığı,
c: Standart hata,
d: ki-kare,
e: Serbestlik derecesi
f: Heterojenite
g: Direnç oranı

Çizelge 4.2. Acetamiprid'e 48 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	0.856 0.548-1.258	10.351 5.305-37.017	1.184±0.207	7.241	16	0.453	-
Sandıklı	180	68.804 44.529-100.427	789.629 412.055-2690.873	1.209±0.209	15.250	16	0.953	80.38
Şuhut	180	58.710 36.444-85.991	700.520 370.221-2342.457	1.190±0.209	7.948	16	0.497	68.59
Konaklı	180	38.609 21.768-57.238	338.435 204.387-822.991	1.359±0.235	8.917	16	0.557	45.10
Çiftlik	180	37.619 22.034-54.608	281.999 177.506-621.684	1.465±0.246	5.876	16	0.367	43.95
Çumra	180	27.318 17.203-39.101	203.882 124.896-470.886	1.468± 0.238	7.567	16	0.473	31.91
Selçuklu	180	29.324 17.668-43.191	253.969 147.057-676.845	1.367±0.235	6.962	16	0.435	34.26

a: Birey sayısı,
b: Güven aralığı,
c: Standart hata,
d: ki-kare,
e: Serbestlik derecesi
f: Heterojenite
g: Direnç oranı

Çizelge 4.3. Acetamiprid'e 72 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	0.461 0.217-0.736	6.253 3.300-22.628	1.132±0.225	10.065	16	0.629	-
Sandıklı	180	29.080 13.535-45.951	323.648 186.823-916.735	1.225±0.236	5.001	16	0.313	63.08
Şuhut	180	27.012 12.203-43.035	299.735 174.468-833.100	1.226±0.237	10.491	16	0.656	58.59
Konaklı	180	23.708 12.502-35.175	156.051 103.523-310.266	1.566±0.279	4.181	16	0.261	51.43
Çiftlik	180	22.168 11.367-33.110	143.898 95.826-285.238	1.578±0.287	4.946	16	0.309	48.09
Çumra	180	18.125 9.762-27.302	136.851 84.942-311.992	1.460±0.259	4.995	16	0.312	39.32
Selçuklu	180	16.733 9.020-25.065	117.344 74.457-254.388	1.515±0.268	2.618	16	0.164	36.30

a: Birey sayısı,
b: Güven aralığı,
c: Standart hata,
d: ki-kare,
e: Serbestlik derecesi
f: Heterojenite
g: Direnç oranı

Acetamiprid uygulamalarında 0.212-6.780 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında hassas popülasyonda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %43.33-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4.).

Ölüm oranlarının doz artışına bağlı olarak artış gösterdiği fakat maruz bırakma sürelerine göre tespit edilen artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4., 4.5., 4.6., 4.7., 4.8., 4.9., 4.10.).

Çizelge 4.4. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	0.00±0.00	k	3.33±1.79	jk	1.11±0.60	E**
0.212	20.00±0.00	ik	30.00±0.00	ghi	43.33±1.79	efgh	31.11±0.60	D
0.424	26.67±1.79	hi	36.67±1.79	fghi	50.00±0.00	ef	37.78±1.20	CD
0.848	33.33±1.79	fghi	43.33±1.79	efgh	60.00±0.00	de	45.56±1.20	BCD
1.695	46.67±1.79	efg	60.00±0.00	de	70.00±2.15	cd	58.89±1.32	BC
3.390	50.00±2.15	ef	66.67±1.79	cd	76.67±2.48	c	64.44±2.14	B
6.780	93.33±1.79	b	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	96.67±1.20	A
Dozlar ortalaması	38.57±1.33	A***	47.62±1.03	A	57.62±1.17	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 16.95-542.4 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Sandıklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %26.67-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %43.33-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.5.)

Çizelge 4.5. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)					Süreler Ortalaması		
	24		48		72			
0.00	0.00±0.00	j*	0.00±0.00	j	3.33±1.79	ij	1.11±0.60	E**
16.95	16.67±2.75	hij	26.67±2.75	ghi	43.33±1.79	fg	28.89±2.43	D
33.9	26.67±2.48	ghi	40.00±2.15	fgh	56.67±1.79	def	41.11±2.14	CD
67.8	33.33±1.79	fgh	46.67±1.79	efg	66.67±1.79	cde	48.89±1.79	CD
135.6	43.33±2.75	fg	53.33±2.48	def	76.67±1.79	c	57.78±2.34	BC
271.2	66.67±2.26	cde	70.00±2.15	cd	83.33±1.79	c	73.33±2.07	B
542.4	93.33±1.79	b	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	96.67±1.20	A
Dozlar ortalaması	40.00±1.98	A***	47.62±1.88	A	61.43±1.54	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 16.95-542.4 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Şuhut popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %26.67-93.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Şuhut popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	0.00±0.00	k	3.33±1.79	k	1.11±0.60	E**
16.95	16.67±2.26	jk	26.67±2.48	ij	46.67±2.48	ghi	30.00±2.41	D
33.9	36.67±2.26	hij	43.33±1.79	hi	53.33±1.79	fgh	44.44±1.95	CD
67.8	40.00±2.15	hi	50.00±2.15	gh	70.00±2.15	def	53.33±2.15	CD
135.6	53.33±1.79	fgh	63.33±1.79	efg	80.00±2.15	cd	65.56±1.91	BC
271.2	70.00±2.15	def	73.33±2.26	de	83.33±2.26	cd	75.56±2.22	B
542.4	90.00±0.00	bc	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	94.44±0.60	A
Dozlar ortalaması	43.81±1.52	A***	50.00±1.75	A	62.38±1.81	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 16.95-542.4 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çiftlik, popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-96.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-100 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %43.33-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0±0.00	j*	3.33±1.79	j	3.33±1.79	j	2.22±1.20	E**
16.95	16.67±2.26	ij	30±2.15	hi	43.33±1.79	gh	30.00±2.07	DE
33.9	36.67±1.79	gh	53.33±1.79	efg	66.67±1.79	cde	52.22±1.79	CD
67.8	50±2.15	fg	70±0.00	cd	80±0.00	bc	66.67±0.72	BC
135.6	63.33±1.79	def	76.67±1.79	bcd	83.33±1.79	b	74.44±1.79	BC
271.2	66.67±2.26	cde	83.33±1.79	b	96.67±1.79	a	82.22±1.95	B
542.4	96.67±1.79	a	100±0.00	a	100±0.00	a	98.89±0.60	A
Dozlar ortalaması	47.14±1.72	A***	59.52±1.33	A	67.62±1.28	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 16.95-542.4 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Konaklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-90

arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %40-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	3.33±1.79	jk	3.33±1.79	jk	2.22±1.20	E**
16.95	16.67±1.79	ijk	30.00±2.15	hij	40.00±0.00	hi	28.89±1.32	DE
33.9	36.67±1.79	hi	53.33±1.79	fgh	66.67±1.79	fg	52.22±1.79	CD
67.8	50.00±2.71	gh	66.67±1.79	fg	76.67±1.79	def	64.44±2.10	BC
135.6	53.33±2.26	fgh	76.67±1.79	def	86.67±1.79	cde	72.22±1.95	BC
271.2	70.00±2.15	efg	83.33±2.48	cd	93.33±1.79	bc	82.22±2.14	B
542.4	90.00±2.15	bc	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	95.56±1.32	A
Dozlar ortalaması	45.24±1.84	A***	58.57±1.94	A	66.67±1.28	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 8.475-271.2 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çumra popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %23.33-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %36.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.9. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	m**	3.33±1.79	lm	6.67±1.79	lm	3.33±1.20	F**
8.475	16.67±1.79	klm	23.33±1.79	jkl	36.67±1.79	ijk	25.56±1.79	E
16.95	33.33±2.26	ijk	43.33±2.26	hij	53.33±1.79	fghi	43.33±2.10	DE
33.9	46.67±2.48	ghi	60.00±2.15	efgh	70.00±2.15	def	58.89±2.26	CD
67.8	63.33±1.79	efg	70.00±2.15	def	76.67±1.79	cde	70.00±1.91	BC
135.6	73.33±1.79	de	80.00±2.15	cd	86.67±1.79	c	80.00±1.91	B
271.2	93.33±1.79	b	96.67±1.79	ba	100.00±0.00	a	96.67±1.20	A
Dozlar ortalaması	46.67±1.70	A***	53.81±2.02	A	61.43±1.59	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Acetamiprid uygulamalarında 8.475-271.2 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Selçuklu popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %40-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.10.). Çumra ve Selçuklu

popülasyonlarında daha düşük konsantrasyonlarda daha yüksek ölüm oranları tespit edilmiştir. Bu duruma paralel olarak aynı ilçelerde direnç katsayılarının da en düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında acetamiprid'in farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	3.33±1.79	k	6.67±1.79	k	3.33±1.20	F**
8.475	16.67±1.79	jk	30.00±2.15	ij	40.00±2.15	hi	28.89±2.03	E
16.95	26.67±1.79	ij	40.00±2.15	hi	53.33±1.79	gh	40.00±1.91	DE
33.9	40.00±2.15	hi	53.33±1.79	gh	70.00±0.00	ef	54.44±1.32	CD
67.8	53.33±1.79	gh	63.33±1.79	fg	80.00±0.00	de	65.55±1.20	BC
135.6	70.00±2.15	ef	80.00±2.15	de	90.00±0.00	cd	80.00±1.44	B
271.2	93.33±1.79	bc	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	96.67±1.20	A
Dozlar ortalaması	42.86±1.64	A***	52.38±1.95	A	62.86±0.82	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çumra'daki direnç oranının düşük olduğu bu durumun, bu ilçeden toplanan popülasyonun bulunduğu ekim alanının küçük aile arazisi şeklinde olması ve patates böceği mücadelesinde daha az insektisit kullanılmasından kaynaklanmıştır. Selçuklu popülasyonundaki direnç katsayısının düşük çıkması ise, zararlı popülasyonunun toplandığı alanda ve civarında polikültür tarımın yapılması ve az insektisit kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Kocourek ve ark., (2024) Çekya'da 69 yerel popülasyon ile yaptıkları çalışmada, patates böceğinde acetamipride karşı direnç gelişimi araştırmışlardır. Acetamipridin etkinliği, 2010 yılında %90,2 iken 2022 yılında %59,1'e düştüğünü bildirmişler ve bu değerlerin, 14 yıllık dönemde patates böceğinde acetamipride karşı direnç geliştiğinin kanıtı olduğunu belirtmişlerdir.

Çağırğan ve Çetin (2021) yaptıkları çalışmada Karapınar ilçesinde 2018 yılında toplanan popülasyonda imidacloprid'in LD₅₀ değerinin 0.342 µg/larva iken, 2020 yılında aynı bölgeden toplanan popülasyonda LD₅₀ değerinin 0.456 µg/larva düzeyine yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bölgedeki üretimde imidacloprid ile ilaçlanmış yumruların ekildiğini, ayrıca yetiştirme sezonunda 2-3 kez uygulanan yeşil aksam ilaçlamalarında yine imidacloprid (EC formülasyonları) veya aynı gruptan acetamiprid kullanıldığını bildirmişlerdir. Igrec-Barčić ve ark. (2000), imidacloprid yumru ilaçlamasının larvalara karşı 70 güne kadar koruma sağladığını bildirilmiştir. Çağırğan (2023) ise yaptığı araştırmada imidaclopridin yumru ilaçlamasının etkin bir koruyuculuk

sağlamadığını belirtmiştir. 2019 yılında 17 Nisan, 2020 yılında 20 Nisan'da ekim yapmış ve yumru ilaçlamasının etkinlik düzeyinin her iki sene de Haziran ayından itibaren önemli düşüş gösterdiğini, patatesin zararlıya en duyarlı olduğu dönem olan çiçeklenme evresinin bu döneme denk geldiğini ve patates böceğinin en yoğun popülasyonlarının da bu dönemde görüldüğünü bildirmiştir. Ayrıca bu popülasyonların koruyucu ilaçlamada kullanılan imidacloprid'in subletal dozlarına maruz kaldığı için imidaclopride karşı kolay bir şekilde direnç geliştirdiğini ve diğer neonikotinoidlere karşıda çapraz direnç geliştirdiğini bildirmiştir.

Baker ve ark. (2014), 2010 yılında Amerika'da Riverhead, Fryeburg ve Mecosta'dan topladıkları 3 farklı popülasyonda patates böceği 2. dönem larvalarında topikal aplikasyon yöntemi ile imidacloprid direncini test etmişler ve uygulamadan 24 saat sonra 7.6-71 kat arasında direnç tespit etmişlerdir.

Sladan ve ark. (2012), Sırbistan'da (Dobanovci, Majur, Malošište, Rečka, Orid, Požarevac, Ruma, Toljevac ve Vršac) 9 farklı bölgeden toplanılan patates böceği popülasyonu ile yaptıkları çalışmada zararlının ergin dönemindeki imidacloprid direncini topikal aplikasyon yöntemiyle test etmişler ve direnç oranının 1-82.9 kat arasında olduğu tespit etmişlerdir. Crossley ve arkadaşları (2018), Amerika'da 10 farklı popülasyonda yaptıkları çalışmada, imiacloprid için LD₅₀ değerlerinin 2. dönem larvalarda 0.0005-0.16 µg larva⁻¹, erginlerde ise 0.051-2.401 µg ergin⁻¹ aralığında olduğunu bulmuşlar ve direnç oranının 320 kata kadar olabildiği bildirilmiştir.

Mota Sanchez ve ark., (2006), 2003 yazında, Long Island, New York, ABD'den toplanan ergin patates böceklerinde, acetamiprid ve neonikotinoidlerden bazı insektisitlerin, topikal uygulama yöntemi ile insektisit dirençlerini araştırmıştır. Uygulamadan 10 gün sonra ölüm oranlarına göre LD₅₀ değerleri tespit edilerek direnç oranları belirlenmiştir. Patates böceklerinin, sahada hiç kullanılmamış olmasına rağmen, acetamipride 29 kat ve diğer tüm neonikotinoidlere karşı değişen oranlarda çapraz direnç gösterdiğini bildirmişlerdir (imidaclopride 309 kat, dinotefurana 59 kat, clothianidine 33 kat, N- methylimidaclopride 28 kat, thiaclopride 25 kat, thiamethoxama 15 kat, nitenpyrama 10 kat).

Probit analizinde eğim değeri 2'den az olan popülasyonların heterojen karakterde olduğu ve heterojen popülasyonlarda direnç gelişiminin daha hızlı olduğu bilinmektedir (Yu, 2011). Çizelge 4.1, 4.2., 4.3. incelendiğinde eğim değerlerinin 2'den küçük olduğu görülmüştür.

Keskin ve Yorulmaz Salman (2020), 2018 yılında Afyonkarahisar ilinden topladıkları 10 patates böceği popülasyonunda imidacloprid direncini, üçüncü dönem larvalar ve topikal uygulama yöntemini kullanarak araştırmışlardır. 72 saatlik süre sonunda popülasyonların LD₅₀ değerlerini belirlemişlerdir. Sandıklı-1, Sandıklı-2, Sandıklı-3, Şuhut-1, Şuhut-2, Şuhut-3, Dinar, Merkez, Bolvadin, Emirdağ popülasyonlarında imidacloprid için direnç oranlarını sırasıyla 3.96, 7.43, 11.33, 14.33, 27.31, 25.08, 9.12, 2.34, 7.46, 8.72 kat olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızda Afyonkarahisar'ın Sandıklı ve Şuhut ilçelerindeki popülasyonlarda aynı gruptan bir etken madde olan acetamipride karşı 72 saat maruz bırakma süresi sonunda sırasıyla 63.08, 58.59 kat direnç belirlenmiştir. Diğer çalışmalarla araştırma sonuçlarımız arasındaki farklılığın, kullanılan referans hassas popülasyonların insektisit duyarlılığı, farklı alanlardaki popülasyonlarının insektisite farklı düzeyde maruz kalmalarının yanı sıra, çalışmalar arasında geçen süre, çapraz direnç, insektisit uygulama sayısı ve daha yüksek dozlarda insektisit kullanımına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.1.2. Deltamethrin'in *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki etkinliği

Araştırmada hassas popülasyonda deltamethrinin LC₅₀ değerleri 24, 48, ve 72 saatte sırasıyla 1.105 mg ai l⁻¹, 0.470 mg ai l⁻¹ ve 0.280 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.11, 4.12., 4.13). Popülasyonların LC₅₀ değerleri incelendiğinde en yüksek LC₅₀ değerlerinin Sandıklı popülasyonunda 24 saatte 21.035 mg ai l⁻¹ (Çizelge 4.11), 48 saatte 12.177 mg ai l⁻¹ (Çizelge 4.12) ve 72 saatte 4.492 mg ai l⁻¹ (Çizelge 4.13) olduğu belirlenmiştir.

Deltamethrinin LC₅₀ değerinin en düşük olduğu popülasyon 24ve 48 saat maruz bırakma süresinde Çumra popülasyonu, 72 saat maruz bırakma süresinde Selçuklu popülasyonudur. Çumra popülasyonundaki LC₅₀ değerleri 24 ve 48 saatte sırasıyla 8.133, 4.531 mg ai l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11., 4.12.). Selçuklu popülasyonunda 72 saat sonunda LC₅₀ değeri 2.264 mg ai l⁻¹ olmuştur (Çizelge 4.13.).

Direnç oranlarını incelediğimizde (24 saat maruz bırakma süresinde), Sandıklı popülasyonunda 19.04 kat, Şuhut popülasyonunda 14.68 kat, Çiftlik popülasyonunda 14.34 kat, Konaklı popülasyonunda 10.84 kat, Selçuklu popülasyonunda 8,10 kat, Çumra popülasyonunda 7.41 kat olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11.). Direnç oranları bakımından 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerindeki direnç katsayılarını incelediğimizde düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir.

Çizelge 4.11. Deltamethrin'e 24 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarında LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	1.105 0.768-1.713	11.595 5.593-45.486	1.255±0.210	12.144	16	0.759	-
Sandıklı	180	21.035 14.097-32.557	272.078 125.606-1236.56	1.153±0.205	5.303	16	0.331	19.04
Şuhut	180	16.218 10.772-24.023	191.329 95.872-710.089	1.196±0.206	9.730	16	0.608	14.68
Konaklı	180	11.982 7.206-18.044	176.011 85.359-748.334	1.098±0.204	11.482	16	0.718	10.84
Çiftlik	180	15.841 10.917-22.611	146.654 80.684-427.088	1.326±0.213	10.342	16	0.646	14.34
Çumra	180	8.183 5.729-11.566	69.898 39.476-189.835	1.376±0.214	5.051	16	0.316	7.41
Selçuklu	180	8.945 6.249-12.823	80.990 44.268-237.317	1.339±0.212	3.571	16	0.223	8.10

^a: Birey sayısı,
^b: Güven aralığı,
^c: Standart hata,
^d: ki-kare,
^e: Serbestlik derecesi
^f: Heterojenite
^g: Direnç oranı

Çizelge 4.12. Deltamethrin'e 48 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarında LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	0.470 0.274-0.718	7.662 3.578-36.947	1.057±0.204	12.372	16	0.773	-
Sandıklı	180	12.177 6.754-19.442	268.771 109.155-2029.9	0.954±0.199	9.012	16	0.563	25.91
Şuhut	180	8.829 4.545-13.869	170.575 77.797-926.520	0.997±0.203	5.533	16	0.346	18.79
Konaklı	180	6.288 3.243-9.624	63.455 37.326-167.030	1.277±0.232	4.536	16	0.283	13.38
Çiftlik	180	6.434 3.287-9.898	67.479 39.116-184.793	1.256±0.231	9.004	16	0.563	13.69
Çumra	180	4.531 2.394-7.046	57.145 29.945-202.741	1.164±0.221	6.118	16	0.382	9.64
Selçuklu	180	5.209 3.168-7.604	42.690 25.324-106.983	1.403±0.237	4.262	16	0.266	11.08

^a: Birey sayısı,
^b: Güven aralığı,
^c: Standart hata,
^d: ki-kare,
^e: Serbestlik derecesi
^f: Heterojenite
^g: Direnç oranı

Çizelge 4.13. Deltamethrin'e 72 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarında LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	0.280 0.158-0.413	2.190 1.362-5.012	1.435±0.249	8.600	16	0.538	-
Sandıklı	180	4.492 1.442-7.951	87.386 43.420-417.981	0.994±0.224	10.535	16	0.658	16.04
Şuhut	180	4.057 1.268-7.215	73.056 37.737-309.841	1.021±0.228	9.538	16	0.596	14.49
Konaklı	180	4.188 2.028-6.422	31.882 20.585-67.837	1.454±0.269	7.104	16	0.444	14.96
Çiftlik	180	4.073 1.966-6.245	30.241 19.637-63.509	1.472±0.273	10.984	16	0.687	14.55
Çumra	180	2.382 0.947-3.972	27.423 15.651-80.975	1.208±0.247	7.407	16	0.463	8.51
Selçuklu	180	2.264 1.124-3.443	14.743 9.631-30.343	1.575±0.294	4.060	16	0.254	8.09

^a: Birey sayısı,
^b: Güven aralığı,
^c: Standart hata,
^d: ki-kare,
^e: Serbestlik derecesi
^f: Heterojenite
^g: Direnç oranı

Deltametrin uygulamalarında 0.132-4.238 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında hassas popülasyonda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %40-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.14.).

Ölüm oranlarının doz artışına bağlı olarak artış gösterdiği fakat maruz bırakma sürelerine göre tespit edilen artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14., 4.15., 4.16., 4.17., 4.18., 4.19., 4.20.).

Çizelge 4.14. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)					Süreler Ortalaması		
	24		48		72			
0	0.00±0.00	j*	0.00±0.00	j	3.33±1.79	ij	1.11±0.60	D**
0.132	16.67±1.79	hij	30.00±2.15	gh	40.00±2.15	efg	28.89±2.03	CD
0.265	23.33±2.26	ghi	43.33±2.48	efg	50.00±2.71	def	38.89±2.49	C
0.530	33.33±2.48	fgh	53.33±1.79	def	63.33±2.26	cd	50.00±2.18	BC
1.059	40.00±2.15	efg	56.67±1.79	de	73.33±1.79	c	56.67±1.91	BC
2.119	53.33±2.26	def	63.33±2.26	cd	90.00±0.00	b	68.89±1.51	B
4.238	90.00±0.00	b	96.67±1.79	a	100.00±0.00	a	95.56±0.60	A
Dozlar ortalaması	36.67±1.56	A***	49.05±1.75	A	60.00±1.53	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 3.178-101.7 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Sandıklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-86.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %33.33-93.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %50-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							Süreler Ortalaması
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	0.00±0.00	k	3.33±1.79	k	1.11±0.60	D**
3.178	16.67±1.79	jk	33.33±1.79	ij	50.00±2.15	fghi	33.33±1.91	C
6.356	33.33±1.79	ij	43.33±1.79	hi	60.00±2.15	efgh	45.56±1.91	BC
12.713	40.00±2.15	i	46.67±1.79	ghi	66.67±1.79	def	51.11±1.91	BC
25.425	46.67±1.79	ghi	53.33±1.79	fghi	70.00±2.59	de	56.67±2.06	BC
50.85	60.00±0.00	efgh	63.33±1.79	efg	80.00±0.00	cd	67.78±0.60	B
101.7	86.67±1.79	c	93.33±2.26	b	100.00±0.00	a	93.33±1.35	A
Dozlar ortalaması	40.48±1.33	A***	47.62±1.60	A	61.43±1.50	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 3.178-101.7 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Şuhut popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %40-93.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %53.33-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Şuhut popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	0.00±0.00	k	3.33±1.79	k	1.11±0.60	E**
3.178	20.00±2.15	jk	40.00±0.00	hijj	53.33±2.48	fghi	37.78±1.55	D
6.356	36.67±2.48	ij	43.33±1.79	ghi	60.00±2.15	efgh	46.67±2.14	CD
12.713	43.33±2.48	ghi	50.00±2.15	fghi	66.67±1.79	ef	53.33±2.14	CD
25.425	53.33±1.79	fghi	63.33±1.79	efg	73.33±2.26	de	63.33±1.95	BC
50.85	66.67±1.79	ef	73.33±1.79	de	83.33±1.79	cd	74.44±1.79	B
101.7	90.00±2.15	bc	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	94.44±1.32	A
Dozlar ortalaması	44.29±1.84	A***	51.90±1.33	A	62.86±1.75	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 3.178-101.7 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çiftlik, popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %36.67-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							Süreler Ortalaması
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0±0.00	j*	3.33±1.79	j	3.33±1.79	j	2.22±1.20	E**
3.178	16.67±1.79	ij	36.67±2.26	hi	46.67±2.48	ghi	33.33±2.18	DE
6.356	36.67±2.26	hi	53.33±1.79	fgh	63.33±2.48	efgh	51.11±2.18	CD
12.713	43.33±1.79	ghi	66.67±1.79	efg	76.67±1.79	def	62.22±1.79	BCD
25.425	56.67±1.79	fgh	76.67±2.48	def	86.67±2.48	bcd	73.33±2.25	BC
50.85	66.67±2.48	efg	83.33±2.26	cde	93.33±1.79	abc	81.11±2.18	B
101.7	93.33±2.26	ab	96.67±1.79	ab	100±0.00	a	96.67±1.35	A
Dozlar ortalaması	44.76±1.77	A***	59.52±2.03	A	67.14±1.83	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 3.178-101.7 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Konaklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %33.33-96.67 arasında, 72 saat

maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %43.33-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)						Süreler Ortalaması	
	24		48		72			
0	0.00±0.00	h*	3.33±1.79	h	3.33±1.79	h	2.22±1.20	E**
3.178	20.00±2.15	gh	33.33±1.79	g	43.33±1.79	fg	32.22±1.91	D
6.356	43.33±2.26	fg	56.67±1.79	ef	66.67±2.26	de	55.56±2.10	CD
12.713	60.00±0.00	ef	70.00±0.00	de	76.67±1.79	de	68.89±0.60	BC
25.425	63.33±1.79	ef	76.67±1.79	de	83.33±2.26	cd	74.44±1.95	BC
50.85	63.33±2.48	ef	83.33±1.79	cd	93.33±1.79	b	80.00±2.02	B
101.7	90.00±2.15	bc	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	95.56±1.32	A
Dozlar ortalaması	48.57±1.55	A***	60.00±1.54	A	66.67±1.67	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 1.59-50.85 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çumra popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %36.67-93.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)						Süreler Ortalaması	
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	3.33±1.79	k	6.67±1.79	k	3.33±1.20	E**
1.590	16.67±1.55	jk	36.67±1.79	hij	46.67±1.79	ghi	33.33±1.79	D
3.178	33.33±1.55	ij	46.67±1.79	ghi	63.33±1.79	efg	47.78±1.79	CD
6.356	40.00±1.78	hi	50.00±2.15	ghi	70.00±0.00	def	53.33±1.44	CD
12.713	56.67±1.55	fgh	70.00±2.15	def	76.67±2.48	cde	67.78±2.14	BC
25.425	73.33±1.55	cdef	80.00±2.15	cd	86.67±1.79	bc	80.00±1.91	B
50.85	90.00±1.78	b	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	94.44±1.32	A
Dozlar ortalaması	44.29±1.64	A***	54.29±1.95	A	64.29±1.38	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Deltametrin uygulamalarında 1.59-50.85 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Selçuklu popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %16.67-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonundaki ölüm oranları %46.67-100 arasında değişmiştir

(Çizelge 4.20.). Çumra ve Selçuklu popülasyonlarında daha düşük konsantrasyonlarda daha yüksek ölüm oranları tespit edilmiştir. Bu duruma paralel olarak aynı ilçelerde direnç katsayılarının da en düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)						Süreler Ortalaması	
	24		48		72			
0	0.00±0.00	l*	3.33±1.79	l	6.67±1.79	l	3.33±1.20	E**
1.590	16.67±1.79	kl	30.00±0.00	jk	50.00±0.00	hi	32.22±0.60	DE
3.178	26.67±1.79	jk	40.00±0.00	ij	60.00±0.00	fgh	42.22±0.60	CD
6.356	46.67±1.79	hi	53.33±1.79	ghi	73.33±1.79	de	57.78±1.79	CD
12.713	53.33±1.79	ghi	70.00±0.00	def	86.67±1.79	bc	70.00±1.20	BC
25.425	66.67±1.79	efg	80.00±2.15	cd	96.67±1.79	a	81.11±1.91	AB
50.85	90.00±0.00	b	96.67±1.79	a	100±0.00	a	95.56±0.60	A
Dozlar ortalaması	42.86±1.28	A***	53.33±1.08	A	67.62±1.03	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Keskin ve Yorulmaz Salman (2020) 2018 yılında Afyonkarahisar ilinden toplanan 10 patates böceği popülasyonunda deltamethrin direncini üçüncü dönem larvalar ve topikal aplikasyon yöntemini kullanarak araştırmışlardır. 72 saat sonra elde edilen sonuçlara göre popülasyonların LD₅₀ değerleri belirlemişlerdir. Sandıklı-1, Sandıklı-2, Sandıklı-3, Şuhut-1, Şuhut-2, Şuhut-3, Dinar, Merkez, Bolvadin, Emirdağ popülasyonlarında deltametrin için belirlenen direnç oranlarını sırasıyla 25.86, 36.50, 35.09, 60.11, 77.17, 72.82, 40.07, 9.41, 45.86 ve 56.59 kat olarak bulmuşlardır.

Jiang ve ark. (2011), 2009 ve 2010 yıllarında Çin'in Sincan Uygur Özerk Bölgesi'nin kuzeyinden (Urumqi, Changji, Qitai, Qapqal, Tekes) toplanan *Leptinotarsa decemlineata*'nın 4. dönem larvalarında deltametrin direncine ilişkin bir araştırma yürütmüşlerdir. Piretroit grubu insektisitlerden cyhalothrin için 225.5 kata kadar, deltamethrin için 42.7 kata kadar direnç çıktığını belirlemişlerdir. Erginlerinle yaptıkları çalışmada ise farklı popülasyonlarda cyhalothrin için direnç oranları 14.3-617 kat aralığında olduğu, cypermethrin ve deltamethrin için ise direnç oranlarının sırasıyla 41 ve 232,5 kata kadar çıktığını tespit etmişlerdir.

Sladan ve ark. (2012), Sırbistan'da (Dobanovci, Majur, Malošište, Rečka, Orid, Požarevac, Ruma, Toljevaca ve Vršac) 9 farklı bölgeden toplanılan patates böceği popülasyonu ile yaptıkları çalışmada zararlının ergin dönemindeki cypermethrine direncini topikal aplikasyon yöntemiyle test etmişler ve direnç oranının 1- 60 kat arasında olduğu tespit etmişlerdir.

Jörg ve ark. (2007), piretroitler grubundan lambda-cyhalothrin aktif maddesinin etkinliği 2003 yılında %92 seviyesinde iken ardışık kullanımlar sonucunda direnç gelişmesinden dolayı 2006 yılında %73'e kadar düştüğünü belirlemişlerdir. Erdoğan ve Gürkan (1997), yaptıkları çalışmada *L. decemlineata* erginleri ve 3. dönem larvalarında deltamethrine karşı direnç seviyelerini topikal aplikasyon yöntemi ile test etmişlerdir. Sonuç olarak Bolu, Nevşehir ve Tekirdağ illeri için sırayla 225.92, 58.83, 90.42 kat direnç tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki piretroit grubu insektisitlerden deltamethrine kullanarak yaptığımız denemelerde 6 popülasyonda 7.41-25.91 kat arasında değişen direnç oranları tespit edilmiştir. Belirlenen direnç oranları diğer araştırmalarda belirlenen direnç oranlarıyla kıyaslandığında bir miktar düşük olduğu görülmüştür. Örneklerin alındığı lokasyonlardaki kimyasal mücadele uygulamaları arasındaki farklılıklar direnç oranları arasında ki farklılıkların da nedenini teşkil etmektedir.

Çağırğan (2023) yaptığı çalışmada patates böceğinin 4. dönem larvalarında piretroitler grubundan lambda-chylothrin etken maddesine karşı kontakt toksitesini araştırmış, LD₅₀ değerlerini hassas popülasyonda 0.071 µg larva-1, Çumra ve Karapınar popülasyonlarında 0.212 ve 0.0187 µg larva-1 olarak belirlemiştir. Direnç oranlarını Çumra, Karapınar ve Seydişehir ilçelerinde sırasıyla 2.98, 2.63 ve 2.40 kat olarak tespit etmiştir.

4.1.3. Spinosad'ın *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki etkinliği

Araştırmada hassas popülasyonda spinosadın LC₅₀ değerleri 24, 48, ve 72 saatte sırasıyla 4.738, 2.501, 1.605 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21., 4.22., 4.23.).

Popülasyonların LC₅₀ değerleri incelendiğinde en yüksek LC₅₀ değerlerinin Sandıklı popülasyonunda 24, 48 ve 72 saatte 104.224, 56.777 ve 34.410 mg ai l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21., 4.22., 4.23.). Spinosadın LC₅₀ değerinin en düşük olduğu popülasyon Selçuklu popülasyonudur. Selçuklu popülasyonundaki LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 37.639, 26.615 ve 14.043 mg ai l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.21., 4.22., 4.23.).

Direnç oranlarını incelediğimizde (24 saat maruz bırakma süresinde), zararlının Sandıklı popülasyonunda 22.20 kat, Şuhut popülasyonunda 20.35 kat, Konaklı popülasyonunda 14.82 kat, Çiftlik popülasyonunda 13.54 kat, Çumra popülasyonunda 12.00 kat, Selçuklu popülasyonunda 7.94 kat, olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1.). Direnç

oranları bakımından 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerindeki direnç katsayılarını incelediğimizde düzenli bir artış ya da azalış görülmemiştir.

Çizelge 4.21. Spinosad'a 24 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H _f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	4.738	46.323	1.294±0.210	8.223	16	0.514	-
Sandıklı	180	3.274-6.877	24.555-146.658	1.286±0.210	8.915	16	0.557	22.00
Şuhut	180	104.224	552.683-3225.366	1.091±0.202	7.464	16	0.466	20.35
Konaklı	180	96.404	1439.8	1.275±0.213	10.978	16	0.686	14.82
Çiftlik	180	60.802-147.107	664.84-6828.3	1.408± 0.222	8.356	16	0.522	13.54
Çumra	180	70.211	710.810	1.379±0.213	4.578	16	0.286	12.00
Selçuklu	180	45.000-100.637	398.543-2030.989	1.502±0.223	2.274	16	0.142	7.94
		64.147	521.834					
		42.359-89.534	316.188-1237.053					
		56.863	483.219					
		40.130-80.802	270.262-1333.532					
		37.639	268.601					
		26.212-51.535	166.720-594.411					

a: Birey sayısı,
b: Güven aralığı,
c: Standart hata,
d: ki-kare,
e: Serbestlik derecesi
f: Heterojenite
g: Direnç oranı

Çizelge 4.22. Spinosad'a 48 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H _f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	2.501	33.555	1.136±0.210	13.952	16	0.872	-
Sandıklı	180	1.454-3.732	17.296-123.407	1.225±0.214	7.983	16	0.499	22.70
Şuhut	180	56.777	630.876	1.159±0.216	3.713	16	0.232	16.69
Konaklı	180	33.961-82.914	351.362-1871.87	1.249±0.237	9.628	16	0.602	14.18
Çiftlik	180	41.753	533.106	1.682±0.283	5.693	16	0.356	13.63
Çumra	180	21.667-63.596	294.554-1675.51	1.346±0.230	3.290	16	0.206	11.96
Selçuklu	180	35.475	376.623	1.607±0.253	4.540	16	0.284	10.64
		16.974-55.507	220.086-1027.77					
		34.077	197.024					
		19.996-48.610	132.883-375.810					
		29.907	267.785					
		17.665-44.091	156.863-692.732					
		26.615	166.929					
		16.849-37.480	108.643-337.030					

a: Birey sayısı,
b: Güven aralığı,
c: Standart hata,
d: ki-kare,
e: Serbestlik derecesi
f: Heterojenite
g: Direnç oranı

Çizelge 4.23. Spinosad'a 72 saat maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve RR₅₀ değerleri

Popülasyon	n ^a	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^b	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^c	λ ^{2d}	SD ^e	H ^f	RR ₅₀ ^g
Hassas	180	1.605 0.795-2.484	16.317 9.527-44.630	1.272±0.240	9.679	16	0.605	-
Sandıklı	180	34.410 16.332-53.906	356.495 209.864-957.274	1.262±0.240	9.504	16	0.594	21.44
Şuhut	180	25.375 10.430-41.368	263.766 159.391-672.081	1.260±0.250	4.774	16	0.298	15.81
Konaklı	180	26.067 12.577-39.967	193.613 125.708-406.772	1.472±0.273	3.782	16	0.236	16.24
Çiftlik	180	24.119 12.742-35.244	128.440 88.683-236.341	1.764±0.324	5.470	16	0.342	15.03
Çumra	180	18.313 9.136-28.341	154.324 94.559-363.914	1.384±0.253	3.581	16	0.224	11.41
Selçuklu	180	14.043 7.654-20.321	68.247 46.970-126.969	1.866±0.347	4.549	16	0.284	8.75

^a: Birey sayısı,

^b: Güven aralığı,

^c: Standart hata,

^d: ki-kare,

^e: Serbestlik derecesi

^f: Heterojenite

^g: Direnç oranı

Spinosad uygulamalarında 0.848, 27.12 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında hassas popülasyonda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %36.67-100 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.24.).

Ölüm oranlarının doz artışına bağlı olarak artış gösterdiği fakat maruz bırakma sürelerine göre tespit edilen artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24., 4.25., 4.26., 4.27., 4.28., 4.29., 4.30.).

Çizelge 4.24. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							Süreler Ortalaması
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24 saat		48 saat		72 saat			
0	0.00±0.00	i*	0.00±0.00	i	3.33±1.79	i	1.11±0.60	E**
0.848	20.00±2.15	hi	36.67±2.48	fgh	46.67±2.26	defg	34.44±2.30	D
1.695	30.00±2.15	gh	43.33±2.48	defg	53.33±1.79	cdef	42.22±2.14	CD
3.390	40.00±2.15	efgh	50.00±2.15	defg	60.00±0.00	cde	50.00±1.44	CD
6.780	53.33±1.79	cdef	63.33±1.79	cd	70.00±2.15	c	62.22±1.91	BC
13.56	63.33±1.79	cd	70.00±2.15	c	90.00±2.15	b	74.44±2.03	B
27.12	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	100.00±0.00	a	97.78±0.60	A
Dozlar ortalaması	42.86±1.69	A***	51.90±1.58	A	60.48±1.45	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 20.34-653.088 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Sandıklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-93.33

arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.25.).

Çizelge 4.25. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0.00	0.00±0.00	i*	0.00±0.00	i	3.33±1.79	i	1.11±0.60	E**
20.34	20.00±2.15	hi	30.00±2.15	gh	46.67±1.79	fg	32.22±2.03	D
40.68	30.00±2.15	gh	43.33±1.79	fgh	53.33±1.79	efg	42.22±1.91	CD
81.36	46.67±1.79	fg	60.00±0.00	cdef	66.67±2.85	cde	57.78±1.55	BC
162.72	56.67±1.79	def	70.00±2.15	cde	76.67±1.79	bc	67.78±1.91	B
325.44	63.33±1.79	cdef	73.33±2.26	bcd	86.67±1.79	b	74.44±1.95	B
653.088	93.33±2.26	a	96.67±1.79	a	100.00±0.00	a	96.67±1.35	A
Dozlar ortalaması	44.29±1.71	A***	53.33±1.45	A	61.90±1.69	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 20.34-653.088 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Şuhut popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %23.33-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %36.67-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.26.).

Çizelge 4.26. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Şuhut popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	l*	0.00±0.00	l	3.33±1.79	l	1.11±0.60	E**
20.24	23.33±1.79	k	36.67±1.79	jk	46.67±1.79	ghij	35.56±1.79	D
40.68	40.00±2.15	ijk	53.33±1.79	fghij	66.67±1.79	def	53.33±1.91	CD
81.36	43.33±1.79	hij	60.00±0.00	efgh	73.33±1.79	de	58.89±1.20	BCD
162.72	56.67±2.26	efghi	73.33±1.79	de	80.00±2.15	cd	70.00±2.07	BC
325.44	63.33±1.79	efg	80.00±0.00	cd	90.00±0.00	bc	77.78±0.60	B
653.088	90.00±2.15	b	96.67±1.79	a	100.00±0.00	a	95.56±1.32	A
Dozlar ortalaması	45.24±1.71	A***	57.14±1.03	A	65.71±1.33	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 20.34-653.088 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çiftlik popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-96.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %40-100 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.27.).

Çizelge 4.27. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çiftlik popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0±0.00	i*	3.33±1.79	i	3.33±1.79	i	2.22±1.20	F**
20.34	20±0.00	hi	40±2.15	gh	46.67±1.79	fg	35.56±1.32	E
40.68	46.67±2.26	fg	56.67±1.79	efg	66.67±1.79	def	56.67±1.95	DE
81.36	56.67±1.79	efg	70±0.00	def	83.33±1.79	cd	70.00±1.20	CD
162.72	70±2.15	de	90±2.15	bc	93.33±1.79	b	84.44±2.03	BC
325.44	76.67±2.26	de	93.33±1.79	b	96.67±1.79	ab	88.89±1.95	B
653.088	96.67±1.79	ab	100±0.00	a	100±0.00	a	98.89±0.60	A
Dozlar ortalaması	52.38±1.47	A***	64.76±1.38	A	70.00±1.54	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 20.34-653.088 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Konaklı popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %40-100 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %46.67-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.28.).

Çizelge 4.28. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)						Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	i*	3.33±1.79	i	3.33±1.79	i	2.22±1.20	F**
20.34	20.00±2.15	hi	40.00±0.00	gh	46.67±1.79	fg	35.56±1.32	E
40.68	46.67±2.26	fg	60.00±2.15	defg	63.33±1.79	defg	56.67±2.07	DE
81.36	53.33±1.79	efg	66.67±1.79	def	76.67±1.79	cd	65.56±1.79	CD
162.72	66.67±2.48	def	76.67±1.79	cd	86.67±1.79	bc	76.67±2.02	BC
325.44	73.33±2.48	cde	83.33±2.48	bc	93.33±1.79	b	83.33±2.25	B
653.088	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	100.00±0.00	a	97.78±0.60	A
Dozlar ortalaması	50.48±1.85	A***	61.43±1.43	A	67.14±1.54	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

** : Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 10.17-325.44 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Çumra ve popülasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-90 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-93.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %40-96.67 arasında değişmiştir (Çizelge 4.29.).

Çizelge 4.29. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							Süreler Ortalaması
	Maruz bırakma süresi (saat)							
	24		48		72			
0	0.00±0.00	l*	3.33±1.79	kl	6.67±1.79	kl	3.33±1.20	E**
10.17	20.00±2.15	jk	30.00±0.00	ij	40.00±0.00	ghi	30.00±0.72	DE
20.34	26.67±1.79	ij	43.33±1.79	ghi	56.67±1.79	fg	42.22±1.79	D
40.68	36.67±1.79	hij	56.67±2.26	fg	70.00±2.15	ef	54.44±2.07	CD
81.36	53.33±1.79	gh	73.33±1.79	de	83.33±1.79	cd	70.00±1.79	BC
162.72	73.33±1.79	de	83.33±1.79	cd	90.00±0.00	bc	82.22±1.20	B
325.44	90.00±0.00	bc	93.33±1.79	ab	96.67±1.79	a	93.33±1.20	A
Dozlar ortalaması	42.86±1.33	A***	54.76±1.60	A	63.33±1.33	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Spinosad uygulamalarında 10.17-325.44 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında Selçuklu popülasyonunda 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları %20-93.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresi sonunda %30-96.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresi sonunda %50-100 arasında değişmiştir (Çizelge 4.30.). Çumra ve Selçuklu popülasyonlarında daha düşük konsantrasyonlarda daha yüksek ölüm oranları tespit edilmiştir. Bu duruma paralel olarak aynı ilçelerde direnç katsayılarının da en düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)							
	Maruz bırakma süresi (saat)						Süreler Ortalaması	
	24		48		72			
0	0.00±0.00	k*	3.33±1.79	k	6.67±0.00	k	3.33±0.60	D**
10.17	20.00±0.00	jk	30.00±0.00	ij	50.00±3.06	hi	33.33±1.02	CD
20.34	36.67±1.79	ij	43.33±1.79	hij	63.33±2.15	fgh	47.78±1.91	C
40.68	50.00±0.0	hi	60.00±0.00	gh	73.33±2.15	def	61.11±0.72	BC
81.36	66.67±1.79	efg	80.00±0.00	de	93.33±2.48	b	80.00±1.42	AB
162.72	83.33±1.79	cd	90.00±2.15	bc	100.00±1.79	a	91.11±1.91	A
325.4	93.33±1.79	b	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	96.67±1.20	A
Dozlar ortalaması	50.00±1.03	A***	57.62±1.08	A	69.52±1.66	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çağırğan (2023), yaptığı çalışmada spinosad uygulanmış parsellerde, yeşil aksamın yenme oranının, hasat döneminde maksimum %30 seviyelerinde, lambda-cyhalothrin uygulanmış parsellerde, spinosada kıyasla 2 kat daha fazla gerçekleştiği hatta hasat döneminde %70 seviyelerine ulaştığını bildirmiştir.

Erzurum'da patates böceğinin 2. ve 4. dönem larvaları ile ergin bireylerin spinosada karşı gösterdikleri direnç ile ilgili yapılan çalışmada, gelişme dönemi ilerledikçe daha dirençli olduğunu, zararlının insektisit hassasiyetinin en yüksek genç larvalarda olduğunu, olgun larvalarda azalma gösterdiğini, erginlerde ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar koşullarında spinosad uygulamasından 72 saat sonra, 2.dönem larvalarda %93.3, 4.dönem larva ve erginlerde %50 etkinlik gösterdiği aynı çalışmada tespit edilmiştir (Sayıncı ve ark., 2013).

Rusya'da yapılan bir çalışmada spinosadın etkinlik düzeyleri yaprak daldırma yöntemi ile test edilmiştir. Araştırmada patates böceğinin 1., 2., 3. ve 4. dönem larvaları kullanılmış, uygulamadan 3 gün sonra larva dönemlerindeki etkinlik düzeyleri %86.67, %84.44, %73.33 ve %57.78 iken 7. günde sırasıyla %100.00, %100.00, %100.00 ve %95.56'ya kadar çıktığı bildirilmiştir (Osman, 2010). Önceki çalışmalarda spinosadın etki mekanizmasının hem besin yoluyla hem de kontakt olduğu (Kowalska, 2010), ilaçlamadan 4-5 saat kadar sonra etkisinin görülmeye başlandığı (Azimi ve ark., 2009) ve 20 gün süreyle yüksek koruma sağladığı (Igrc ve ark., 1999) bildirilmiştir.

Bažok ve ark. (2021), 3.dönem larvalarda spinosadın tarla koşullarındaki etkinliğini 2. günde %98.74, 7.günde %90.16 ve 14.günde %72.98 olarak bildirmişlerdir. Mota-Sanchez ve ark. (2006), 2003 yılında, Long Island, New York, ABD'den toplanan patates böceği erginlerinde, topikal aplikasyon yöntemi kullanılarak yapılan araştırmada spinosad'a karşı düşük oranlarda (8 ila 10 kat) direnç bulmuşlardır. Schnaars-Uvino ve Baker (2021) 2006 yılında Long Island'ın güneyindeki Water Mill (New York-Amerika)'den toplanılan 4 farklı popülasyondan patates böceği larvalarında spinosad direncini topikal aplikasyon yöntemiyle test etmişler ve spinosada karşı 17.5-40.6 kat arasında değişen oranlarda direnç olduğunu tespit etmişlerdir. Klein (2019), Long Island (Amerika)'da patates böceğinin 2. dönem larvalarında spinosad direncini topikal aplikasyon metodu ile araştırdığı çalışmada, 4 farklı popülasyon ile bir laboratuvar hassas popülasyonu ve birde organik tarım alanlarından aldığı hassas tarla popülasyonunu karşılaştırmıştır. Laboratuvardan elde edilen hassas popülasyonla karşılaştırmada 213.33, 156.46, 138.37, 5.99 kat olan direnç oranları, hassas tarla popülasyonu ile karşılaştırıldığında sırasıyla 52.4, 38.43, 33.99, 1.47 kat olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları dikkate alındığında, direnç çalışmalarında laboratuvar hassas popülasyonu kullanıldığında aynı lokasyonlardaki direnç oranları yüksek, araziden toplanan hassas popülasyon kullanıldığında direnç oranları düşük çıkmıştır. Çalışmamızda spinosada karşı patates böceği larvalarında Afyonkarahisar, Niğde ve

Konya patates ekim alanlarındaki 6 lokasyondan toplanan patates böceği 3-4. dönem larvalarında 24, 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde 7.94-22.70 arasında değişen direnç oranları tespit edilmiştir.

Niğde, Afyonkarahisar ve Konya patates ekim alanlarındaki 6 lokasyondan toplanan patates böceğinin 3 insektisite karşı geliştirmiş olduğu direnç dikkate alındığında en yüksek direncin acetamipridte olduğu, deltamethrin ve spinosada karşı ise daha düşük düzeylerde direnç geliştirdiği tespit edilmiştir.

4.2. Diatom Toprağının Sinerjistik Etkinliğinin Belirlenmesi

4.2.1. Acetamiprid + diatom toprağının sinerjistik etkinliğinin belirlenmesi

Araştırmada hassas popülasyonda acetamipridin LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 1.507, 0.856, 0.461 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Hassas popülasyonda Acetamiprid + diatom toprağı uygulamasında ise acetamipridin LC₅₀ değerlerinin düştüğü, 24, 48 ve 72 saatte, 0.767, 0.509, 0.331 mg ai l⁻¹ olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Sinerjizm oranları 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 1.96, 1.68, 1.39 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.31. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	1.507 1.045-2.280	15.811 7.820-58.803	1.255±0.209	13.212	0.826	
	48	180	0.856 0.548-1.258	10.351 5.305-37.017	1.184±0.207	7.241	0.453	
	72	180	0.461 0.217-0.736	6.253 3.300-22.628	1.132±0.225	10.065	0.629	
acetamiprid +diatom	24	180	0.767 0.400-3.164	8.580 2.412-1354.542	1.222±0.387	2.240	0.172	1.96
	48	180	0.509 0.243-1.412	5.511 1.782-350.336	1.239±0.382	3.745	0.288	1.68
	72	180	0.331 0.096-0.682	2.605 1.078-99.701	1.430±0.485	1.194	0.092	1.39

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Acetamiprid uygulamalarında en yüksek direncin görüldüğü Sandıklı popülasyonunda 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 111.964, 68.804, 29.080 mg ai l⁻¹ olan LC₅₀

değerleri, acetamiprid + diatom uygulamasında 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 34.933, 22.892, 15.668 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sandıklı popülasyonunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 3.21, 3.01, 1.86 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	111.964 73.563-177.976	902.56 449.27-3699.4	1.414±0.216	21.131	1.3207	
	48	180	68.804 44.529-100.427	789.629 412.055-2690.873	1.209±0.209	15.250	0.953	
	72	180	29.080 13.535-45.951	323.648 186.823-916.735	1.225±0.236	5.001	0.313	
acetamiprid +diatom	24	180	34.933 22.302-62.516	256.775 116.509-1721.067	1.479±0.335	2.215	0.170	3.21
	48	180	22.892 13.744-37.167	166.541 83.117-803.228	1.487±0.327	3.020	0.232	3.01
	72	180	15.668 7.896-25.407	107.926 57.463-441.908	1.529±0.351	5.082	0.391	1.86

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Konaklı popülasyonunda acetamipridin LC₅₀ değerleri 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 81.977, 38.609, 23.708 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Konaklı popülasyonunda Acetamiprid + diatom toprağı uygulamasında ise acetamipridin LC₅₀ değerlerinin düştüğü, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 15.795, 10.870, 7.951 mg ai l⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Sinerjizm oranları 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 5.19, 3.55, 2.98 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	81.977 55.312-118.474	840.938 448.475-2658.656	1.268±0.210	10.058	0.629	
	48	180	38.609 21.768-57.238	338.435 204.387-822.991	1.359±0.235	8.917	0.557	
	72	180	23.708 12.502-35.175	156.051 103.523-310.266	1.566±0.279	4.181	0.261	
acetamiprid+ diatom	24	180	15.795 9.098-33.336	191.38 68.274-3510.9	1.183±0.303	3.121	0.240	5.19
	48	180	10.870 6.270-18.090	89.051 42.421-512.320	1.403±0.320	2.625	0.202	3.55
	72	180	7.951 3.385-13.942	60.286 29.724-344.178	1.457±0.369	4.413	0.339	2.98

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Çumra popülasyonunda acetamipridin LC₅₀ değerleri 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 38.062, 27.318, 18.125 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Çumra popülasyonunda Acetamiprid + diatom toprağı uygulamasında ise acetamipridin LC₅₀ değerlerinin düştüğü, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 14.659, 9.922, 0.331 mg ai l⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Sinerjizm oranları 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 2.60, 2.75, 2.52 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	38.062 26.783-52.654	289.859 172.968-696.592	1.454±0.219	6.193	0.387	
	48	180	27.318 17.203-39.101	203.882 124.896-470.886	1.468± 0.238	7.567	0.473	
	72	180	18.125 9.762-27.302	136.851 84.942-311.992	1.460±0.259	4.995	0.312	
acetamiprid +diatom	24	180	14.659 7.570- 30.976	173.122 62.117-4100.223	1.195 ± 0.330	3.043	0.234	2.60
	48	180	9.922 4.611-18.330	107.85 44.444-1327.2	1.237 ± 0.329	3.781	0.291	2.75
	72	180	7.203 1.871-14.806	84.324 33.384-1869.583	1.199 ± 0.369	4.482	0.345	2.52

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Selçuklu popülasyonunda acetamipridin LC₅₀ değerleri 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 47.409, 29.324, 16.733 mg ai l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Selçuklu popülasyonunda Acetamiprid + diatom toprağı uygulamasında ise acetamipridin LC₅₀ değerlerinin düştüğü, 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 12.757, 9.550, 5.985 mg ai l⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Sinerjizm oranları 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 3.72, 3.07, 2.80 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve diatom (%2 w/v)+acetamiprid'e maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	47.409 34.046-66.186	357.217 208.138-896.950	1.461±0.218	5.841	0.365	
	48	180	29.324 17.668-43.191	253.969 147.057-676.845	1.367±0.235	6.962	0.435	
	72	180	16.733 9.020-25.065	117.344 74.457-254.388	1.515±0.268	2.618	0.164	
acetamiprid +diatom	24	180	12.757 6.766-25.269	152.16 57.049-2480.7	1.190±0.311	4.683	0.360	3.72
	48	180	9.550 3.258-20.942	155.96 50.642-10055.	1.057±0.329	1.505	0.116	3.07
	72	180	5.985 1.360-11.261	44.686 22.215-338.440	1.468±0.444	2.135	0.164	2.80

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Farklı insektisit uygulamalarının larvalardaki, 24,48,72 ve 96 saat maruz bırakma süresi sonundaki etkinlik değerleri incelendiğinde tüm insektisitlerin ortalama etkinliklerinin zamana bağlı olarak 4. gün maksimum düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Leptinotarsa decemlineata'nın hassas popülasyonunda acetamipridin+diatom uygulamalarında 0.530-0.848 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %13.33-53.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde %20-63.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde %36.67-80, 96 saat maruz bırakma süresinde %40-86.67 arasında değişmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında doz artışına ve maruz bırakma süresinin uzamasına bağlı olarak larva ölüm oranlarındaki artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.).

Çizelge 4.36. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyo nlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	n*	16.67±1.79	mn	26.67±2.26	jklm	40.00±2.59	ghij	23.33±1.66	D**
0.530	13.33±1.79	mn	20.00±0.00	lmn	36.67±1.79	hijk	50.00±2.15	fgh	30.00±1.44	CD
0.106	23.33±1.79	klmn	33.33±1.79	ijkl	43.33±1.79	fghi	56.67±1.79	def	39.17±1.79	BCD
0.212	33.33±1.79	ijkl	46.67±1.79	fghi	56.67±1.79	def	66.67±1.79	cd	50.83±1.79	BC
0.424	46.67±1.79	fghi	56.67±2.26	def	66.67±1.79	cd	73.33±1.79	bc	60.83±1.91	AB
0.848	53.33±1.79	efg	63.33±2.26	cde	80.00±0.00	ab	86.67±1.79	a	70.83±1.46	A
Dozlar ortalaması	25.71±1.49	B***	33.81±1.65	AB	44.29±1.57	AB	53.33±1.99	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

Sandıklı popülasyonunda acetamipridin+diatom uygulamalarında 2.119-33.9 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %10-63.33 arasında, 48 saatte %16.67-73.33 arasında, 72 saatte %26.67-86.66 ve 96 saatte %40-96.67 arasında değişmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında doz artışına bağlı olarak larva ölüm oranlarındaki artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olduğu fakat maruz bırakma süresinin artışına bağlı olarak ölüm oranlarındaki artışın önemli düzeyde olmadığı (p<0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.37.).

Çizelge 4.37. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	6.67±1.79	l*	10.00±0.00	kl	16.67±1.79	jkl	26.67±1.79	jkl	15.00±1.35	D**
2.119	10.00±0.00	kl	16.67±1.79	jkl	26.67±1.79	jkl	40.00±0.00	hij	23.33±0.90	D
4.238	23.33±1.79	jkl	33.33±1.79	ijk	50.00±2.15	ghi	66.67±1.79	defg	43.33±1.88	CD
8.475	40.00±0.00	hij	53.33±1.79	fghi	63.33±2.26	defg	76.67±2.48	cd	58.33±1.63	BC
16.95	56.67±1.79	efgh	66.67±1.79	defg	70.00±2.15	def	86.67±2.48	b	70.00±2.06	AB
33.9	63.33±1.79	defg	73.33±1.79	de	86.67±1.79	bc	96.67±1.79	a	80.00±1.79	A
Dozlar ortalaması	28.57±1.20	A***	36.19±1.49	A	44.76±1.99	A	56.19±1.72	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Konaklı popülasyonunda acetamipridin+diatom uygulamalarında 2.119-33.9 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %16.67-63.33 arasında, 48 saatte %20-73.33 arasında, 72 saatte %30-86.66 ve 96 saatte %43.33-100 arasında değişmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında doz artışına ve maruz bırakma süresinin uzamasına bağlı olarak larva ölüm oranlarındaki artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.38.).

Çizelge 4.38. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	6.67±1.79	j*	10.00±0.00	j	23.33±1.79	ij	33.33±1.79	ghi	18.33±1.35	C**
2.119	16.67±1.79	ij	20.00±0.00	ij	30.00±0.00	hi	43.33±1.79	fgh	27.50±0.90	C
4.238	30.00±2.15	hi	33.33±1.79	ghi	56.67±1.79	ef	73.33±2.26	d	48.33±2.00	BC
8.475	46.67±1.79	fg	56.67±1.79	ef	66.67±1.79	de	83.33±1.79	c	63.33±1.79	AB
16.95	56.67±1.79	ef	66.67±1.79	de	70.00±2.15	d	93.33±1.79	b	71.67±1.88	AB
33.9	63.33±1.79	de	73.33±1.79	d	86.67±1.79	c	100.00±0.00	a	80.83±1.35	A
Dozlar ortalaması	31.43±1.85	B***	37.14±1.20	AB	47.62±1.56	AB	60.95±1.57	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çumra popülasyonunda acetamipridin+diatom uygulamalarında 2.119-33.9 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %23.33-70 arasında, 48 saatte %30-76.66 arasında, 72 saatte %43.33-83.33 ve 96 saatte %63.33-100 arasında değişmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında doz artışına ve maruz bırakma süresinin uzamasına bağlı olarak larva ölüm oranlarındaki artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.39.).

Çizelge 4.39. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	k*	13.33±1.79	jk	26.67±1.79	hijk	46.67±1.79	efg	24.17±1.35	D**
2.119	23.33±1.79	ijk	30.00±2.15	ghijk	43.33±1.79	fgh	63.33±1.79	cde	40.00±1.88	CD
4.238	33.33±1.79	ghij	40.00±2.15	fghi	56.67±1.79	def	76.67±1.79	bc	51.67±1.88	BCD
8.475	46.67±1.79	efg	56.67±1.79	def	66.67±1.79	cd	86.67±1.79	b	64.17±1.79	ABC
16.95	56.67±2.26	def	66.67±2.26	cd	76.67±2.26	bc	96.67±1.79	a	74.17±2.14	AB
33.9	70.00±2.15	cd	76.67±1.79	bc	83.33±2.26	b	100.00±0.00	a	82.50±1.55	A
Dozlar ortalaması	34.29±1.63	B***	40.48±1.99	B	50.48±1.95	AB	67.14±1.49	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Selçuklu popülasyonunda acetamiprid+diatom uygulamalarında 2.119-33.9 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %30-70 arasında, 48 saatte %36.67-76.67 arasında, 72 saatte %53.33-93.33 ve 96 saatte %66.67-100 arasında değişmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında doz artışına ve maruz bırakma süresinin uzamasına bağlı olarak larva ölüm oranlarındaki artışın istatistiki olarak önemli düzeyde olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.40.).

Çizelge 4.40. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Larva Ölüm Oranı (%±SH)										
Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)		Maruz bırakma süresi (saat)							Süreler Ortalaması	
		24	48	72	96					
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	m*	16.67±1.79	lm	30.00±0.00	jkl	43.33±1.79	ghij	25.00±0.90	D**
2.119	20.00±2.15	klm	36.67±1.79	ijk	53.33±1.79	fghi	66.67±1.79	def	44.17±1.88	CD
4.238	40.00±2.15	hij	46.67±1.79	ghij	56.67±1.79	efgh	76.67±1.79	cd	55.00±1.88	BCD
8.475	50.00±2.15	ghi	56.67±1.79	efgh	70.00±0.00	de	86.67±1.79	c	65.83±1.44	ABC
16.95	60.00±0.00	efg	66.67±1.79	def	80.00±0.00	cd	96.67±1.79	ab	75.83±0.90	AB
33.9	70.00±2.15	de	76.67±1.79	cd	93.33±1.79	b	100.00±0.00	a	85.00±1.44	A
Dozlar ortalaması	35.71±1.44	B***	42.86±1.79	B	54.76±0.90	AB	67.14±1.49	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çağırğan (2023), 4. dönem patates böceği larvalarını kullandığı çalışmada, imidacloprid diatom toprağı karışımı uygulamasında imidacloprid'in LD₅₀ değerinin 24 saat sonunda 0.354 µg larva⁻¹, 48, 72 ve 96saat sonunda ise sırayla, 0.231, 0.223 ve 0.214 µg larva⁻¹ düzeyinde olduğunu belirlemiştir. Ayrıca sinerji oranının 24 saat sonunda 1.28 iken, 48 saat sonunda 1.93 olarak maksimum seviyeye ulaştığını, 72 ve 96 saat sonra ise 1.79 ve 1.80 düzeyinde olduğunu belirlemiştir. Çağırğan (2023) yaptığı çalışmada, imidacloprid ve imidacloprid + diatom toprağı uygulamalarında 24 saat sonundaki ölüm oranları birbirine yakın değerler olup sırasıyla %48.54 ve 53.88 düzeyinde bulmuştur.

Bununla birlikte diatomun uygulanmasıyla düşük dozlarda daha yüksek ölüm oranı belirlenmiştir.

Zhao ve ark. (2000) imidacloprid ile beraber DEF kullandıklarında hassas larvalarda DEF sinerjistik veya antagonistik bir etki olmadığını, hassas erginlerde ise antagonistik etki olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca imidacloprid+PBO kullanımıyla hassas ergin ve larvalarda sırasıyla 1.1 ve 1.3 oranında sinerjizm olduğunu bildirmişlerdir.

Patates böceğinin mücadelesinde sinerjistik maddelerin kullanıldığı önceki çalışmalarda ağırlıklı olarak direnç mekanizmalarında rol oynayan enzimlerin inhibitörleri denenmiştir. Jiang ve ark. (2011), farklı popülasyonlara ait patates böceği erginlerinde cyhalothrin ve carbofuran etken maddeleri ile PBO, DEM ve TPP (triphenyl phosphate) kullandıklarında maksimum sinerjizm oranlarını inhibitörler için sırasıyla 5.7, 2.9, 5.3 olduğunu, ancak bazı popülasyonlarda antagonist etkileşim bulunduğunu belirtmişlerdir.

4.2.2. Deltamethrin + Diatom toprağının *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki etkinliği

Leptinotarsa decemlineata hassas popülasyonunda deltamethrin uygulamasında LC₅₀ değerleri, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 1.105, 0.470, 0.280 mg ai l⁻¹ iken, deltamethrin + diatom uygulamasında elde edilen deltamethrinin LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 0.246, 0.186, 0.134 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sinerjizm oranları ise 24, 48 ve 72 saatte 4.49, 2.53, 2.09 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	1.105	11.595	1.255±0.210	12.144	0.759	
			0.768-1.713	5.593-45.486				
			0.470	7.662				
	48	180	0.274-0.718	3.578-36.947	1.057±0.204	12.372	0.773	
			0.280	2.190				
			0.158-0.413	1.362-5.012				
deltamethrin +diatom	24	180	0.246	2.939	1.189±0.325	4.221	0.325	4.49
			0.130-0.540	1.030-72.267				
			0.186	2.217				
	48	180	0.082-0.390	0.812-52.505	1.192±0.340	3.971	0.305	2.53
			0.134	1.189				
			0.046-0.257	0.523-13.047				

^a: Saat,

^b: birey sayısı,

^c: Güven aralığı,

^d: Standart hata,

^e: ki-kare,

^f: Heterojenite,

^g: Sinerjizm oranı

Deltamethrin uygulamasında en yüksek LC₅₀ değerleri Sandıklı popülasyonunda 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 21.035, 12.177, 4.492 mg ai l⁻¹ olarak bulunmuş, deltamethrin + diatom toprağı uygulamasında ise deltamethrinin LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 5.624, 3.996, 3.192 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Deltamethrin + diatom uygulamasında sinerjizm oranları 3.74, 3.05, 1.41 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	21.035 14.097-32.557	272.078 125.606-1236.566	1.153±0.205	5.303	0.331	
	48	180	12.177 6.754-19.442	268.771 109.155-2029.970	0.954±0.199	9.012	0.563	
	72	180	4.492 1.442-7.951	87.386 43.420-417.981	0.994±0.224	10.535	0.658	
deltamethrin +diatom	24	180	5.624 3.367-10.220	49.282 21.137-436.642	1.360±0.328	2.679	0.206	3.74
	48	180	3.996 2.213-6.584	30.713 15.029-173.061	1.447±0.341	4.811	0.370	3.05
	72	180	3.192 1.247-5.257	17.050 9.633-70.553	1.761±0.474	4.716	0.363	1.41

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Konaklı popülasyonunda deltamethrin uygulamasında LC₅₀ değerleri, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 11.982, 6.288, 4.188 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Deltamethrin + diatom uygulamasında elde edilen deltamethrinin LC₅₀ değerleri ise 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 2.797, 1.881, 1.295 mg ai l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sinerjizm oranları ise 24,48 ve 72 saatte 4.28, 3.34, 3.23 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	11.982 7.206-18.044	176.011 85.359-748.334	1.098±0.204	11.482	0.718	
	48	180	6.288 3.243-9.624	63.455 37.326-167.030	1.277±0.232	4.536	0.283	
	72	180	4.188 2.028-6.422	31.882 20.585-67.837	1.454±0.269	7.104	0.444	
deltamethrin +diatom	24	180	2.797 1.612-5.349	28.078 11.197-350.413	1.279±0.324	3.379	0.260	4.28
	48	180	1.881 1.006-3.067	14.091 7.045-76.405	1.466±0.351	4.318	0.332	3.34
	72	180	1.295 0.443-2.190	7.545 4.217-31.891	1.674±0.456	2.468	0.190	3.23

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı.

Çumra popülasyonunda deltamethrin uygulamasında LC₅₀ değerleri, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 8.183, 4.531, 2.382 mg ai l⁻¹ iken, deltamethrin + diatom uygulamasında elde edilen deltamethrinin LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 3.316, 2.173, 1.243 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sinerjizm oranları ise 24,48 ve 72 saatte 2.47, 2.09, 1.92 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	8.183 5.729-11.566	69.898 39.476-189.835	1.376±0.214	5.051	0.316	
	48	180	4.531 2.394-7.046	57.145 29.945-202.741	1.164±0.221	6.118	0.382	
	72	180	2.382 0.947-3.972	27.423 15.651-80.975	1.208±0.247	7.407	0.463	
deltamethrin +diatom	24	180	3.316 1.759-7.514	36.230 12.771-1003.22	1.234±0.347	1.909	0.147	2.47
	48	180	2.173 1.052-4.183	23.641 9.356-346.766	1.236±0.332	2.980	0.229	2.09
	72	180	1.243 0.366-2.383	11.921 5.325-124.465	1.305±0.376	2.889	0.222	1.92

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Selçuklu popülasyonunda deltamethrin uygulamasında LC₅₀ değerleri, 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 8.945, 5.290, 2.264 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Deltamethrin + diatom uygulamasında elde edilen deltamethrinin LC₅₀ değerleri ise 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 2.884, 1.850, 1.115 mg ai l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sinerjizm oranları ise 24,48 ve 72 saatte 3.10, 2.82, 2.03 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve diatom (%2 w/v)+deltamethrin'e maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	8.945 6.249-12.823	80.990 44.268-237.317	1.339±0.212	3.571	0.223	
	48	180	5.209 3.168-7.604	42.690 25.324-106.983	1.403±0.237	4.262	0.266	
	72	180	2.264 1.124-3.443	14.743 9.631-30.343	1.575±0.294	4.060	0.254	
deltamethrin +diatom	24	180	2.884 1.498-6.569	38.128 12.705-1202.26	1.143±0.318	2.827	0.217	3.10
	48	180	1.850 0.706-3.839	25.373 9.030-805.951	1.127±0.334	1.621	0.125	2.82
	72	180	1.115 0.260-2.178	10.155 4.639-107.832	1.336±0.402	2.950	0.227	2.03

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Hassas popülasyonda deltamethrin +diatom uygulamalarında 0.033-0.530 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-66.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-73.33 arasında, 72 maruz bırakma süresinde ölüm oranları %36.67-83.33, 96 saat sonunda %50-96.67 arasında değişmiştir. Deltamethrin +diatom uygulamasında ölüm oranlarının doza ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.46.).

Çizelge 4.46. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24	48	72	96						
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	l*	16.67±1.79	kl	26.67±2.26	ijkl	40.00±2.59	ghijk	23.33±1.66	C**
0.033	20.00±0.00	jkl	26.67±2.26	ijkl	36.67±1.79	hijk	50.00±2.15	efghi	33.33±1.55	C
0.066	33.33±1.79	hijkl	43.33±1.79	ghij	53.33±1.79	defgh	70.00±0.00	cde	50.00±1.35	BC
0.132	46.67±2.26	fghi	56.67±2.26	defgh	66.67±2.48	cdef	83.33±1.79	bc	63.33±2.20	AB
0.265	56.67±1.79	defgh	63.33±1.79	defg	73.33±2.26	cd	90.00±2.15	ab	70.83±2.00	AB
0.530	66.67±2.48	cdef	73.33±1.79	cd	83.33±2.26	bc	96.67±1.79	a	80.00±2.08	A
Dozlar ortalaması	33.33±1.39	B***	40.00±1.95	AB	48.57±2.14	AB	61.43±1.75	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Sandıklı popülasyonunda deltamethrin+diatom uygulamalarında 0.397-6.356 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %16.67-70 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %23.33-83.30 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %36.67-90 ve 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %50-96.67 arasında değişmiştir. Deltamethrin+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doza ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.47.).

Çizelge 4.47. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	6.67±1.79	k*	10.00±0.00	k	23.33±1.79	ijk	36.67±1.79	ghij	19.17±1.35	D**
0.397	16.67±1.79	jk	23.33±1.79	ijk	36.67±1.79	ghij	50.00±2.15	efgh	31.67±1.88	CD
0.795	30.00±2.15	hijk	36.67±2.48	ghij	46.67±2.48	fghi	63.33±2.48	bcdef	44.17±2.40	CD
1.589	40.00±2.15	ghij	50.00±2.15	efgh	60.00±0.00	cdefg	73.33±2.26	bcd	55.83±1.64	BC
3.178	56.67±1.79	defg	63.33±1.79	bcdef	76.67±1.79	bc	93.33±1.79	a	72.50±1.79	AB
6.356	70.00±0.00	bcde	80.00±2.15	b	90.00±2.15	a	96.67±1.79	a	84.17±1.53	A
Dozlar ortalaması	31.43±1.62	B***	37.62±1.73	AB	47.62±1.67	AB	59.05±2.05	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Konaklı popülasyonunda deltamethrin+diatom uygulamalarında 0.397-6.356 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-70 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-83.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %43.33-93.33 ve 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %60-96.67 arasında değişmiştir. Deltamethrin +diatom uygulamasında ölüm oranlarının doza ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.48.).

Çizelge 4.48. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)		Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
		Maruz bırakma süresi (saat)									
		24	48	72	96						
(Diatom %2 w/v)	6.67±1.79	m*	10.00±0.00	lm	23.33±1.79	jklm	36.67±1.79	ijk	19.17±1.35	D**	
0.397	20.00±2.15	klm	26.67±1.79	jklm	43.33±1.79	ghij	60.00±0.00	defg	37.50±1.44	CD	
0.795	30.00±2.15	jkl	36.67±2.48	ijk	53.33±1.79	efghi	73.33±1.79	bcd	48.33±2.06	BCD	
1.589	40.00±2.15	hijk	50.00±2.15	fghi	60.00±0.00	defg	80.00±0.00	bc	57.50±1.08	BC	
3.178	56.67±1.79	efgh	63.33±1.79	def	80.00±0.00	bc	93.33±1.79	a	73.33±1.35	AB	
6.356	70.00±0.00	cde	83.33±1.79	b	93.33±1.79	a	96.67±1.79	a	85.83±1.35	A	
Dozlar ortalaması	31.90±1.68	B***	38.57±1.67	AB	50.48±1.20	AB	62.86±1.20	A			

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 **: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 ***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çumra popülasyonunda deltamethrin+diatom uygulamalarında 0.397-6.356 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-66.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-73.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %73.33-86.67 ve 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %60-100 arasında değişmiştir. Deltamethrin+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doza ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.49.).

Çizelge 4.49. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	l*	13.33±1.79	kl	26.67±1.79	ijkl	40.00±0.00	hi	22.50±0.90	D**
0.397	20.00±0.00	jkl	26.67±1.79	ijkl	43.33±1.79	ghi	60.00±2.15	def	37.50±1.44	CD
0.795	30.00±2.15	ijk	36.67±2.26	ij	56.67±1.79	efg	73.33±1.79	cd	49.17±2.00	BCD
1.589	43.33±1.79	ghi	56.67±1.79	efg	70.00±0.00	cde	86.67±1.79	b	64.17±1.35	ABC
3.178	53.33±1.79	fgh	63.33±1.79	def	76.67±2.26	bc	96.67±1.79	a	72.50±1.91	AB
6.356	66.67±1.79	cdef	73.33±1.79	cd	86.67±1.79	b	100.00±0.0	a	81.67±1.35	A
Dozlar ortalaması	31.90±1.26	B***	38.57±1.87	B	51.43±1.57	AB	65.24±1.26	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 **: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 ***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Selçuklu popülasyonunda deltamethrin+diatom uygulamalarında 0.397-6.356 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-66.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %33.33-76.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %50-90 ve 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %66.67-100 arasında değişmiştir. Deltamethrin +diatom uygulamasında ölüm oranlarının doza ve zamana bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.50.).

Çizelge 4.50. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)		Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Günler Ortalaması (±SH)	
		Maruz bırakma süresi (saat)									
		24	48	72	96						
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	k*	16.67±1.79	jk	30.00±0.00	hij	43.33±1.79	fgh	25.00±0.90	D**	
0.397	20.00±2.15	ijk	33.33±1.79	ghij	50.00±0.00	fg	66.67±1.79	de	42.50±1.44	CD	
0.795	36.67±1.79	ghi	46.67±1.79	fgh	60.00±2.15	ef	76.67±1.79	cd	55.00±1.88	BCD	
1.589	46.67±1.79	fgh	56.67±1.79	ef	70.00±0.00	de	86.67±1.79	bc	65.00±1.35	ABC	
3.178	56.67±1.79	ef	66.67±1.79	de	80.00±0.00	cd	96.67±1.79	a	75.00±1.35	AB	
6.356	66.67±1.79	de	76.67±1.79	cd	90.00±2.15	b	100.00±0.0	a	83.33±1.44	A	
Dozlar ortalaması	33.81±1.56	B***	42.38±1.79	B	54.29±0.72	AB	67.14±1.49	A			

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Başkaya (2020), *Callosobruchus maculatus* erginlerine cypermethrin uygulamasından 72 saat sonra %52 olan ortalama ölüm oranının cypermethrin aktif maddesine (%0.4 w/v) diatom ilavesi ile %68 düzeyine çıktığını belirlemişlerdir. 48, 72 ve 96 saat sonra sırasıyla 2.6, 4 ve 3.3 oranlarında sinerjizm tespit etmiştir. Benzer şekilde *Tetranychus urticae* spiromesifen ve spiromesifen+(%0.4 w/v) diatom toprağı uygulamalarından 24 saat sonra ortalama ölüm oranları sırasıyla %39 ve %45 olarak belirlenmiştir. Diatom toprağının etkinliği, materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, dozuna, böceğin türüne, yaşam evresine, uygulama metoduna, sıcaklığa göre değişmekle birlikte (Losic ve Korunic, 2017) zararlılarda insektisidal etkinin yanı sıra repellent etkisinin de olduğu (Bayram, 2018) bildirilmiştir.

Ceruti ve Lazzari, (2005) yaptıkları araştırmada, depolanmış mısırdaki *Sitophilus zeamais*'i kontrol etmek için toz deltametrin ile farklı dozlardaki diatom toprağının etkinliğini değerlendirmişlerdir (500, 750 ve 1000 g/t dozlarındaki diatom toprağı; 0,5 g a.i. /t ve 1,0 g a.i. /t'de dozlarındaki toz deltametrin ve en düşük ve en yüksek diatom toprağı dozlarının iki doz deltametrin ile kombinasyonları). Ölüm oranları 1. günden 28. güne kadar değerlendirilmiştir. Diatom toprağının düşük dozunun toz deltametrin ile birlikte kullanıldığı uygulamaların, depolanmış mısırdaki *S. zeamais*'e karşı etkili bir

kontrol için önlemleri olduğunu ve aktif bileşen kalıntısının da bu sayede çok daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Almasi ve ark. (2013) çalışmalarında diatom toprağı (900g/kg) +deltamethrin (1gr a i/kg) ile karışımını *Sitophilus oryzae* mücadelesinde uygulamışlardır. En yüksek konsantrasyonda (Deltamethrin 150 ppm) 14. gün sonunda *S. oryzae* üzerinde %100 ölüm meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Gökçe ve ark. (2018), 3.dönem larvalarda deltamethrin ile birlikte polyolefin kullanımı sonucu 30-50 dakika gibi kısa bir sürede deltamethrine hassas popülasyonun %100, dirençli popülasyonunda ise %80 oranında ölüm gerçekleştiğini ve beslenme süresinin azaldığını tespit etmişlerdir.

4.2.3. Spinosad + diatom toprağının *Leptinotarsa decemlineata* larvalarındaki etkinliği

Araştırmada hassas popülasyonda spinosad uygulamasında elde edilen LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 4.738, 2.501, 1.605 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiş olup, Spinosad + diatom toprağı uygulamasında tespit edilen spinosadın LC₅₀ değerleri ise 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 0.968, 0.627, 0.490 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Spinosad+diatom toprağı uygulamasının sonucunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 4.89, 3.99, 3.26 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.51. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	4.738 3.274-6.877	46.323 24.555-146.658	1.294±0.210	8.223	0.514	
	48	180	2.501 1.454-3.732	33.555 17.296-123.407	1.136±0.210	13.952	0.872	
	72	180	1.605 0.795-2.484	16.317 9.527-44.630	1.272±0.240	9.679	0.605	
spinosad +diatom	24	180	0.968 0.479-1.821	13.193 4.977-212.909	1.130±0.296	5.554	0.427	4.89
	48	180	0.627 0.286-1.036	4.953 2.581-22.042	1.427±0.336	11.500	0.885	3.99
	72	180	0.490 0.156-0.883	3.983 2.028-20.731	1.408±0.371	10.271	0.790	3.26

^a: Saat,

^b: birey sayısı,

^c: Güven aralığı,

^d: Standart hata,

^e: ki-kare,

^f: Heterojenite,

^g: Sinerjizm oranı

Spinosad uygulamasında en yüksek direncin görüldüğü, Sandıklı popülasyonunda LC₅₀ değerlerinin 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 104.224, 56.777, 34.410 mg ai l⁻¹ olduğu

belirlenmiştir. Spinosad + diatom toprağı uygulamasında tespit edilen spinosadın LC₅₀ değerleri ise 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 35.846, 30.715, 18.764 mg ai l⁻¹ olarak önemli oranda düştüğü belirlenmiştir. Spinosad+diatom toprağı uygulamasının sonucunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 2.91, 1.85, 1.83 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.52. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Sandıklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	104.224 71.255-150.526	1033.656 552.683-3225.366	1.286±0.210	8.915	0.557	
	48	180	56.777 33.961-82.914	630.876 351.362-1871.872	1.225±0.214	7.983	0.499	
	72	180	34.410 16.332-53.906	356.495 209.864-957.274	1.262±0.240	9.504	0.594	
spinosad +diatom	24	180	35.846 19.909-66.783	308.26 130.88-3291.0	1.371±0.354	2.342	0.180	2.91
	48	180	30.715 14.290-61.686	333.482 127.393-6832.078	1.237±0.351	1.543	0.119	1.85
	72	180	18.764 6.412-33.263	135.108 67.718-899.526	1.495±0.419	6.664	0.513	1.83

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Konaklı popülasyonunda spinosad uygulamasında LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 70.211, 35.475, 26.067 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiş olup, spinosad + diatom toprağı uygulamasında spinosadın LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 16.437, 13.867, 9.382 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Spinosad+diatom toprağı uygulamasının sonucunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 4.27, 2.56, 2.78 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.53. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Konaklı popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	70.211 45.000-100.637	710.810 398.543-2030.989	1.275±0.213	10.978	0.686	
	48	180	35.475 16.974-55.507	376.623 220.086-1027.770	1.249±0.237	9.628	0.602	
	72	180	26.067 12.577-39.967	193.613 125.708-406.772	1.472±0.273	3.782	0.236	
spinosad +diatom	24	180	16.437 9.604-30.020	160.50 66.756-1594.4	1.295±0.316	2.298	0.177	4.27
	48	180	13.867 6.862-27.043	171.83 64.372-3216.0	1.172±0.318	1.551	0.119	2.56
	72	180	9.382 3.206-16.632	67.550 33.858-449.649	1.495±0.419	6.664	0.513	2.78

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Çumra popülasyonunda spinosad uygulamasında LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 56.863, 29.907, 18.313 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Spinosad + diatom toprağı uygulamasında ise spinosadın LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 12.177, 9.964, 5.699 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Spinosad+diatom toprağı uygulamasının sonucunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 4.67, 3.00, 3.21 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Çumra popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	56.863 40.130-80.802	483.219 270.262-1333.532	1.379±0.213	4.578	0.286	
	48	180	29.907 17.665-44.091	267.785 156.863-692.732	1.346±0.230	3.290	0.206	
	72	180	18.313 9.136-28.341	154.324 94.559-363.914	1.384±0.253	3.581	0.224	
spinosad +diatom	24	180	12.177 6.941-20.045	99.490 48.100-544.681	1.405±0.319	6.553	0.504	4.67
	48	180	9.964 3.869-18.644	112.077 46.454-523.795	1.219±0.339	7.031	0.541	3.00
	72	180	5.699 1.947-9.683	32.717 18.902-107.087	1.689±0.433	7.501	0.577	3.21

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Selçuklu popülasyonunda spinosad uygulamasında LC₅₀ değerleri 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 37.639, 26.615, 14.043 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiş olup, Spinosad + diatom toprağı uygulamasında tespit edilen spinosadın LC₅₀ değerleri ise 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla 15.751, 9.451, 5.753 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Spinosad+diatom toprağı uygulamasının sonucunda sinerjizm oranları 24,48 ve 72 saatte sırasıyla 2.39, 2.82, 2.44 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve diatom (%2 w/v)+spinosad'a maruz bırakma sonucu Selçuklu popülasyonu larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	37.639 26.212-51.535	268.601 166.720-594.411	1.502±0.223	2.274	0.142	
	48	180	26.615 16.849-37.480	166.929 108.643-337.030	1.607±0.253	4.540	0.284	
	72	180	14.043 7.654-20.321	68.247 46.970-126.969	1.866±0.347	4.549	0.284	
spinosad +diatom	24	180	15.751 7.928-33.473	214.861 73.816-594.125	1.129±0.313	1.983	0.153	2.39
	48	180	9.451 3.222-18.957	140.615 50.950-4165.363	1.093±0.324	2.480	0.191	2.82
	72	180	5.753 1.437-10.967	56.808 26.606-477.976	1.289±0.369	0.907	0.070	2.44

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Hassas popülasyonda spinosad+diatom uygulamalarında 0.212-3.39 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %23.33-73.33 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %33.33-86.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %46.67-90, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %63.33-100 arasında değişmiştir. Spinosad+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.56.).

Çizelge 4.56. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında diatom (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)		Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
		Maruz bırakma süresi (saat)									
		24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	n*	16.67±1.79	n	26.67±2.26	lmn	40.00±2.59	ijklmn	23.33±1.66	D**	
0.212	23.33±1.79	mn	33.33±1.79	klmn	46.67±1.79	ijklmn	63.33±1.79	efghijk	41.67±1.79	CD	
0.424	46.67±2.26	ijklmn	53.33±2.48	hijklm	60.00±2.15	fghijkl	73.33±2.48	cdefghi	58.33±2.34	BC	
0.848	56.67±1.79	ghijklm	66.67±2.75	defghij	76.67±2.75	cdefg	86.67±1.79	bcde	71.67±2.27	AB	
1.695	63.33±2.48	efghijk	76.67±2.48	cdefgh	83.33±2.26	cdef	96.67±1.79	ab	80.00±2.25	A	
3.39	73.33±1.79	cdefghi	86.67±2.26	bcd	90.00±2.15	bc	100.00±0.00	a	87.50±1.55	A	
Dozlar ortalaması	39.05±1.69	A***	47.62±2.26	A	54.76±2.23	A	65.71±1.74	A			

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

Sandıklı popülasyonunda spinosad+diatom uygulamalarında 2.543-40.68 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-70 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-76.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %40-90, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %56.67-100 arasında değişmiştir. Spinosad+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.57.).

Çizelge 4.57. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	k*	13.33±1.79	k	23.33±1.79	jk	36.67±1.79	hij	20.83±1.35	D**
2.543	20.00±0.00	jk	26.67±1.79	jk	40.00±0.00	ghij	56.67±1.79	efgh	35.83±0.90	CD
5.085	30.00±2.15	ijk	40.00±0.00	ghij	53.33±1.79	fgh	70.00±2.15	cdef	48.33±1.53	BCD
10.17	43.33±1.79	ghij	50.00±0.00	ghi	60.00±0.00	defg	80.00±2.15	c	58.33±0.99	BC
20.34	60.00±0.00	defg	56.67±1.79	efgh	73.33±1.79	cde	96.67±1.79	ab	71.67±1.35	AB
40.68	70.00±2.15	cdef	76.67±1.79	cd	90.00±2.59	b	100.00±0.00	a	84.17±1.63	A
Dozlar ortalaması	33.33±1.02	B***	37.62±1.20	AB	48.57±1.33	AB	62.86±1.62	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

Konaklı popülasyonunda spinosad+diatom uygulamalarında 2.543-40.68 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-70 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-76.67 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %40-90, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %53.33-96.67 arasında değişmiştir. Spinosad+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.58.).

Çizelge 4.58. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Konaklı popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	6.67±1.79	j*	10.00±0.00	j	23.33±1.79	ij	36.67±1.79	ghi	19.17±1.35	D**
2.543	20.00±0.00	ij	26.67±1.79	hij	40.00±0.00	fghi	53.33±1.79	defg	35.00±0.90	CD
5.085	30.00±2.15	hij	40.00±0.00	fghi	53.33±1.79	defg	63.33±1.79	bcde	46.67±1.44	BCD
10.17	43.33±1.79	efghi	50.00±0.00	efgh	60.00±0.00	bcdef	73.33±1.79	bc	56.67±0.90	BC
20.34	60.00±0.00	bcdef	56.67±1.79	cdefg	73.33±1.79	bc	93.33±1.79	a	70.83±1.35	AB
40.68	70.00±2.15	bcd	76.67±1.79	b	90.00±2.59	a	96.67±1.79	a	83.33±2.08	A
Dozlar ortalaması	32.86±1.32	B***	37.14±0.90	AB	48.57±1.33	AB	59.52±1.79	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 **: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 ***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Çumra popülasyonunda spinosad+diatom uygulamalarında 2.543-40.68 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-76.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %36.67-80 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %50-96.67, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %66.67-100 arasında değişmiştir. Spinosad+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.59.).

Çizelge 4.59. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Çumra popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	n*	16.67±1.79	mn	26.67±1.79	klmn	40.00±0.00	ijklm	23.34±0.90	D**
2.543	20.00±2.15	lmn	36.67±2.26	jklmn	50.00±2.15	hijk	66.67±1.79	efgh	43.34±2.09	CD
5.085	40.00±2.15	ijklm	46.67±2.48	hijkl	63.33±1.79	efghi	76.67±1.79	cdef	56.67±2.06	CD
10.17	53.33±2.26	ghij	56.67±1.79	fghij	70.00±0.00	defgh	86.67±1.79	cd	66.67±1.46	BC
20.34	66.67±2.26	efgh	73.33±2.48	defg	86.67±2.48	bc	96.67±1.79	ab	80.84±2.25	AB
40.68	76.67±2.26	cdef	80.00±2.15	cde	96.67±1.79	ab	100.00±0.00	a	88.34±1.55	A
Dozlar ortalaması	38.10±1.85	B***	44.29±2.16	AB	56.19±1.67	AB	66.67±1.20	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 **: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
 ***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Selçuklu popülasyonunda spinosad+diatom uygulamalarında 2.543-40.68 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %23.33-70 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %36.67-80 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %50-90, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %60-96.67 arasında değişmiştir. Spinosad+diatom uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.60).

Çizelge 4.60. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Selçuklu popülasyonu larvalarında diatom (%2 w/v) +spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24	48	72	96						
(Diatom %2 w/v)	10.00±0.00	k*	16.67±1.79	k	26.67±1.79	jk	36.67±1.79	ij	22.50±1.35	D**
2.543	23.33±1.79	jk	36.67±1.79	ij	50.00±0.00	ghi	60.00±0.00	fgh	42.50±0.90	CD
5.085	40.00±0.00	ij	53.33±1.79	ghi	63.33±1.79	fg	76.67±1.79	de	58.33±1.35	BC
10.17	46.67±1.79	hi	56.67±1.79	fgh	70.00±0.00	ef	86.67±1.79	cd	65.00±1.35	ABC
20.34	60.00±0.00	fgh	70.00±0.00	ef	83.33±1.79	cd	93.33±1.79	ab	76.67±0.90	AB
40.68	70.00±2.15	ef	80.00±2.15	cde	90.00±0.00	bc	96.67±1.79	a	84.17±1.53	A
Dozlar ortalaması	35.71±0.96	B***	44.76±1.56	AB	54.76±0.90	AB	64.29±1.49	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Almasi ve ark. (2013) çalışmalarında diatom toprağı(900g/kg) + spinosad (10g/kg) ile karışımını *Sitophilus oryzae* mücadelesinde uygulamışlardır. En yüksek konsantrasyonda (Spinosad 150 ppm) 21. gün sonunda *S. oryzae* 'de %98.5 ölüm meydana getirmiştir.

Niğde, Afyonkarahisar ve Konya patates ekim alanlarındaki 6 lokasyondan toplanan patates böceğı popülasyonları ve hassas popülasyonda yaptığımız sinerjistik etki testlerinde tüm popülasyonlarda Diatom toprağının sinerjistik etkisinin olduğu tespit edilmiştir. En yüksek sinerjizm oranı acetamiprid+diatom uygulamasında 48 saat maruz bırakma süresinde Çumra popülasyonunda 2.75, spinosad+diatom toprağı uygulamasında 48 saat maruz bırakma süresinde Selçuklu popülasyonunda 2.82 diğer uygulamaların hepsinde 24 saat maruz bırakma süresinde tespit edilmiştir. Acetamiprid+diatom uygulamasında 24 saat maruz bırakma süresinde sinerjizm oranları, hassas popülasyonda 1.96, Sandıklı popülasyonunda 3.21, Konaklı popülasyonunda 5.19, Selçuklu popülasyonunda 3.72 kat olarak tespit edilmiştir. Deltamethrin uygulamasında hassas popülasyonunda 4.49, Sandıklı popülasyonunda 3.74, Konaklı popülasyonunda 4.28, Çumra popülasyonunda 2.47, Selçuklu popülasyonunda 3.10 kat olarak tespit edilmiştir.

Spinosad uygulamasında hassas popülasyonda 4.89, Sandıklı popülasyonunda 2.91, Konaklı popülasyonunda 4.27, Çumra popülasyonunda 4.67 kat olarak belirlenmiştir.

4.3. Zeolitin Sinerjistik Etkinliğinin Belirlenmesi

Araştırmamızda zeolitin sinerjistik etkisinin tespiti amacıyla insektisitler %2'lik (w/v) zeolit içeren saf su ile karıştırılarak kullanılmıştır. Zeolitin, püskürtme kulesini tıkamaması için 50 µm boyutunda ince elekten geçirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki insektisitler püskürtme kulesi yardımıyla ile petri kaplarına püskürtülmüştür. Petri kapları 5 dakika kurumaya bırakılmış daha sonra petri kabına 10 adet 3-4. dönem larva bırakılarak 24,48, 72 ve 96 saat maruz bırakma sürelerindeki insektisit etkinlikleri belirlenmiştir. Kontrollerde %2'lik (w/v) zeolit saf su karışımı kullanılmıştır. Zeolitin acetamiprid, deltamethrin ve spinosada sinerjistik etkisi yalnızca hassas popülasyonda denenmiştir.

Acetamiprid uygulamasında 24, 48, ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde LC₅₀ değerleri sırasıyla 1.507, 0.856, 0.461 mg ai l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Acetamiprid + zeolit uygulamasında ise acetamipridin LC₅₀ değerleri, 48 saat maruz bırakma süresinde 1.640 mg ai l⁻¹, 72 saat maruz bırakma süresinde 0.529mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.61). Sinerjistik etki testlerinde elde edilen sinerjizm oranları 48 saat maruz bırakma süresinde 0.52, 72 saat maruz bırakma süresinde 0.87 olarak belirlenmiş ve değerler 1'den küçük (Zamojska ve ark., 2011) olduğu için antagonist etki olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.61. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Acetamiprid ve zeolit (%2 w/v)+acetamipride maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
acetamiprid	24	180	1.507 1.045-2.280	15.811 7.820-58.803	1.255±0.209	13.212	0.826	
	48	180	0.856 0.548-1.258	10.351 5.305-37.017	1.184±0.207	7.241	0.453	
	72	180	0.461 0.217-0.736	6.253 3.300-22.628	1.132±0.225	10.065	0.629	
	24	180	- -	- -	1.136±0.543	2.126	0.164	
acetamiprid+ zeolit	48	180	1.640 0.692-75.079	34.649 4.8537-19634	0.967±0.348	1.054	0.081	0.52
	72	180	0.529 0.300-1.380	6.575 2.094-218.563	1.171±0.317	2.516	0.194	0.87

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Deltamethrin uygulamasında 24,48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde elde edilen LC₅₀ değerleri sırasıyla 1.105, 0.470, 0.280 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiş olup deltamethrin+zeolit uygulamasında deltamethrinin LC₅₀ değerleri 48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde sırasıyla 1.144 mg ai l⁻¹ ve 0.304 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sinerjistik etki testlerinde elde edilen oranlar 48 saat maruz bırakma süresinde 0.41, 72 saat maruz bırakma süresinde 0.92 olarak belirlenmiş olup değerler 1'den küçük olduğu için (Zamojska ve ark., 2011) antagonist etki olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.62. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Deltamethrin ve zeolit (%2 w/v)+deltamethrine maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
deltamethrin	24	180	1.105 0.768-1.713	11.595 5.593-45.486	1.255±0.210	12.144	0.759	
	48	180	0.470 0.274-0.718	7.662 3.578-36.947	1.057±0.204	12.372	0.773	
	72	180	0.280 0.158-0.413	2.190 1.362-5.012	1.435±0.249	8.600	0.538	
	24	180	-	-	1.875±0.795	4.932	0.379	-
deltamethrin +zeolit	48	180	1.144 0.514-24.711	14.392 2.6740-31409	1.165±0.387	2.790	0.215	0.41
	72	180	0.304 0.170-0.711	3.399 1.168-100.167	1.223±0.340	1.509	0.116	0.92

^a: Saat,

^b: birey sayısı,

^c: Güven aralığı,

^d: Standart hata,

^e: ki-kare,

^f: Heterojenite,

^g: Sinerjizm oranı

Spinosad + zeolit ile yapılan sinerjistik etki testlerinde tek başına yapılan spinosad uygulamasında 24,48 ve 72 saat maruz bırakma sürelerinde belirlenen LC₅₀ değerleri sırasıyla 4.738, 2.501 ve 1.605 mg ai l⁻¹ iken, spinosad+zeolit uygulamasında, spinosadın LC₅₀ değerleri 48 saat maruz bırakma süresinde 6.379 mg ai l⁻¹, 72 saat maruz bırakma süresinde 1.465 mg ai l⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Sinerjistik etki testlerinde elde edilen oranlar 48 saat maruz bırakma süresinde 0.39 olarak tespit edilmiş olup değerler 1'den küçük olduğu için antagonist etki olarak değerlendirilmiştir. 72 saat maruz bırakma süresinde 1.10 olarak tespit edilen sinerjizm oranı, 72 saatlik sürede çok düşük bir sinerjistik etkinin olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.63. *Leptinotarsa decemlineata*'nın Spinosad ve zeolit (%2 w/v)+spinosada maruz bırakma sonucu hassas popülasyon larvalarındaki LC₅₀, LC₉₀ ve SR₅₀ değerleri

Uygulama	h ^a	n ^b	LC ₅₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL) ^c	LC ₉₀ (mg ai l ⁻¹) (%95 CL)	Eğim±SH ^d	λ ^{2e}	H ^f	SR ₅₀ ^g
spinosad	24	180	4.738 3.274-6.877	46.323 24.555-146.658	1.294±0.210	8.223	0.514	
	48	180	2.501 1.454-3.732	33.555 17.296-123.407	1.136±0.210	13.952	0.872	
	72	180	1.605 0.795-2.484	16.317 9.527-44.630	1.272±0.240	9.679	0.605	
	96	180	-	-	1.590±0.662	4.647	0.357	-
spinosad +zeolit	24	180	-	-	1.590±0.662	4.647	0.357	-
	48	180	6.379 2.889-136.815	97.410 17.098-4200400	1.083±0.368	2.657	0.204	0.39
	72	180	1.465 0.815-2.854	15.541 6.013-241.168	1.249± 0.329	2.325	0.179	1.10

a: Saat,
b: birey sayısı,
c: Güven aralığı,
d: Standart hata,
e: ki-kare,
f: Heterojenite,
g: Sinerjizm oranı

Hassas popülasyonda acetamiprid+zeolit uygulamalarında 0.530-0.848 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %6.67-30 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %10-40 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %13.33-60, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-63.33 arasında değişmiştir. Acetamiprid+zeolit uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.64.).

Çizelge 4.64. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v) +acetamipridin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)									
	Maruz bırakma süresi (saat)								Süreler Ortalaması	
	24		48		72		96			
(Zeolit %2 w/v)	3.33±1.79	i*	3.33±1.79	i	6.67±1.79	hi	10.00±0.00	ghi	5.83±1.35	D**
0.530	6.67±1.79	hi	10.00±0.00	ghi	13.33±1.79	fgh	20.00±0.00	ef	12.50±0.90	CD
0.106	6.67±1.79	hi	16.67±1.79	fg	26.67±1.79	de	33.33±1.79	cd	20.83±1.79	BCD
0.212	13.33±1.79	fgh	20.00±0.00	ef	43.33±1.79	b	43.33±1.79	b	30.00±1.35	ABC
0.424	20.00±0.00	ef	33.33±1.79	cd	46.67±1.79	b	56.67±1.79	a	39.17±1.35	AB
0.848	30.00±0.00	d	40.00±0.00	bc	60.00±0.00	a	63.33±1.79	a	48.33±0.45	A
Dozlar ortalaması	11.43±1.20	B***	17.62±0.90	AB	28.10±1.49	AB	32.38±1.20	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir.
***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak (P>0.05) fark önemsizdir

Hassas popülasyonda deltametrin+zeolit uygulamalarında 0.033-0.530 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %0-16.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %3.33-33.33 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %20-63.33, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm

oranları %30-70 arasında değişmiştir. Deltamethrin+zeolit uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği ($p<0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.65.).

Çizelge 4.65. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v) +deltamethrinin farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Zeolit %2 w/v)	3.33±1.79	l*	3.33±1.79	kl	6.67±1.79	kl	10.00±0.00	jk	5.83±1.35	C**
0.033	0.00±0.00	kl	3.33±1.79	kl	20.00±0.00	hi	30.00±0.00	efg	13.33±0.45	BC
0.066	0.00±0.00	l	10.00±0.00	jk	23.33±1.79	ghi	36.67±1.79	de	17.50±0.90	BC
0.132	3.33±1.79	kl	20.00±0.00	hi	36.67±1.79	de	43.33±1.79	d	25.83±1.35	ABC
0.265	10.00±0.00	jk	26.67±1.79	fgh	53.33±1.79	c	56.67±1.79	c	36.67±1.35	AB
0.530	16.67±1.79	ij	33.33±1.79	ef	63.33±1.79	b	70.00±0.00	a	45.83±1.35	A
Dozlar ortalaması	4.76±0.90	C***	13.81±1.20	BC	29.05±1.49	AB	35.24±0.90	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir

Hassas popülasyonda spinosad+zeolit uygulamalarında 0.212-3.39 mg ai l⁻¹ konsantrasyonlarında 24 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %0-16.67 arasında, 48 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %6.67-40 arasında, 72 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %23.33-73.33, 96 saat maruz bırakma süresinde ölüm oranları %26.67-80 arasında değişmiştir. Spinosad+zeolit uygulamasında ölüm oranlarının doz artışına ve maruz bırakma sürelerine bağlı olarak artış gösterdiği ($p<0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.66.).

Çizelge 4.66. *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyon larvalarında zeolit (%2 w/v)+spinosadın farklı doz ve maruz bırakma sürelerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Konsantrasyonlar (mg ai l ⁻¹)	Larva Ölüm Oranı (%±SH)								Süreler Ortalaması	
	Maruz bırakma süresi (saat)									
	24		48		72		96			
(Zeolit %2 w/v)	3.33±1.79	l*	3.33±1.79	kl	6.67±1.79	jkl	10.00±0.00	jkl	5.83±1.35	B**
0.212	0.00±0.00	kl	6.67±1.79	jkl	23.33±1.79	hi	26.67±1.79	h	14.17±1.35	B
0.424	0.00±0.00	l	13.33±1.79	jk	30.00±0.00	gh	36.67±1.79	fg	20.00±0.90	B
0.848	6.67±1.79	jkl	23.33±1.79	hi	40.00±2.15	ef	46.67±1.79	de	29.17±1.88	AB
1.695	10.00±0.00	jkl	26.67±1.79	h	53.33±1.79	cd	60.00±0.00	c	37.50±0.90	AB
3.39	16.67±1.79	ij	40.00±0.00	ef	73.33±1.79	b	80.00±0.00	a	52.50±0.90	A
Dozlar ortalaması	5.24±0.90	C*** *	16.19±1.49	BC	32.38±1.56	AB	37.14±0.90	A		

*: Aynı sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir.

**: Aynı sütunda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir.

***: Aynı satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak ($P>0.05$) fark önemsizdir

Zeolitin sinerjistik etkisinin araştırıldığı denemelerde hassas popülasyon kullanılmış ve sadece spinosad + zeolit uygulamasında 72 saatlik sürede çok düşük miktarda sinerjistik etki görülmüş, onun dışındaki tüm maruz bırakma süreleri ve denenen

üç insektisitte antagonistik etki tespit edildiği için arazi popülasyonlarında zeolitin sinerjistik etki araştırmaları yapılmamıştır.

Işıklı (2019), Zeolitin deltamethrin ile karışımının sinerjistik etkisini *Callosobruchus maculatus* erginleri üzerinde araştırmıştır. Deltamethrini tek başına ve %0.4 w/v konsantrasyonundaki zeolit ile karışımını kullanmıştır. Deltamethrin tek başına kullanıldığında 72 saatte LC₅₀ değeri %0.012 w/v olarak bulunmuştur. Deltamethrinin %0.4 zeolit ile karışımının 72 saatte LC₅₀ değeri ise %0.010 w/v olarak tespit etmiştir.

Işıklı (2019), zeolitin fenbutatin oxide ile karışımının sinerjistik etkisini *Tetranychus urticae* erginleri üzerinde araştırmıştır. Fenbutatin oxide tek başına ve %0.4 w/v konsantrasyonundaki zeolit ile karışım şeklinde uygulanmıştır. Fenbutatin oxide tek başına kullanıldığında 72 saatte LC₅₀ değeri %0.196 w/v iken fenbutatin oxide+%0.4 zeolit ile karışımında 72 saatte LC₅₀ değeri %0.094 w/v olarak (Sinerjizm oranı 2,08) tespit etmiştir.

Mohamadi ve ark. (2010), kitin engelleyicisi olan phosalane ile S,S,S-tributyl phosphorotrithioate (DEF), Diethyl maleate (DEM), piperonyl butoxide (PBO)'in beraber kullanımındaki sinerjistik etkinliğini araştırmışlardır. S,S,S-tributyl phosphorotrithioate (DEF) kullanımında 5.6, Diethyl maleate (DEM) kullanımında 2.6 oranında sinerjistik etki olduğunu, piperonyl butoxide (PBO) kullanımında ise sinerjizm oranının 0.4'e kadar düştüğü yani antogonist etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hassas popülasyonda yaptığımız zeolitin sinerjistik etki testlerinde sadece spinosad + zeolit uygulamasında 72 saat maruz bırakma süresinde sinerjizm oranı 1.10 olarak tespit edilmiş olup çok az miktarda sinerjistik etki göstermiştir.

Acetamiprid + zeolit uygulamasında sinerjizm oranları 48 saat maruz bırakma süresinde 0.52, 72 saat maruz bırakma süresinde 0.87, deltamethrin+zeolit uygulamasında sinerjizm oranları 48 saat maruz bırakma süresinde 0.41, 72 saat maruz bırakma süresinde 0.92, spinosad+zeolit uygulamasında sinerjizm oranı 48 saat maruz bırakma süresinde 0.39 olarak tespit edilmiş olup değerler 1'den küçük olduğu için (Zamojska ve ark., 2011) antagonist etki olarak değerlendirilmiştir.

4.4 Biyokimyasal Analizler

Biyokimyasal analizlerde toplam karboksilesteraz ve glutathion-s transferaz enzimlerinin aktiviteleri belirlenmiştir.

4.4.1 Toplam karboksilesteraz enzim aktivitesinin belirlenmesi

Çalışmada *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında mikropilaka hücrelerinde kinetik okuma sonucu belirlenen toplam karboksilesteraz enzim aktivitesi sonuçları Çizelge 4.67.'de verilmiştir. Karboksilesteraz enzim aktivite sonuçlarına göre, patates ekim alanlarından toplanan popülasyonlarda karboksilesteraz enzim aktiviteleri 1.29-6.05 mOD/min/mg protein değerleri arasında değişmiştir (Çizelge 4.67.).

Çizelge 4.67. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında karboksilesteraz aktivite değerleri

Popülasyon	n *	mOD/min/mg protein (Ort $\pm$ Std. Hata)(Güven aralığı %95)	D/H**	Acetamiprid (24 saat) RR ₅₀	Deltamethrin (24 saat) RR ₅₀	Spinosad (24 saat) RR ₅₀
Hassas	3	1.67 $\pm$ 0.05 ^{b***} (1.62 – 1.76)		-	-	-
Sandıklı	3	6.05 $\pm$ 1.97 ^a (3.95 – 10.00)	3.62	74.30	19.04	22.00
Şuhut	3	2.23 $\pm$ 0.09 ^b (2.09 – 2.39)	1.34	59.47	14.68	20.35
Konaklı	3	1.29 $\pm$ 0.11 ^b (1.07 – 1.42)	0.77	54.40	10.84	14.82
Çiftlik	3	3.59 $\pm$ 0.36 ^{ab} (3.16 – 4.31)	2.15	48.81	14.34	13.54
Çumra	3	3.81 $\pm$ 0.39 ^{ab} (3.29 – 4.57)	2.28	25.26	7.41	12.00
Selçuklu	3	3.93 $\pm$ 0.43 ^{ab} (3.08 – 4.47)	2.35	31.46	8.10	7.94

*Tekerrür sayısı

** D/H: Dirençli/ Hassas popülasyon enzim aktivite oranı

*** Aynı sütun içindeki aynı harfi içeren ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

Çalışmamızda karboksilesteraz enzim aktivitesinin protein transformasyonu sonrasında Sandıklı popülasyonda en yüksek düzeyde olduğu, Konaklı popülasyonda ise hassas popülasyonda belirlenen değerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.67). Popülasyonların mOD (mili optic density=mili optik yoğunluk) değerleri proteine çevrilip, hassas popülasyon ile kıyaslanarak enzim aktivite oranları belirlenmiştir. Hassas popülasyonda enzim aktivitesi 1.67 mOD/min/mg protein olarak tespit edilmiştir. Hassas popülasyon ile karşılaştırıldığında Sandıklı popülasyonunda 3.62 kat, Selçuklu popülasyonunda 2.35 kat Çumra popülasyonunda 2.28 kat, Çiftlik popülasyonunda 2.15 kat, Şuhut popülasyonunda 1.34 kat enzim aktivite artışı belirlenmiştir. Konaklı popülasyonunun enzim aktivite değerinin, hassas popülasyonun enzim aktivite değerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.67).

En yüksek karboksilesteraz enzim aktivitesi 6.05 mOD/min/mg protein okuma değeriyle Sandıklı popülasyonda belirlenmiştir. Varyans analizi sonucu Sandıklı popülasyonu diğer popülasyonlarla kıyaslandığında istatistiki olarak (a) farklı grupta yer almıştır. Diğer popülasyonların karboksilesteraz enzimlerinin sayısal değerleri istatistiki olarak farklı gruplar içerisinde yer almıştır (F: 4.27, dF: 6, Sig: 0.012; P<0.05).

Ahammad-Sahib ve ark. (1994) Kuzey Amerika’da Long Island ve JP-Macomb’tan toplanan azinfosmethyl dirençli *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında yaptıkları çalışmada hassas popülasyonda 8.5 nmol/mg proetin/min olan karboksilesteraz aktivitesini Long Island popülasyonunda 10.2 nmol/mg proetin/min, JP-Macomb 12.3 nmol/mg proetin/min olarak tespit etmişlerdir. Karboksilesteraz enzim aktivitesinin Long Island popülasyonunda 1.2 kat, JP-Macomb popülasyonda 1.5 kat arttığını bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2007) genel esterazların, bazı durumlarda bir bileşiğin toksisitesini azaltabilen ve aynı zamanda onu böceklerden atılmaya hazırlayabilen ester bağları ile bileşikleri hidrolize edebilen hidrolaz enzimleri olduğunu bildirmişlerdir. Hemingway ve ark. (2004) çok sayıda böceğin piretroit, organik fosforlu ve karbamatlı insektisitlere yanıt olarak esteraz aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Çok sayıda araştırmacı *Leptinotarsa decemlineata*’da carbaryl (Rose ve Brindley, 1985), imidacloprid (Olson ve ark., 2000; Mota-Sanchez, 2002; Zhao ve ark., 2000), azinphosmethyl, carbofuran, ve permethrin (Argentine ve ark, 1989; Ioannidis ve ark., 1991; Ioannidis ve ark., 1992; Anspaugh ve ark., 1995; Zhu ve ark., 1996; Lee ve Clark, 1998) direncinin bilinen mekanizmaları arasında esterazlar, karboksilesterazlar ve monooksijenazları içeren gelişmiş metabolizma ve hedef bölge duyarsızlığının yanı sıra insektisit penetrasyonunun azalması ve artan atılımın yer aldığını bildirmiştir

Esteraz enzim aktivite sonuçlarına göre popülasyonlar arasında etken maddelere karşı oluşan dirençte, karboksilesteraz enzimin aktivite değeri Şuhut ve Konaklı popülasyonu haricinde, diğer 4 popülasyonda hassas popülasyona göre 2 katın üzerinde; Şuhut popülasyonunda 1 katın üzerinde Konaklı popülasyonunda ise 3/2’si kadar aktivite oranı görülmüştür. Okuma değerleri hassas popülasyon değerleri ile karşılaştırıldığında enzimin böceklerde, etken maddelere direnç gelişiminde rol alabileceği düşünülmektedir.

4.4.2 Gluthation s-transferase enzim aktivitesinin belirlenmesi

GST kinetik enzim aktivitesi sonuçlarına göre popülasyonlar arasında düşük enzim aktivitesinin (1.52 mOD/min/mg protein) Konaklı popülasyonunda olduğu belirlenmiştir. En yüksek aktivitenin ise Şuhut popülasyonunda (21.55 mOD/min/mg protein) olduğu belirlenirken, ardından Selçuklu popülasyonunda (13.84 mOD/min/mg protein) en yüksek 2. enzim aktivitesinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.68).

Popülasyonlarda belirlenen değerler hassas popülasyon ile kıyaslandığında oluşan enzim aktivite oranları karşılaştırılmıştır. En yüksek aktivite oranı 2.59 kat ile Şuhut popülasyonunda belirlenmiştir. Çumra ve Konaklı popülasyonları hariç diğer popülasyonların hassas popülasyonun üzerinde (1.5 kat civarında) enzim aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.68).

Çizelge 4.68. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında GST enzim aktivite değerleri

Popülasyon	n *	mOD/min/mg protein (Ort ± St. Hata) (Güven aralığı %95)	D/H**	Acetamiprid (24 saat) RR ₅₀	Deltamethrin (24 saat) RR ₅₀	Spinosad (24 saat) RR ₅₀
Hassas	3	8.32 ± 1.10 ^{d***} (6.85-10.48)		-	-	-
Sandıklı	3	10.70 ± 0.13 ^c (10.56 - 10.96)	1.29	74.30	19.04	22.00
Şuhut	3	21.55 ± 0.89 ^a (19.87 - 22.91)	2.59	59.47	14.68	20.35
Konaklı	3	1.52 ± 0.06 ^e (1.43 - 1.62)	0.18	54.40	10.84	14.82
Ciftlik	3	12.22 ± 0.46 ^{bc} (11.49 - 13.08)	1.46	48.81	14.34	13.54
Çumra	3	3.08 ± 0.09 ^e (2.91 - 3.18)	0.37	25.26	7.41	12.00
Selçuklu	3	13.84 ± 0.68 ^b (12.63 - 15.00)	1.66	31.46	8.10	7.94

*Tekerrür sayısı

** D/H: Dirençli/ Hassas popülasyon enzim aktivite oranı

*** Aynı sütun içindeki aynı harfi içeren ortalamalar arasındaki fark Duncan testine göre istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

GST enzim çalışması sonuçları diğer araştırmacıların yaptığı çalışma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir. Patates ekim alanlarından toplanan popülasyonların GST enzim aktivite oranları 0.18– 2.59 kat arasında olduğu belirlenmiştir. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında GST enzim aktivite değerleri 1.52–21.55 mOD/min/mg protein arasında değişmiştir. Popülasyonlar içerisinde 21.55 mOD/min/mg protein okuma değeriyle en yüksek GST enzim aktivitesi Şuhut popülasyonda tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu Şuhut popülasyonun diğer popülasyonlarla kıyaslandığında istatistiki olarak (a) farklı grupta olduğu belirlenmiştir (F:118.26, dF: 6; Sig: 0.00;

P<0.05). Diğer popülasyonların GST enzim aktivite değerlerinde farklılıklar çıkmış ve popülasyonlar istatistiki olarak farklı gruplar içerisinde yer almıştır (Çizelge 4.68).

GST enzim aktivitesi sonuçlarına göre, popülasyonlarda oluşan enzim aktivite değerleri hassas popülasyon değerleriyle oranlandığında Şuhut popülasyonunda 2.59 kat, Selçuklu popülasyonunda 1.66 kat, Çiftlik popülasyonunda 1.46 kat, Sandıklı popülasyonunda 1.29 kat arttığı, Çumra popülasyonunda 2.7 kat, Konaklı popülasyonunda 5.47 kat azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.68)

Duyarlı ve dirençli *L. decemlineata* popülasyonlarında glutathione S-transferaz aktivitesinin, in vitro CDNB kullanılarak ölçüldüğü çalışmada, dirençli popülasyonda önemli ölçüde düşük olduğu tespit edilmiş, monooksigenaz ve glutathione S-transferaz bazlı metabolizmanın *L. decemlineata*'da endosülfan direnci ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Shariff ve ark., 2007). 2012'de Virginia (ABD)'da yapılan çalışmada, *L. decemlineata* popülasyonlarının permetrin konsantrasyonlarına maruz kaldıktan sonra enzim aktivitesi açısından değerlendirilmiştir. Grant ve Matsumura (1989), bir piretroitli insektisit glutathione S-transferase enzim molekülüne ve aktif bölgeye bağlandığı, bu nedenle enzimin serbest insektisit seviyelerini azaltarak veya onunla bağlanmalarını kolaylaştırarak, piretroitlerin bozulmasında rol oynayan diğer enzimlerin etkisine katkıda bulunan bir bağlayıcı protein olarak işlev gördüğünü öne sürmüşlerdir.

Ahammad-Sahib ve ark. (1994) Kuzey Amerika'da Long Island ve JP-Macomb'tan toplanan azinfosmethyl dirençli *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında yaptıkları çalışmada hassas popülasyonda 113 nmol/mg protein/min olan glutathione-S-transferaz Long Island popülasyonunda 248 nmol/mg protein/min, JP-Macomb 212 nmol/mg protein/min olarak tespit etmişlerdir. Glutathione-S-transferaz enzim aktivitesinin Long Island popülasyonunda 2.2 kat, JP-Macomb popülasyonda 1.9 kat arttığını bildirmişlerdir.

Wimer, (2013), 2012 yılında, Amerika'da Cheriton, New Church, Painter ve Plymouth'dan toplanılan popülasyonlarda permethrine, oxamyle ve tolfenpyrada subletal dozlarına maruz bırakılan *L. decemlineata* erginlerinde glutathione-S-transferaz (GST) enzimi aktivitesini ölçmek için enzim testleri uygulamıştır. Painter popülasyonunda glutathione-S-transferase aktivitesini, hassas popülasyonda 0.35 nmol/min/mg protein, permethrine maruz bırakılan popülasyonda 20.90 nmol/min/mg protein, tolfenpyrada maruz bırakılan popülasyonda 8.11 nmol/min/mg protein, oxamyle maruz bırakılan popülasyonda 26.81 nmol/min/mg protein olarak tespit etmiştir. New Church popülasyonunda glutathione-S-transferase aktivitesini, hassas popülasyonda 8.83

nmol/min/mg protein, permethrine maruz bırakılan popülasyonda 0.47 nmol/min/mg protein, oxamyle maruz bırakılan popülasyonda 2.50 nmol/min/mg protein olarak tespit etmiştir. Cheriton popülasyonunda glutathione-S- transferase aktivitesini, hassas popülasyonda 5.73 nmol/min/mg protein, permethrine maruz bırakılan popülasyonda 5.02 nmol/min/mg protein, tolfenpyrada maruz bırakılan popülasyonda 4.40 nmol/min/mg protein, oxamyle maruz bırakılan popülasyonda 5.48 nmol/min/mg protein olarak tespit etmiştir. Plymouth popülasyonunda glutathione-S- transferase aktivitesini, hassas popülasyonda 26.32 nmol/min/mg protein, permethrine maruz bırakılan popülasyonda 24.76 nmol/min/mg protein, oxamyle maruz bırakılan popülasyonda 25.89 nmol/min/mg protein olarak tespit etmiştir. GST aktivitesinin permethrine, oxamyle ve tolfenpyrada maruz kalan böceklerde hassas popülasyona göre önemli ölçüde yüksek çıktığını tespit etmiştir.

Bastarache ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada spinosada maruz bırakılan *Leptinotarsa decemlineata* erginlerinde glutatyon-S-transferaz enzim aktivitesini araştırmışlardır. GST enzim aktivitesi spinosada maruz kalan popülasyonda hassas popülasyona kıyasla 0,41 kat seviyelerine düştüğünü bildirmişlerdir.

Enzim çalışmalarımızdan elde ettiğimiz sonuçların, insektisitlere karşı potansiyel direnç mekanizmaları olarak metabolik enzim aktivitesi ile ilgili literatürde görülebilen eğilimi takip ettiği görülmektedir. Belirli bir *L. decemlineata* popülasyonu için enzim aktivitesini inceleyen verileri, insektisit maruziyetine bakılmaksızın değerlendirirken, lokasyonlar arasında değişkenlik görülmüştür. *L. decemlineata* tarafından kullanılan direnç mekanizmalarının, insektisit veya lokasyon bazında genellenemediğini ve belirli bir insektisit sınıfına direncin spesifik bir direnç mekanizmasından kaynaklanmadığı görülmüştür.

Dirençli *L. decemlineata* popülasyonları, zararlı ile mücadelede önemli bir engel teşkil etmektedir. *L. decemlineata*'da direnç gelişimi, insektisitlerin metabolik detoksifikasyonundan kaynaklanmaktadır. Dirençli böceklerden P450'lerin, genel esterazların, GST'lerin ve protein içeriğinin spesifik aktivitesinin değerlendirilmesi, direnç kazandıran potansiyel detoksifikasyon yollarının tespiti açısından önemlidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Patates üretiminde en büyük sorunlardan birisi olan patates böceği ile mücadelede, diğer yöntemlerin etkinliğinin beklenen düzeyde olmamasından dolayı en çok tercih edilen yöntem kimyasal mücadele yöntemidir. Kimyasal mücadele yönteminin, kolay uygulanabilir olması, kısa sürede hızlı etki göstermesi, kolay temin edilebilen standart preparatlar olması, fazla iş gücü gerektirmemesi gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak aynı etken maddeye sahip insektisitlerin art arda kullanılması, insektisitlerin uygun doz ve zamanda kullanılmaması, zararlıda direnç gelişimine yol açmıştır. Ülkemizde patates böceğine ruhsatlı 19 aktif maddenin (Anonim, 2024) hemen hepsine karşı az veya çok direnç geliştirdiği bilinen patates böceğinin mücadelesinde, insektisitlerin etkinliğinin az olması veya etkili olmaması mücadeleyi zorlaştırmıştır. Bu durumda genellikle daha sık ve yüksek dozlarda insektisit kullanılması direncin daha da artmasına neden olmakla birlikte üretim maliyetlerinin artmasına, ürünlerde insektisit kalıntısının artmasına, doğal düşman ve arıların olumsuz etkilenmesine, toprak ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi pek çok olumsuz etkiye neden olmaktadır.

Çalışmamızda ülkemizde patates üretiminin en çok yapıldığı illerden Afyonkarahisar, Niğde ve Konya'daki patates ekim alanlarından toplanan popülasyonların acetamiprid, deltamethrin ve spinosad etken maddelerine karşı direnci araştırılmış, tüm popülasyonların acetamipride karşı daha yüksek direnç geliştirildiği belirlenmiştir. Direnç oranlarının yüksekliğine göre insektisitler acetamiprid, deltamethrin ve spinosad şeklinde sıralanmıştır. Patates üretim sezonunda insektisitlerin kullanım sıklığı ve dozları dikkate alındığında aynı sıralama karşımıza çıkmıştır. Acetamiprid direncinin deltamethrin ve spinosada göre daha yüksek oranda gerçekleşmesi, neonikotinoidlerin yeşil aksam ilaçlamaları yanında yumru ilaçlamasında da kullanılmasından kaynaklanmıştır. Bu durum çapraz direnç gelişimine bağlı olarak acetamiprid direncini arttırmıştır. Acetamiprid direnci en yüksek Sandıklı popülasyonunda 80.38 kat olarak tespit edilmiştir. Bölgede geniş alanlarda entansif olarak patates tarımı yapılması ve yoğun insektisit kullanımının doğal bir sonucudur.

Kullanılan insektisitlerden spinosadın etkinlik değeri, acetamiprid ve deltamethrinden istatistiksel olarak önemli oranda yüksek olduğu belirlenmiştir.

İlaçlamalarda acetamiprid ve deltamethrin aktif maddelerinin ortalama etkinlik değerleri birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Acetamiprid'e 24, 48 ve 72 saat maruz süreleri sonunda direnç oranları (RR₅₀) sırasıyla, Sandıklı popülasyonunda 74.30, 80.38, 63.08; Şuhut popülasyonunda 59.47, 68.59, 58.59; Konaklı popülasyonunda 54.40, 45.10, 51.43; Çiftlik popülasyonunda 48.81, 43.95, 48.09; Çumra popülasyonunda 25.26, 31.91, 39.32; Selçuklu popülasyonunda 31.46, 34.26, 36.30 kat olarak tespit edilmiştir.

Deltamethrin'e 24, 48ve 72 saat maruz süreleri sonunda belirlenen direnç oranları (RR₅₀) sırasıyla, Sandıklı popülasyonunda 19.04, 25.91, 16.04; Şuhut popülasyonunda 14.68, 18.79, 14.49; Konaklı popülasyonunda 10.84, 13.38, 14.96; Çiftlik popülasyonunda 14.34, 13.69, 14.55; Çumra popülasyonunda 7.41, 9.64, 8.51; Selçuklu popülasyonunda 8.10, 11.08, 8.09 kat olmuştur.

Spinosad'a 24, 48 ve 72 saat maruz süreleri sonunda direnç oranları (RR₅₀) sırasıyla, Sandıklı popülasyonunda 22.00, 22.70, 21.44; Şuhut popülasyonunda 20.35, 16.69, 15.81; Konaklı popülasyonunda 14.82, 14.18, 16.24; Çiftlik popülasyonunda 13.54, 13.63, 15.03; Çumra popülasyonunda 12.00, 11.96, 11.41; Selçuklu popülasyonunda 7.94, 10.64, 8.75 kat olarak tespit edilmiştir.

Direnç katsayıları bakımından insektisitleri değerlendirdiğimizde *Leptinotarsa decemlineata* larvalarında sıralamanın acetamiprid>deltamethrin>spinosad şeklinde, lokasyonları değerlendirdiğimizde ise sıralamanın Afyonkarahisar>Niğde>Konya olduğu belirlenmiştir.

Acetamiprid+diatom(%2 w/v) toprağı uygulamasında elde edilen sinerjizm oranları (SR₅₀ değerleri) 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla, Sandıklı popülasyonunda 3.21, 3.01, 1.86; Konaklı popülasyonunda 5.19, 3.55, 2.98; Çumra popülasyonunda 2.60, 2.75, 2.52; Selçuklu popülasyonunda 3.72, 3.07, 2.80 kat olmuştur.

Deltamethrin + diatom (%2 w/v) toprağı uygulamasında elde edilen sinerjizm oranları (SR₅₀ değerleri) 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla Sandıklı popülasyonunda 3.74, 3.05, 1.41; Konaklı popülasyonunda 4.28, 3.34, 3.23; Çumra popülasyonunda 2.47, 2.09, 1.92; Selçuklu popülasyonunda 3.10, 2.82, 2.03 kat olmuştur.

Spinosad + diatom (%2 w/v) toprağı uygulamasında sinerjizm oranları (SR₅₀ değerleri) 24, 48 ve 72 saatte sırasıyla, Sandıklı popülasyonunda 2.91, 1.85, 1.83; Konaklı popülasyonunda 4.27, 2.56, 2.78; Çumra popülasyonunda 4.67, 3.00, 3.21; Selçuklu popülasyonunda 2.39, 2.82, 2.44 kat olarak belirlenmiştir.

Diatom toprağının sinerjistik etkinliğinin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Sinerjizm oranı 1.41-5.19 kat arasında değişmiştir.

Hassas popülasyonda zeolit uygulamalarında 48 ve 72 saat maruz bırakma süreleri sonunda elde edilen sinerjizm oranları (SR₅₀ değerleri) sırasıyla, acetamiprid+zeolit(%2 w/v) uygulamasında 0.52, 0.87, deltamethrin+zeolit(%2 w/v) uygulamasında 0.41 ve 0.92, spinosad+zeolit(%2 w/v) uygulamasında 0.39 ve 1.10 kat olarak tespit edilmiştir. Sinerjizm oranı 1'den küçük olan maddelerin antagonist etkili olduğu (Zamojska ve ark., 2011) dikkate alındığında, araştırmamızda hassas popülasyonda 3 insektisit zeolit ile karışımlarının, sadece spinosad+zeolit(%2 w/v) uygulamasının 72 saat maruz bırakma süresinde 1.10 kat gibi çok düşük bir oranda sinerjistik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer uygulamalarda sinerjizm oranı 1'in altında bulunmuştur. Bu yüzden patates böceğine karşı, zeolitin araştırdığımız insektisitlerde sinerjistik değil antagonistik etkisi daha yüksek çıkmıştır. Zeolitin hassas popülasyonda antagonistik etkisi nedeniyle Afyonkarahisar, Niğde ve Konya popülasyonlarında sinerjistik etki araştırmaları yapılmamıştır.

Çalışmada *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında mikropılaka hücrelerinde kinetik okuma sonucu belirlenen toplam karboksilesteraz enzim aktivite sonuçları 1.29-6.05 mOD/min/mg protein değerleri arasında değişmiştir. Karboksilesteraz enzim aktivitesinin protein transformasyonu sonrasında insektisitlere karşı direncin en yüksek olduğu Sandıklı popülasyonunda en yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Hassas popülasyon ile karşılaştırıldığında *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında karboksilesteraz aktivite oranları Sandıklı popülasyonunda 3.62 kat, Selçuklu popülasyonunda 2.35 kat, Çumra popülasyonunda 2.28 kat, Çiftlik popülasyonunda 2.15 kat, Şuhut popülasyonunda 1.34 kat enzim aktivite artışı belirlenmiştir. Konaklı popülasyonunda ise 0.77 kat azalma olduğu belirlenmiştir.

Karboksilesteraz enzim sonuçlarına göre popülasyonlar arasında insektisitlere karşı oluşan dirençte, Şuhut ve Konaklı popülasyonları haricinde, hassas popülasyonla kıyaslandığında diğer 4 popülasyonda 2 katın üzerinde; Şuhut popülasyonunda 1 katın üzerinde enzim aktivite artışı belirlenmiştir. Konaklı popülasyonunda enzim aktivite değerinin hassas popülasyonda tespit edilen enzim aktivite değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Glutathion-s transferaz (GST) kinetik enzim aktivitesi sonuçlarına göre enzim aktivitesi 1.52-21.55 mOD/min/mg protein arasında değişmiştir. En yüksek aktivite ise

Şuhut popülasyonunda 21.55 mOD/min/mg protein olarak tespit edilmiştir. Popülasyonlarda belirlenen değerler hassas popülasyon ile kıyaslandığında belirlenen enzim aktivite oranlarına göre en yüksek enzim aktivite artışı 2.59 kat ile Şuhut popülasyonunda belirlenmiştir. *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarında GST enzim aktivite oranları Sandıklı popülasyonunda 1.29, Şuhut popülasyonunda 2.59, Çiftlik popülasyonunda 1.46, Selçuklu popülasyonunda 1.66 kat olarak belirlenmiştir. Konaklı ve Çumra popülasyonunun enzim aktivite değerinin hassas popülasyonda tespit edilen enzim aktivite değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Karboksilesteraz ve glutathion-s transferaz (GST) enzim aktivite oranlarındaki artışın böceklerdeki insektisit direnci ile ilgili olduğu önceki çalışmalarda bildirilmiş olmasına rağmen araştırma sonuçlarımıza göre direnç oranının yüksek çıktığı Konaklı popülasyonunda hem karboksilesteraz hem de GST enzim aktivitesi düşük çıkmıştır. Ayrıca Çumra popülasyonunun GST enzim aktivite değerinin hassas popülasyonda tespit edilen enzim aktivite değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Patates böceğinde karboksilesteraz ve glutathion-s transferaz (GST) enzim aktivitesinin insektisit direnci ile ilişkisi konusunda daha ayrıntılı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

5.2 Öneriler

Araştırma sonuçları Afyonkarahisar, Niğde ve Konya ilinde patates böceği popülasyonlarının acetamiprid, deltamethrin ve spinosad etken maddelerine direnç geliştirdiği ve mücadelede etkin koruma sağlayamadığını ortaya koymuştur. Pratikte insektisit uygulamalarının başarısızlığı daha yüksek dozlarda ve daha sık aralıklarla ilaçlama yapılarak çözülmeye çalışılmakta ise de bu durum mevcut direnç oranlarını daha da yükselteceğinden sorunu daha karmaşık ve çözümsüz hale getirmiştir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği kadar zararlının etkin bir şekilde kontrol edilebilirliği de direnç yönetimini gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda kültürel, fiziksel, mekaniksel, biyoteknik ve biyolojik mücadele yöntemleri etkin olarak kullanılmalıdır.

Özellikle rotasyon ve dikim tarihinin geciktirilmesinin bölge şartlarında uygulanabilirliği araştırılmalıdır. Patates yetiştiriciliğinde biyolojik mücadele etkinliğini artıracak uygulamalara ağırlık verilmelidir. Patates böceğinin kimyasal mücadelesinde zarar eşiği beklenilmeli, gereksiz insektisit uygulamalarından kaçınılmalıdır. Kimyasal mücadelede insektisit rotasyonunun değişik grup ve etki mekanizmalarına sahip

insektisitler arasında olmasına da özen gösterilmeli ve böylece çapraz ve çoklu direnç oluşma riski azaltılmalıdır.

Patates böceği mücadelesinde kullanılan insektisitlerin sayısı, dozları (tavsiye edilen dozların üzerinde kullanılmaları) ve aynı insektisitin kullanım sıklığı takip edilmelidir. Kullanılan insektisitlerin patates böceğindeki direnç durumu sürekli takip edilerek ilaçlama programlarının güncellenmesi zararlıyla kimyasal mücadelede etkinliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Aynı insektisite ait direncin yıldan yıla artışı ve çapraz direnç konularında ayrıntılı araştırmalarda büyük önem taşımaktadır. Yapılacak yeni çalışmalarla patates böceğinde direnç yönetimi kapsamlı olarak araştırılmalıdır.

Çalışmamızda direnç yönetiminde sinerjist madde olarak diatom toprağı ve zeolitin laboratuvar koşullarında kullanılabilirliği incelenmiştir. Zeolit ile yapılan sinerjistik etki testlerinde, zeolitin patates böceği mücadelesinde kullanılan insektisitlerde önemli bir sinerjistik etki sağlamadığı tespit edilmiştir. Diatom toprağının insektisitlerde sinerjistik etki testlerinden olumlu sonuçlar alınmıştır. Diatom toprağının tarla koşullarında uygulanabilirliğinin hem formülasyon hem de etkinlik açısından araştırılması büyük önem taşımaktadır. Laboratuvar sonuçlarında olduğu gibi arazi denemeleri sonuçları da olumlu olduğu takdirde patates böceği ile kimyasal mücadele daha etkili hale gelecek ve direnç yönetiminde önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca diatom toprağının insektisitlerle sinerjistik etkinliğinin zararlının ergin dönemine karşı da araştırılması büyük önem taşımaktadır. Diatom toprağının önemli avantajlarından biriside ekonomik olmasıdır, bu avantajı tarla koşulları ve geniş alanlarda uygulanabilirliği açısından önemlidir. Ayrıca sitokrom P450 monooksijenazlar, kütikula protein genleri, RNA interferaz (RNAi) yöntemi gibi konularda daha detaylı araştırmaların yapılması direnç gelişimi ile ilgili mekanizmaların anlaşılmasında ve direnç yönetiminde önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ahammad-Sahib, K.I., Hollingworth R.M., Whalon, M.E., Ioannidis, P.M. and Grafius, E.J., 1994, Polysubstrate monooxygenases and other xenobiotic-metabolizing enzymes in susceptible and resistant Colorado potato beetle, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 49 (1), 1–12.
- Alkan, M., Gökçe, A. ve Kara, K., 2017, Bazı bitki ekstraktlarının Patates böceği (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerindeki mide zehiri aktivitesi, *Bitki Koruma Bülteni*, 57 (3), 305-315.
- Aldryhim, Y. N., 1993, Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Dryacide, against Rhyzopertha dominica (F.), *Journal of Stored Products Research*, 29 (3), 271-275.
- Almasi, R., Posloncec, D. ve Korunic, Z., 2013, Possible new insecticides in the protection of stored wheat, *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, 19 (5), 1076-1084.
- Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Sanchez, D., Dively, G. and Grafius, E. 2008, Colorado potato beetle resistance to insecticides, *American Journal of Potato Research*, 85, 395-413.
- Alyokhin, A. 2009, Colorado potato beetles management on potatoes: Current challenges and future prospects, *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3 (1), 10-19.
- Alyokhin, A., Mota-Sanchez, D., Baker, M., Snyder, W. E., Menasha, S., Whalon, M., Dively, G. and Moarsi, W. F., 2015, The Red Queen in a potato field: integrated pest management versus chemical dependency in Colorado potato beetle control, *Pest Management Science*, 71 (3), 343-356.
- Anastas, P., Kirchchoff, M. and Williamson, T., 1999, Spinosad - a new natural product for insect control. Green Chemistry Award, <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/1999/GC/A906794I> (Erişim tarihi: 19.03.2013).
- Anspaugh, D., Kennedy, D.G.G., and Roe, R.M. 1995, Purification and characterization of a resistance-associated esterase from the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 53 (2), 84–96.
- Anonim, 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit- Lületaş) Çalışma Grubu Raporu, DPT Ankara, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Raporu, Erişim Tarihi: 20.06.2023.
- Anonim, 2017, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Patates Entegre Mücadele Teknik Talimatı, Patates Entegre-11.10.2017.pdf (tarimorman.gov.tr), Erişim Tarihi: 25.02.2023.
- Anonymus, 2019, http://www.pan-uk.org/about_neonicotinoids/, Erişim tarihi: 24.08.2023.
- Anonim, 2021, Ürünlerimizin tanımlı kullanım alanlarının kısa özeti ve kimyasal özellikleri, (Web page: <https://silo.tips/download/rnlrmzn-tanimi-ve-kullanim-alanlarin-kisa-zet-ve-kimyasal-deerler>), Erişim tarihi: 15 Ocak 2023.
- Anonim, 2023, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Tepge Ürün Raporu Patates 2023, Patates Ürün Raporu 2023-375 TEPGE.pdf (tarimorman.gov.tr), Erişim tarihi: 10 Ocak 2024.
- Anonim, 2024, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı, <https://bku.tarimorman.gov.tr/Zararli/Details/675>, Erişim Tarihi 14.04.2024.
- Arioğlu, H.H., 2002, Nişasta ve Şeker Bitkileri Ders Kitabı, Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No:A-57, Adana, s. 234 .
- Argentine, J.A., Clark, J.M. and Ferro, D.N. 1989, Genetics and synergism of resistance to azinphosmethyl and permethrin in the Colorado potato beetle (Coleoptera, Chrysomelidae), *Journal of Economic Entomology* 82 (3), 698–705.
- Argentine, J.A., Clark, J.M. and Lin, H., 1992, Genetics and biochemical mechanisms of abamectin resistance in two isogenic strains of Colorado potato beetle, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 44 (3), 191-207.
- Argentine, J.A., K.Y. Zhu, S.H. Lee, and J.M. Clark. 1994, Biochemical-mechanisms of azinphosmethyl resistance in isogenic strains of Colorado potato beetle. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 48(1), 63–78.
- Arthur, F. H., 2001, Immediate and delayed mortality of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) exposed on wheat treated with diatomaceous earth: effects of temperature, relative humidity, and exposure interval, *Journal of Stored Products Research*, 37 (1), 13-21.
- Arthur, F. H., 2002, Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy, *Journal of Stored Products Research*, 38 (3), 305-313.

- Atak, U., 1973, "Trakya bölgesinde Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin morfolojisi, biyolojisi ve savaş metodları üzerinde araştırmalar", *T.C.Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları Teknik Bülteni*, 6, 63.
- Atak, E.D., ve Atak U.,1977, Marmara bölgesinde Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin insektisitlere karşı direnci üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni* 17 (1), 29-40
- Ay, R., Sökeli, E., Karaca, I. and Gürkan, M. O., 2005, Response to some acaricides of the two- spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) from protected vegetables in Isparta. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(3), 165-171.
- Ayık, B., 2014, Selçuklu ve Meram (Konya) ilçelerinde organik ve geleneksel patates üretim alanlarında avcı böcek türleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 57.
- Azimi, M., Pourmirza, A., Safaralizadeh, M. and Mohitazar, G., 2009, Studies on the lethal effects of spinosad on adults of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) with two bioassay methods, *Asian Journal of Biological Sciences*, 2 (1), 1-6.
- Baffi, M. A., Pereira, C. D., Souza, G. R., Bonetti, A. M., Ceron, C. B. and Gurlart, L. R., 2005, Esterase profile in a pyrethroid-resistant Brazilian strain of the cattle tick *Boophilus microplus* (Acari, Ixodidae), *Genetics and Molecular Biology*, 28(4), 749- 753.
- Baker, M., Hossain, K., Zabierek, K., Collie, K., Alyokhin, A., Mota-Sanchez, D. and Whalon, M. 2014, Geographic variation in cannibalism in colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations, *Environmental Entomology*, 43(1), 102-109.
- Bastarache, P., Bouafoura, R., Omakele, E., Moffat, C.E., Vickruck, J.L. and Morin, P.J. (2023) Spinosad -associated modulation of select cytochrome P450s and glutathione S-transferases in the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 112, e21993.
- Başkaya, M., 2020, Diatom toprağının insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkinliği, Yüksek lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 70.
- Batistič, L., Bohinc, T., Horvat, A., Košir, I.J. and Trdan, S., 2023, Laboratory Investigation of Five Inert Dusts of Local Origin as Insecticides against the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]), *Agronomy*, 1165.
- Bayram, A., 2018, Yerel diatom topraklarının bazı depolanmış tahıl zararlılarına karşı kaçıracı etkisinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 46.
- Bažok, R., O'Keefe, J., Jurada, I., Drmić, Z., Kadoić Balaško, M. and Čačija, M., 2021, Low-dose insecticide combinations for colorado potato beetle control, *Agriculture*, 11 (12), 1181.
- Benkovskaya, G. V., Udalov, M. B., Poskryakov, A. V. and Nikolenko, A. G. 2004, "Phenogenetic Polymorphism of Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say and Its Susceptibility to Insecticides in Bashkiria", *Agrokhimiya*, 12(1), 23–28.
- Binns, M., Mailloux, G. ve Bostanian, N., 1992, Management sampling for larvae of the Colorado potato beetle, *Researches on Population Ecology*, 34 (2), 293-307.
- Birch, P.R., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E.M., Hein, I., Jones, J.T., Prashar, A., Taylor, M.A., Torrance, L. and Toth, I.K., 2012, Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable?, *Food Security*, 4(4), 477-508.
- Bishop, B. and Grafius, E., 1996, Insecticide resistance in the Colorado potato beetle, *Chrysomelidae Biology*, 1, 355-377.
- Bolter, C. J., Dicke, M., Van Loon, J. J., Visser, J. and Posthumus, M. A., 1997, Attraction of Colorado potato beetle to herbivore-damaged plants during herbivory and after its termination, *Journal of Chemical Ecology*, 23 (4), 1003-1023.
- Bradford, M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, Volume 72, Issues 1–2, Pages 248-254.
- Brown, A. W. A., 1951, Chemical control of insects feeding on plants, *Insect Control by Chemicals*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 840p.
- Brown, W. 1958. Insecticide Resistance in Arthropods. *Monogr Ser World Health Organ*. 1958;38:1-240.
- Brown, J., Jermy, T. ve Butt, B., 1980, The influence of an alternate host plant on the fecundity of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Annals of the Entomological Society of America*, 73 (2), 197-199.
- Brues, C. T., 1940, Food preferences of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say, *Psyche*, 47 (1), 38-43.
- Campos, F. Krupa, D. A. and Dybas, R. A. 1996, Susceptibility of populations of twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland, and the Canary Islands to abamectin and Characterization of abamectin Resistance, *Journal of Economic Entomology*, 89(3), 594-601.
- Capinera, J. 2001, Handbook of Vegetable Pests (Academic Press). Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

- Casagrande, R., 1987, The Colorado potato beetle: 125 years of mismanagement, *Bulletin of the ESA*, 33 (3), 142-150.
- Caterino, M. S., Shull, V. S., Hammond, P. M. and Volger, A. P. 2002, "Basal relationships of coleoptera inferred from 18s rDNA sequences", *Zoologica Scripta*, 31 (1 February 2002), 41-49.
- Ceruti, F. C. ve Lazzari, S. M. N., 2005, Combination of diatomaceous earth and powder deltamethrin for insect control in stored corn, *Revista Brasileira de Entomologia*, 49 (4), 580-583.
- Chen, Z., Newcomb, R., Forbes, E., McKenzie, J. and Batterham, P. 2001, "The Acetylcholinesterase gene and organophosphorus resistance in the australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*", *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 31(8), p 805-816.
- Clark, J. M. and Argentine, J. A. 1994, "Biochemical mechanisms of insecticide resistance in the Colorado potato beetle", pp. 294-308. *Advances in Potato Pest Biology and Management*. Editors: Zehnder, G.W., Powelson, M. L., Jansson, R. K., Raman, K. V. St. Paul, Minnesota, USA: APS Press.
- Clark, J. M., Lee, S. H., Kim, H. J., Yoon, K. S. and Zhang, A., 2001, DNA-based genotyping techniques for the detection of point mutations associated with insecticide resistance in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science*, 57 (10), 968-974.
- Clements, J., Schoville, S., Peterson, N., Lan, Q. and 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, e0147844.
- Clements, J., Sean Schoville, S., Peterson, N., Huseh, A. S., Que Lan, Q., and Groves, R. L., 2017, RNA interference of three up-regulated transcripts associated with insecticide resistance in an imidacloprid resistant population of *Leptinotarsa decemlineata*, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Volume 135, 2017, Pages 35-40.
- Colella, C., 2007, Recent advances in natural zeolite applications based on external surface interaction with cations and molecules, *Studies in Surface Science and Catalysis Volume 170* (2007), Pages 2063-2073
- Copping L.G. and Menn J.J. 2000, Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy, *Pest Management Science*, 56 (8), 651-676.
- Crossley, M. S., Rondon, S. I. and 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.
- Cutler, G. C., Scott-Dupree, C. D., Tolman, J. H. and Harris, C. R., 2007, Field efficacy of novaluron for control of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potato, *Crop Protection*, 26 (5), 760-767.
- Cyglar M., Schrag J.D., Susman J.L., Harel M., SilmanI., Gentry M.K et al., 1993, Relationship between sequence conservation and three dimensional structure in large family of esterases, lipases and related proteins, *Protein Science*, 2(3), 366-382.
- Çağırhan O. ve Çetin H., 2021, *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera:Chrysomelidae) popülasyonlarında lambdacyhalothrin ve imidacloprid direncinin ve diatom toprağının sinerjistik etkinliğinin belirlenmesi, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 45 (4): 475-483.
- Çağırhan, O., 2023, Konya ilinde patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say) Coleoptera: Chrysomelidae) mücadelesinde farklı insektisitlerin etkinliği ve zararlının direncinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı*, 135.
- Çakıllar, M., 1960, Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), *Bitki Koruma Bülteni*, 1 (3), 37-40.
- Çakır, Ş. ve Ş. Yamanel, 2005, Böceklerde İnsektisitlere Direnç, *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi*, 6(1): 21-29.
- Çaylak, Ö., 2002, Patates Tarımı, *Kartarım Tic. A.Ş.*, Ankara, 44-68.
- Çetin, M. ve Taş, B., 2012, Biyolojik orijinli tek doğal mineral: diatomit, *Tübbav Bilim Dergisi*, 5 (2), 28-46.
- Daniel, C., Dierauer, H. ve Clerc, M., 2013, The potential of silicate rock dust to control pollen beetles (*Meligethes* spp.), *IOBC wprs Bulletin*, 96 (2013), 47-55.
- De Smedt, C., Van Damme, V., De Clercq, P. and Spanoghe, P., 2016, Insecticide effect of zeolites on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Insects*, 7 (4), 72.
- Dickens, J. C., Oliver, J. E., Hollister, B., Davis, J. C. and Klun, J. A., 2002, Breaking a paradigm: male-produced aggregation pheromone for the Colorado potato beetle, *Journal of Experimental Biology*, 205 (13), 1925-1933.
- Doğanay, İ. Ş. ve Işıkber, A. A., 2020, Yerel Diatom Toprağının Farklı Tahıl Çeşitleri Üzerinde Buğday Biti'ne (*Sitophilus granarius* L.)(Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (4), 885-892.

- Dunn, E., 1949, Colorado beetle in the Channel Islands, 1947 and 1948, *Annals of Applied Biology*, 36 (4), 525-534.
- Durmuşoğlu E. 2016. Yayınlanmamış Ders Notları.
- Erdoğan, C. ve Gürkan, M., 1997, *Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae)"nın değişik popülasyonlarının, bazı insektisitlere karşı duyarlılığının belirlenmesi üzerinde araştırmalar, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 21(4), 299-309.
- Erdoğan, Z., Yolcu, B., Sevinç, E., Sağlam, Ö. ve Işıkbek, A. A., 2016, Bazı yerel diatom topraklarının kaldırım karıncası, *Tetramorium* sp. (Hymenoptera: Formicidae) üzerine kontakt toksisitesinin belirlenmesi, *Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, Konya*, 114
- Eroğlu N., Emekci, M. and Athanassiou, C. G., 2017, Applications of natural zeolites on agriculture and food production, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 3487-3499.
- Ertürk, S., Ferizli, A. G. ve Emekçi, M., 2017, Evaluation of diatomaceous earth formulations for the control of rice weevil, *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae) in stored rice, *Turkish Journal of Entomology*, 41 (3), 347-354.
- Fasulati, S. R. 1985, "Polymorphism and Population Structure of Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae)", *Ekolojiya*, 1985(6), 50-56.
- Feng, L., 2013, Preliminary Investigation on species and predatory capacity of predatory enemies of *Leptinotarsa decemlineata* Say in Xinjiang, *Journal of Environmental Entomology*, 35(2013), 334-342.
- Ferro, D., Morzuch, B. ve Margolies, D., 1983, Crop loss assessment of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potatoes in western Massachusetts, *Journal of Economic Entomology*, 76 (2), 349-356.
- Ferro, D. N., Logan, J. A., Voss, R. H. and Elkinton J. S. 1985, "Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates", *Environmental Entomology*, 14 (3), 343-348.
- Ferro, D. N., 1993, Potential for resistance to *Bacillus thuringiensis*: Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) a model system, *American Entomologist*, 39 (1), 38-44.
- Fields, P. and Korunic, Z., 2000, The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles, *Journal of Stored Products Research*, 36 (1), 1-13.
- Forgash, A.J., 1985, "Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. In: Proceedings of the symposium of the Colorado potato beetle", *XVIIth International Congress of Entomology, Massachusetts Agricultural Experiment Station Bulletin*, Amherst, MA, USA, 33-52.
- Gauthier, N. L., Hofmaster, R. N. and Semel, M. 1981, "History of Colorado potato beetle control" pp. 13-33. *Advances in Potato Pest Management*. Editors: Lashomb, J. H., Casagrande, R. St. Paul, Minnesota, USA: APS Press.
- Gokulakrishnaa, R. K. and Thirunavukkarasu, S., 2023. Bioassay techniques in entomological research, *International Journal of Plant & Soil Science*, 35 (16), 363-73.
- Golob, P., 1997, Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects, *Journal of Stored Products Research*, 33 (1), 69-79.
- Gorišek, M., 2023, Investigation on the efficacy of inert dusts in reducing the damage caused by Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [say]) on potato (*Solanum tuberosum* L.), Univerza V Ljubljani Biotehniška Fakulteta Oddelek Za Agronomijo, master's thesis, 46.
- Gottardi, G. ve Galli, E., 1985, Natural Zeolites Springer-Verlag, *Berlin-Heidelberg, Germany*, 412 p.
- Gökçe, A., Whalon, M. E., Çam, H., Yanar, Y., Demirtaş, İ. and Gören, N., 2007, Contact and residual toxicities of 30 plant extracts to Colorado potato beetle larvae, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 40 (6), 441-450.
- Gökçe, A., Bingham, G. V. and Whalon, M. E., 2018, Impact of long-lasting insecticide-incorporated screens on Colorado potato beetle and plum curculio, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (1), 38-44.
- Göldel, B., Lemic, D. and Bažok, R., 2020, Alternatives to synthetic insecticides in the control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and their environmental benefits, *Agriculture*, 10 (12), 611.
- 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.
- Grant, D.F. and Matsumura F., 1989. Glutathione S-transferase 1 and 2 in susceptible and insecticide resistant *Aedes aegypti*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 33 (1989), pp. 132-143

- Grapputo, A., Boman, S., Lindström, L., Lyytinen, A. and Mappes, J. 2005, "The voyage of an invasive species across continents: genetic diversity of North American and European Colorado potato beetle populations", *Molecular Ecology*, 14(14), 4207-4219.
- Gressel, J., 2011, Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies, *Pest Management Science*, 67 (3), 253-257.
- Gullan, P.J. ve Cranston P. S. 2010, Böcekler Entomolojinin Ana Hatları. Ankara: Nobel yayınevi.
- Guo, L., Guo, W., Ahemaiti, T., He, J. J., X., 2011, Effects of temperature and feeding status on flight capacity of overwintering Colorado potato beetles, *Plant Protection Beijing*, 37 (2011), 56-61.
- Guo, W., Li, C., Ahemaiti, T., Jiang, W., Li, G., Wu, J. and Fu, K., 2017, Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say), In: Biological Invasions and Its Management in China, Eds, p. 195-217.
- Günel, E., Çalışkan, M.E., Kuşman, N., Koç, M.T., Yılmaz, A., Ağırnaslıgil, T. ve Onaran, H. 2010, Nişasta ve şeker Bitkileri Üretimi. *Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi (11-15 Haziran 2010, Ankara) Bildirileri*, s. 377-396.
- Gürkan, B. ve Boşgelmez, A., 1984, Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin populasyon dinamiği, *Bitki Koruma Bülteni*, 24 (3), 119-136.
- Hamouz, K., Lachman, J., Dvorák, P. and Pivec, V., 2005, The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality, *Plant Soil and Environment*, 51 (9), 397-402.
- Hare, J. D. 1980, "Impact of defoliation by the colorado potato beetle", *Journal of Economic Entomology*, 73(2), 369-372.
- Hare, J. D. 1990, "Ecology and management of the colorado potato beetle", *Annual Review of Entomology*, 35 (January 1990), 81-100.
- Hemingway J., 2000, The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of insecticide resistance. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 30 (11), 1009-1015.
- Hemingway, J., N. J. Hawkes, L. McCarroll, and H. Ranson. 2004, The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 34(7), 653-665.
- Hollingworth, R.M. and K. Dong, 2008, The Biochemical and Molecular Genetic Basis of Resistance to Pesticides in Arthropods. (Global Pesticide Resistance in Arthropods, Ed: Whalaon, M.E., Mota-Sanchez, D. And Hollingworth, R.M.), 40-90, Cromwell, UK.
- Hoy, C. W. ve Head, G., 1995, Correlation between behavioral and physiological responses to transgenic potatoes containing *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxin in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Economic Entomology*, 88 (3), 480-486.
- Huseth, A. and Groves, R., 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.
- Hsiao, T. H., 1988, Host specificity, seasonality and bionomics of *Leptinotarsa* beetles, In: *Biology of chrysomelidae*, Eds: Springer, p. 581-599.
- Igrc, J., Barčić, J., Dobrinčić, R. and Maceljski, M., 1999, Effect of insecticides on the Colorado potato beetles resistant to OP, OC and P insecticides, *Journal of pest science*, 72 (3), 76-80.
- Igrc-Barčić, J., Dobrinčić, R., Maceljski, M. and Barčić, J., 2000, Effects of seed potato tuber treatment with imidacloprid on some soil and foliar insects in Croatia, *Journal of Pest Science*, 73 (2), 41-48.
- Igrc Barčić, J., Bařok, R., Bezjak, S., Gotlin Čuljak, T. and Barčić, J., 2006, Combinations of several insecticides used for integrated control of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say., Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Pest Science*, 79 (4), 223-232.
- Ikeda, S., Inoue, Y. and Yamamoto, N., 1996, Zeolite insecticide for termites, Google Patents. Jeppson, L. R., Keifer, H. H. ve Baker, E. W., 1975, Mites injurious to economic plants, Univ of California Press, p.
- Ioannidis, P.M., E. Grafius, and M.E. Whalon. 1991, Patterns of insecticide resistance to azinphosmethyl, carbofuran, and permethrin in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* 84(5), 1417-1423.
- Ioannidis, P.M., E.J. Grafius, J.M. Wierenga, M.E. Whalon, and R.M. Hollingworth. 1992. Selection, inheritance and characterization of carbofuran resistance in the Colorado potato beetle (Coleoptera, Chrysomelidae). *Pesticide Science* 35(3), 215-222.
- IRAC, 2024, Introduction to Resistance | Insecticide Resistance Action Commiee (Insecticide Resistance Action Committee) Erişim tarihi: 15 Ocak 2022.
- Işıkber, A. A., Er, M. K., Sağlam, Ö., Tunaz, H. ve Kop, A., 2017, Çeşitli türk diatomit topraklarının depolanmış tahıl zararlılarının mücadelesinde kullanım olanakları, <https://search.trdizin.gov.tr/yayın/detay/62028>, Erişim tarihi: 9 Ekim 2021.
- Işıklı K.ř., 2019. Zeolitin insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkisi üzerinde araştırmalar, Yüksek lisans tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı*, 61.

- Jacques, R. L., 1988, The Potato Beetles, E. J. Brill, Leiden, 144 pp.
- Jeffrey G. S., 1999, Cytochromes P450 and insecticide resistance. *Insect Biochemistry and Molecular biology*, 29 (9), 757-777.
- Jiang W-H, Guo W-C, Lu W-P, Shi X-Q, Xiong M-H, Wang Z-T and Li G-Q, 2011, Target site insensitivity mutations in the AChE and LdVssc1 confer resistance to pyrethroids and carbamates in *Leptinotarsa decemlineata* in northern Xinjiang Uygur autonomous region, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Vol. 100 (1), pp. 74-81.
- Jolivet, P. 1991, "The Colorado beetle menaces Asia (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Col.Chrysomelidae)" *L'Entomologiste*, 47(1), 29-48.
- Jossi, W. and Dubois, D., 1998, Yield loss by potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say and threshold value, *Agrarforschung* (Switzerland).
- Jörg, E., Falke, K., Racca, P. and Węgorzek, P., 2007, Insecticide resistance in Colorado beetles: no let up, *Kartoffelbau* (5), 168-173.
- Kabak, B., 2019, Alman hamam böceği *Blattella germanica*'nın ergin öncesi dönemlerine karşı yerel bazı türk diatom topraklarının toksik etkisi, Yüksek lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 1-45.
- Kepenekci, I., 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 (1), 173-174.
- Keskin, C. and Yorulmaz Salman, S. (2020), Deltamethrin and Imidacloprid Resistance Levels Of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) Populations Collected From Afyonkarahisar, Turkey, *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2 (1), 1-5.
- Klein C.M. 2019, The evolution of spinosad resistance in Colorado Potato Beetles (*Leptinotarsa decemlineata*) (Web page: https://academicworks.cuny.edu/gc_etds/3464/) (Erişim tarihi: 29.08.2024).
- Klimets, E. P. 1988, "Revealing of Colorado Potato Beetle Insecticides Susceptibility by Means of the Phenetics, in Fenetika prirodnikh populyatsii", *Phenetics of Natural Populations*, 1988, 111–117.
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M. and Golić, M. P., 2010, Laboratory evaluation of insecticidal effectiveness of a natural zeolite formulation against *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) in treated wheat, *10th. International Working Conference on Stored Product Protection* (2010), pp.863-868
- Knight, A. L. Beers, E. H. Hoyt, S. C. and Riedl, H. 1990, Acaricide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discriminating concentrations for resistance monitoring, *Journal of economic entomology*, 83(5), 1752-1760.
- Kocourek F, Dolezal P, Hausvater E, Horska T, Sopko B, Sedlak P, Sedlakova and V., Jitka S., (2024) Six-year monitoring of pesticide resistance in the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) during a neonicotinoid restriction period. *PLoS ONE*, 19(5): e0303238.
- Korunic, Z., 1998, Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides, *Journal of Stored Products Research*, 34 (2-3), 87-97.
- Kowalska, J., 2010, Spinosad effectively controls Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in organic potato, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 60 (3), 283-286.
- Kwon, D. H. Kang, T. J. Kim, Y. H. and Lee, S. H. 2015, Phenotypic-and genotypic-resistance detection for adaptive resistance management in *Tetranychus urticae* Koch., *PloS one*, 10(11), e0139934.
- Lee, S.H., and J.M. Clark. 1998, Purification and characterization of multiple-charged forms of permethrin carboxylesterase(s) from the hemolymph of resistant Colorado potato beetle, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 60 (1), 31–47.
- Lee, C., Lee, L., Ang, B. and Chong, N., 1999, Insecticide resistance in *Blattella germanica* (L.)(Dictyoptera: Blattellidae) from hotels and restaurants in Malaysia, *Proceed 3rd Intl Conf Urban Pests*, pp.171-181.
- LeOra, 2002, LeOra software, Polo-Pc: probit and logit analysis, Berkeley, CA, the USA.
- Li, X. C., M. A. Schuler, and M. R. Berenbaum. 2007, Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annu. Rev. Entomol.*, 52 (1), 231-253.
- Losic, D. and Korunic, Z., 2017, Diatomaceous earth, a natural insecticide for stored grain protection: Recent progress and perspectives, *Diatom Nanotechnology*, pp. 219-247.
- Lyytinen, A., Lindström, L., Mappes, J., Julkunen-Tiitto, R., Fasulati, S. R. and Tiilikkala, K., 2007, Variability in host plant chemistry: behavioural responses and life-history parameters of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*), *Chemoecology*, 17 (1), 51-56.
- Machida-Hirano R. Diversity of potato genetic resources. *Breed Sci.* 2015 Mar;65(1):26-40.

- Mailloux, G., Binns, M. and Bostanian, N., 1991, Density yield relationships and economic injury level model for the Colorado potato beetle larvae on potatoes, *Researches on Population Ecology*, 33 (1), 101-113.
- Maliszewska, J. and Tęgowska, E., 2012, Capsaicin as an organophosphate synergist against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say), *Journal of Plant Protection Research*, 52(1):28-34
- Martel, P., Belcourt, J., Choquette, D. and Boivin, G., 1986, Spatial dispersion and sequential sampling plan for the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Economic Entomology*, 79 (2), 414-417.
- Melander A. L. 1914, Can insects become resistant to sprays?, *J. Econ. Entomol.*, 7 (2), 167-173
- Metcalf, R. L. and Luckmann, W. H., 1994, Introduction to insect pest management, New York, USA, John Wiley & Sons, p. 1-31.
- Milner, M., Kung, K. S., Wyman, J., Feldman, J. and Nordheim, E., 1992, Enhancing overwintering mortality of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) by manipulating the temperature of its diapause habitat, *Journal of Economic Entomology*, 85 (5), 1701-1708.
- Mohamadi, M. M., Mossadegh, M., Hejazi, M., Goodarzi, M., Khanjani, M. ve Galehdari, H., 2010, Synergism of resistance to phosalone and comparison of kinetic properties of acetylcholinesterase from four field populations and a susceptible strain of Colorado potato beetle, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 98 (2), 254-262.
- Mota-Sanchez, D., 2002, Resistance and metabolism of imidacloprid in Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), *Doctor Of Philosophy, Michigan State University*, 136.
- Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R. M., Grafius, E. J. and 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: Formerly Pesticide Science*, 62 (1), 30-37.
- Mota-Sanchez, J.C., 2017, Wise Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University, <http://www.pesticideresistance.org/> (accessed 01.12.17).
- Nauen, R. Stumpf, N. Elbert, A. Zebitz, C. P. W. and Kraus, W. 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae), *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 57(3), 253-261.
- Ng, Y.-S. and Lashomb, J., 1983, Orientation by the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say), *Animal Behaviour*, 31 (2), 617-619.
- Nkya, T.E., Akhouayri, I., Kisinza, W. and David, J.P. (2013), Impact of environment on mosquito response to pyrethroid insecticides: facts, evidences and prospects, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 43(4), 407-416.
- Noronha, C. and Cloutier, C., 1998, Effect of soil conditions and body size on digging by prediapause Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae), *Canadian Journal of Zoology*, 76 (9), 1705-1713.
- Nouri-Ganbalani, G., Fathi, A. and Nouri-Ganbalani, A., 2010, Economic injury level for Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), on 'Agria' potatoes in Ardabil, Iran, *Munis Entomology and Zoology*, 5 (2), 764-770.
- Oakeshott J.G., Van Papenrecht E.A., Boyce T.M, Healy M.J. and Russell R.J., 1993, Evolutionary genetics of *Drosophila* esterases. *Genetica*.90 2-3 (1993), 239-268.
- Obeng-Ofori D.2010. Residual insecticides, inert dusts and botanicals for the protection of durable stored products against pest infestation in developing countries. *Catholic University College of Gahna. Julius-Kühn-Archiv*, 425.
- Olson, E. R., Dively, G. P. and 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.
- Onaran, H., Ünlenen, A. L. ve Doğan, A., 2000, Patates tarımı sorunları ve çözüm yolları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Niğde. s. 93.
- Osman, M. A. M., 2010, Biological efficacy of some biorational and conventional insecticides in the control of different stages of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Plant Protection Science*, 46 (3), 123-134.
- Quinton, R., 1955, DDT-resistant Colorado potato beetles, proceedings of the North Central Entomological Society of America, 9 (3), 94-95.
- Özdemir, E., Inak, E., Evlice, E., Yüksel, E., Delialioğlu, R. A. and Susurluk, I. A., 2021, Effects of insecticides and synergistic chemicals on the efficacy of the entomopathogenic nematode

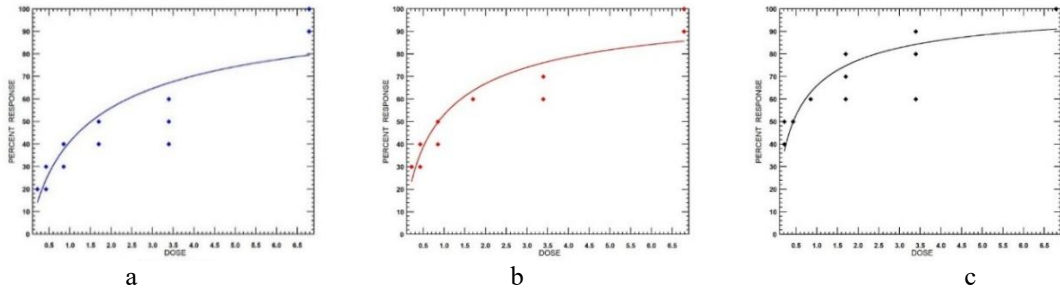
- Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) against *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Crop Protection*, 144 (June 2021), 105605.
- Özsarı, P., 2018, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) (patates böceği)'nin patates bitkisinde beslenme davranışı ve zarar miktarı üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 102.
- Peferoen, M., Huybrechts, R. and De Loof, A., 1981, Longevity and fecundity in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 29 (3), 321-329.
- Pezzutti, R., 1979, Effects of dry air on some beetles infesting stored cereals, *Agricultural and Food Sciences*, 1979, 135-144.
- Piironen, S., Lindström, L., Lyytinen, A., Mappes, J., Chen, Y. H., Izzo, V. and Grapputo, A. 2013, "Preinvasion history and demography shape the genetic variation in the insecticide resistance-related acetylcholinesterase 2 gene in the invasive Colorado potato beetle", *BMC Evolutionary Biology*, 13 (2013), 13.
- Radcliffe, E. and Lagnaoui, A., 2007, Insect pests in potato, *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives.*, (2007) pp.543-567.
- Ropek, D. and Kolodziejczyk, M., 2019, Efficacy of selected insecticides and natural preparations against *Leptinotarsa decemlineata*. *Potato research*, 62 (1), 85-95.
- Rose, R. L. and Brindley, W. A., 1985, An evaluation of the role of oxidative enzymes in Colorado potato beetle resistance to carbamate insecticides, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 23 (1), 74-84.
- Sánchez-Bayo, F., Tennekes, H. A. and Goka, K., 2013, Impact of systemic insecticides on organisms and ecosystems. *Insecticides-development of safer and more effective Technologies*, Editors: Stanislav Trdan pp. 365-414.
- Sayıncı, B., Bastaban, S. ve Yıldırım E., 2013, Düşük Spinosad Dozlarının *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerindeki etkinlikleri, *Bitki Koruma Ürünleri ve Makineleri Kongresi, 2-5 Nisan 2013, Antalya- Türkiye*, s.165-177.
- Schnaars-Uvino K. and Baker M.B., 2021, High-level field-evolved resistance to spinosad in Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* in organically managed fields. *Pest Management Science*, 77 (10), p. 4393-4399.
- Schoville SD, Chen YH, Andersson MN, Benoit JB, Bhandari A, Bowsher JH, Brevik K, Cappelle K, Chen MM, Childers AK, Childers C, Christiaens O, Clements J, Didion EM, Elpidina EN, Engsontia P, Friedrich M, García-Robles I, Gibbs RA, Goswami C, Grapputo A, Gruden K, Grynberg M, Henrissat B, Jennings EC, Jones JW, Kalsi M, Khan SA, Kumar A, Li F, Lombard V, Ma X, Martynov A, Miller NJ, Mitchell RF, Munoz-Torres M, Muszewska A, Oppert B, Palli SR, Panfilio KA, Pauchet Y, Perkin LC, Petek M, Poelchau MF, Record É, Rinehart JP, Robertson HM, Rosendale AJ, Ruiz-Arroyo VM, Smagghe G, Szendrei Z, Thomas GWC, Torson AS, Vargas Jentzsch IM, Weirauch MT, Yates AD, Yocum GD, Yoon JS and Richards S., (2018), A model species for agricultural pest genomics: the genome of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Sci Rep*. Jan 31;8(1):1931.
- Scott, J. G., Cochran, D. G. and Siegfried, B. D., 1990, Insecticide toxicity, synergism, and resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae), *Journal of Economic Entomology*, 83 (5), 1698-1703.
- Shariff, M. M., Hejazi, M., Mohammadi, A. and Rashidi, M., 2007, Resistance status of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, to endosulfan in East Azarbaijan and Ardabil provinces of Iran, *Journal of Insect Science*, 7 (1), 31.
- Silva, M. S. O., Cardoso, J. F. M., Ferreira, M. E. P., Baldo, F. B., Silva, R. S. A., Chacon-Orozco, J. G., Shapiro-Ilan, D., Hazir, S., Bueno, C. J. and Leite, L. G., 2021, An assessment of *Steinernema rarum* as a biocontrol agent in sugarcane with focus on *Sphenophorus levis*, host-finding ability, compatibility with vinasse and field efficacy, *Agriculture*, 11 (6), 500.
- Sladan, S.Miroslav, K.,Ivan, S., Snežana, J., Petar, K., Goran T. and Jevđović, R., 2012, Resistance of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to neonicotinoids, pyrethroids and nereistoxins in Serbia, *Romanian Biotechnological Letters*, 17 (5), 7599–7609.
- Sparks, T. C., Dripps, J. E., Watson, G. B., & Paroonagian, D. (2012). Resistance and crossresistance to the spinosyns – a review and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 102, 1-10.
- Stumpf, N., and Nauen, R. (2002), Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide biochemistry and physiology*, 72(2), 111-121.
- Subramanyam, B. and Roesli, R., 2000, Inert dusts, In: Alternatives to pesticides in storedproduct IPM, Eds: Springer, p. 321-380.
- Susurluk, H., 2008, İki benekli kırmızıörümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acarina:Tetranychidae)'de piretroid insektisitlere karşı oluşan direncin moleküler karakterizasyonu, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 164.

- Swenson, T.L. 2013, Neonicotinoid Insecticide Metabolism and Mechanisms of Toxicity in Mammals, *Doctor of Philosophy in Molecular Toxicology in the Graduate Division of the University of California, Berkeley*, 78p.
- Szafranek, B., Synak, E., Waligóra, D., Szafranek, J. and Nawrot, J., 2008, Leaf surface compounds of the potato (*Solanum tuberosum*) and their influence on Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) feeding, *Chemoecology*, 18 (4), 205-216.
- Szendrei, Z., Grafius, E., Byrne, A. and Ziegler, A. 2012, Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae), *Pest Management Science*, 68(6), 941-946.
- Şanlı Y., 1998, Veteriner İlaçları Rehberi ve Bilinçli İlaç Kullanım El Kitabı. ICC Yayınevi, Ankara.
- Şen, R., Işıkber, A. A., Bozkurt, H. and Sağlam, Ö., 2019, Effect of temperature on insecticidal efficiency of local diatomaceous earth against stored-grain insects, *Turkish Journal of Entomology*, 43 (4), 441-450.
- Tan, J., Liu, Z., Wang, R., Huang, Z. Y., Chen, A. C., Gurevitz, M. and Dong, K., 2005, Identification of amino acid residues in the insect sodium channel critical for pyrethroid binding, *Molecular pharmacology*, 67 (2), 513-522.
- Tauber, M. J. and Tauber, C. A., 2002, Prolonged dormancy in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae): a ten-year field study with implications for crop rotation, *Environmental Entomology*, 31 (3), 499-504.
- Thompson, G.D., Dutton, R. and Sparks, T.C., 2000, Spinosad a case study: an example from a natural products discovery programme, *Pest Management Science*, 56(8): 696-702.
- Thompson G. 2011, International Working Group & Country Group Review 46th Meeting of IRAC International, MSU Resistance Database.
- Torun, G. and Gürkan, M., Oktay, 1996, Investigations on the effect of temperature on toxicity of some synthetic pyrethroids on *Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae), *Turkish Journal of Entomology*, 20 (4), 295-307.
- Uygun, Z. ve Karaca, İ., 2015, Tokat ili patates ve patlıcan üretimi yapılan alanlarda patatesböceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824))(Coleoptera: Chrysomelidae)'nin yayılışı, doğal düşmanları ve popülasyon değişimi, *Journal of Natural & Applied Sciences*, 19 (2), 184-189.
- Ünal, G. ve Kılıç, K. B., 1997, Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin mücadelesinde yaygın olarak kullanılan insektisitler ile *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*'in entegrasyon olanakları üzerinde toksikolojik çalışmalar, *Bitki Koruma Bülteni*, 37 (1-2), 67-78.
- Wakil, W., Ashfaq, M., Shabbir, A., Javed, A. and Sagheer, M., 2006, Efficacy of diatomaceous earth (protect-it) as a protectant of stored wheat against *Rhyzopertha dominica* (F.)(Coleoptera: Bostrychidae), *Pakistan Entomologist*, 28 (2), 19-24.
- Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R.M., and Duynslager, L., 2007, Arthropod Pesticide Resistance Database. <http://www.pesticideresistance.org> (Erişim tarihi 13.08.2023).
- Weber, D. and Ferro, D., 1993, Distribution of overwintering Colorado potato beetle in and near Massachusetts potato fields, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 66 (2), 191-196.
- Weber, D. 2003, "Colorado beetle: Pest on the move", *Pesticide Outlook*, 14 (6), 256-259.
- Willis, J. H. (2010), Structural cuticular proteins from arthropods: Annotation, nomenclature, and sequence characteristics in the genomics era, *Insect Biochem. Mol. Biol.* 40, 189-204.
- Wimer, A., F., 2013, Resistance evaluation and management of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), using novel chemistries, Doctora thesis. *Faculty of the Virginia Polytechnic Institute of State University*.
- Wraight, S. and Ramos, M., 2005, Synergistic interaction between *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae, *Journal of Invertebrate Pathology*, 90 (3), 139-150.
- Vardeman, E., Arthur, F., Nechols, J. and Campbell, J., 2006, Effect of temperature, exposure interval, and depth of diatomaceous earth treatment on distribution, mortality, and progeny production of lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae) in stored wheat, *Journal of economic entomology*, 99 (3), 1017-1024.
- Voss, R. H. and Ferro, D. N. 1990, "Ecology of migrating Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in western Massachusetts", *Environmental Entomology*, 19(1), 123-129.
- Yabaş, C., Ulubilir, A. ve Canhilal, R., 1995, Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say.(Col.: Chrysomelidae)]'nin biyolojik mücadelesi üzerinde bazı araştırmalar, *Bitki Koruma Bülteni*, 35 (3-4), 227-240.

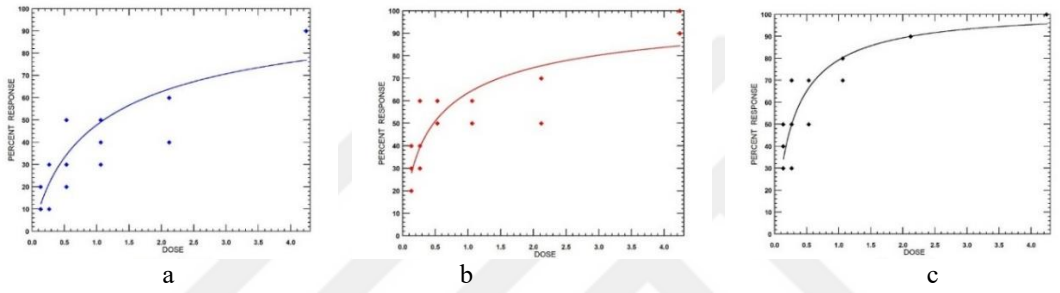
- Yassine, B., Nassira, G. B., Hanane, S. and Meriem, M. s. G., 2019, Insecticidal efficacy of diatomaceous earth on larvae of *Agriotes lineatus* (Coleoptera; Elateridae), potato pests in tissemsilt, Algeria, *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (12 A), 9956-9962.
- Yavuz O. ve Şanlı, Y., 1999, Halk Sağlığı ve Vektör Kontrolünde Kullanılan Pestisitler, Pestisit Formülasyonları ve Uygulama Seçenekleri, *I. Seminer. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji Anabilim Dalı*, Ankara, 1999.
- Yorulmaz-Salman, S. ve Ay, R., 2013, Avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının üç farklı akar site karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeylerinin belirlenmesi, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 2013, 37 (1): 105-116
- Yu, S. J. 2008, The Toxicology and Biochemistry of Insecticides, *CRC Press Taylor Francis Group*, 250 pp.
- Yu, S. J., 2011, The toxicology and biochemistry of insecticides, *Boca Raton, CRC press*: 296.
- Yu S.J., 2015, The Toxicology and Biochemistry of Insecticides, *CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742*, 296 p.
- Zamojska, J., Węgorzek, P. and 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.
- Zhang, J., Yang, J., Li, Y., Liu, N. and Zhang, R-Z. 2013, "Genetic relationships of introduced Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* populations in Xinjiang, China", *Insect Science*, 20 (5), 643-654.
- Zhao, J. Z., Bishop, B. A. and 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.
- Zhu, K.Y., Lee, S.H. and J.M. Clark., 1996, A point mutation of acetylcholinesterase associated with azinphosmethyl resistance and reduced fitness in Colorado potato beetle. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 55 (2), 100-108.

EKLER

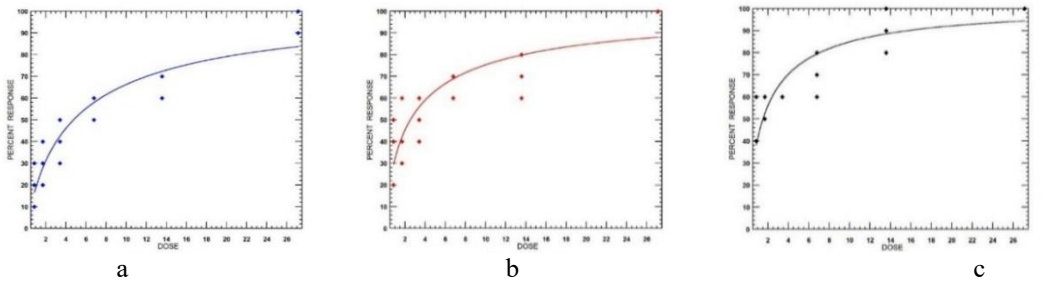
Ek 1. Acetamipird, deltametrin ve spinosadın probit analizi sonucu elde edilen doz-ölüm grafikleri



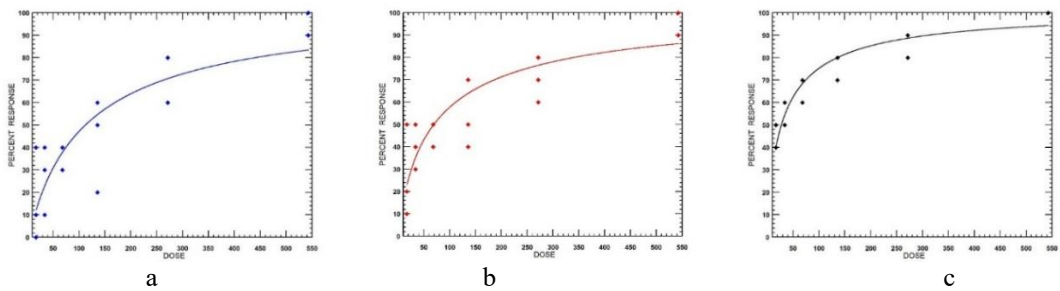
Şekil 1. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



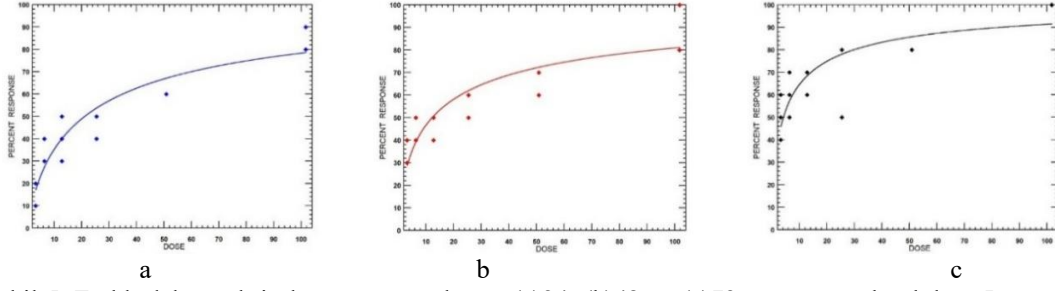
Şekil 2. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



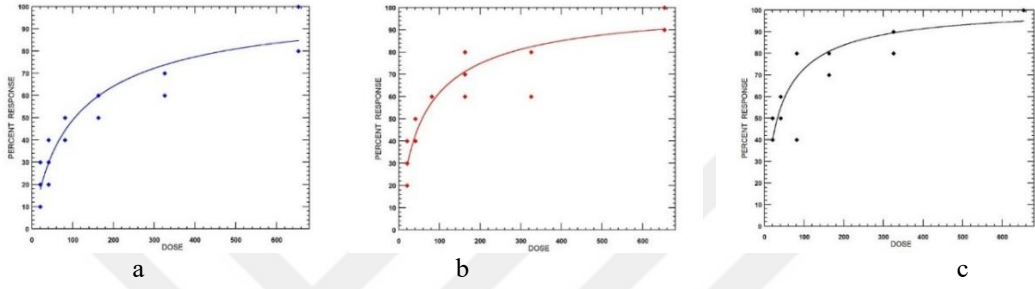
Şekil 3. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata*'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



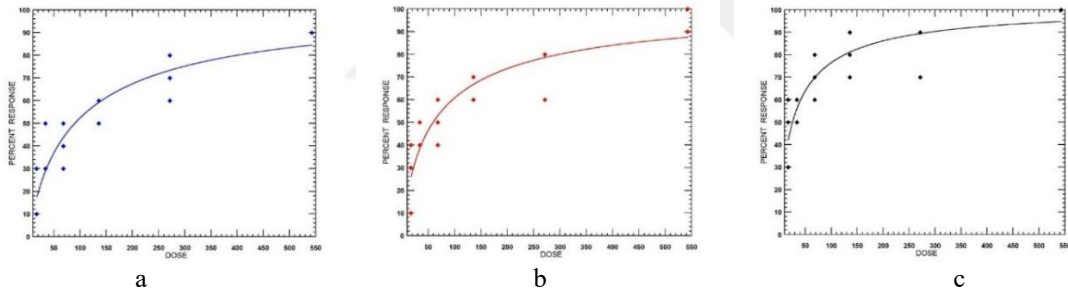
Şekil 4. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata*'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



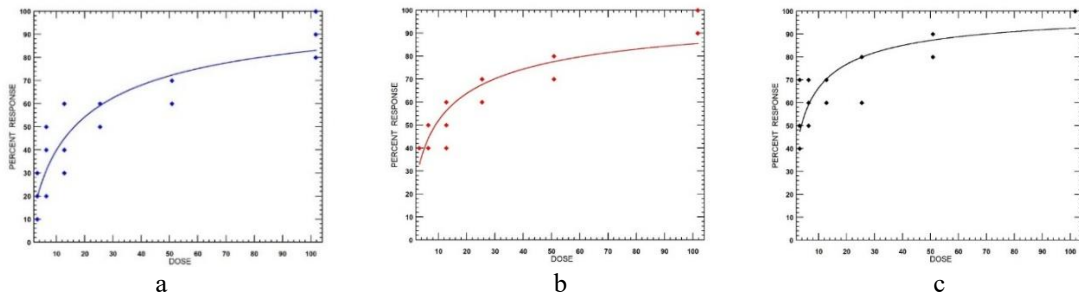
Şekil 5. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



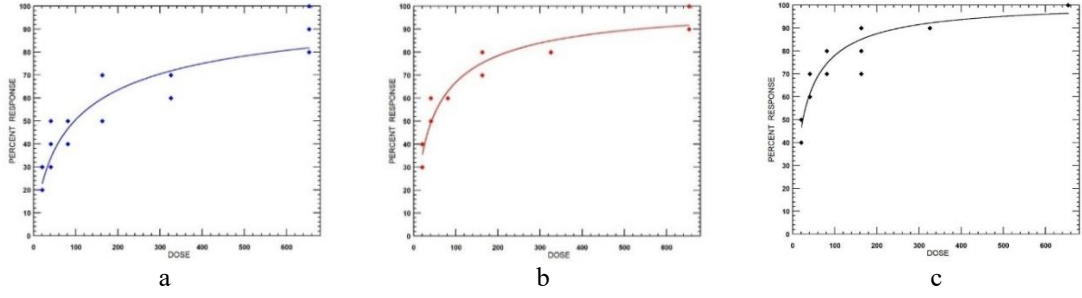
Şekil 6. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



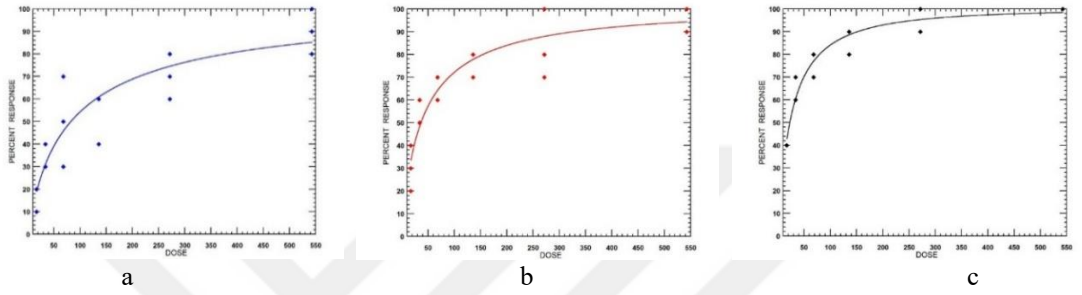
Şekil 7. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Şuhut popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



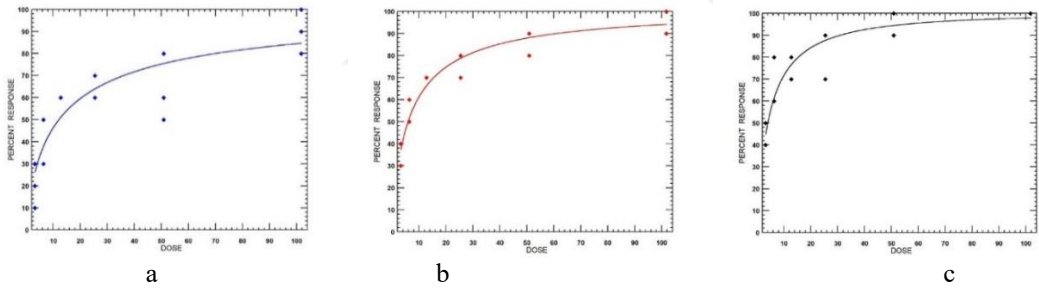
Şekil 8. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Şuhut popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



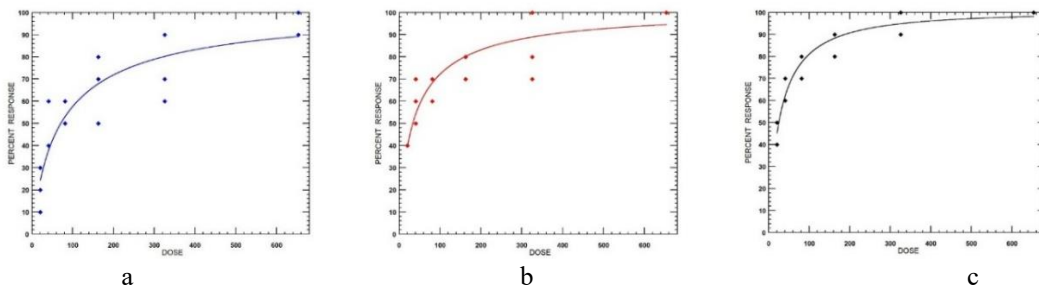
Şekil 9. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Şuhut popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



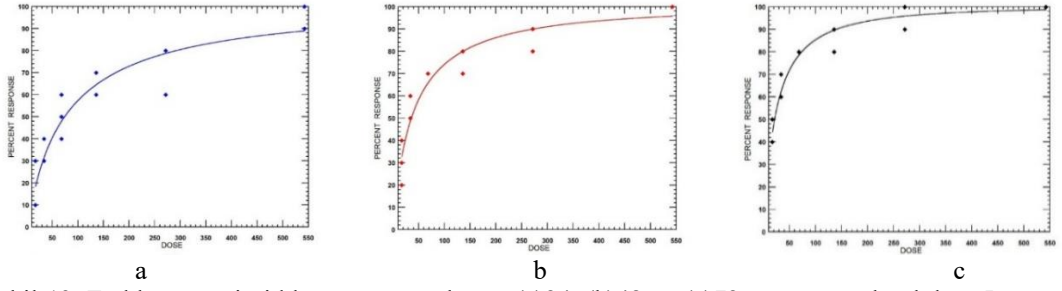
Şekil 10. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



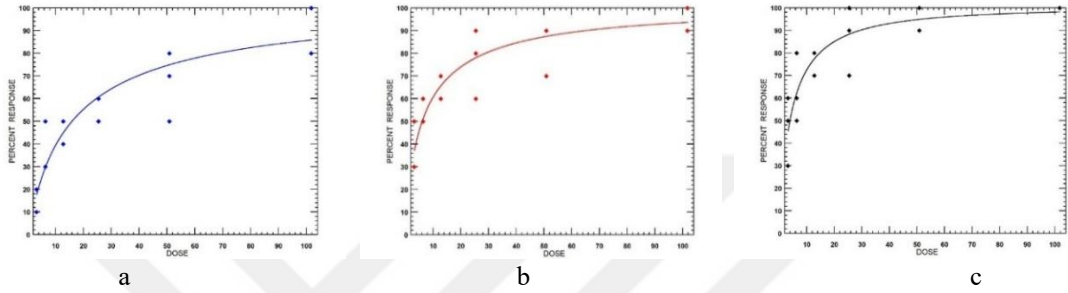
Şekil 11. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



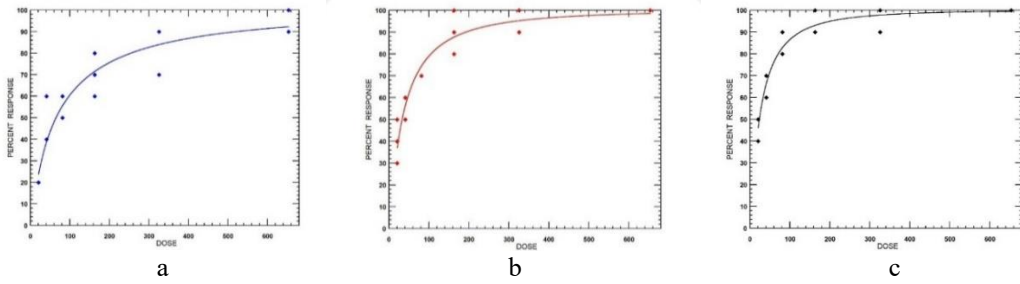
Şekil 12. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



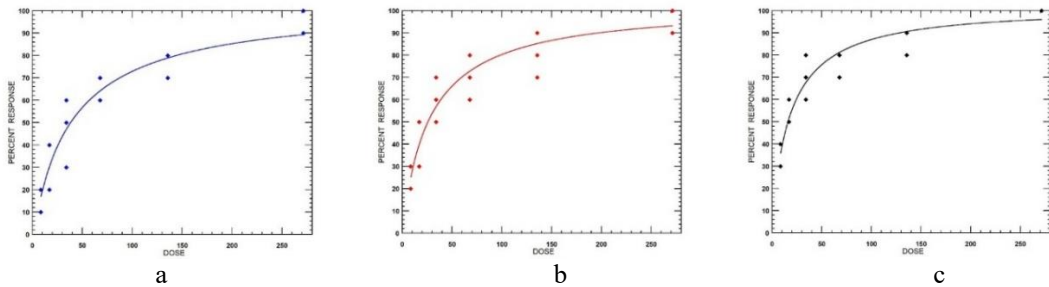
Şekil 13. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çiftlik popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



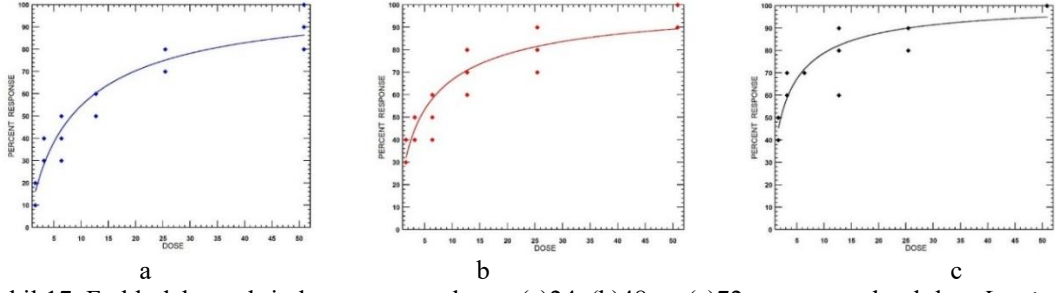
Şekil 14. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çiftlik popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



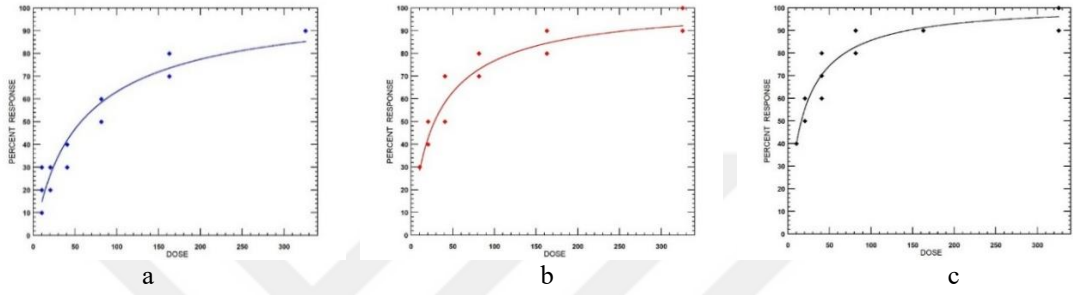
Şekil 15. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çiftlik popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



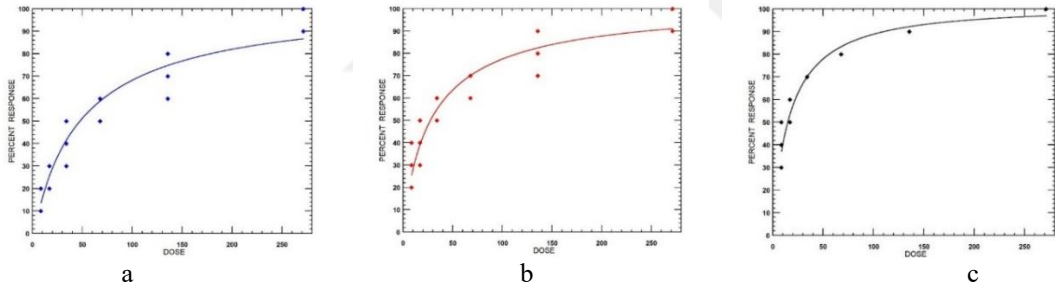
Şekil 16. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



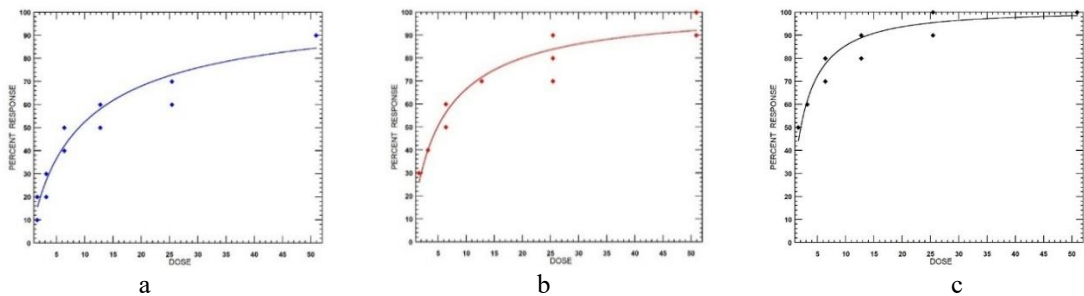
Şekil 17. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



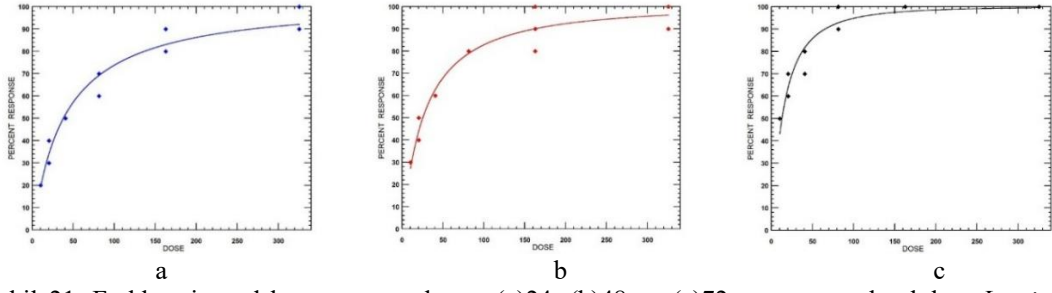
Şekil 18. Farklı spinosad konsantrasyonlarına 24(a), 48(b) ve 72(c) saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



Şekil 19. Farklı acetamiprid konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

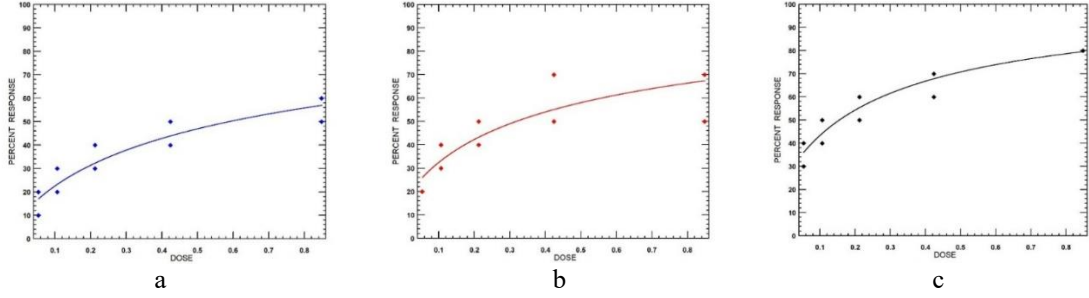


Şekil 20. Farklı deltamethrin konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

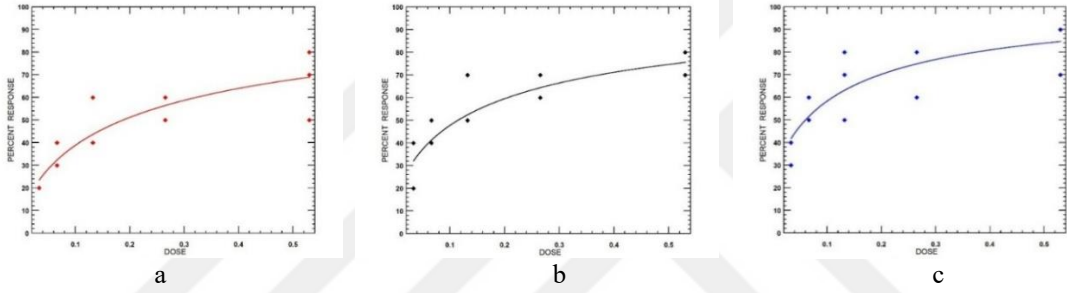


Şekil 21. Farklı spinosad konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

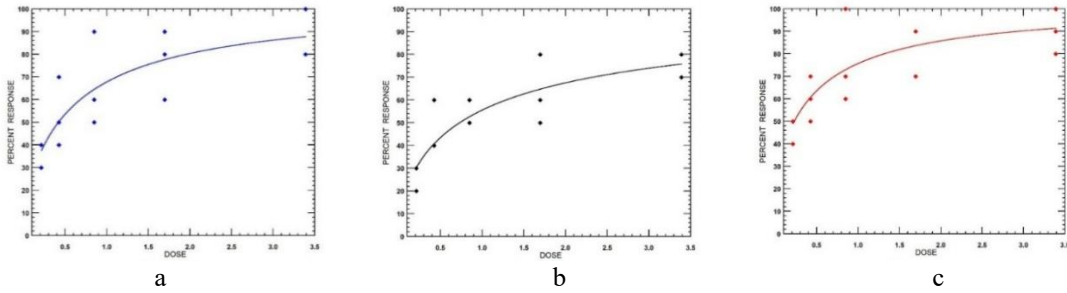
Ek 2. Acetamiprid, deltametrin ve spinosadın %2'lik diatom toprağı ile karışımlarına ait probit analizi sonucu elde edilen doz-ölüm grafikleri



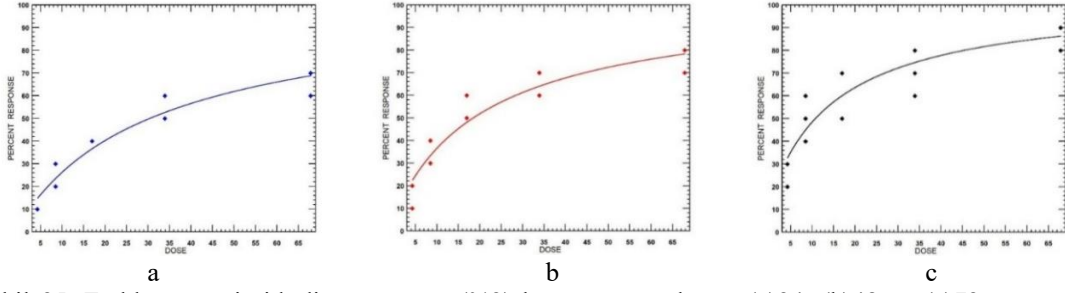
Şekil 22. Farklı acetamiprid+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



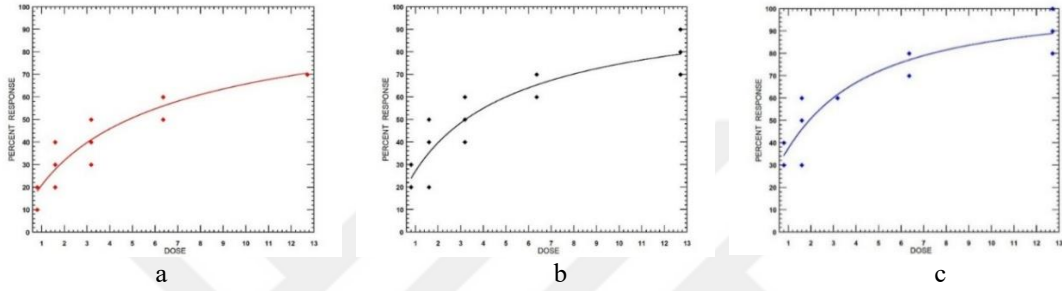
Şekil 23. Farklı deltamethrin+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



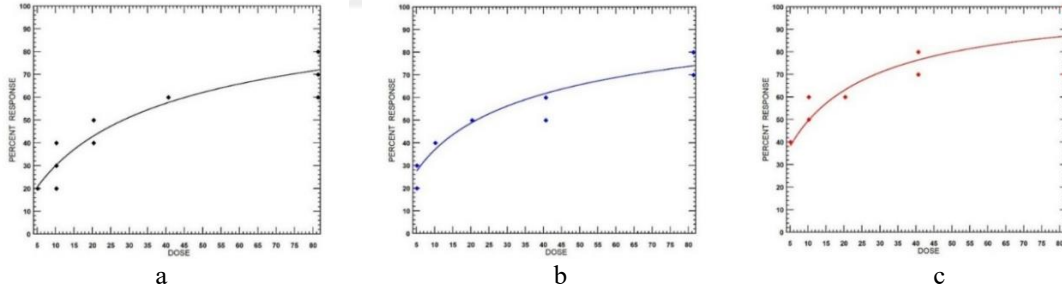
Şekil 24. Farklı spinosad +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



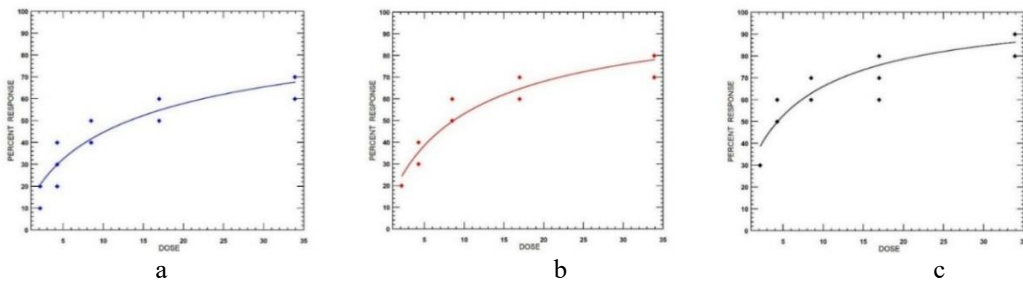
Şekil 25. Farklı acetamiprid+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



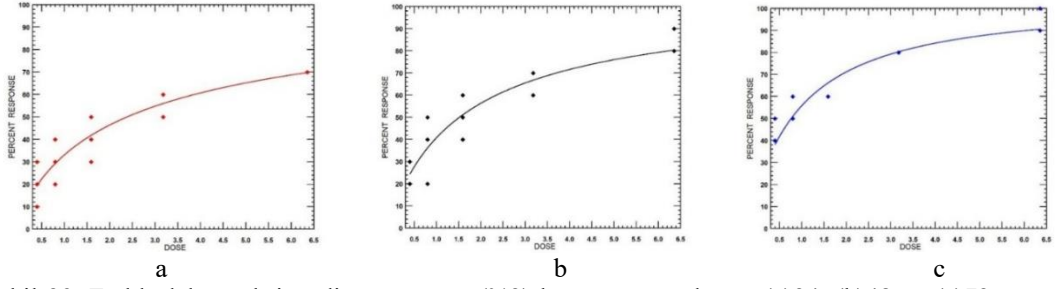
Şekil 26. Farklı deltamethrin+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



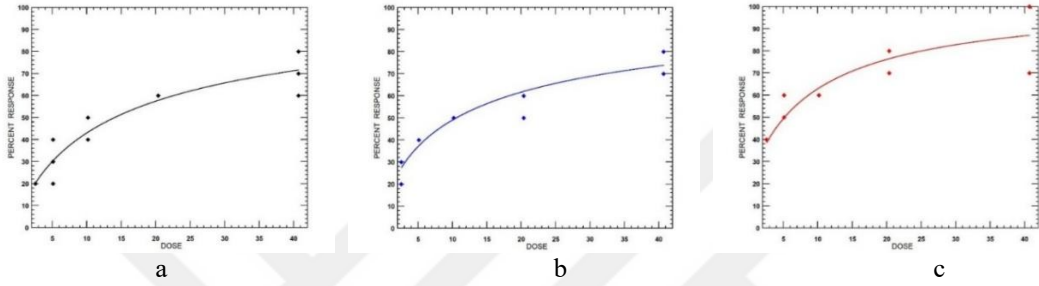
Şekil 27. Farklı spinosad +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Sandıklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



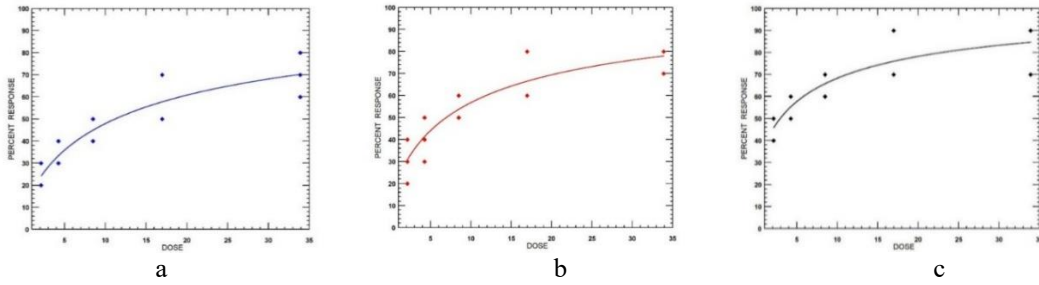
Şekil 28. Farklı acetamiprid +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



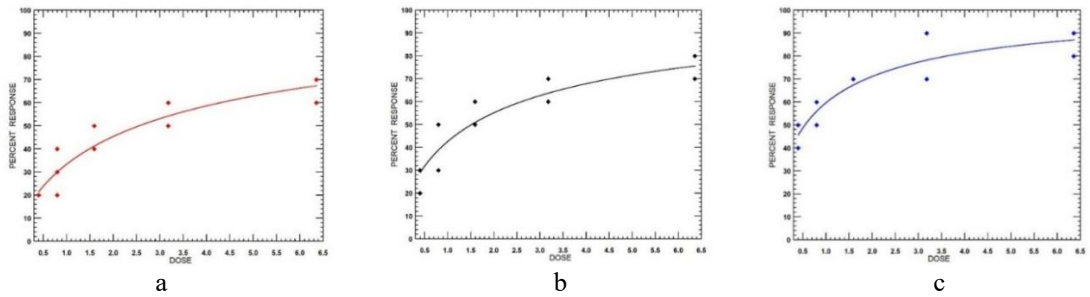
Şekil 29. Farklı deltamethrin +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



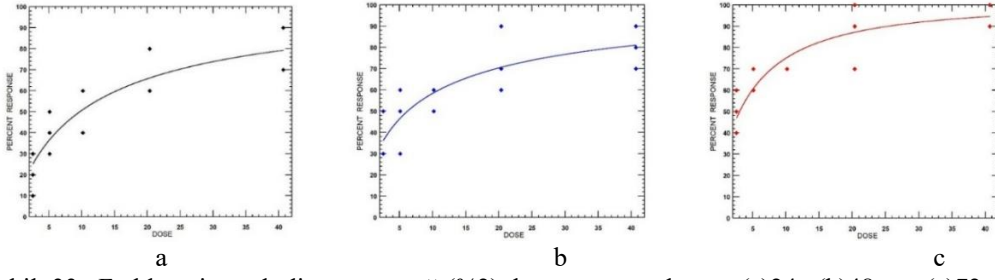
Şekil 30. Farklı spinosad +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Konaklı popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



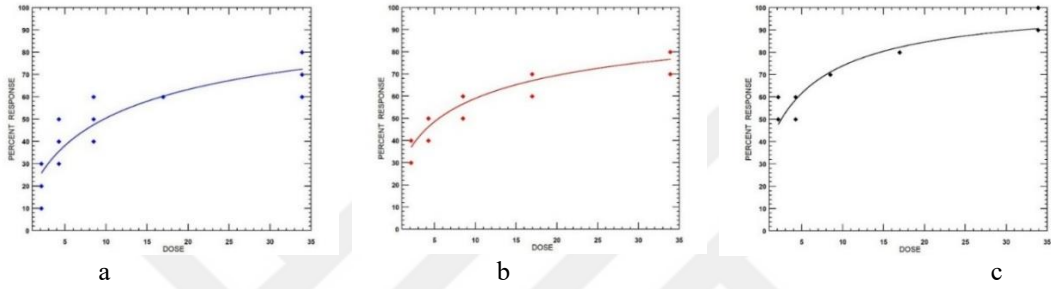
Şekil 31. Farklı acetamiprid +diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



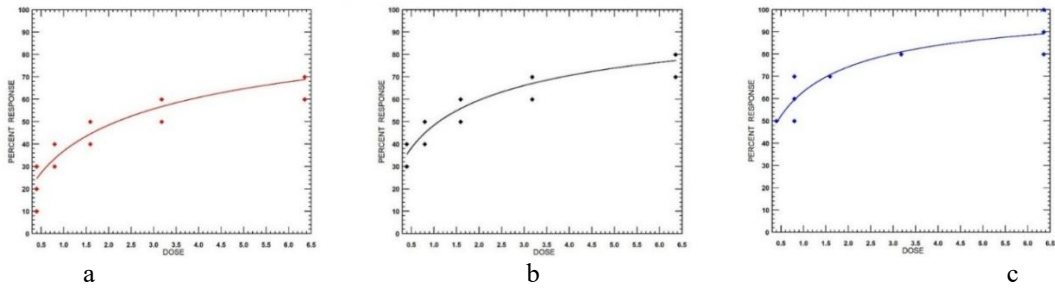
Şekil 32. Farklı deltamethrin+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



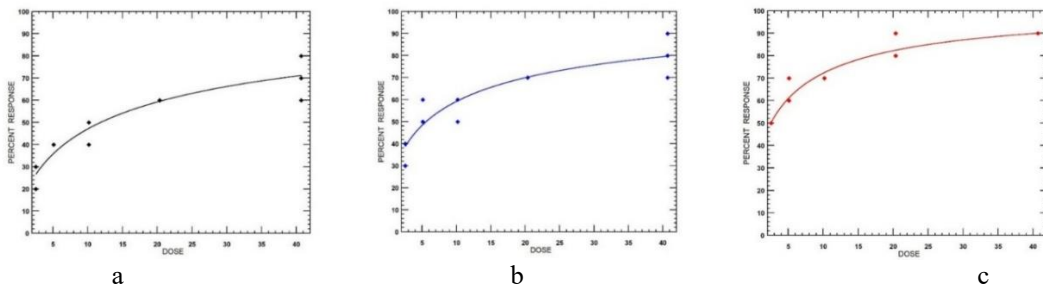
Şekil 33. Farklı spinosad+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Çumra popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



Şekil 34. Farklı acetamiprid+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

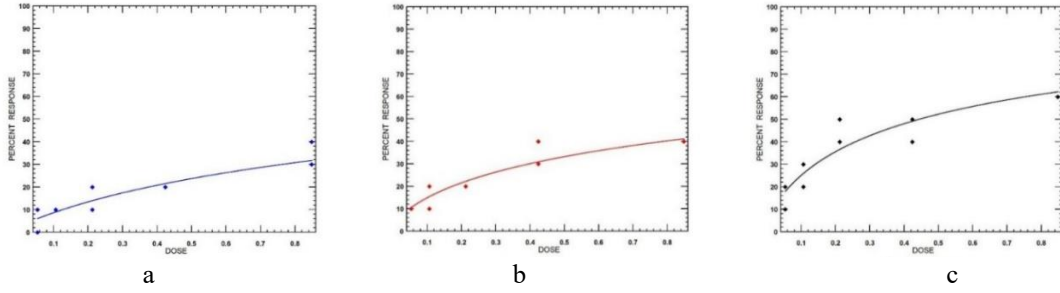


Şekil 35. Farklı deltamethrin+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

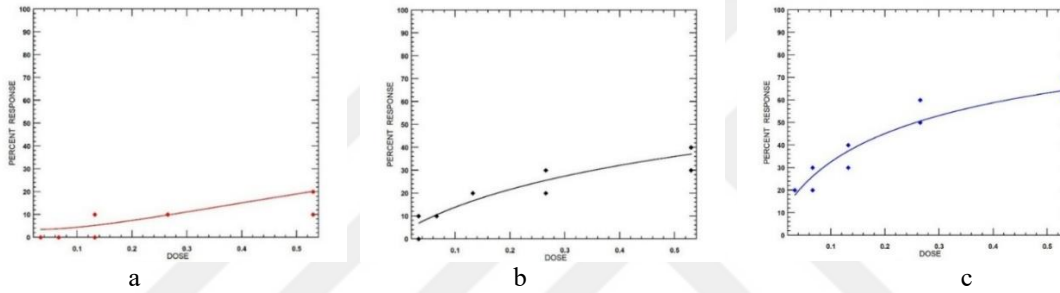


Şekil 36. Farklı spinosad+diatom toprağı(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın Selçuklu popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)

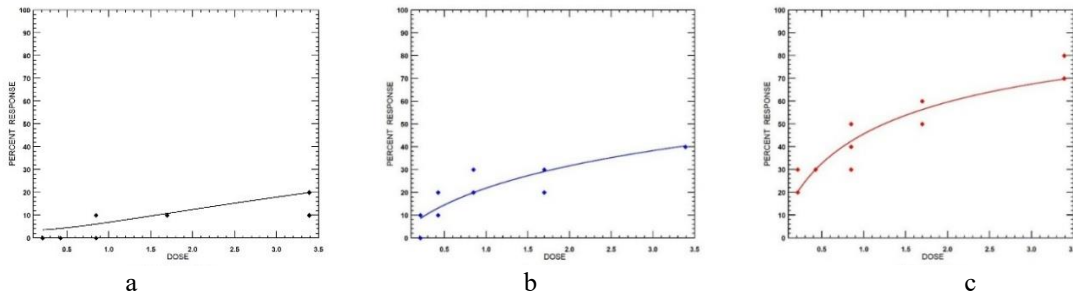
Ek 3. Acetamiprid, deltametrin ve spinosadın %2'lik zeolit ile karışımlarına ait probit analizi sonucu elde edilen doz-ölüm grafikleri



Şekil 37. Farklı acetamiprid+zeolit(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



Şekil 38. Farklı deltametrin+zeolit(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)



Şekil 39. Farklı spinosad+zeolit(%2) konsantrasyonlarına (a)24, (b)48 ve (c)72 saat maruz bırakılan, *Leptinotarsa decemlineata* 'nın hassas popülasyonundaki 3-4. dönem larvalarında meydana gelen ölüm oranları (%)