BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA:THRIPIDAE) POPÜLASYONLARININ FARKLI İNSEKTİSİT GRUPLARINA KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI (DOKTORA)

Duygu DEMİRÖZ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA:THRIPIDAE) POPÜLASYONLARININ FARKLI İNSEKTİSİT GRUPLARINA KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI

Duygu DEMİRÖZ
0000-0002-0593-0165

Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Duygu DEMİRÖZ tarafından hazırlanan "Batı Çiçek Tripsi, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) Popülasyonlarının Farklı İnsektisit Gruplarına Karşı Direnç Durumunun Araştırılması"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL

Başkan	**:**	Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL 0000-0001-9442-483X Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER 0000-0001-8053-5002 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Doç. Dr. Emre İNAK 0000-0003-0411-4198 Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Doç. Dr. Hilal SUSURLUK 0000-0002-8329-8855 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Dr. Öğr. Üyesi Tufan Can ULU 0000-0003-3640-1474 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
23/02/2024

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

/2024

Duygu DEMİRÖZ

TEZ YAYINLANMA
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL .2024	Duygu DEMİRÖZ .2024
İmza	İmza

ÖZET

Doktora Tezi

BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA:THRIPIDAE) POPÜLASYONLARININ FARKLI İNSEKTİSİT GRUPLARINA KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI

Duygu DEMİRÖZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL

Bu tez çalışması, yoğun Bitki Koruma Ürünü (BKÜ) kullanımı olduğu bilinen Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa ve Çanakkale illerinde bulunan örtüaltı sebze ekiliş alanlarından toplanan örneklerle gerçekleştirilmiştir. Sentetik piretroitli, karbamatlı ve spinosyn grubu insektisitlere karşı farklı *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) popülasyonlarının direnç durumu IRAC 10 nolu kapsül daldırma testi ile belirlenmiştir. Direnç mekanizmalarını belirlemek amacıyla karboksilesteraz, asetilkolinesteraz, glutathion-S-transferaz, sitokrom P-450 enzim aktiviteleri incelenerek, sodyum kanallarındaki mutasyonlar ve Foα6 (nicotinic acetylcholine receptor subunit) nokta mutasyonu moleküler çalışmalar ile araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmaları 2020-2023 yıllarında Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü laboratuvar ve sera koşullarında yürütülmüştür. Biyoassay çalışma sonuçlarına göre Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli ve Orhangazi/Fatih popülasyonlarının direnç oranları ve enzim miktarları diğer popülasyonlara göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Bayındır/Karaveliler ve Yenişehir/Kavaklı popülasyonlarının direnç oranları ve enzim miktarları ise duyarlı popülasyona benzer olarak düşük tespit edilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'de ilk kez *F. occidentalis*'te T929V, T929I ve G275E nokta mutasyonları bulunmuştur. Bütün popülasyonlarda sodyum kanalında piretroit direnci ile ilişkilendirilmiş T929V gen bölgesinde mutasyon belirlenmiştir. En dirençli Menderes/Altıntepe popülasyonunda ise T929V ve T929I mutasyonları kombine halde tespit edilmiştir. *Frankliniella occidentalis*'in yine tüm popülasyonlarında spinosad direncine neden olan G275E gen bölgesinde mutasyon belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Frankliniella occidentalis,* insektisit direnci, biyoassay, detoksifikasyon enzimleri, sodyum kanalı mutasyonu, nokta mutasyonu
2024, xv + 82 sayfa.

ABSTRACT

Phd Thesis

INVESTIGATION OF THE RESISTANCE STATUS OF WESTERN FLOWER THRIPS, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) POPULATIONS AGAINST DIFFERENT INSECTICIDE GROUPS

Duygu DEMİRÖZ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL

This thesis study was carried out in greenhouses in different provinces in Aegean and Marmara Regions where extensive plant protection products (PPP) are used. The resistance status of different *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) populations against synthetic pyrethroid, carbamate and spinosyn group insecticides were determined by the capsule dipping bioassay with No 10 protocol of IRAC. Resistance mechanisms, such as carboxylesterase, acetylcholinesterase, glutathione S transferase, cytochrome P-450 enzyme activities were investigated by biochemical methods. Mutations of Nicotinic Acetylcholine Receptor Subunit (Foα6) and sodium channels were investigated by molecular studies. Laboratory studies were carried out in the laboratory and greenhouse conditions of the Central Agricultural Control Research Institute in the years 2020-2023. According to the results of the bioassay study, the resistance rates and enzyme amounts of Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli and Orhangazi/Fatih populations were higher than the other populations. The resistance rates and enzyme amounts of Bayındır/Karaveliler and Yenişehir/Kavaklı populations were similar to those of the susceptible population. For the first time in Türkiye, T929V, T929I and G275E point mutations were found in *F. occidentalis* by molecular studies. In all populations, mutations in the T929V gene region associated with pyrethroid resistance in the sodium channel were identified. In the most resistant Menderes/Altıntepe population, T929V and T929I mutations were detected in combination. In all populations of *F. occidentalis*, mutations in the G275E gene region causing spinosad resistance were detected.

Key words: *Frankliniella occidentalis*, insecticide resistance, bioassay, biochemical studies, carboxylesterase, cytochrome P450, mutation of sodium channels, point mutation
2024, x + 82 pages.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca her zaman desteğini, tecrübe ve bilgilerini esirgemeden benimle paylaşan saygıdeğer danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Nabi Alper KUMRAL'a minnetle teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tezimin her aşamasında bilimsel anlamda değerli katkılarıyla beni yönlendiren TİK Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Nimet Sema GENÇER ve Sayın Prof. Dr. Nuray AKBUDAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Tarım ve Orman Bakanlığı'nın TAGEM tarafından TAGEM/BSAD/A/21/A2/P2/5045 nolu projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışmaya destek sağlayan Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yönetimine ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne, çalışmalarımda yardım ve desteklerini esirgemeyen mesai arkadaşlarım Zirai Mücadele İlaçları Bölüm Başkanı Gamze ERDURMUŞ'a, Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümünden A. Emre ATIŞ'a, Zirai Mücadele İlaçları Bölümünden Dr. Üzeyir AKTUĞ'a, Emre AKCİ'ye ve Dr. Abdullah YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim sürecimde çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve sabırla destek veren eşim Emrah DEMİRÖZ'e, oğlum Emre DEMİRÖZ'e, annem Fatma ATMACA'ya ve üzerimde sonsuz emeği olan özlemle andığım babam Hamdullah ATMACA'ya çok teşekkür ederim.

Duygu DEMİRÖZ
…./…./…..

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....i
ABSTRACT.....ii
TEŞEKKÜR.....iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....ix
1. GİRİŞ.....1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....17
3.1. Materyal.....17
3.2. Yöntem.....18
3.2.1. *Frankliniella occidentalis* kültürlerinin yetiştirilmesi.....18
3.2.2. Biyoassay çalışmaları.....20
3.2.3 Biyokimyasal çalışmalar.....23
3.2.4. Microplate assay ile toplam karboksilesteraz (CarE) aktivitesinin belirlenmesi.....23
3.2.5. Sitokrom P-450 (CYP-450) aktivitesinin florimetrik yöntemle belirlenmesi.....24
3.2.6. Glutathion-S-transferaz (GST) aktivitesinin belirlenmesi.....24
3.2.7. Asetilkolinesteraz (AChE) aktivitesinin belirlenmesi.....24
3.2.8. Direncin moleküler karakterizasyonu ve genomik DNA izolasyonu.....25
3.2.9. PCR (Polymerase Chain Reaction) yöntemiyle çoğaltılması ve sentetik piretroit direnci.....27
3.2.10. PCR (Polymerase Chain Reaction) yöntemiyle çoğaltılması ve spinosad direnci.....28
3.2.11. PCR ürünlerinin agaroz jelde görüntülenmesi ve mutasyonların saptanması.....29
4. BULGULAR.....31
4.1. Biyoassay Çalışmaları.....31
4.1.1. Ayırt edici doz çalışmaları.....32
4.2. Biyokimyasal Test Sonuçları.....45
4.3. Moleküler Analiz Sonuçları.....51
4.3.1. Genomik DNA izolasyonu.....51
4.3.2. Sodyum kanalı hedef gen bölgesinin çoğaltılması.....52
4.3.3. Foα6 hedef gen bölgesinin çoğaltılması.....54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....59
KAYNAKLAR.....66
ÖZGEÇMİŞ.....73

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
da	Dekar
dk	Dakika
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre
µm	Mikrometre
µM	Mikromolar
Bp	Baz çifti
BSA	Bovin serum albumin
ºC	Santigrat derece
CDNB	1-chloro-2,4-dinitrobenzene
dNTP	Deoksi-nükleotidtrifosfat
ECOD	7-ethoxycoumarin
g	Mekanik kuvvet
g/l	Gram/litre
M	Mol
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
nm	Nanometre
ng	Nanogram
NADPH	Nicotamide adenine dinucleotide phosphate
ppm	Milyonda 1 birim
TAE	Tris acetate-EDTAtaq
Triton X-100	Polietilen glikoloktil fenil eter
X^2	Ki-kare değeri

Kısaltmalar	**Açıklama**
AChE	Asetilkolinesteraz
CaE	Karboksilesteraz
DNA	Deoksiribonükleik asit
DEF	S,S,S-tributyl phosphorotrithioate
DEM	Diethyl maleate
GST	Glutathion-S-Transferaz
Foα6	Nikotinik asetilkolin almacı a6 alt ünitesi
IRM	İnsektisit direnci yönetimi
IPM	Entegre mücadele yönetimi
kdr	Hedef bölge direnci
LC_{50}	Letal Konsantrasyon-50
LC_{90}	Letal Konsantrasyon-90
nAChR	Nikotinik asetilkolin reseptörü
P450	Sitokrom P-450

PBO	Piperonyl butoxide
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
SC	Akıcı/süspansiyon konsantre
EW	Emülsiyon suda/yağ konsantre
SP	Suda çözünen toz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Örtüaltı sebze üretim alanlarından *Frankliniella occidentalis* örneklerinin toplanması A) *F. occidentalis*'in toplama kapları B) Çanakkale'de bir hıyar serasından örnek alma işlemi C) İzmir'de örtüaltı biber yetiştirme alanından bir görüntü. D) Manisa'da örtüaltı dolmalık biber yetiştirme alanından bir görüntü…….. 19

Şekil 3.2. A) Fasulyelerin hazırlığı B) Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölüm Laboratuvarı böcek yetiştirme odası ve *F. occidentalis* popülasyonlarını yetiştirme kapları…….. 20

Şekil 3.3. Biyoassay çalışmaları öncesi taze fasulyelerin hazırlık aşamaları..... 20

Şekil 3.4. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölüm Laboratuvarında yapılan biyoassay çalışmalardan görüntüler…… 21

Şekil 3.5. A) Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Biyoassay Laboratuvarı'nda yapılan ölü-canlı birey sayımı B) İlaçlı solüsyona daldırılmış fasulyeler ve *F. occidentalis* erginlerinin petrideki görüntüsü……..….. 22

Şekil 3.6. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Biyokimya Laboratuvarı'nda yapılan enzim çalışmaları……... 23

Şekil 3.7. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Moleküler Laboratuvarı'nda yapılan Genomik DNA izolasyon çalışmaları……... 25

Şekil 3.8. Nanodropta DNA miktarını belirleme çalışmalarından görüntüler…… 26

Şekil 3.9. Yatay elektroforezde DNA görüntüleme çalışmaları…… 29

Şekil 4.1. Örtüaltı sebze üretim alanlarından *Frankliniella occidentalis* örneklerinin toplanması ve arazi çalışmalarından görüntüler……. 31

Şekil 4.2. Ege ve Marmara Bölgesi'nden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının acrinathrin için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik…….. 35

Şekil 4.3. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella* occidentalis popülasyonlarının formetanate hydrochloride için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik……. 37

Şekil 4.4. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinosad için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik……... 40

Şekil 4.5. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinetoram için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik…….. 42

Şekil 4.6. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama CarE aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik……. 44
Şekil 4.7. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama CYP-450 aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik……. 47
Şekil 4.8. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama GST aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik…….. 47
Şekil 4.9. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama AChE aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik……. 49
Şekil 4.10. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının nanodrop spektrofotometri ile ölçüm sonuçları……..……. 51
Şekil 4.11. Piretroit direnci için gradient PCR ürünlerinin görüntüleri……. 52
Şekil 4.12. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının piretroit direnci için PCR sonrası jel görüntüsü…….….. 53
Şekil 4.13. *Franklinella occidentalis*'in sodyum kanalında yer alan piretroit direnç mutasyonlarının (M918T, L925I, L1014F) kromatografik görüntüsü……. 54
Şekil 4.14. *Franklinella occidentalis*'in sodyum kanalında yer alan piretroit direnç mutasyonunun (T929V/I) kromatografik görüntüsü. A) Valin aminoasidi kodlayan GTC kodonu, B) Valin ve Izolösin aminoasitlerini kodlayan GTC ve ATC kodonları…….. 54
Şekil 4.15. Spinosad direnci için gradient PCR ürünlerinin görüntüleri…… 55
Şekil 4.16. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinosad direnci için PCR sonrası jel görüntüsü…….…….. 56
Şekil 4.17. G275E mutasyonunun belirlemek için PCR ürünlerinin sekans kromatogramları…….……. 57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Türkiye'deki örtüaltı tarım alanlarının yıllara göre gelişimi.… 2

Çizelge 1.1. Türkiye'deki örtüaltı tarım alanlarının yıllara göre gelişimi.… 2

Çizelge 3.1. Biyoassay çalışmalarında kullanılan insektisitlere ait bilgiler……..... 17

Çizelge 3.2. Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze ekiliş alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonları…… 18

Çizelge 3.3. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında *kdr* direnci için moleküler çalışmalarda kullanılan primer dizileri……. 27

Çizelge 3.4. PCR çalışmalarında uygulanan işlemler ile sıcaklık ve döngü sayıları…… 27

Çizelge 3.5. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında spinosad direnci için moleküler çalışmalarda kullanılan primer dizileri…….. 28

Çizelge 3.6. PCR çalışmalarında uygulanan işlemler ile sıcaklık ve döngü sayıları…… 28

Çizelge 4.1. Örtüaltı sebze alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına ait bilgiler…….. 30

Çizelge 4.2. Örtüaltı sebze alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına ait bilgiler…….. 32

Çizelge 4.3. Duyarlı popülasyon ile yapılan biyoassay çalışmaları LC_{50} ve LC_{90} değerleri ve güven aralıkları……. 33

Çizelge 4.4. Ege ve Marmara Bölgesinde toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına spinosad, spinetoram, acrinathrin ve formetanate hydrochloridin ayırıcı dozu (duyarlı popülasyonun LC_{50} değeri) sonucu elde edilen ölüm değerleri (%)……..... 33

Çizelge 4.5. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının acrinathrin için probit analizi sonuçları……. 36

Çizelge 4.6. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların formetanate hydrochloride için probit analizi sonuçları……... 38

Çizelge 4.7. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların spinosad için probit analizi sonuçları……. 40

Çizelge 4.8. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinetoram için probit analizi sonuçları……. 43

Çizelge 4.9. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen CarE aktiviteleri…….. 45

Çizelge 4.10. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen CYP-450 aktiviteleri…… 46

Çizelge 4.11. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen GST aktiviteleri…….. 48
Çizelge 4.12. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen AChE aktiviteleri……. 49
Çizelge 4.13. Piretroit ve spinosad direncinden sorumlu mutasyonların tüm popülasyonlardaki tespit durumu…….. 57

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması, bitkisel üretimde birim alandan daha fazla verim elde edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Örtüaltı yetiştiriciliği gerek ülkemiz ekonomisinde gerekse halkımızın beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de örtüaltı yetiştiricilik faaliyetleri daha çok sebze yetiştiriciliğinde yoğunlaşmış olup, toplam örtüaltı yetiştiriciliğinin %95'ini teşkil etmektedir (Keskin ve Çakaryıldırım, 2003). Ülkemizdeki örtü altı varlığının 810 881 da olduğu ve toplam 8 178 089 ton örtüaltı sebze üretimi yapıldığı kaydedilmektedir (TÜİK, 2022). Örtüaltında sebze yetiştirme alanlarından elde edilen sebzeler sanayi tipi işlemeden ziyade sofralık tüketime uygun ürünlerdir. Örtüaltı yetiştiricilik, seraların büyüklükleri, özellikleri, maliyet durumu ve iklimlendirme gibi nitelikleri açısından değişiklik göstermektedir (Tüzel vd., 2015). Örtüaltı alanlarının %28,4'ünü alçak tünel alanları, %14,06'sını yüksek plastik tüneller, %9,56'sını cam seralar ve %47,96'sını ise plastik seralar meydana getirmektedir (Çizelge 1.1) (TÜİK, 2022).

Örtüaltı yetiştiriciliğinde uzun üretim sezonu, sürekli uygun iklim koşulları ve sürekli aynı bitki türlerinin yetiştirilmesi vb. nedenlerden dolayı bitki zararlıları ve hastalık etmenlerinin popülasyonları artmakta ve yüksek verim kayıplarına neden olmaktadır (Immaraju vd., 1992; Brodsgaard, 1994; Zhao vd., 1995; Karadjova, 1998; Kontsedalov vd., 1998; Jensen, 2000a;b; Espinosa vd., 2002; Herron vd., 2005; Bielza vd. 2007a,b). Batı çiçek tripsi olarak da bilinen *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) ülkemizde hem açık alanlarda hem de örtü altı yetiştiriciliğinde sebze ve süs bitkilerinde zarar yapan önemli türlerden biridir. *Frankliniella occidentalis* ülkemizde ilk kez Antalya ilindeki örtü altı alanlarda 1993 yılında tespit edilmiş olup, ülkemizde ve günümüzde yüksek oranda ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Tunç ve Göçmen, 1995; Van Rijn vd., 1995).

Frankliniella occidentalis erginleri yaklaşık 1,3-1,9 mm uzunluğunda, ince, uzun ve yassı yapıdadırlar. Renkleri açık sarıdan sarımsı kahverengiye kadar değişebilen tonlardadır. Antenleri 8 segmentlidir. Abdomen kahverengi, thoraks portakal sarısıdır ve üzerinde küçük kahverengi benekler bulunur. Ovipozitör aşağıya doğru kıvrık durumdadır. Kanatları uzun ve dar yapılıdır, kanatlarının kenarlarında saçaklı tüyler bulunmaktadır.

Yumurtaları beyaz renkli ve fasulye şeklindedir ve 200 µm uzunluğundadır. Yaşam döngülerini 16 ile 30 günde yumurta, nimf, prepupa, pupa ve ergin şeklinde tamamlarlar. Örtüaltı koşullarında tarla koşullarına oranla daha çok döl verirler ve bu sayı yılda 12-15 döle kadar çıkmaktadır (Kansu, 1994; Tunç ve Göçmen, 1995).

Çizelge 1.1. Türkiye'deki örtüaltı tarım alanlarının yıllara göre gelişimi (TÜİK, 2022)

Yıl	Toplam (da)	Cam Sera (da)	Plastik sera (da)	Yüksek tünel (da)	Alçak tünel (da)
1995	363 042	34 420	108 677	21 421	198 524
1996	404 709	66 668	98 067	29 867	210 107
1997	442 907	39 399	108 549	27 155	267 804
1998	425 775	46 825	119 255	41 667	218 028
1999	423 143	52 641	137 298	43 089	190 115
2000	422 130	56 558	148 242	44 885	172 445
2001	431 387	60 151	149 780	50 221	171 235
2002	536 030	64 199	180 385	60 954	230 492
2003	483 244	70 111	166 605	61 088	185 440
2004	477 739	71 695	169 257	66 242	170 545
2005	467 540	65 427	171 043	66 916	164 154
2006	469 081	68 353	182 354	69 834	148 540
2007	494 239	75 793	195 180	65 307	157 959
2008	542 158	82 253	211 680	66 960	181 265
2009	567 180	82 932	220 186	77 046	187 016
2010	563 805	80 772	230 543	81 521	170 969
2011	611 451	78 878	247 962	108 910	175 701
2012	617 760	80 728	278 730	95 095	163 207
2013	615 124	80 739	278 661	97 986	157 737
2014	643 442	80 976	298 651	107 095	156 720
2015	660 265	79 977	306 074	112 674	161 541
2016	691 724	80 137	328 745	112 974	169 867
2017	752 168	85 749	355 121	119 899	191 399
2018	772 091	78 110	368 527	114 232	211 222
2019	789 604	75 495	378 670	111 038	224 400
2020	805 159	80 779	401 795	104 258	218 326
2021	854 600	76 213	464 973	100 756	212 657
2022	810 881	59 633	471 284	110 426	169 538

Çiçek tripsi yüksek üreme gücüne sahiptir ve kısa sürede hızla çoğalır. Larva ve erginleri doğrudan bitki özsuyunu emerek zarar yaparlar. Beslendiği bitki dokularında gümüşi lekeler meydana gelir ve zamanla yapraklar solarak dökülür. Böylece bitki gelişimi yavaşlar ve tamamen kurur. Hem yaprakta hem çiçekte beslenirler. Çiçeklerin taç yapraklarında meydana gelen lekeler çiçeğin pazar değerini düşürür. Polifag bir zararlıdır. Domates, patlıcan, hıyar, biber, fasulye, bamya, kabak, kavun, karpuz, ıspanak, pamuk, karanfil, yonca, üçgül ile yabancı otlar önemli konukçularındandır. Bunun yanında *F.*

occidentalis domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virüs, TSWV) ve tütün çizgi virüsü (Tobacco streak virus, TSV) gibi bitki virüs hastalıklarının da vektörüdür (Immaraju vd., 1992; Van Rijn vd., 1995; Herron vd., 1996; Kontsedalov vd., 1998; Zhang vd., 2008).

Özellikle örtüaltı gibi kapalı alanlarda üreticiler bu zararlı ile mücadelede kısa sürede etki göstermesi bakımından yoğun ve sık aralıklarla insektisit uygulamaktadırlar. Zararlının yumurtalarını bitki dokusu içine bırakması, ergin ve larvalarının çiçeklerin iç kısımlarında bulunması, pupalarının ise toprak veya bitki üzerinde yer alması sebebiyle zararlı insektisit uygulamalarından korunabilmektedir (Robb ve Parella, 1995; Trdan vd., 2003). Bu zararlının erginlerine karşı genel olarak değme ve translaminar etkiye sahip ilaçlar kullanılmaktadır (Daughtrey vd., 1997; Cloyd ve Sadof, 1998). Ülkemizde *F. occidentalis*'in kimyasal mücadelesi için ruhsatlı insektisitler; 75 g/l Acrinathrin (kornişon-sera, patlıcan-sera, domates-sera, hıyar-sera, biber-sera), 10 g/l azadirachtin A (biber-sera), 40 g/l azadirachtin (hıyar-sera), 790 g/l neem yağı + 0,3 g/l azadirachtin (biber-sera), *Beauveria bassiana strain* ATCC 74040 (biber-sera), 100 g/l cyantraniliprole (şeftali), %50 formetanate hydrochloride (kornişon-sera, patlıcan-sera, domates-sera, hıyar-sera), 28 g/l pyrethrin + 24 g/l azadirachtin (patlıcan-sera, domates-sera, hıyar-sera, biber- sera), %25 spinetoram (şeftali ve nektarin), 120 g/l spinetoram (kornişon-sera, patlıcan-sera, biber-sera, hıyar-sera), 240 g/l spinosad (kornişon-sera, biber-sera, hıyar-sera), 480 g/l spinosad (patlıcan-sera, biber-sera, çilek)'tır (BKU, 2023).

Frankliniella occidentalis ile mücadelede üreticiler kimyasal mücadelenin bazı durumlarda etkisiz kaldığını belirtmektedirler. Zararlının insektisitlere karşı direnç geliştirme olasılığı ya da insektisit seçimi ve uygulama esnasındaki hatalı ve eksik bilgiler sebebiyle kimyasal mücadele yeterli olmayabilmektedir. Kontakt veya sistemik etkiye sahip insektisitlerin bitki dokularında kalıntısı ve etki süreleri ile *F. occidentalis*'in kimyasala karşı davranışı da mücadelenin başarısında rol oynamaktadır. Önceki çalışmalarda, laboratuvar çalışmalarıyla insektisit seçimlerinin belirlenmesi, geliştirilmesi ve elde edilen veriler ışığında çalışmalar yapılmasının kimyasal mücadeleye önemli katkı sağlayacağı vurgulanmıştır (Dağlı ve Tunç, 2006).

Bir zararlıya karşı belirli bir insektisitin uzun süre ve aşırı dozda kullanılması zararlı popülasyonunda duyarlılık kaybına neden olarak insektisit direncini oluşturmaktadır. Etki mekanizması veya etken maddesi aynı olan insektisitlerin sürekli olarak arka arkaya kullanılması önce zararlı bireylerde hassasiyet azalışı, daha sonrasında da popülasyonda dirençli bireylerin çoğalmasına neden olmaktadır. Zararlılar hızlı üreme özelliği gösterdiği için direnç gelişebilme riski sürekli olabilmektedir (Ünal ve Gürkan, 2001; Öncüer ve Durmuşoğlu, 2008; Demiröz, 2015). Direnç gelişiminin hızı; böceğin üreme hızına, konukçu çeşitliliğine, etraftaki hassas popülasyon varlığına, bitki koruma ürünün mekanizmasına, kalıcılığına ve uygulanan doza bağlıdır. Zararlı böceklerde davranışsal, morfolojik, fizyolojik, çok yönlü ve çapraz direnç olmak üzere 5 tip direnç bulunmaktadır (Georghiou, 1983; 1986; Yu vd., 2008).

Birçok tarımsal üründe *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı gruplardan insektisit sınıflarına direnç geliştirdikleri ve zararlıya uygulanan kimyasal mücadeleyi giderek zorlaştırdığı yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur (Immaraju vd., 1992; Brodsgaard, 1994; Zhao vd., 1995; Karadjova, 1998; Kontsedalov vd., 1998; Jensen, 2000a,b; Espinosa vd., 2002; Herron vd., 2005; Dağlı ve Tunç, 2006; 2008; Bielza vd., 2007). *Frankliniella occidentalis*'de direnç ilk kez 1990'lı yılların başında tespit edilmiştir (Broadsgaard, 1994; Martin ve Workman, 1994; Zhao, 1995; Broadbent, 1997). Zararlının direnci ile ilgili yürütülmüş çalışmalarda yüksek oranlarda direnç geliştiği ve bu direncin mutlak suretle izlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Immaraju vd., 1992; Brodsgaard, 1994; Zhao vd., 1995; Jensen, 2000a,b; Espinosa vd., 2002; Dağlı ve Tunç, 2006; Gao vd., 2012a,b; Dağlı, 2018).

Direnç gelişimi sonucunda savaşımda başarısızlık görülmesi nedeniyle genel bir davranış olarak aşırı dozda ve sık ilaçlama yapılmaktadır. Bu durum hem üretim maliyetini arttırmakta hem de taze olarak tüketilen sebzelerde kalıntıya neden olarak insan sağlığını tehdit etmekte ve ürünlerin ihracatını engellemektedir. Bununla birlikte çevre kirliliği ve arıların, kuşların ve faydalı böceklerin etkilenmesi gibi pek çok soruna da yol açmaktadır. Zararlı böceklerde pestisitlere karşı görülen direnç tarımsal üretimde verimliliği doğrudan etkilemektedir. Yapılan araştırmalar sonucu 600'den fazla böcek türünün direnç kazanmış durumda olduğu kaydedilmektedir (Anonim, 2021a).

Günümüze kadar ülkemizde Akdeniz Bölgesinde *F. occidentalis*'in insektisitlere direnci konusunda bazı araştırmalar yapılmıştır (Dağlı ve Tunç, 2006; Dağlı, 2018). Ancak, Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesinde henüz bu konuda bir çalışma yürütülmemiştir. Nitekim önceki çalışmalarda, İzmir ili ve ilçelerinde yetiştirilen sebzelerde *F. occidentalis* popülasyonlarının yoğun olduğu gözlemlenmiştir (Güncan vd., 2010; Kılıç ve Yoldaş, 2012). Marmara Bölgesindeki bazı illerin tarım il ve ilçe müdürlükleri ile yapılan görüşmelerde bölgede zararlının ekonomik zarar eşiğinin üzerinde bulunduğu ve mücadelede zorlanıldığı bilgisi alınmıştır. Bu nedenlerle bu tez çalışmasında yoğun Bitki Koruma Ürünü (BKÜ) kullanımı olduğu bilinen Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale illerinde *F. occidentalis* popülasyonlarının direnç durumlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla ülkemizde özellikle örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde problem olan *F. occidentalis*'in farklı gruplardan (sentetik piretroitli, organik fosforlu, karbamatlı ve spinosyn grubundan) insektisitlere direnç durumları ile mekanizmalarının ortaya çıkarılması bu tez çalışmasının kapsamını oluşturmuştur.

Bu tez çalışmasında zararlıya karşı ruhsatlı bulunan spinosad ve spinetoram (Spinosyn grubu), achrinathrin (Sentetik piretroitli), %50 formetanate hydrochloride (Karbamatlı)'in farklı popülasyonlara duyarlılıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Formetanate hydrochloride gibi karbamat grubu insektisitler asetilkolinesteraz (AChE) enziminin bazik nitelikli bir azot grubuna sahiptir. AChE engellenmesi esasına dayanan etkileri oldukça belirgindir (Yavuz ve Şanlı, 1999). Spinosyn grubu insektisitler GABA reseptörlerine bağlanarak sinir uyarılarını engellerler. Spinosad ve spinetoram, nikotinikasetilkolin (nACh) reseptörü üzerindeki bir bölgeyi içeren ortak etki mekanizmasına sahiptirler. Bu konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda spinosad'a dirençli olan türlerin spinetoram'a da direnç gösterdiği kanıtlanmıştır. *Frankliniella occidentalis*'in spinosada dirençli popülasyonunda hedef bölge direncine rastlanılmıştır (Dripps vd., 2011). Bu üç grupta yer alan insektisitlere karşı *F. occidentalis*'de çapraz direnç gerçekleşmiş, spinosyn ve sentetik piretroit grubu insektisitlerden kaynaklanan direnç oranı ise daha yüksek bulunmuştur (Dağlı ve Tunç, 2008; Dağlı, 2018).

Böceklerin insektisitlere veya bitkilerden salgılanan allelokimyasallar gibi toksinlere karşı ürettikleri mekanizmalara detoksifikasyon adı verilmektedir. Sitokrom P-450 (P450), karboksilesteraz (CarE), glutathion–S–transferaz (GST) gibi enzimler insektisitler böcek vücuduna girdiğinde bunları metabolize edilerek toksisitesinin azalmasına yardımcı olmaktadırlar (Tsagkarakou vd., 2009). GST enzimi insektisit detoksifikasyonunun yanında hücresel membranların korunmasına da yardımcı olmaktadır. Zararlılarda GST enzim aktivitesi direnç arttıkça artmaktadır (Chen vd., 2001; Hollingworth ve Dong, 2008; Yu vd., 2008). Esteraz enzimleri olan AChE ve CarE'ler feromonlarda, üreme, sinir ve sindirim sisteminde ve insektisitlere dirençte önemli rol oynar. Bu esteraz gruplarının organik fosforluların engellenmesindeki rolleri büyüktür (Baffi vd., 2005). Sentetik piretroitli insektisitler ester, amid ve fosfat yapılarına sahip oldukları için CarE'ler tarafından hidrolize edilerek hızlıca vücuttan atılabilirler (Yavuz ve Şanlı, 1999; Baffi vd., 2005). Nihayetinde bu fizyolojik mekanizma sayesinde birçok insektisite karşı direnç gösterebilmektedirler.

Bu tez çalışmasında direnç mekanizmalarını belirlemek amacıyla CarE, AChE, GST ve P-450 enzim aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında biyoassay ve biyokimyasal çalışmalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, dirençte enzimlerin rolünün belirlenmesi planlanmıştır.

Mavridis ve diğerlerinin (2023) spinosad dirençli *F. occidentalis* üzerinde yürüttükleri moleküler çalışmalarda spinosad direnci için G275E (Foα6 nikotinik asetilkolin almacı a6 alt ünitesi) mutasyonunu, *kdr* (knockdown) direncine bağlı olarak da L1014F, T929I, T929C, T292V ve I1017M mutasyonlarını tarayarak I1017M mutasyonunu tüm popülasyonlarda bulduklarını bildirmişlerdir. Bu nedenle ülkemizde ilk kez *F. occidentalis* popülasyonlarında moleküler çalışmalar ile mutasyon taraması yapılması ve dirence neden olan mutasyon noktalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada dirençli *F. occidentalis* popülasyonlarında sodyum kanallarındaki mutasyonlar ve Foα6 (nicotinic acetylcholine receptor subunit) nokta mutasyonu incelenmiştir. Bu tez çalışmasında sodyum kanalındaki *kdr* mutasyon çalışmaları Forcioli ve diğerlerinin (2002) yöntemi; spinosad direncindeki mutasyon tarama çalışmaları da Chen ve diğerlerinin (2021) uyguladığı yöntemler modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması ile özellikle seralarda yetiştirilen sebzelerde zarar yapan *F. occidentalis* mücadelesinde direnç durumları incelenerek direnç yönetim stratejilerine katkı sağlanması planlanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, Marmara ve Ege Bölgesi'nde direnç nedeniyle etkisiz olan bazı insektisitlerin belirlenmesi mümkün olabilecektir. Bu sayede fazla ve gereksiz ilaç kullanımı engellenerek, bir yandan insan ve çevre sağlığının korunması sağlanırken, diğer yandan da ülke ekonomisine katkı sağlanabilmesi mümkün olacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Immaraju ve diğerleri (1992), araştırmalarında *F. occidentalis*'in tarla popülasyonlarının direnç durumlarını incelemişlerdir. Çalışmalar sonucunda sentetik piretroitli gruptan permethrin ve bifenthrin etken maddeli insektisitlere duyarlı popülasyonla karşılaştırıldığında bu popülasyonların direnç oranlarını 138 kat ile 8716 kat olarak belirlemişlerdir. Karbamatlı methomyle karşı orta ila yüksek derecede (41 kat ila 378 kat) direnç gözlemlenmiştir. Organikfosforlu olan chlorpyrifos etken maddesine karşı alan direnç oranı (17 kat ila 31 kat) arasında daha düşük bulunmuştur. Abamectine karşı ise direnç seviyeleri 18 kat ila 798 kat arasında belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yaygın olarak kullanılan insektisitlere direnç gözlemlenmesi nedeniyle daha iyi ve daha uygulanabilir zararlı yönetim stratejilerine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Ullman ve diğerleri (1992), *F. occidentalis*'in doğrudan meydana getirdiği zararın yanında özellikle "tomato spotted wilt virus" (TSWV) gibi Tospo virüslerin vektörü olmaları nedeniyle de ekonomik kayıplara sebep olduklarını bildirmişlerdir. Zararlının birinci ve ikinci nimf dönemlerinde virüsü bünyelerine aldıklarını ve ergin dönemlerine kadar virüsü taşıdıklarını öne sürmüşlerdir.

Tunç ve Göçmen (1995), 1993 yılında ülkemizde ilk kez *F. occidentalis*'i Antalya ilindeki örtü altı alanlarda karanfillerde tespit etmişlerdir. Seralarda süs bitkilerinde, özellikle hıyar ve dolmalık biber olmak üzere çeşitli sebzelerde ciddi zarara yol açtığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra Akdeniz Bölgesi gibi sıcak iklime sahip yerlerde seraların dışında da (açık arazide) kışı kolaylıkla geçirebileceğini vurgulamışlardır. Bu bağlamda polifag bir zararlı olduğu için sadece örtüaltında değil açık arazide de sorun yaratacağına dikkat çekmişlerdir. Ayrıca araştırmalarında *F. occidentalis*'in tomurcuk, çiçek ve yeni çıkan yapraklara yerleşmesi nedeniyle kimyasal mücadeleden kolaylıkla korunduklarını ve pestisitlere direnç geliştirmeye meyilli olduklarını aktarmışlardır.

Zhao ve diğerleri (1995), 5 farklı seradan toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarının diazinon, methomyl ve cypermethrine karşı dirençli olduğunu saptamışlardır. Bu popülasyonlardan sadece ikisinde bendiocarb etken maddesine direnç gözlemlenmediğini ifade etmişlerdir. Çalışmada UMC-A kodlu duyarlı referans ırk ile karşılaştırıldığında

direnç oranları diazinon için 10,4 ila 98 kat, methomyl için 3,4 ila 26 kat ve cypermethrine için 18,3 ila 273 kat; bendiocarb için ise 0,9 ila 11 kat olarak belirlenmiştir. Ayrıca 2 laboratuvar ırkı (UMC, KCM) üzerinde yapılan toksisite testlerinde UMC-A ırkı ile karşılaştırıldığında, UMC-A'nın diazinona (14 kat), methomyle (3,6 kat) ve cypermethrine (232 kat) dirençli olduğunu ancak bendiocarb'a dirençli olmadığını göstermişlerdir. Diazinon ile seleksiyona uğramış KCM popülasyonun ise UMC-A popülasyonuna göre 4,0'dan 271 kat artığını bildirmişlerdir. Yine diazinon seleksiyonlu popülasyonda bendiocarba 0,4'den 14'kata artışla çapraz direnç belirlediklerini kaydetmektedirler. Cypermethrine çapraz direnç olarak LC_{50}'de 3,9 kat bulunurken, LC_{90} düzeyinde direncin belirlenmediğini kaydetmektedirler. UMC popülasyonu ile karşılaştırıldığında LC_{90} düzeyinde KCM popülasyonunun permethrine 2,5 kat, fenvalerate 3,6 kat ve imidaclopride 14 kat direnç gösterdiğini belirtmektedirler.

Jensen (1998), Danimarka'da bir seradan topladıkları methiocarba dirençli *F. occidentalis* popülasyonlarının direnç mekanizmalarını araştırmıştır. Biyoassay çalışmaları sonucunda toplanan popülasyonların hassas popülasyona kıyasla 10 kat daha dirençli olduğunu ispatlamıştır. Methiocarba dirençli popülasyonların sitokrom-P450 monooksigenaz engelleyicisi olan piperonyl butoxide (PBO) sinerjistik bir etki göstermemesine rağmen; asetilkolinesteraz, esteraz ve GST enzim aktivitelerinde önemli derecede artış olduğunu bildirmiştir.

Jensen (2000a), *F. occidentalis*'de dirence neden olan mekanizmaları araştırmak için çalışmalar yürütmüştür. Batı çiçek tripsinde farklı mekanizmalarla çok yönlü direnç geliştiğini ve bu direnç mekanizmalarının hepsinin aynı popülasyonda görüldüğünü tespit etmiştir. *Frankliniella occidentalis'*de bulunan direnç mekanizmalarının penetrasyon azalması, P450-monooksigenazların, esterazların, GST'lerin detoksifikasyonu ve değişikliğe uğramış AChE enzimleri olduğunu öne sürmüştür. Sentetik piretroitli insektisitlere karşı da hedef bölge direnci (*kdr* direnci) görüldüğünü ortaya koymuştur.

Maymo ve diğerleri (2002), yaptıkları çalışmada çeşitli tarımsal ürünlerden toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarında insektisit direnç durumunu değerlendirmişlerdir. Laboratuvar popülasyonlarında esteraz ve GST enzimlerinin insektisitlere etkinliğini

tespit edilmiştir. Achrinathrin uygulanan ve dirençli olarak belirlenen popülasyonların esteraz ve GST aktivitelerinin de yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Espinosa ve diğerleri (2002), *F. occidentalis* popülasyonlarını Murcia'da (Güneydoğu İspanya) farklı mahsullerden (tatlı biber, domates, marul, enginar, kavun, hıyar, karanfil, bakla, şeftali ve erik) toplandığını ve biyoassay çalışmaların yapıldığını belirtmişlerdir. Toksikolojik testlerde methiocarb, methamidophos, acrinathrin, endosulfan, deltamethrin ve formetanate etken maddeli insektisitler kullanılmıştır. Methiocarbın *F. occidentalis'*e karşı yüksek etki gösteren tek insektisit olduğunu öne sürmüşlerdir. Acrinathrin ve metahamidophos orta derecede etkiliyken, endosülfan ve deltametrin etkisiz olarak bulunmuştur.

Atakan (2003), ilerleyen zamanda batı çiçek tripsinin Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde bulunan birçok bitki türüne yerleşerek hızla dağıldığına dikkat çekmiştir. *Frankliniella occidentalis*'in 1997 yılından itibaren Çukurova'da pamuk ekimi yapılan alanlarda özellikle çiçeklenme döneminde hızlıca yayıldığını ve pamuğun ana zararlılarından olan *Frankliniella intonsa* Tryb. (Thysanoptera: Thripidae)'nın popülasyon yoğunluğunu ve çoğalma hızını geçtiğini belirtmiştir.

Thoeming ve diğerleri (2003), Fasulye yapraklarından toplanan batı çiçek tripsi larvalarına karşı azadiracthin sistemik etkilerini araştırmışlar ve %50,6 oranında ölüm gözlemlemişlerdir. Azadiracthin emülsiyonu ile muamele edilmiş tohumlardan yetiştirilen fasulye fidelerinde beslenen batı çiçek tripslerinde de ölümler görüldüğünü belirtmişlerdir.

Dağlı (2004), çalışmasında Antalya ili ve ilçelerinden toplanan 7 farklı *F. occidentalis* popülasyonunun farklı etki mekanizmasına sahip; abamectin, cypermethrin, endosulfan, malathion ve methomyl etken maddelerine karşı direnç düzeylerini araştırmıştır. Biyoassay çalışmalarında yaprak kalıntı yöntemini kullanmıştır. Aktif maddelerin konsantrasyonu ilaçlama kulesi yardımıyla fasulye yaprağından elde edilen disklere püskürtmüştür. LC_{50} ve LC_{90} ve direnç oranlarını tespit ederek, 7 farklı *F. occidentalis* popülasyonunda cypermethrin haricinde diğer insektisitlere karşı düşük düzeylerde

direnç belirlemiştir. Cypermethrine etken maddesi 1,6-12,2 kat arasında bir direnç oranı sergilemiştir. Laboratuvar ortamında 27 defa cypermethrin ile seleksiyon uygulaması yapılan duyarlı popülasyonda cypermethrine direnç 28 kat artmıştır. Çalışma sonuçlarına göre *F. occidentalis*' de cypermethrine karşı önemli ölçüde direnç kazanma potansiyeli olduğunu ve başarılı bir kimyasal mücadele uygulaması için cypermethrin yerine farklı gruplardan insektisitlerin kullanılmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

Herron ve James (2005), Avustralya'da topladıkları *F. occidentalis* popülasyonlarının fipronile ve spinosada karşı yüksek oranda direnç gösterdiklerini ve bu durumun kendileri tarafından ilk kez rapor edildiğini belirtmişlerdir.

Sertkaya ve diğerleri (2006), 2005 yılında Hatay ili Amik ovası bölgesinde pamuk ekimi yapılan alanlarda *F. occidentalis*'i ilk kez teşhis etmişlerdir. *Frankliniella occidentalis*'in pamuk bitkisinin çiçeklenme döneminde ve fidelerin erken dönemlerinde beslendiğini ve yoğun miktarda bulunduğunu gözlemlemişlerdir.

Dağlı ve Tunç (2006), yaptıkları çalışmada *F. occidentalis*'in 5 farklı gruptan insektisite (abamectin, cypermethrin, endosulfan, malathion ve methomyl) karşı davranışsal tepkilerini ve biyolojik etkinliklerini araştırmışlardır. İlaçlı yaprak disklerinde elde edilen ölüm oranları; methomyl, abamectin, malathion, endosulfan ve cypermethrin için sırasıyla %100, 87, 82, 37 ve 32 olarak bulunmuştur. Ayrıca *F. occidentalis'in* cypermethrin ve endosulfan uygulanan alanlardan davranışsal olarak saklandığı (davranışsal direnç) gözlemlenmiştir. Bu ilaçların aynı dozlarda uygulandığı disklerde 6 gün sonra elde edilen ölüm oranları; abamectin, cypermethrin, methomyl, endosulfan ve malathion için sırasıyla %93, 90, 26, 22 ve 8 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre sistemik etkili methomyl ve kontak etkili olarak abamectinin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Bielza ve diğerleri (2007a), *F. occidentalis* popülasyonlarının acrinatrin, methiocarb, formetanate ve chlorpyrifos etken maddeli insektisitlere karşı direnç durumlarını incelemişlerdir. *Frankliniella occidentalis*'in bazı insektisitlere karşı direncinin PBO ile baskılanabildiğini bildirilmişlerdir. Elde edilen verilere göre karbamatlı insektisitlerin

daha etkili olduğunu ve *F. occidentalis*'in piretroitli insektisitlere karşı hassasiyet gösterebileceğini saptamışlardır. Kimyasal mücadelede ilaç rotasyonu uygulanmasının direnç yönetim stratejileri açısından mutlaka gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

Bielza ve diğerleri (2007b), İspanya'nın güneydoğusundan topladıkları *F. occidentalis* popülasyonlarının spinosad etken maddeli biyolojik kökenli insektisite karşı hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir. Murcia'daki seralardan toplanan popülasyonların bir kısmının spinosada karşı dirençli olduğu bulunmuştur. Spinosadın aşırı ve sık kullanımı sayesinde dirençli popülasyonların sayısının arttığını ve spinosada direnç gösteren popülasyonların achrinatrin, formetanate veya methiocarba karşı direnç geliştirmediğini belirlemişlerdir. Metabolik direnci göstermek amacıyla yapılan biyoassaylerde PBO, S,S,S-tributyl phosphorotrithioate (DEF) ve diethyl maleate (DEM) sinerjistlerinin direnci azaltmadığını tespit etmişlerdir.

Bielza (2008), dünya genelinde yetişen ürünlerde bulunan ve ekonomik öneme sahip bir zararlı olan birçok *F. occidentalis* popülasyonunda insektisit direnci tespit edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan insektisitlerin çoğuna karşı gelişen direnç nedeniyle, *F. occidentalis'*in insektisit direnci yönetimine yeni bir yaklaşım gerektiği belirtilmiştir. Seleksiyon baskısını azaltmak, insektisitlerin kullanımını en aza indirmek ve çapraz direnci önlemek için stratejiler üretilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Zhang ve diğerleri (2008), *F. occidentalis'*te spinosad direncini, çapraz direnç, direnç mekanizmalarını araştırmışlardır. Spinosad prothiophosa (organikfosforlu insektisit) oranla daha düşük direnç gösterirken, chlorphenapyr (solunum inhibitörü) ve thiocyclam etken maddelerine karşı çapraz direnç göstermiştir. Sinerjistlerden PBO, DEM ve DEF gibi sinerjistlerin dirençli popülasyonda spinosadın etkisini azaltacak hiçbir etki göstermediğini tespit etmişlerdir. Spinosadın nikotinik asetilkolin ve GABA reseptörlerindeki hassasiyeti azalttığını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda spinosad direncinin sorumlu tek gen hipotezine uymadığını ve direncin birkaç genden etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Atakan (2011), Adana bölgesinde çileklerde mayıs ayı sonu ve haziran ayı başında *F. occidentalis* popülasyonlarının görüldüğü en yoğun zaman olduğunu belirtmişlerdir.

Chen ve diğerleri (2011), *F. occidentalis'*te abamectine karşı oluşan direnç mekanizmalarını araştırmışlardır. Duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında dirençli ABA-R popülasyonu, abamectine 45,5 kat direnç gösterdiği ve seleksiyon baskısı olmadığı zaman da dirençli popülasyonun abamectin direncinin hızlı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Chlorpyriphos (11,4 kat) ve lambda-cyhalothrin (3,98 kat) etken maddelerine karşı orta ve düşük seviyede direnç belirlenmiş olmasına rağmen, spinosad (2,00 kat), acetamiprid (1,47 kat) ve chlorfenapyr için önemli seviyede bir direnç farklılığı tespit edilememiştir. Yapılan bu çalışmada, esteraz inhibitörü DEF'in ve GST inhibitörü DEM'in abamectin toksisitesini azaltamadığı, buna karşın dirençli popülasyonun oksidaz inhibitörü PBO sayesinde abamectin direncinin baskılandığı belirlenmiştir. Yapılan biyokimyasal çalışmalarda ise dirençli popülasyonun sitokrom P-450 monooksigenaz aktivitesinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gao ve diğerleri (2012)'ye göre insektisit direnci, tarımsal üretimin karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biri olarak devam etmektedir. İnsektisit direnci ve direnç yönetimindeki zorluklar, *F. occidentalis* ile ilgili durumla örneklendirilmektedir. İstilacı bir tür olan Batı çiçek tripsi biyolojik özellikleri nedeniyle direnç geliştirme konusunda büyük bir eğilime sahip olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu zararlının direnciyle mücadele etmek için dünya çapında çeşitli insektisit direnci yönetimi (IRM) programları geliştirilmiştir. Popülasyon baskısını azaltmak için, biyolojik ve kültürel mücadele gibi kimyasal savaşım dışındaki taktiklere, insektisit etkinliğini korumak için farklı etki sınıflarındaki insektisitler arasında rotasyona, direncin izlenmesine ve uygulamayı doğru yapmaya dayandığını belirtmişleridir. Üreticilerin *F. occidentalis* ile mücadelede insektisitlere güvenmeye devam etseler de, araştırıcılar bu zararlı ile mücadelede İnsektisit Direnç Yönetimi programlarının (IRM) ve Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) stratejilerinin birlikte ele alınmasının daha faydalı olacağını belirtmektedirler.

Puinean ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada *F. occidentalis'*deki spinosad direncinin nikotinik asetilkolin reseptör transmembranındaki G275E nokta mutasyonu ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Yıldırım ve Başpınar (2013), Aydın ili Merkez ve İncirliova ilçelerindeki çilek bahçelerinde bulunan trips popülasyonlarının yoğunluklarını ve popülasyon dalgalanmalarını incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, Aydın ili çilek alanlarında trips türü olarak sadece *F. occidentalis* tespit edilmiştir. *Frankliniella occidentalis*'in nisan ayında görülmeye başlandığını, temmuz ayından sonra da popülasyonunun çok daha düşük seviyelerde olduğunu saptamışlardır. Popülasyonların yoğunluğunun haziran ayında en yüksek seviyeye ulaştığını bildirmişlerdir.

Hou ve diğerleri (2014) çalışmalarında *F. occidentalis'*te spinosada karşı direncin mekanizmasını araştırmışlardır. Son zamanlarda çiçek tripsinde spinosad direnç mekanizması olarak öne çıkan G275E mutasyonunu Çin ve ABD'den toplanan iki adet spinosada dirençli popülasyonda var olup olmadığını incelemişlerdir. Ancak araştırmacılar cDNA sekans sonuçlarında duyarlı popülasyona kıyasla dirençli popülasyonlarda herhangi bir farklılık bulamamışlardır. Ayrıca, Puinean ve diğerlerinin (2013) bulgularının aksine spinosad direncinin G275E nokta mutasyonunu tespit edememişlerdir. Zimmer ve diğerlerinin (2016), *Drosophila melanogaster'*de CRISPR/Cas 9 tekniğini kullanarak yaptıkları çalışmalar sonucunda bu nokta mutasyonunun aslında spinosad direncinden sorumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

Hondelmann ve diğerleri (2017), Kenya'daki fasulyelerden *F. occidentalis* popülasyonlarını toplamışlar ve Batı çiçek tripsi ile mücadelede yeni tekniklerin geliştirilmekte olduğunu ve popülasyonların genetik yapısının detaylı incelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucuna göre, Kenya'da *F. occidentalis* popülasyonlarının, konukçu bitki türlerine göre önemli genetik farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Dağlı (2018), 2015 yılında Antalya'nın Kumluca ilçesinde bir biber serasından alınan *F. occidentalis* popülasyonunda spinosada direnç belirlemiştir. Bu dirençli popülasyonun

acrinathrin ve formetanate etken maddelerine karşı çapraz direncini araştırmıştır. Yaprak daldırma biyoassayi ile duyarlı ve dirençli popülasyonların direnç oranlarını hesaplamıştır. Dirençli Antalya-2015 popülasyonu spinosada 235 kat direnç gösterirken, acrinathrine 15 kat direnç göstermiştir. Formetanatea etken maddesine çapraz direnç tespit edilmemiştir. Spinosad direncinin kalıcılık testinde, Antalya-2015 popülasyonunda spinosad direncinin kalıcı olduğunu öne sürmüştür.

Kamış ve Dağlı (2022), Antalya'da örtüaltı sebze üretim alanlarından topladıkları *F. occidentalis* popülasyonlarında spinosad ve spinetoram etken maddelerine karşı direnç durumunu araştırmışlardır. Duyarlı popülasyona kıyasla toplanan 8 adet *F. occidentalis* popülasyonunun spinosad ve spinetoram için direnç oranları sırasıyla 19-312 ve 5-170 kat bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre spinosad ve spinetoram direncinin Antalya popülasyonunda yüksek seviyelere ulaştığını belirtmişlerdir.

Yuan ve diğerleri (2023), *F. occidentalis*'in dünya çapında zarar yapan polifag bir trips türü olduğunu ve kendisine özgün biyolojisiyle ortama çabuk adapte olup kolaylıkla insektisitlere karşı direnç geliştirdiklerini vurgulamışlardır. Araştırıcılar yaptıkları çalışmalarında 2019-2021 yıllarında toplanan 21 popülasyonun 8 adet insektisite (spinosad, spinetoram, abamectin, emamectin-benzoate, chlorfenapyr, thiamethoxam, β-cypermethrin ve broflanilide) karşı direnç durumunu belirlemişlerdir. Broflanilide etken maddesine karşı hassasiyet görülürken, geri kalan 7 insektisite karşı değişken direnç gözlemlenmiştir. En yüksek dirençli popülasyon Pekin Yanqing popülasyonu olmuş ve hassas popülasyona oranla 7455 kat direnç göstermiştir. Ayrıca çiçek tripsinde direncin son 3 yılda azalma gösterdiğini ve IPM yöntemlerinin düzenli olarak uygulanmasının da bu duruma katkısı olduğunu bildirmişlerdir.

Mavridis ve diğerleri (2023), *F. occidentalis*'de insektisit direncini izlemek ve direnci ortaya koymak için moleküler çalışmalar yapmışlar ve Dünya genelinde Batı çiçek tripsi popülasyonlarında görülen insektisit direncinin kimyasal mücadele uygulamalarının etkinliğini azalttığını öne sürmüşlerdir. İnsektisit direnç mekanizmalarının moleküler düzeyde aydınlatılmasının, direncin izlenmesinin ve kanıta dayalı direnç yönetimini desteklemek için teşhislerin geliştirilmesinin gerekliliği araştırıcılar tarafından

vurgulanmıştır. Moleküler çalışmalar sonucunda spinosad direnci ile ilişkili G275E mutasyonu ile piretroit direnci ile bağlantılı L1014F, T929I, T929C ve T292V mutasyonları *F. occidentalis* örneklerinde sekanslama yöntemiyle geliştirilmiş ve doğrulanmıştır.

Sonuç olarak birçok tarımsal üründe ve bölgede *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı gruplardan insektisit sınıflarına direnç geliştirdikleri ve zararlıya uygulanan kimyasal mücadeleyi giderek zorlaştırdığı yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Ayrıca dünyadaki diğer ülkelerde de yürütülen çalışmalarda *F. occidentalis*'e karşı direncin ciddi bir problem haline geldiği vurgulanmıştır (Immaraju vd., 1992; Brodsgaard, 1994; Zhao vd., 1995; Karadjova, 1998; Kontsedalov vd., 1998; Jensen, 2000a,b; Espinosa vd., 2002; Herron vd., 2005; Dağlı ve Tunç, 2006; 2008; Bielza vd., 2007a,b; Gao vd., 2012a,b; Dong-Gang vd., 2016; Wang vd., 2016; Dağlı, 2018, Cubillos-Salamanca vd., 2020; Zhang vd., 2022).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmamızın ana materyalini Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze ekiliş alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonları, Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen hassas popülasyon ve ülkemizde Batı çiçek tripslerine karşı ruhsatlı bulunan ve yaygın olarak kullanılan sentetik piretroitli, karbamatlı ve spinosyn grubu insektisitlerin aktif maddeleri oluşturmaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Biyoassay çalışmalarında kullanılan insektisitlere ait bilgiler

Aktif madde adı	Aktif madde oranı	Formülasyon şekli	İnsektisit grubu	Son ilaçlama ile hasat arası geçen süre (gün)
Spinosad	480 g/l	SC	Spinosyn	3
Spinetoram	120g/l	SC	Spinosyn	3
Acrinathrin	75 g/l	EW	Sentetik Piretroitli	3
Formetanate hydrochloride	%50	SP	Karbamatlı	7

Biyoassay çalışmalarında, çalı fasulyesi bitkileri, stereomikroskop, biyoassay kapları, filtre kağıdı, Triton X-100 (Roche Diagnostics GmbH, Manheim), kronometre, vazelin, daldırma kapları, cam mezürler ve pens gibi materyaller kullanılmıştır.

Biyokimyasal ve moleküler çalışmalarda ise florimetrik spektrofotometre (Versamax), thermocycler (Eppendorf Mastercycler), kinetik microplate reader (Spectramax), çoklu homojenizör, 96 kuyulu düztabanlı mikroplakalar, pH metre (WTW Inolab), ultrasonik banyo (Bandelin Sonorex), nanodrop spektrofotometre (Nanodrop Technologies), çok sayıda kimyasal, cam ve plastik malzemeler kullanılmıştır. Tez çalışması 2020-2023 yıllarında Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölüm Laboratuvarı, seralar ve böcek yetiştirme odalarında yürütülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. *Frankliniella occidentalis* kültürlerinin yetiştirilmesi

Çalışma dönemi içerisinde Mayıs ve Haziran aylarında Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze ekiliş alanlarına araziye çıkılmıştır. *Frankliniella occidentalis* örneklerini temin edebilmek için sebze yetiştiriciliği yapılan toplam 159 farklı serada çalışılmıştır (Çizelge 3.2; Şekil 3.1). Toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarının teşhisleri tez danışmanı Prof. Dr. Nabi Alper Kumral tarafından Doğanlar & Aydın (2009) literatüründe belirtilen morfolojik teşhis karakterlerine göre yapılmıştır. Projemizde kullanılan duyarlı *F. occidentalis* popülasyonu, uzun yıllardır pestisit uygulaması yapılmayan ortamda üretimin yapıldığı Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitünden temin edilmiştir.

Çizelge 3.2. Ege ve Marmara Bölgelerindeki İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze ekiliş alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonları

Örneğin toplandığı bölge	Örneğin toplandığı il	Örneğin toplandığı ilçe	Örneğin toplandığı bitki	Popülasyon ismi
Ege Bölgesi	İzmir	Menderes	Hıyar	Merkez
Ege Bölgesi	İzmir	Menderes	Biber	Altıntepe
Ege Bölgesi	İzmir	Menemen	Biber	Değirmendere
Ege Bölgesi	İzmir	Menemen	Hıyar	İnönü
Ege Bölgesi	İzmir	Bayındır	Biber	Karaveliler
Ege Bölgesi	Manisa	Akhisar	Hıyar	Selçikli
Marmara Bölgesi	Bursa	Orhangazi	Biber	Fatih
Marmara Bölgesi	Bursa	Yenişehir	Hıyar	Kavaklı
Marmara Bölgesi	Bursa	İznik	Hıyar	Boyalıca
Marmara Bölgesi	Yalova	Çiftlikköy	Hıyar	Beşyüz evler
Marmara Bölgesi	Çanakkale	Lapseki	Hıyar	Merkez
Marmara Bölgesi	Çanakkale	Ezine	Biber	Kemallı

A

B

C

D

Şekil 3.1. Örtüaltı sebze üretim alanlarından *Frankliniella occidentalis* örneklerinin toplanması **A)** *F. occidentalis*'i toplama kapları **B)** Çanakkale'de bir hıyar serasından örnek alma işlemi **C)** İzmir'de örtüaltı biber yetiştirme alanından bir görüntü. **D)** Manisa'da örtüaltı dolmalık biber yetiştirme alanından bir görüntü.

Duyarlı popülasyon ile seralardan toplanan *F. occidentalis* popülasyonları ayrı odalarda 25±1º C sıcaklık, %40-50 orantılı nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşullara sahip böcek yetiştirme odalarında taze fasulye kapsüllerinde üretilmiştir (Espinosa vd., 2002) (Şekil 3.2a). Bu amaçla kapakları filtre kağıdı ile kapatılmış plastik kaplar üretim kafesi olarak kullanılmıştır (Şekil 3.2b). Çiçek tripslerinin pupa dönemini geçirmeleri için bunların tabanına 2-3 kat havlu kağıt serilmiştir. Çamaşır suyu ile dezenfekte edilen çalı fasulyeleri, önce şekerli su daha sonra da aminoasitli solüsyonlara daldırılıp kurutulmuştur. Kuruduktan sonra 1:1 oranda bal ve polen karışımı fasulye kapsüllerine sürülerek hazırlanmıştır. Haftada 3 kez taze fasulye meyveleri yenileri ile değiştirilmiştir.

A **B**

Şekil 3.2. A) Çalı fasulyelerinin hazırlığı **B)** Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölüm Laboratuvarı böcek yetiştirme odası ve *F. occidentalis* popülasyonlarını yetiştirme kapları

3.2.2. Biyoassay çalışmaları

Laboratuvarda *F. occidentalis* popülasyonları üzerinde yürütülen biyoassay çalışmalarında IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) tarafından tavsiye edilen 10 numaralı ilaçlı solüsyona daldırma yöntemi kullanılmıştır (Anonim, 2021). Öncelikle %0,02 Triton X-100 içeren bidestile su ile stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltiden yapılan tüm seyreltmelerde ve kontrolde % 0,02 Triton X-100 içeren bidestile su kullanılmıştır. Dozlar denemeden hemen önce hazırlanmış ve bekletilmeden çalışma yapılmıştır. Fasulye kapsülleri 20 mm uzunlukta kesilmiştir ve uçlarına vazelin sürülmüştür.

Şekil 3.3. Biyoassay çalışmaları öncesi taze fasulyelerin hazırlık aşamaları

Kesilen fasulyeler 30 sn boyunca her tarafı ıslanacak şekilde ilaçlı solüsyona daldırılmıştır. Daldırma işleminden sonra, solüsyonlara batırılmış fasulye kapsülleri çeker ocak altında kurutulmuştur.

Şekil 3.4. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölüm Laboratuvarında yapılan biyoassay çalışmalardan görüntüler

Her petriye 20 adet ergin birey konularak biyoassay kapları kapatılmıştır. Biyoassay kapları 25±1°C sıcaklık ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşulları içeren iklim dolabında 24 saat bekletilmiştir. Binoküler mikroskop kullanarak, 24 saat sonra canlı-ölü sayımı yapılmıştır. Böceğe fırça temasından sonra vücudu kadar yürüyen ve yürüyüş ve kanat hareketleri doğal olanlar canlı olarak kabul edilmiş, diğer bireyler ise ölü olarak not edilmiştir.

A

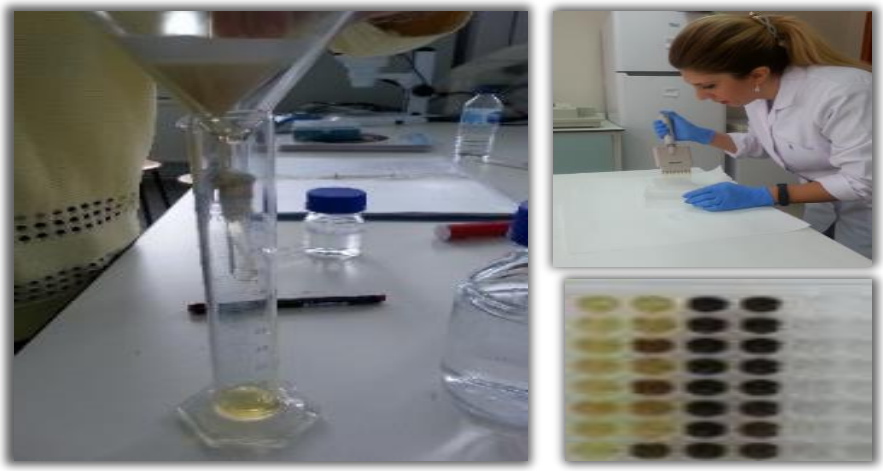
B

Şekil 3.5. A) Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Biyoassay Laboratuvarı'nda yapılan ölü-canlı birey sayımı **B)** İlaçlı solüsyona daldırılmış fasulyeler ve *F. occidentalis* erginlerinin petrideki görüntüsü

Biyoassay çalışmalar önce duyarlı popülasyonda yürütülmüştür. Bu amaçla %10 ila 90 aralığında olacak şekilde 5 konsantrasyon denemesi yapılmıştır. Kontrol grubu olarak hiç ilaçlı solüsyon uygulaması yapılamamış duyarlı popülasyon bireyleri kullanılmıştır. Kontrol grubunda ölümlerin %20'yi aşmamasına dikkat edilmiştir. Testler sonucu elde edilen yüzde ölüm değerleri öncelikle Abbott formülü ile düzeltilmiştir (Abbott, 1925). Daha sonra POLO-PC (LeOra Software 1994) programı kullanılarak probit analizi gerçekleştirilmiştir (Finney, 1964). Bu analiz sonucunda popülasyonun Lathel konsantrasyon değerleri (LC_{50} ve LC_{90}), güven aralıkları, lineer eğrinin denklemi ve eğimi, X^2 değeri ve olasılık (P) değeri belirlenmiştir. Duyarlı popülasyon için elde edilen LC_{90} değeri öncelikle dirençli popülasyonların kolayca saptanması için ayırıcı konsantrasyon olarak kullanılmıştır. Toplanan diğer arazi popülasyonlarında bu konsantrasyonlarda ölüm bulunmadığı takdirde yukarıda açıklanan biyoassay çalışması ve probit analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda insektisit direnç seviyeleri Torres-Vila ve diğerlerinin (2002) araştırmasına göre tanımlanmıştır. Direnç katı (DK) şeklinde yaygın olarak kabul edilen terimlerle sınıflandırılmıştır. DK = 1 olduğunda duyarlı, DK = 2-10 arasında ise düşük seviyede dirençli, DK = 11-30 arasında ise orta düzeyde dirençli, DK = 31-100 ise yüksek dirençli ve DK > 100 olduğunda çok yüksek dirençli olarak kabul edilmiştir.

3.2.3 Biyokimyasal çalışmalar

Biyokimyasal analizlerde *F. occidentalis* popülasyonlarının insektisitlere direnç durumu ile ilişkili olan karboksilesteraz (CarE), sitokrom P-450 (CYP-450), Glutathione S transferaz (GST) ve Asetil kolinesteraz (AChE) enzimleri farklı yöntemlerle belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Biyokimya Laboratuvarı'nda yapılan enzim çalışmaları.

3.2.4. Microplate assay ile toplam karboksilesteraz (CarE) aktivitesinin belirlenmesi

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının karboksilesteraz aktiviteleri Maymo ve diğerlerinin (2002) yöntemine göre belirlenmiştir. Yöntemde 15 adet trips 50 µL %0,1 Triton X-100 (Boehringer Mannheim, especially purified) içeren 20 mM fosfat tamponu (pH 7) içinde ezildikten sonra 10000 rpm'de, +4°C'de, 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Eppendorf tüplerin üzerinde alan sıvı alınarak substrat ve ilgili kimyasallarla 96 hücreli düztabanlı mikroplaka kuyularına mikropipetlerle yüklenmiştir. Boya olarak 20 mg Fast Blue RR Salt ile substrat olarak 100 mM naftil asetat ile hazırlanan boya çözeltisinden tüm kuyulara 200 µl aktarılmış ve reaksiyon mikroplaka okuyucuda 10 saniyelik aralıklarla 450 nm dalga boyunda toplam 5 dakika kinetik okuma yapılarak optik yoğunluk (O.D.) belirlenmiştir. Denemeler her popülasyon için en az 3 tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Sitokrom P-450 (CYP-450) aktivitesinin florimetrik yöntemle belirlenmesi

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının sitokrom P-450 aktiviteleri De Sousa ve diğerlerinin (1995) yönteminin hafif değiştirilmesi ile belirlenmiştir. Eppendorf tüpler içerisine toplanan 15 adet ergin trips bireyleri fosfat tamponu (pH 7,6) içerisinde eppendorf tüplere uyumlu homojenizör ile homojenize edilmiştir. Ardından 14000 rpm'de, 4°C'de, 5 dakika süreyle santrifüj edilmişlerdir. Mikroplaka hücresine bu homojenattan 50 µl aktarılarak testler başlatılmıştır. Daha sonra substrat olarak 70 µl ECOD 0,4 mM 7-ethoxycoumarin (ECOD) kullanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan mikroplakalar 30°C'de 10 dakika süreyle inkübe edilmiş ve tüm hücrelere 10 µl 9,6 mM NADPH (β-Nicotamide adenine Dinucleotide phosphate reduced tetrasodium salt) verilerek reaksiyon başlatılmıştır. Okumalar SpektraMax M2 florimetrede eksitasyon 390, emisyon 460 nm dalga boyunda 1 saat süreyle 30 saniye aralıklarla "kinetik" olarak yapılmıştır.

3.2.6. Glutathion-S-transferaz (GST) aktivitesinin belirlenmesi

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının GST aktivitesi Jensen ve diğerlerinin (2000) yöntemine göre belirlenmiştir. Yöntemde 15 adet ergin trips 75 µl örnek 50 µl Tris-HCl tamponu ile effendorf tüp içinde ezildikten sonra santrifüj edilmiştir. Eppendorf tüpte bulunan süpernatanttan mikroplakalara her bir plakaya 5'er µl konulmuştur. Substrat olarak 2 mM 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) kullanılmıştır. Her bir örneğe 140 µl substrat (0,75 µl CDNB + 3,75 µl 12 mM glutathion + 134,5 µl 0,1 M fosfat tamponu pH= 7,4) ilave edilmiştir. 10 dk. boyunca 37°C'de inkübasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra mikroplaka okuyucuda 340 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır.

3.2.7. Asetilkolinesteraz (AChE) aktivitesinin belirlenmesi

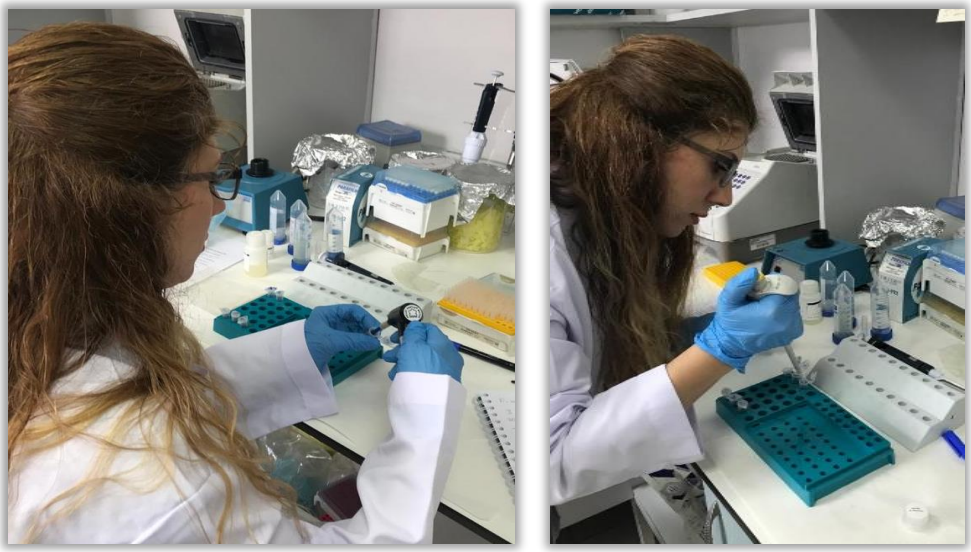
Frankliniella occidentalis popülasyonlarından 15 adet trips alınarak 75 µl örnek tampon ile effendorf tüp içinde ezilmiştir. Enzim kaynağı 3800 g'de, 4°C' de, 5 dakika süreyle santrifüje tabi tutulmuştur. Tüpteki süpernatant kısmından 2 ayrı plakaya 4 µl enzim yüklemesi yapılmıştır. Birinci plakaya 50 µl eserin karışımı [8 µl 200 µM eserin, 42 µl 0,1 M fosfat tamponu (pH= 7,4)] solüsyonundan eklenmiştir. Karışımlar 10 dk. 37°C'de

inkübasyona tabi tutulmuştur. Bütün örnekler üzerine 0,2 mM asetilkolin iyodid ve 0,2 mM DTNB (fosfat tamponu) olan substrattan 100 µl ilave edilmiştir. Örnekler 10 dk. 37°C'de inkübasyona tabi tutulmuştur. Plaka okuyucuda 412 nm dalga boyunda okumalar yapılmıştır (Jensen vd., 2000b).

Enzim aktivitelerinin popülasyonlara göre karşılaştırılması amacıyla yapılan bu çalışmanın örnek genişliğini hesaplamada, her değişken için istatistiksel güç (statistical power) en az %80 ve Tip-1 hata %5 alınarak belirlenmiştir. Çalışmadaki sürekli ölçümlerin normal dağılıp dağılmadığına Shapiro-Wilk ($n<50$) testi ile bakılmış ve ölçümler normal dağıldığından dolayı parametrik testler uygulanmıştır. Çalışmadaki değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum olarak ifade edilmiştir. Popülasyon gruplarına göre enzim aktivitelerinin" karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA), varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede ise de Tukey HSD testi (Tukey's Honestly Significant Differences Test) kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi (α) %5 olarak alınmış ve analiz için SPSS (IBM SPSS for Windows, ver.26) istatistik paket programı kullanılmıştır.

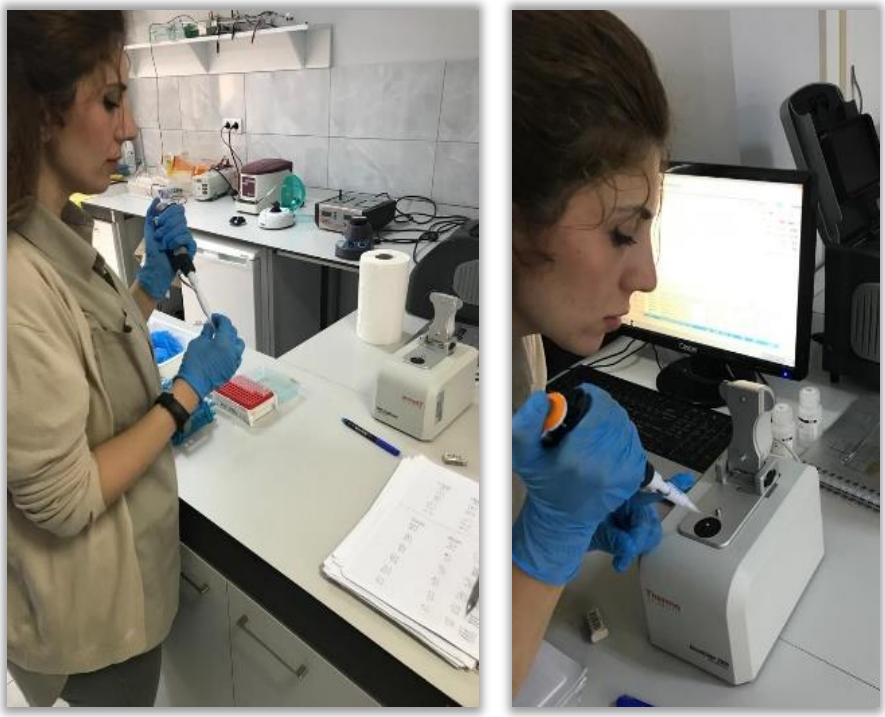
3.2.8. Direncin moleküler karakterizasyonu ve genomik DNA izolasyonu

Genomik DNA ekstraksiyonu DNeasy® Blood & Tissue (Qiagen, Australia) kiti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her *F. occidentalis* popülasyonundan yaklaşık 30'ar adet ergin birey 1,5 ml'lik eppendorf tüplere konulmuştur. Üzerine 20 µl proteinaz K ve 200 µl buffer AL eklenmiştir. Böcek homojenizasyon çubukları yardımıyla örnekler ezilmiştir. Vortex ile karıştırıldıktan sonra 56ºC'de 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. Örneğe 200 µl ethanol (%96-100) eklenmiş ve vortex ile karıştırılmıştır. Örnekler DNeasy Mini spin column'a aktarılmış, 1 dk. 6000 *g*'de santrifüjlenmiştir. Üst sıvı tüplerden uzaklaştırılmış, DNeasy Mini spin column 2 ml'lik yeni bir koleksiyon tüpüne yerleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Fizyoloji ve Toksikoloji Bölümü Moleküler Laboratuvarı'nda yapılan Genomik DNA izolasyon çalışmaları

Altta kalan DNA pelleti üzerine 500 µl AW1 tamponu eklenmiş ve 1 dk. 6000 g'de santrifüj edilmiştir. Toplama tüpü ve içindeki atık sıvı atılmıştır. DNeasy Mini spin kolonu 2 ml'lik yeni bir koleksiyon tüpüne yerleştirilmiş, 500 µl AW2 tamponu eklenmiş ve 3 dk. 20,000 *g*'de DNeasy membranı kurutmak için santrifüj edilmiştir. Tekrar toplama tüpü ve içindeki atık sıvı atılmıştır. DNeasy Mini spin column 1,5 ml'lik eppendorf tüplere yerleştirilmiş ve 15 µl AE tamponu direkt olarak DNeasy membranın üzerine uygulanmıştır. 1 dk oda ısısında inkübasyondan sonra 6000 g'de 1 dk santrifüjlenmiştir. Elde edilecek DNA konsantrasyonunu artırmak için son basamak tekrarlanmış ve 15 µl AE tamponu eklenerek 6000 g'de 1 dk santrifüj yapılmıştır. Her popülasyon için elde edilen DNA'nın miktarı nanodrop spektrofotometri (Nanodrop Technologies) ile ölçülmüştür. Örneklerin kaliteleri ise %1'lik agaroz jelde değerlendirilmiştir.



Şekil 3.8. Nanodropta DNA miktarını belirleme çalışmalarından görüntüler

3.2.9. PCR (Polymerase Chain Reaction) yöntemiyle çoğaltılması ve sentetik piretroit direnci

Sodyum kanalındaki direnç mutasyonları tespiti Forcioli ve diğerlerinin (2002) yönteminin modifikasyonu ile yapılmıştır. İstenilen hedef bölgenin çoğaltılmasında sodyum kanalı genine spesifik primerler kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında *kdr* direnci için moleküler çalışmalarda kullanılan primer dizileri (Forcioli vd., 2002).

Primer adı	Sekans dizi
skdr/2-F	5′- CAGGARGGCTGGAACATCTTCGACT -3′
kdr/4-R	5′- GACCCAAAATTGGACAGGAGCAAG -3′

PCR reaksiyonlarında her primerden 1'er µl (10 µM), 100-150 ng genomik DNA, 6 µl 5X HotFire Pol (Solis BioDyne) eklenmiş ve üzerine nükleaz içermeyen su ile 30 µl'ye tamamlanmıştır. Örnekler pipetaj ile karıştırıldıktan sonra thermocyclera (Eppendorf, Flexlid) yerleştirilmiştir. Primerler için uygun PCR koşulları Gradient PCR ile optimize edilerek aşağıda yer alan sıcaklık ve döngü sayıları kullanılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. PCR çalışmalarında uygulanan işlemler ile sıcaklık ve döngü sayıları

İşlem	Sıcaklık ve Süre	Döngü
Başlangıç denatürasyonu	95 ºC -15 dakika	1
Denatürasyon	95 ºC - 40 saniye	
Bağlanma	58 ºC - 40 saniye	30
Uzatma	72 ºC - 90 saniye	
Son uzatma	72 ºC – 7 dakika	1

3.2.10. PCR (Polymerase Chain Reaction) yöntemiyle çoğaltılması ve spinosad direnci

Spinosad direncindeki mutasyon tarama çalışmaları Chen ve diğerlerinin (2021) uyguladığı yönteminin modifikasyonu ile yürütülmüştür. İstenilen hedef bölgenin çoğaltılmasında Foα6 genine spesifik primerler kullanılmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında spinosad direnci için moleküler çalışmalarda kullanılan primer dizileri (Chen vd., 2021).

Primer adı	Sekans dizi
Wfta7_Forward	5′- CGTCATTCTTCTATGGCCGC -3′
Wfta7_Reverse	5′- TTCGGGTGATCTTTCTGCCT -3′

PCR reaksiyonlarında her primerden 1'er µl (10 µM), 100-150 ng genomik DNA, 6 µl 5X HotFire Pol (Solis BioDyne) eklenmiş ve üzerine nükleaz içermeyen su ile 30 µl'ye tamamlanmıştır. Örnekler pipetaj ile karıştırıldıktan sonra thermocyclera (Eppendorf, Flexlid) yerleştirilmiştir. Primerler için uygun PCR koşulları Gradient PCR ile optimize edilerek aşağıda yer alan sıcaklık ve döngü sayıları kullanılmıştır (Çizelge 3.6)

Çizelge 3.6. PCR çalışmalarında uygulanan işlemler ile sıcaklık ve döngü sayıları

İşlem	Sıcaklık ve Süre	Döngü
Başlangıç denatürasyonu	95 ºC -15 dakika	1
Denatürasyon	95 ºC - 40 saniye	
Bağlanma	55,2 ºC - 40 saniye	30
Uzatma	72 ºC - 90 saniye	
Son uzatma	72 ºC – 7 dakika	1

3.2.11. PCR ürünlerinin agaroz jelde görüntülenmesi ve mutasyonların saptanması

Frankliniella occidentalis popülasyonlarında *kdr* ve spinosad direnci mutasyonlarının tespiti amacıyla elde edilen PCR ürünlerinin sekans işlemine uygunluğu %1'lik agaroz jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir. Koşturma ve agaroz hazırlama tamponu olarak 0,5xTAE tampon çözeltisi kullanılmıştır. %1'lik agaroz jel hazırlamak için erlenmayer içinde 0,5 gr Ultra Pure agaroz (Invitrogen) ve 50 ml 0.5xTAE tampon çözelti mikrodalgada ısıtılarak çözülmüştür. Kısa bir süre soğutulduktan sonra 2 µl safestain (BioShop) eklenmiştir. Ardından yatay elektroforez tankına uygun boyutlarda taraklar yerleştirilerek hazırlanan agaroz dökülmüştür. Yaklaşık 1 saat sonunda polimerize olan jel, içi 0,5xTAE tamponuyla doldurulmuş ve taraklar çıkarılmıştır. İlk kuyucuğa DNA ladder (100 bp Thermo Scientific) yüklenmiştir. Diğer kuyucuklara 5 µl PCR ürünü ve 1 µl 6X, Loading dye (Thermo Scientific) ile pipetaj ile karıştırılarak 5 µl olacak şekilde yüklenmiş ve 95 V'da yaklaşık 45 dakika koşturulmuştur. Daha sonra PCR bantlar transilluminatör (Quantum Vilber Lourmat) yardımıyla görüntülenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelenerek mutasyon taraması için BM Labosise'e hizmet alımı olarak PCR işleminde kullanılan primerler ile çift yönlü sekansa gönderilmiştir. Kromotogram sonuçlarının analizinde ve yorumlanmasında Geneious Prime 2023.2 (https://www.geneious.com) programı kullanılmıştır.

Şekil 3.9. Yatay elektroforezde DNA görüntüleme çalışmaları

4. BULGULAR

4.1. Biyoassay Çalışmaları

İzmir ve Manisa il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze yetiştirme alanlarından 21 adet popülasyon toplanıp böcek yetiştirme odalarında kültüre alınmıştır. Kültüre alınan bu popülasyonların sadece 11 tanesi devamlılığını sürdürmüştür. *Frankliniella occidentalis* popülasyonları ile ilgili bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örtüaltı sebze alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına ait bilgiler

Popülasyon Adı	İlçe-mevki	Ürün	Toplanma Tarihi
Manisa/Akhisar	Selçikli	Hıyar	05.05.2021
Manisa/Akhisar	Selçikli	Biber	05.05.2021
Manisa/Akhisar	Merkez	Domates	05.05.2021
İzmir/Menemen	Türkelli	Hıyar	06.05.2021
İzmir/Menemen	Değirmendere	Biber	06.05.2021
İzmir/Menemen	Emiralem	Hıyar	06.05.2021
İzmir/Menemen	İnönü	Hıyar	06.05.2021
İzmir/Menemen	Yahşelli	Kabak	06.05.2021
İzmir/Menemen	Merkez	Domates	06.05.2021
İzmir/Menderes	Sancaklı	Hıyar	07.05.2021
İzmir/Menderes	Çamönü	Hıyar	07.05.2021
İzmir/Menderes	Altıntepe	Biber	07.05.2021
İzmir/Menderes	Akçaköy	Hıyar	02.06.2021
İzmir/Menderes	Merkez	Domates	02.06.2021
İzmir/Menderes	Merkez	Hıyar	02.06.2021
İzmir/Menderes	Develi	Kabak	02.06.2021
İzmir/Bayındır	Yakacık	Biber	03.06.2021
İzmir/Bayındır	Merkez	Hıyar	03.06.2021
İzmir/Bayındır	Karaveliler	Biber	03.06.2021
İzmir/Bayındır	Karaveliler	Kabak	03.06.2021
İzmir/Bayındır	Dereköy	Domates	03.06.2021

Bursa, Yalova ve Çanakkale il ve ilçelerindeki örtüaltı sebze yetiştirme alanlarından 20 adet *F. occidentalis* popülasyonu toplanıp böcek yetiştirme odalarında kültüre alınmıştır. Marmara Bölgesinden toplanan *F. occidentalis* popülasyonları ile ilgili bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Kültüre alınan Bursa ve Yalova popülasyonlarının 7 tanesi, Çanakkale popülasyonlarının da 5 tanesi devamlılığını sürdürmüştür. Devamlılığını sürdüren popülasyonlar Kestel/Barakfakih, Orhangazi/Fatih, Orhangazi/Muradiye, İznik/Boyalıca, Yenişehir/Kavaklı, Yalova/Çiftlikköy, Yalova/İsmetpaşa, Lapseki/Merkez, Lapseki/Umurbey, Ezine/Kemallı, Ezine/Pınarbaşı, Merkez/Kumkale popülasyonlarıdır.

Şekil 4.1. Örtüaltı sebze üretim alanlarından *Frankliniella occidentalis* örneklerinin toplanması ve arazi çalışmalarından görüntüler

4.1.1. Ayırt edici doz çalışmaları

Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen duyarlı popülasyonlarda yapılan biyoassay denemeleriyle spinosad, acrinathrin, formetanate hydrochloride ve spinetoram için elde edilen LC_{50} değerleri POLO-PC (LeOra Software, 1994) programı kullanılarak yapılan probit analizi (Finney, 1964) ile belirlenmiştir. Ölüm yüzdeleri, Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Abbott, 1925). Çizelge 4.3'de duyarlı popülasyonların biyoassay çalışmaları sonucunda belirlenen LC_{50} ve LC_{90} değerleri ve güven aralıkları verilmektedir.

Çizelge 4.2. Örtüaltı sebze alanlarından toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına ait bilgiler

Popülasyon Adı	İlçe-mevki	Ürün	Toplanma Tarihi
Bursa\Kestel	Merkez	Hıyar	07.06.2022
Bursa\Kestel	Barakfakih	Biber	07.06.2022
Bursa\Kestel	Sermeköy	Domates	07.06.2022
Bursa\ İznik	Boyalıca	Hıyar	06.06.2022
Bursa\Orhangazi	Muradiye	Hıyar	08.06.2022
Bursa\Orhangazi	Fatih	Biber	08.06.2022
Bursa\Gürsu	İstiklal	Kabak	07.06.2022
Bursa\Gürsu	İğdir	Hıyar	07.06.2022
Bursa\Yenişehir	Kavaklı Köyü	Hıyar	08.06.2022
Yalova\Çiftlikköy	Sultaniye	Hıyar	09.06.2022
Yalova\ Çiftlikköy	Beşyüzevler	Biber	09.06.2022
Yalova\Merkez	İsmetpaşa	Hıyar	09.06.2022
Çanakkale/Lapseki	Merkez	Hıyar	05.07.2022
Çanakkale/Lapseki	Umurbey	Biber	05.07.2022
Çanakkale/Merkez	Kalafat	Hıyar	06.07.2022
Çanakkale/Merkez	Kumkale	Biber	06.07.2022
Çanakkale/Merkez	Akçapınar	Patlıcan	06.07.2022
Çanakkale/Ezine	Merkez	Biber	07.07.2022
Çanakkale/Ezine	Kemallı	Biber	07.07.2022
Çanakkale/Ezine	Pınarbaşı	Hıyar	07.07.2022

Birden fazla konsantrasyonlu biyoassay çalışmaları yapılmadan önce duyarlı popülasyon için belirlenen LC_{50} değerleri ayırıcı doz olarak üretimi yapılan tüm popülasyonlara uygulanmıştır. Bu tek doz biyoassay çalışmaları sonucunda en az bir insektisit için ölüm oranının düşük olduğu popülasyonlar seçilerek kitle halinde üretilmesine devam edilmiştir (Çizelge 4.4). Ayırt edici doz uygulaması sonucunda ölüm oranının yüksek olması nedeniyle İzmir'den Menderes/Çamönü, Menderes/Türkeli Menderes/Akçaköy, Menemen/Emiralem ve Bayındır/Merkez'den; Bursa'dan Kestel/Barakfakih ve Orhangazi/Muradiye; Yalova'dan İsmetpaşa; Çanakkale'den Lapseki/Umurbey, Ezine/Pınarbaşı ve Merkez/Kumkale popülasyonlarının elemine edilmesine karar verilmiştir.

Çizelge 4.3. Duyarlı popülasyon ile yapılan biyoassay çalışmaları LC_{50} ve LC_{90} değerleri ve güven aralıkları

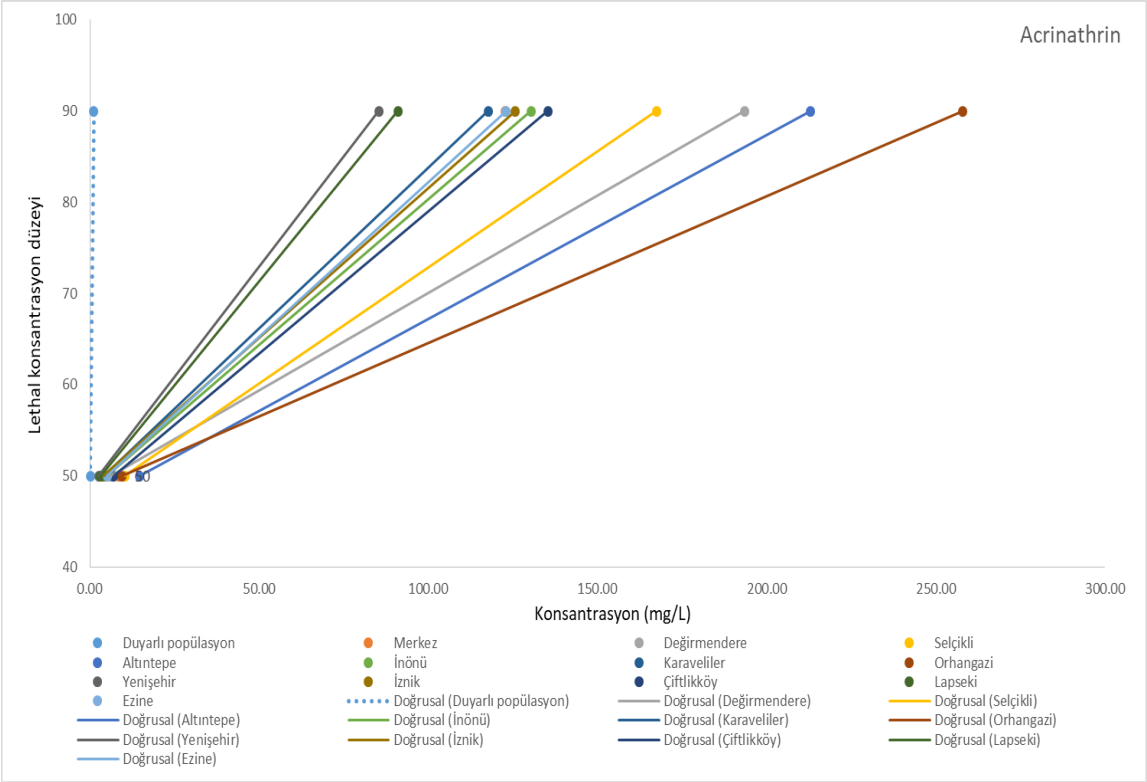
İnsektisit	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	P değeri	X^2 (df)	Heterojenite değeri	Slope değeri ± SH
Acrinathrin	0,202 (0,005-0,545)	1,203 (0.869-1.847)	0,997	2,718 (12)	0,231	1,684±0,360
Formetanate hydrochloride	0,356 (0,047-0,690)	2,231 (1,647- 3,518)	0,880	6,639 (12)	0,553	1,611±0,265
Spinosad	0,745 (0,441-1,041)	4,104 (3,034 -6,398)	0,982	4,067 (12)	0,339	1,726±0,221
Spinetoram	0,623 (0,296-0,851)	3.370 (2,515- 5,195)	0,978	4,244 (12)	0,354	1,759±0,236

Çizelge 4.4. Ege ve Marmara Bölgesinde toplanan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarına spinosad, spinetoram, acrinathrin ve formetanate hydrochloridin ayırıcı dozu (duyarlı popülasyonun LC_{90} değeri) sonucu elde edilen ölüm değerleri (%)

Popülasyon Adı	İlçe-mevki	Ürün	Spinosad	Spinetoram	Acrinathrin	Formetanate hydrochloridine
			Ölüm oranı (%)			
Manisa/Akhisar	Selçikli	Hıyar	0	5	3	8
Manisa/Akhisar	Selçikli	Biber	87	91	89	82
İzmir/Menemen	Türkelli	Hıyar	89	96	92	88
İzmir/Menemen	Değirmendere	Biber	22	25	16	29
İzmir/Menemen	Emiralem	Hıyar	99	93	96	94
İzmir/Menemen	İnönü	Hıyar	22	34	28	31
İzmir/Menderes	Çamönü	Hıyar	98	92	99	100
İzmir/Menderes	Altıntepe	Biber	2	0	3	4
İzmir/Menderes	Merkez	Hıyar	21	24	15	22
İzmir/Menderes	Akçaköy	Hıyar	96	98	99	95
İzmir/Bayındır	Merkez	Hıyar	96	92	98	90
İzmir/Bayındır	Karaveliler	Biber	38	35	41	49
İzmir/Bayındır	Karaveliler	Kabak	100	100	97	97
Bursa\Kestel	Barakfakih	Biber	85	89	99	93
Bursa\Orhangazi	Fatih	Biber	11	10	15	22
Bursa\Orhangazi	Muradiye	Hıyar	96	98	100	97
Bursa\ İznik	Boyalıca	Hıyar	20	26	24	35
Bursa\Yenişehir	Kavaklı Köyü	Hıyar	45	51	55	57
Yalova\ Çiftlikköy	Beşyüzevler	Hıyar	17	19	13	28
Yalova\Merkez	İsmetpaşa	Hıyar	97	100	96	94
Çanakkale/Lapseki	Merkez	Hıyar	33	37	30	20
Çanakkale/Lapseki	Umurbey	Biber	88	91	83	95
Çanakkale/Merkez	Kumkale	Biber	96	89	84	90
Çanakkale/Ezine	Kemallı	Biber	31	23	27	38
Çanakkale/Ezine	Pınarbaşı	Hıyar	94	95	93	98

Dirençli olduğu tahmin edilen bu popülasyonlar için en az 5 konsantrasyonlu biyoassay çalışmaları yürütülmüş olup, acrinathrin probit analizi sonuçları Çizelge 4.5'te

verilmiştir. Probit analizi sonuçlarına göre Ege Bölgesi'nde Menderes/Merkez, Menemen/Değirmendere, Akhisar/Selçikli, Menderes/Altıntepe, Menemen/İnönü ve Bayındır/Karaveliler popülasyonlarına acrinathrin uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 8,514, 6,189, 10,362, 14,978, 5,038 ve 4,136 mg/L olarak tespit edilmiştir. Duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 42, 31, 51, 74, 25 ve 21 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir. Marmara Bölgesinde Orhangazi/Fatih, Yenişehir/Kavaklı, İznik/Boyalıca, Yalova/Çiftlikköy, Lapseki/Merkez ve Ezine/Kemallı popülasyonlarına acrinathrin uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 9,530, 2,632, 4,018, 7,092, 3,261 ve 5,107 mg/L olarak bulunmuştur. Bu popülasyonlar duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 47, 13, 20, 35, 16 ve 25 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). Sonuç olarak, sırasıyla Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Menderes/Merkez ve Yalova/Çiftlikköy popülasyonları acrinathrine yüksek oranda direnç göstermiştir. İstatistiki anlamda en yüksek direnç ise Menderes/Altıntepe'de (74 kat) saptanmıştır (Şekil 4.2).



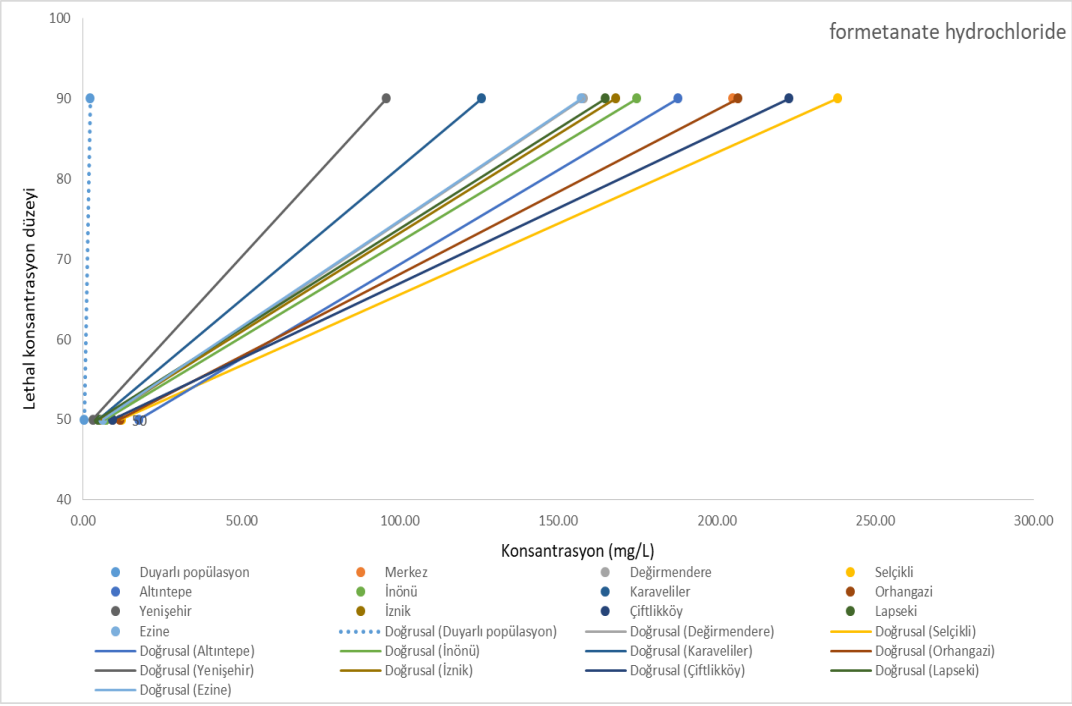
Şekil 4.2. Ege ve Marmara Bölgesi'nden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının acrinathrin için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik.

Çizelge 4.5. Ege ve Marmara Bölgesi'nden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının acrinathrin için probit analizi sonuçları

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Heteroje nite	Slope değeri
Duyarlı popülasyon	0,202[c*] (0,005-0,545)	1,203 (0,869-1,847)	-	0,99	2,718 (12)	0,23	1,684±0,360
Merkez	8,514[ab] (3,508-13,663)	122,717 (82.465 - 219.670)	42,15	0,98	5,677 (15)	0,38	1,090±0,164
Değirmendere	6,189[ab] (1,669-12,190)	193,5007 (116.315 – 462.064)	30,64	0,85	9,531 (15)	0,64	0,856±0,154
Selçikli	10,362[ab] (4,768-16,673)	167,486 (110.267-315.106)	51,29	0,99	4,484 (15)	0,30	1,058±0,156
Altıntepe	14,978[a] (8,168-22,336)	213,052 (143.218-379.892)	74,15	0,77	11,581 (16)	0,72	1,108±0,145
İnönü	5,038[ab] (1,357-10,170)	130,354 (83.254-257.644)	24,94	0,94	8,394 (16)	0,53	0,907±0,157
Karaveliler	4,136[ab] (0,940-8,999)	117,780 (73.595-244.244)	20,48	0,96	6,887 (15)	0,46	0,885±0,163
Orhangazi	9,530[ab] (3,632-16,800)	258,008 (154.823-604.084)	47,18	0,95	7,161 (15)	0,48	0,896±0,146
Yenişehir	2,632[bc] (0,379-6,675)	85,374 (52.308-172.598)	13,03	0,99	5,302 (15)	0,35	0,853±0,171
İznik	4,018[ab] (0,851-8,926)	125,772 (77.579-270.556)	19,89	0,97	6,319 (15)	0,42	0,861±0,161
Çiftlikköy	7,092[ab] (2,551-12,537)	135,379 (88.040-260.567)	35,11	0,92	8,191 (15)	0,55	0,997±0,161
Lapseki	3,261[bc] (0,529-7,306)	91,100 (56.571-182.741)	16,14	0,98	6,003 (15)	0,40	0,874±0,169
Ezine	5,107[ab] (1,452-10,212)	123,057 (79.407-236.699)	25,28	0,95	7,840 (16)	0,49	0,930±0,159

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Formetanate hydrochloride için probit analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Probit analizi sonuçlarına göre Ege Bölgesinde Menderes/Merkez, Menemen/Değirmendere, Akhisar/Selçikli, Menderes/Altıntepe, Menemen/İnönü ve Bayındır/Karaveliler popülasyonlarına formetanate hydrochloride uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 9,209, 7,102, 12,051, 17,618, 7,129 ve 4,927 mg/L olarak tespit edilmiştir. Duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 26, 20, 34, 50, 20 ve 14 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir. Marmara Bölgesinde Orhangazi/Fatih, Yenişehir/Kavaklı, İznik/Boyalıca, Yalova/Çiftlikköy, Lapseki/Merkez ve Ezine/Kemallı popülasyonlarına formetanate hydrochloride uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 11,584, 3,096, 5,516, 8,353, 4,742 ve 6,208 mg/L olarak bulunmuştur. Bu popülasyonlar duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 33, 9, 16, 24, 13 ve 17 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6). Sonuç olarak, sırasıyla Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Menderes/Merkez ve Yalova/Çiftlikköy popülasyonlarında formetanate hydrochloride direnci yüksek bulunmuştur. İstatistiki anlamda en yüksek direnç ise Menderes/Altıntepe'de (50 kat) saptanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının formetanate hydrochloride için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik.

Çizelge 4.6. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların formetanate hydrochloride için probit analizi sonuçları

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Hetero jenite	Slope değeri
Duyarlı popülasyon	0,356[c*] (0,047-0,690)	2.231 (1,647- 3,518)	-	0,88	6,639 (12)	0,55	1,611±0,265
Merkez	9,209[ab] (3,652-15,950)	204,934 (128.158-438.708)	25,87	0,92	8,124 (15)	0,54	0,953±0,153
Değirmendere	7,102[ab] (2,528-13,102)	157,810 (100.693-320.480)	19,95	0,92	8,019 (15)	0,53	0,957±0,158
Selçikli	12,051[ab] (5,721-19,733)	238,103 (149.938-497.907)	33,85	0,95	7,114 (15)	0,47	0,995±0,150
Altıntepe	17,618[a] (10,874-25,048)	187,805 (129.879-320.382)	49,49	0,96	6,804 (15)	0,45	1,250±0,158
İnönü	7,129[ab] (2,390-13,236)	174,843 (109.333-374.667)	20,03	0,98	6,236 (15)	0,42	0,924±0,156
Karaveliler	4,927[b] (1,288-9,926)	125,832 (80.445-247.519)	13,84	0,92	8,894 (16)	0,56	0,908±0,158
Orhangazi	11,584[ab] (5,319-18,395)	206,809 (132.802-411.053)	32,54	0,99	4,413 (15)	0,29	1,018±0,150
Yenişehir	3,096[c] (0,526-7,397)	95,774 (59.234-195.678)	8,69	0,98	5,989 (15)	0,40	0,863±0,168
İznik	5,516[ab] (1,523-11,283)	168,047 (101.133-389.295)	15,49	0,93	7,053 (14)	0,50	0,869±0,15
Çiftlikköy	8,353[ab] (2,991-15,196)	222,891 (135.662-510.099)	23,46	0,97	6,380 (15)	0,43	0,902±0,151

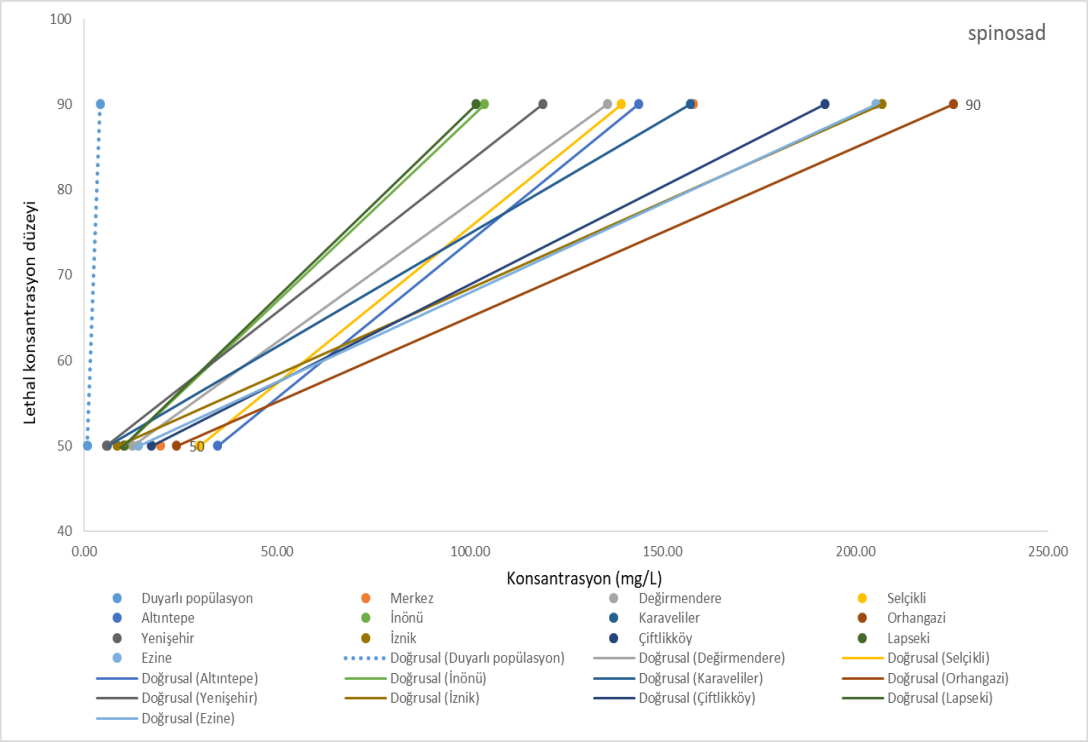
* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların formetanate hydrochloride için probit analizi sonuçları (devam)

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Hetero jenite	Slope değeri
Lapseki	4,742[b] (1,091-10,220)	164,805 (97.622 - 397.893)	13,32	0,91	7,495 (14)	0,54	0,835±0,156
Ezine	6,208[ab] (1,836-11,839)	157,245 (98.371-335.945)	17,44	0,97	6,290 (15)	0,42	0,911±0,158

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Spinosad için probit analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Probit analizi sonuçlarına göre Ege Bölgesinde Menderes/Merkez, Menemen/Değirmendere, Akhisar/Selçikli, Menderes/Altıntepe, Menemen/İnönü ve Bayındır/Karaveliler popülasyonlarına spinosad uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 19,830, 12,485, 28,901, 34,603, 10,469 ve 6,038 mg/L olarak tespit edilmiştir. Duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 27, 17, 39, 47, 14 ve 8 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir. Marmara Bölgesinde Orhangazi/Fatih, Yenişehir/Kavaklı, İznik/Boyalıca, Yalova/Çiftlikköy, Lapseki/Merkez ve Ezine/Kemallı popülasyonlarına spinosad uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 23,905, 5,719, 8,524, 17,440, 10,261 ve 14,035 mg/L olarak bulunmuştur. Bu popülasyonlar duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bunlarda sırasıyla 33, 8, 11, 23, 14 ve 19 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7). Sonuç olarak, sırasıyla Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Menderes/Merkez ve Yalova/Çiftlikköy popülasyonlarında spinosad direnci diğer popülasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Bunlar arasından istatistiki anlamda en yüksek direnç ise Menderes/Merkez (27 kat), Menderes/Altıntepe (47 kat) ve Orhangazi/Fatih (33 kat)'de bulunmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinosad için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik.

Çizelge 4.7. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların spinosad için probit analizi sonuçları

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Heterojenite	Slope değeri
Duyarlı popülasyon	0,745^{c*} (0,441-1,041)	0,745 (0,441-1,041)	-	0,98	4,067 (12)	0,34	1,726±0,221
Merkez	19,830^{a} (13,235-26,668)	158,082 (113.857-249.928)	26,617	0,90	8,446 (15)	0,54	1,419±0,166
Değirmendere	12,485^{b} (6,802-18,405)	135,718 (94.419-229.118)	16,758	0,79	10,457 (15)	0,70	1,232±0,166

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

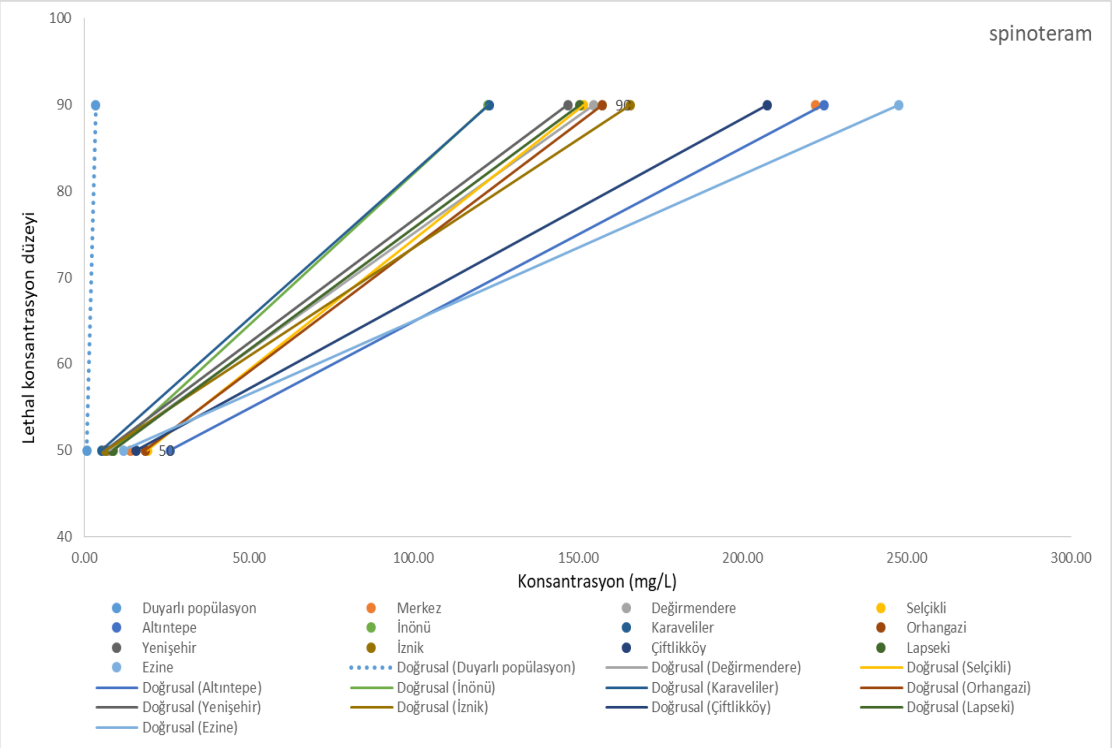
Çizelge 4.7. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonların spinosad için probit analizi sonuçları (devam)

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Heterojenite	Slope değeri
Selçikli	28,901[a] (22,253-35,713)	139,389 (106.911 - 198.109)	38,793	0,59	13,050 (15)	0,87	1,869±0,186
Altıntepe	34,603[a] (26,358-43,500)	143,825 (108.819 - 211.050)	46,446	0,35	16,455 (15)	1,09	2,070±0,205
İnönü	10,469[b] (5,630-15,842)	103,797 (73.558 - 168.335)	14,052	0,94	7,524 (15)	0,50	1,289±0,177
Karaveliler	6,038[b] (1,836-11,839)	157,245 (98.371-335.945)	8,104	0,97	6,290 (15)	0,42	0,911±0,158
Orhangazi	23,905[a] (16,161-32,430)	225,469 (156.921 - 379.266)	32,807	0,91	8,252 (15)	0,55	1,318±0,155
Yenişehir	5,719[b] (1,682-10,696)	118,970 (77.518-223.088)	7,676	0,96	7,440 (16)	0,46	0,962±0,161
İznik	8,524[b] (3,206-15,256)	206,942 (128.158-453.511)	11,441	0,98	6,104 (15)	0,41	0,929±0,152
Çiftlikköy	17,440[b] (10,521-24,745)	192,082 (131.927 - 332.231)	23,409	0,94	7,521 (15)	0,50	1,228±0,157
Lapseki	10,261[b] (5,398-15,485)	101,637 (71.991-164.825)	13,773	0,96	6,812 (15)	0,45	1,285±0,177
Ezine	14,035[b] (7,536-21,304)	205,478 (137.942 - 367.440)	18,838	0,94	8,135 (16)	0,51	1,099±0,145

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Spinetoram için probit analizi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Probit analizi sonuçlarına göre Ege Bölgesinde Menderes/Merkez, Menemen/Değirmendere, Akhisar/Selçikli, Menderes/Altıntepe, Menemen/İnönü ve Bayındır/Karaveliler popülasyonlarına spinetoram uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 14,067, 7,553, 19,085, 26,032, 8,675 ve 5,131 mg/L olarak tespit edilmiştir. Duyarlı popülasyon ile

karşılaştırıldığında bu popülasyonlarda sırasıyla 23, 12, 31, 42, 14 ve 8 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir. Marmara Bölgesinde Orhangazi/Fatih, Yenişehir/Kavaklı, İznik/Boyalıca, Yalova/Çiftlikköy, Lapseki/Merkez ve Ezine/Kemallı popülasyonlarına spinetoram uygulandığı zaman LC_{50} değeri sırasıyla 18,426, 6,379, 6,418, 15,722, 8,625 ve 11,728 mg/L olarak bulunmuştur. Bu popülasyonlar duyarlı popülasyon ile karşılaştırıldığında bunlarda sırasıyla 30, 10, 10, 25, 14 ve 19 kat duyarlılık kaybı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.8). Sonuç olarak, sırasıyla Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Yalova/Çiftlikköy ve Menderes/Merkez popülasyonlarında spinetoram direnci diğer popülasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Bunlar arasından istatistiki anlamda en yüksek direnç ise Akhisar/Selçikli, (31 kat), Menderes/Altıntepe (42 kat) ve Orhangazi/Fatih (30 kat)'de bulunmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinetoram için LC_{50} ve LC_{90} değerlerini ve bunlara göre çizilmiş ölüm cevabı eğrilerini gösteren grafik.

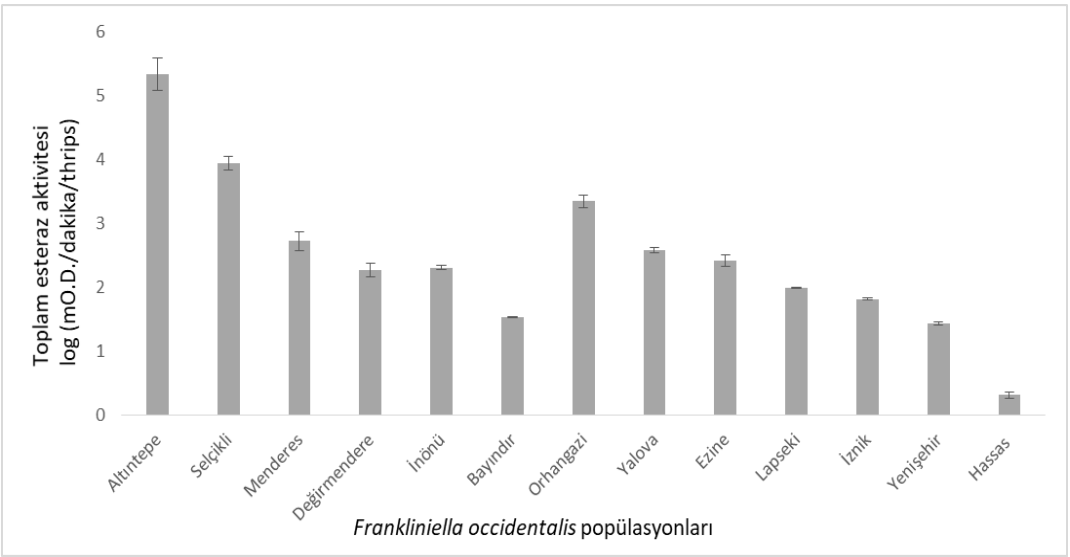
Çizelge 4.8. Ege ve Marmara Bölgesinden toplanan bazı *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinetoram için probit analizi sonuçları

Popülasyon	LC_{50} (mg/L) (Güven aralığı %95)	LC_{90} (mg/L) (Güven aralığı %95)	Direnç oranı**	P değeri	X^2 (df)	Heterojenite	Slope değeri
Duyarlı popülasyon	0,623[c*] (0,296-0,851)	3,370 (2,515- 5,195)	-	0,98	4,244 (12)	0,35	1,759±0,236
Merkez	14,067[b] (7,540-21,710)	222,398 (147.414-408.406)	22,579	0,97	7,303 (16)	0,46	1,073±0,144
Değirmendere	7,553[b] (2,684-13,295)	154,929 (99.496-309.636)	12,123	0,96	6,898 (15)	0,47	0,972±0,158
Selçikli	19,085[a] (12,669-25,799)	151,824 (109.565 - 239.135)	30,634	0,95	7,194 (15)	0,52	1,422±0,167
Altıntepe	26,032[a] (18,205-34,810)	224,826 (158.490 - 369.032)	41,784	0,90	8,478 (15)	0,57	1,373±0,157
İnönü	8,675[b] (3,971-14,316)	122,701 (83.141-216.085)	13,924	0,96	7,064 (15)	0,47	1,119±0,165
Karaveliler	5,131[b] (1,452-10,212)	123,057 (79.407-236.699)	8,235	0,93	8,672 (16)	0,54	0,930±0,159
Orhangazi	18,426[a] (12,119-25,389)	157,449 (112.617-252.075)	29,576	0,96	7,466 (15)	0,49	1,380±0,165
Yenişehir	6,379[b] (2,019-11,964)	146,957 (93.423-300.645)	10,239	0,99	4,371 (15)	0,35	0,940±0,159
İznik	6,418[b] (2,099-12,521)	165,999 (103.822-355.324)	10,301	0,98	6,214 (15)	0,41	0,918±0,157
Çiftlikköy	15,722[b] (9,066-23,346)	207,679 (141.302-361.540)	25,235	0,88	9,804 (16)	0,61	1,147±0,146
Lapseki	8,625[b] (3,625-14,597)	150,630 (98.812 - 285.226)	13,844	0,94	7,428 (15)	0,51	1,033±0,158
Ezine	11,728[b] (5,250-19,154)	247,685 (153.727 - 532.611)	18,825	0,93	7,757 (15)	0,52	0,967±0,147

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler %95 güven aralığına göre istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** Direnç oranı bir popülasyonun LC_{50} değerinin duyarlı popülasyonun LC_{50} değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

4.2. Biyokimyasal Test Sonuçları

Karboksilesteraz (CarE), sitokrom P-450 (CYP-450), glutathion-S-transferaz (GST) ve asetilkolinesteraz (AChE) enzim aktiviteleri spektrometrik yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 4.6 – 4.9 ve Çizelge 4.9 – 4.12'de verilmiştir. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının toplam CarE aktivitesi Şekil 4.6 ve Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı CarE aktivitelerine sahip oldukları anlaşılmaktadır. Yapılan denemeler sonucunda Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Menderes/Merkez, Yalova/Çiftlikköy, Ezine/Kemallı, Menemen/İnönü, Menemen/Değirmendere, Lapseki/Merkez, İznik/Boyalıca, Bayındır/Karaveliler, Yenişehir/Kavaklı ve duyarlı popülasyonlarının homojenatlarından elde edilen ortalama CarE aktiviteleri sırasıyla 5,343, 3,941, 3,347, 2,728, 2,660, 2,581, 2,415, 2,305, 1,992, 1,817, 1,534, 1,427 ve 0,310 olarak bulunmuştur (Şekil 4.6). Çizelge 4.9'da verilen varyans analizi sonuçlarına göre farklı *F. occidentalis* popülasyonlarının enzim miktarları arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,01$). İstatistiki anlamda en düşük aktivite duyarlı popülasyonda bulunmuş olup, bunu Bayındır/Karaveliler ve Yenişehir/Kavaklı popülasyonlarında tespit edilen CarE aktiviteleri izlemiştir. Bu üç popülasyon da istatistiki anlamda birbirlerinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.9).



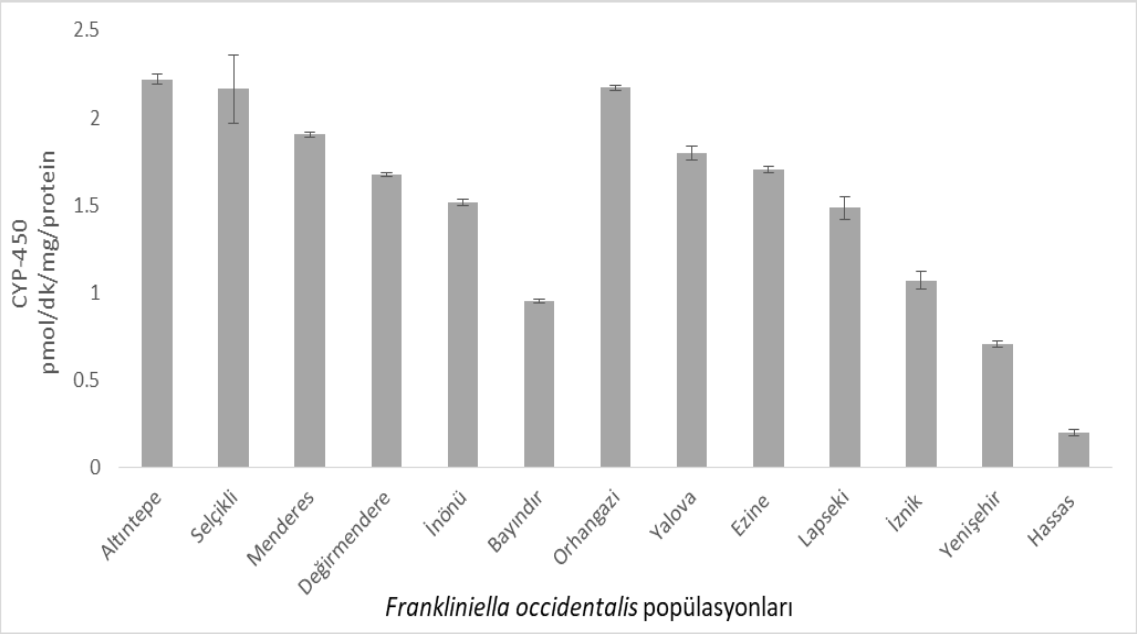
Şekil 4.6. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama CarE aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik.

Çizelge 4.9. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen CarE aktiviteleri

	Popülasyonlar	Spesifik Aktivite Log(mO.D. dakika/mg/trips)	Oran**	Std. hata	Min.	Max.	*F*	*P***
	Altıntepe	5,343 [a]	17,235	0,253	5,192	5,635		
	Selçikli	3,941 [b]	12,712	0,108	3,829	4,045		
	Orhangazi	3,347 [c]	10,796	0,147	3,182	3,462		
	Menderes	2,728 [d]	8,800	0,108	2,603	2,792		
	Yalova	2,581 [de]	8,325	0,032	2,547	2,609		
	Ezine Kemallı	2,415 [ef]	7,790	0,009	2,406	2,423		
CarE	İnönü	2,305 [ef]	7,435	0,104	2,196	2,402	450,153	0,001
	Değirmendere	2,266 [fg]	7,309	0,043	2,219	2,303		
	Lapseki	1,992 [gh]	6,425	0,094	1,902	2,089		
	İznik Boyalıca	1,817 [hi]	5,861	0,009	1,810	1,827		
	Bayındır	1,534 [ij]	4,948	0,014	1,521	1,549		
	Yenişehir	1,427 [j]	4,603	0,026	1,401	1,453		
	Duyarlı	0,310 [k]	-	0,046	0,258	0,341		

*Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre aynı sütundaki farklı küçük harfler %5 düzeyde istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** = Ortalama aktivite (Arazi popülasyonu) / Ortalama aktivite (Duyarlı popülasyon)

Sitokrom P-450 (CYP-450) aktiviteleri Şekil 4.7 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Menderes/Altıntepe, Orhangazi/Fatih, Akhisar/Selçikli, Menderes/Merkez, Yalova/Çiftlikköy, Ezine/Kemallı, Menemen/Değirmendere, Menemen/İnönü, Lapseki/Merkez, İznik/Boyalıca, Bayındır/Karaveliler, Yenişehir/Kavaklı ve Duyatrlı popülasyonlarının homojenatlarından elde edilen ortalama değerlerin logaritması alınarak bulunan toplam sitokrom P-450 aktiviteleri; 2,220, 2,173, 2,163, 1,904, 1,798, 1.703, 1,672, 1,514, 1,485, 1,069, 0,953, 0,703 ve 0,198 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.10'da varyans analizi popülasyonların arasında CYP-450 enzim aktiviteleri arasındaki farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,01$). En yüksek enzim aktivitesi değeri Menderes/Altıntepe ve Orhangazi/Fatih, popülasyonlarında tespit edilirken, en düşük enzim aktivitesi değeri ise duyarlı, Bayındır/Karaveliler ve Yenişehir/Kavaklı popülasyonlarında gözlenmiştir.



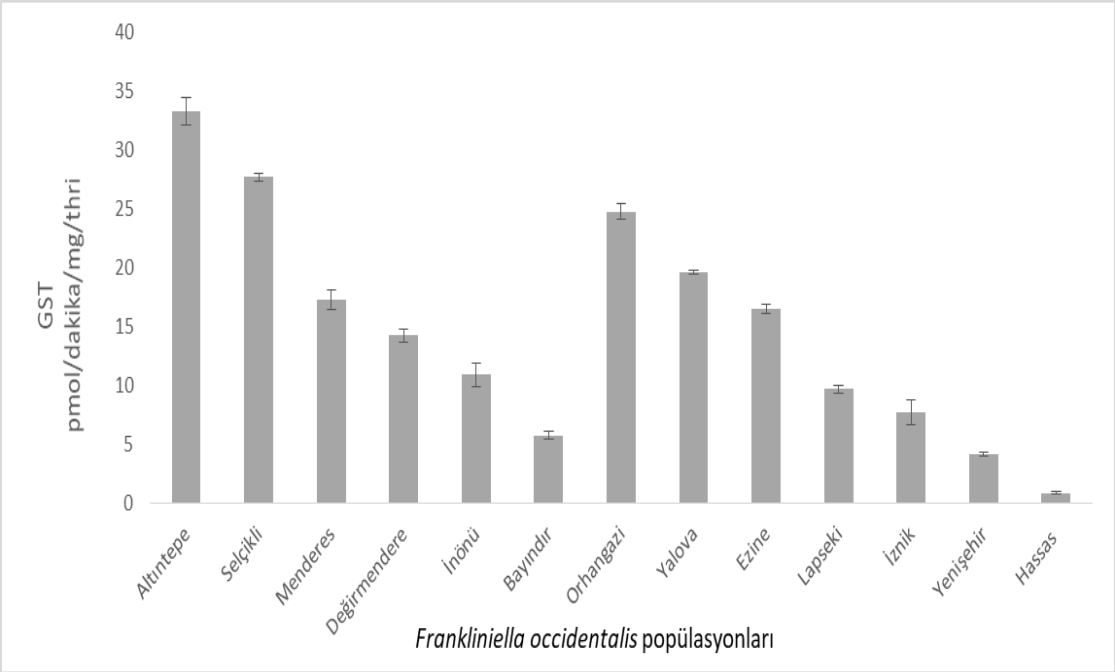
Şekil 4.7. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama CYP-450 aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik

Çizelge 4.10. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen CYP-450 aktiviteleri

	Popülasyonlar	**Spesifik Aktivite pmol/dakika/ mg/protein**	**Oran****	**Std. hata**	**Min.**	**Max.**	***F***	***P*****
	Altıntepe	2,220 [a]	11,212	0,030	2,189	2,249		
	Orhangazi	2,173 [a]	10,974	0,197	2,055	2,401		
	Selçikli	2,163 [a]	10,924	0,014	2,148	2,175		
	Menderes	1,904 [b]	9,616	0,011	1,892	1,914		
	Yalova	1,798 [bc]	9,080	0,017	1,779	1,813		
	Ezine Kemallı	1,703 [c]	8,601	0,011	1,691	1,712		
P-450	Değirmendere	1,672 [cd]	8,444	0,014	1,659	1,686	292,177	0,001
	İnönü	1,514 [de]	7,646	0,042	1,489	1,562		
	Lapseki	1,485 [e]	7,500	0,015	1,473	1,502		
	İznik Boyalıca	1,069 [f]	5,398	0,066	0,994	1,116		
	Bayındır	0,953 [f]	4,813	0,053	0,893	0,992		
	Yenişehir	0,703 [g]	3,550	0,020	0,686	0,725		
	Duyarlı	0,198 [h]	-	0,016	0,180	0,212		

*Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre aynı sütundaki farklı küçük harfler %5 düzeyde istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** = Ortalama aktivite (Arazi popülasyonu) / Ortalama aktivite (Duyarlı popülasyon)

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının GST enzim aktivitesi Jensen ve diğerlerinin (2000) yöntemiyle tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 4.8 ve Çizelge 4.11'da gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı GST aktivitelerine sahip oldukları anlaşılmaktadır. Yapılan denemeler sonucunda Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Yalova/Çiftlikköy, Menderes/Merkez, Ezine/Kemallı, Menemen/Değirmendere, Menemen/İnönü, Lapseki/Merkez, İznik/Boyalıca, Bayındır/Karaveliler, Yenişehir/Kavaklı ve duyarlı popülasyonların kütle homojenatlarından elde edilen ortalama GST enzim aktiviteleri sırasıyla 33,260, 27,647, 24,747, 19,565, 17,263, 16,472, 14,200, 10,867, 9,647, 7,716, 5,740, 4,107 ve 0,846 olarak bulunmuştur (Şekil 4.8). Çizelge 4.11'deki varyans analizi sonuçlarına göre tüm popülasyonlarının enzim miktarları arasında farklılık tespit edilmiştir ($p<0,01$). En yüksek GST enzim aktivitesi değeri Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli ve Orhangazi/Fatih popülasyonunda bulunurken, en düşük GST enzim aktivitesi ise Bayındır/Karaveliler, Yenişehir/Kavaklı ve duyarlı popülasyonlarında gözlenmiştir.



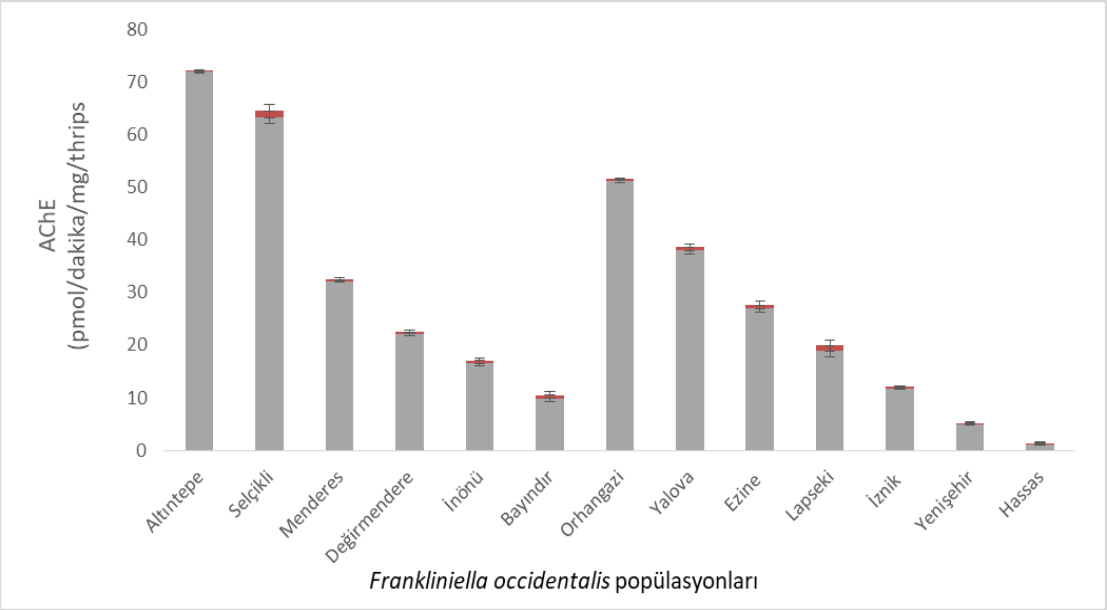
Şekil 4.8. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama GST aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik

Çizelge 4.11. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen GST aktiviteleri

	Popülasyonlar	Spesifik Aktivite Log(mO.D. dakika/mg/trips)	Oran **	Std. hata	Min.	Max.	*F*	*P***
GST Enzim Aktivitesi	Altıntepe	33,260 [a]	39,314	1,198	31,890	34,110	659,343	0,001
	Selçikli	27,647 [b]	32,679	0,384	27,300	28,060		
	Orhangazi	24,747 [c]	29,251	0,867	23,749	25,310		
	Yalova	19,565 [d]	23,126	0,564	18,973	20,095		
	Menderes	17,263 [e]	20,405	0,993	16,450	18,370		
	Ezine Kemallı	16,472 [e]	19,470	0,330	16,261	16,852		
	Değirmendere	14,200 [f]	16,784	0,663	13,440	14,660		
	İnönü	10,867 [g]	12,845	0,185	10,680	11,050		
	Lapseki	9,647 [gh]	11,403	0,352	9,307	10,009		
	İznik Boyalıca	7,716 [h]	9,120	0,321	7,347	7,926		
	Bayındır	5,740 [i]	6,784	1,024	5,080	6,920		
	Yenişehir	4,107 [i]	4,854	0,170	3,915	4,237		
	Duyarlı	0,846 [j]	-	0,075	0,761	0,905		

*Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre aynı sütundaki farklı küçük harfler %5 düzeyde istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** = Ortalama aktivite (Arazi popülasyonu) / Ortalama aktivite (Duyarlı popülasyon)

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının toplam AChE aktivitesi Şekil 4.9 ve Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı AChE aktivitelerine sahip oldukları anlaşılmaktadır. Şekil 4.9'de görüldüğü gibi Menderes/Altıntepe, Akhisar/Selçikli, Orhangazi/Fatih, Yalova/Çiftlikköy, Menderes/Merkez, Ezine/Kemallı, Menemen/Değirmendere, Lapseki/Merkez, Menemen/İnönü, İznik/Boyalıca, Bayındır/Karaveliler, Yenişehir/Kavaklı ve duyarlı popülasyonların asetilkolinesteraz (AChE) aktiviteleri; 71,882, 63,266, 51,203, 37,987, 32,172, 26,960, 22,123, 18,877, 16,583, 11,800, 9,827, 4,967 ve 1,195 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.12'de varyans analizi ile tüm popülasyonlarının AChE enzim aktiviteleri arasındaki önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,01$). En yüksek AChE enzim aktivitesi değeri Menderes/Altıntepe, Akhisar/ Selçikli ve Orhangazi/Fatih popülasyonlarında, en düşük AChE enzim aktivitesi Bayındır/Karaveliler ve Yenişehir/Kavaklı popülasyonlarında gözlenmiştir. Duyarlı popülasyonun AChE aktiviteleri de önemli düzeyde düşük bulunmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. *Frankliniella occidentalis* Ege ve Marmara Bölgesi popülasyonlarının ortalama AChE aktiviteleri ve standart hatalarını gösteren grafik

Çizelge 4.12. *Frankliniella occidentalis*'in Ege ve Marmara Bölgesindeki popülasyonlarına uygulanan biyokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen AChE aktiviteleri

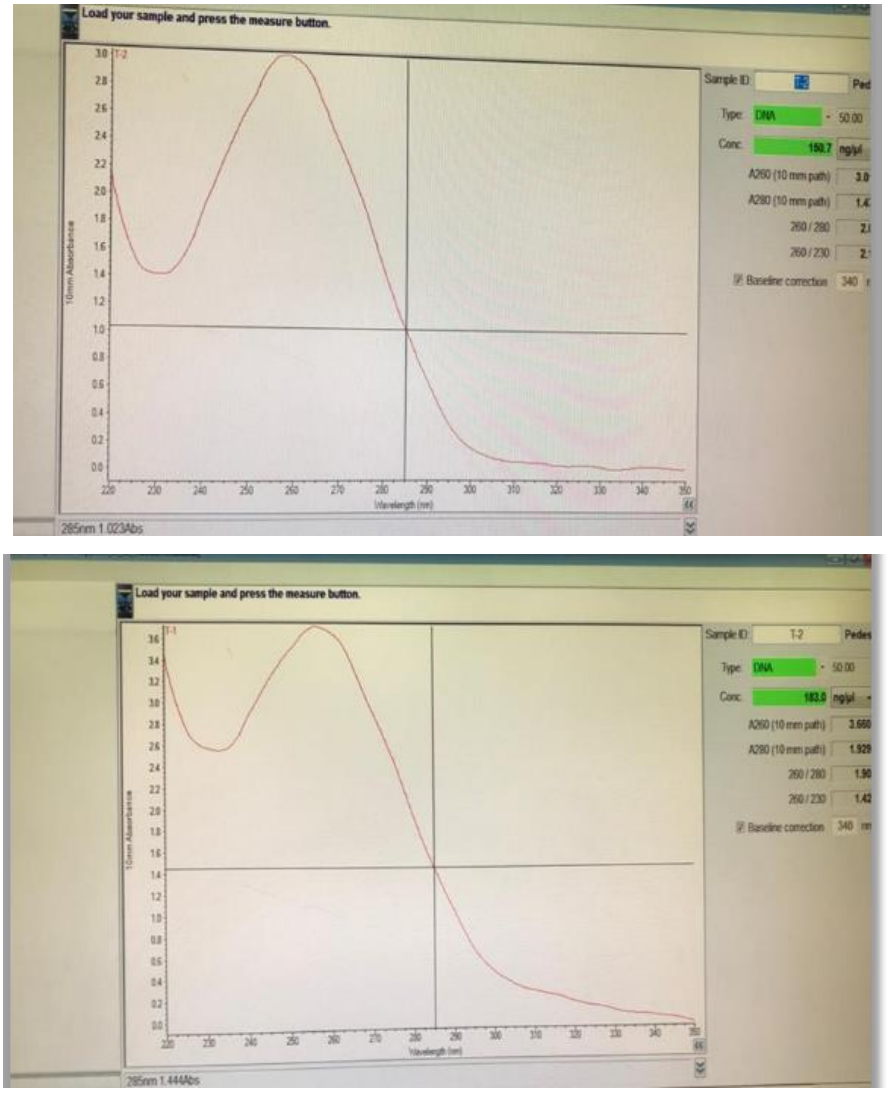
	Popülasyonlar	**Spesifik Aktivite mol/dakika/ mg/trips**	**Std. hata**	**Oran****	**Min.**	**Max.**	***F***	***P*****
AChE Enzim Aktivitesi	Altıntepe	71,882 a	0,222	60,152	71,642	72,081	4308,83	0,001
	Selçikli	63,266 b	1,194	52,942	62,164	64,535		
	Orhangazi	51,203 c	0,300	42,847	50,870	51,450		
	Yalova	37,987 d	0,347	31,788	37,620	38,310		
	Menderes	32,172 e	0,463	26,922	31,750	32,668		
	Ezine Kemallı	26,960 f	0,648	22,560	26,250	27,520		
	Değirmendere	22,123 g	0,306	18,512	21,830	22,440		
	Lapseki	18,877 h	0,616	15,796	18,280	19,510		
	İnönü	16,583 i	0,658	13,876	16,090	17,330		
	İznik Boyalıca	11,800 j	1,045	9,874	10,850	12,920		
	Bayındır	9,827 k	0,232	8,223	9,650	10,090		
	Yenişehir	4,967 l	0,225	4,156	4,720	5,160		
	Duyarlı	1,195 m	0,184	-	1,040	1,400		

*Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre aynı sütundaki farklı küçük harfler %5 düzeyde istatistiki anlamda farklılıkları göstermektedir.
** = Ortalama aktivite (Arazi popülasyonu) / Ortalama aktivite (Duyarlı popülasyon)

4.3. Moleküler Analiz Sonuçları

4.3.1. Genomik DNA izolasyonu

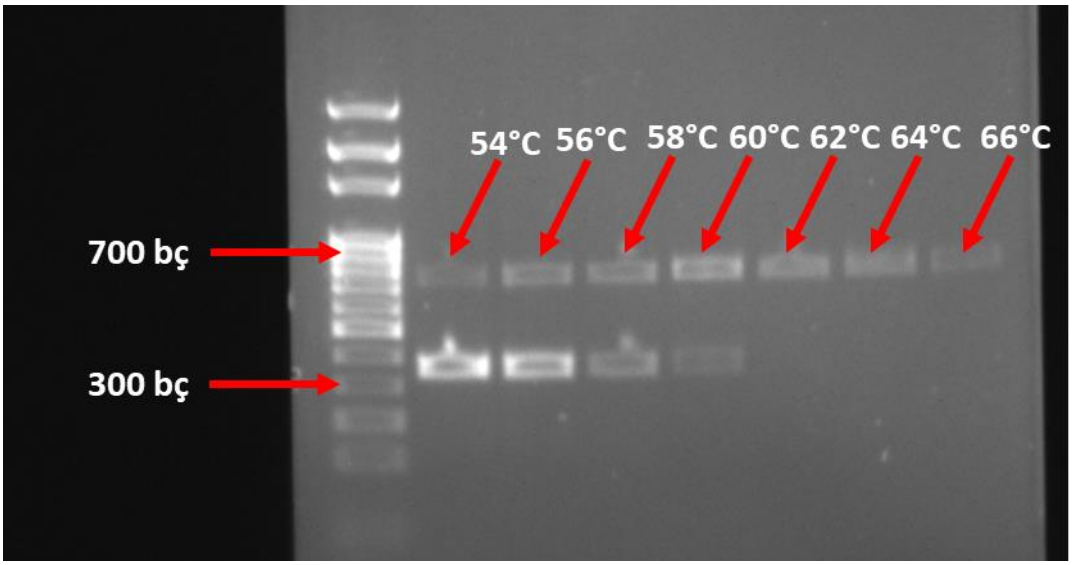
Frankliniella occidentalis popülasyonlarının genomik DNA izolasyonu sonucunda elde edilen DNA örneklerinin nitelik ve nicelikleri değerlendirilmiştir. Nanodrop ölçüm sonuçlarına göre tüm popülasyonlarda yeterli düzeyde DNA izolasyonu yapılmıştır (Şekil 4.10). Bu nedenle elde edilen sonuçlara göre DNA örnekleri PCR çalışmaları için uygun bulunmuştur.



Şekil 4.10. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının nanodrop spektrofotometri ile ölçüm sonuçları

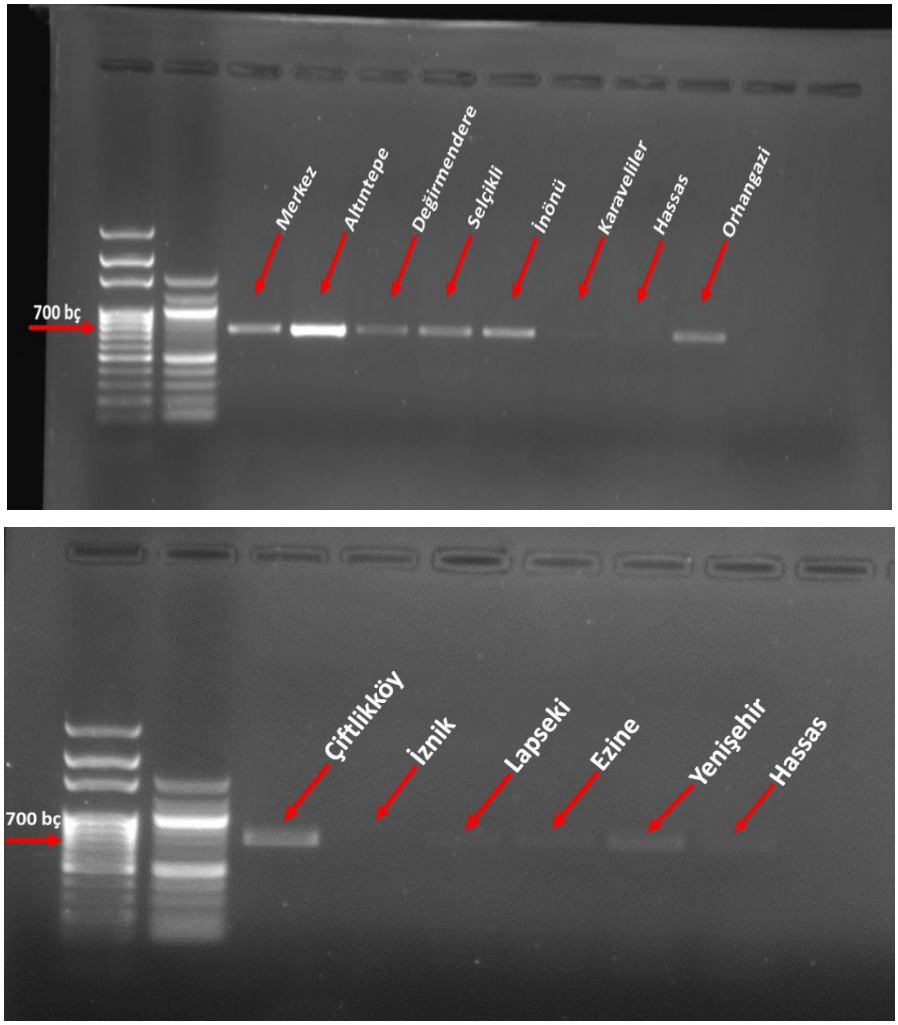
4.3.2. Sodyum Kanalı Hedef Gen Bölgesinin Çoğaltılması

Piretroit direncinin moleküler karakterizasyonunda sodyum kanalında yer alan M918T, L925I, T929I, T929V ve L1014F mutasyonlarını içeren 720 bp'lik alan Çizelge 3.2'de belirtilen primerler kullanılarak çoğaltılmıştır. PCR protokolünün optimizasyonu için Selçikli popülasyonun gDNA örnekleri kullanılarak farklı sıcaklıklarda Gradient PCR denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hedef dışı primer bağlanmanın görülmediği 64°C PCR işleminde primer bağlanma sıcaklığı olarak seçilmiştir (Şekil 4.11).



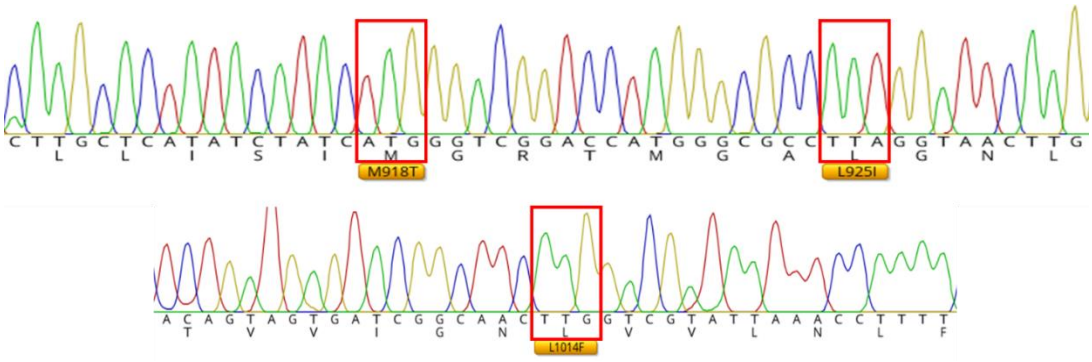
Şekil 4.11. Piretroit direnci için gradient PCR ürünlerinin görüntüleri

Ardından arazi popülasyonlarından izole edilen gDNA örneklerindeki sodyum kanalı hedef bölgesi Çizelge 3.3'de belirtilen parametreler kullanılarak PCR ile çoğaltılmıştır. PCR'da hedeflenen gen bölgesinin doğru bir şekilde çoğaltıldığı ve sekans için uygunluğu jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.12). Elde edilen sekans sonuçları Geneious Prime programı kullanılarak Muscle Aligment ile hizalanmış ve Forcioli ve diğerlerinin (2002) sekans dizisi ile karşılaştırılmıştır.

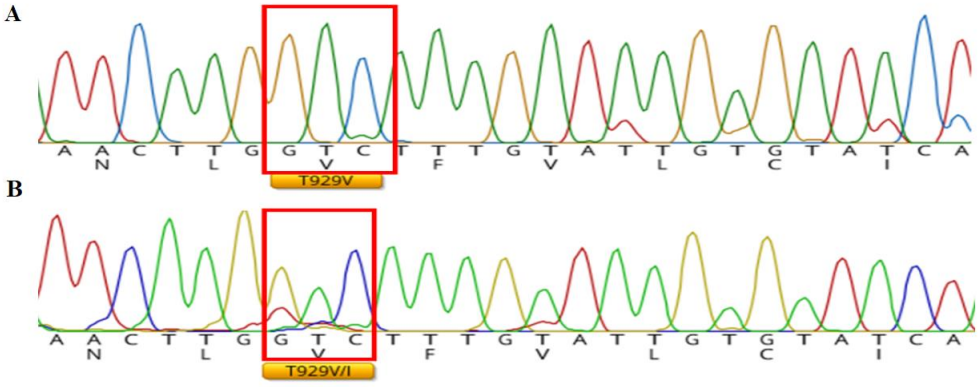


Şekil 4.12 *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının piretroit direnci için PCR sonrası jel görüntüsü

*Frankliniella occidentalis'*in toplanan bütün popülasyonlarında sodyum kanalında piretroit direnci ile ilişkilendirilmiş L1014F, M918T\L ve L932F mutasyonları bulunmamaktadır (Şekil 4.13). T929V mutasyonu ise bütün popülasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 4.14-A). Sadece İzmir-Altıntepe popülasyonunda T929V ve T929I mutasyonları kombine halde tespit edilmiştir (Şekil 4.14-B).



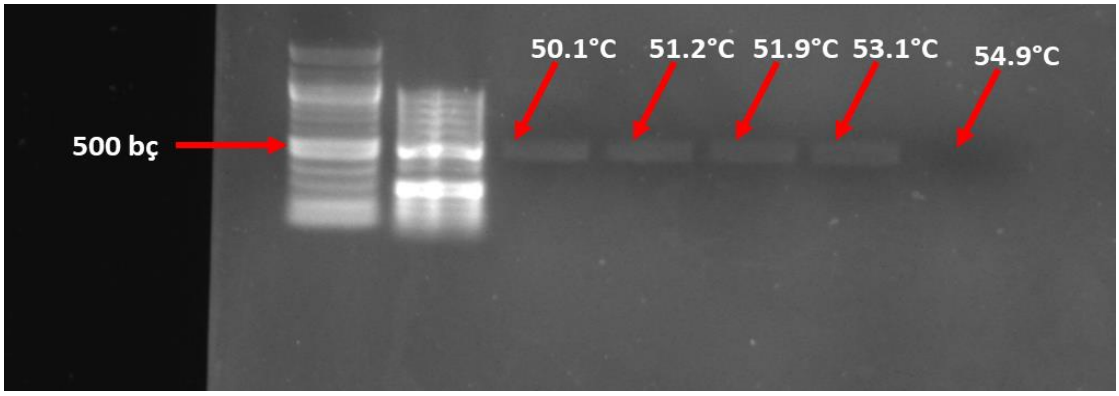
Şekil 4.13. *Franklinella occidentalis*'in sodyum kanalında yer alan piretroit direnç mutasyonlarının (M918T, L925I, L1014F) kromatografik görüntüsü.



Şekil 4.14. *Franklinella occidentalis*'in sodyum kanalında yer alan piretroit direnç mutasyonunun (T929V/I) kromatografik görüntüsü. A) Valin aminoasidi kodlayan GTC kodonu, B) Valin ve Izolösin aminoasitlerini kodlayan GTC ve ATC kodonları.

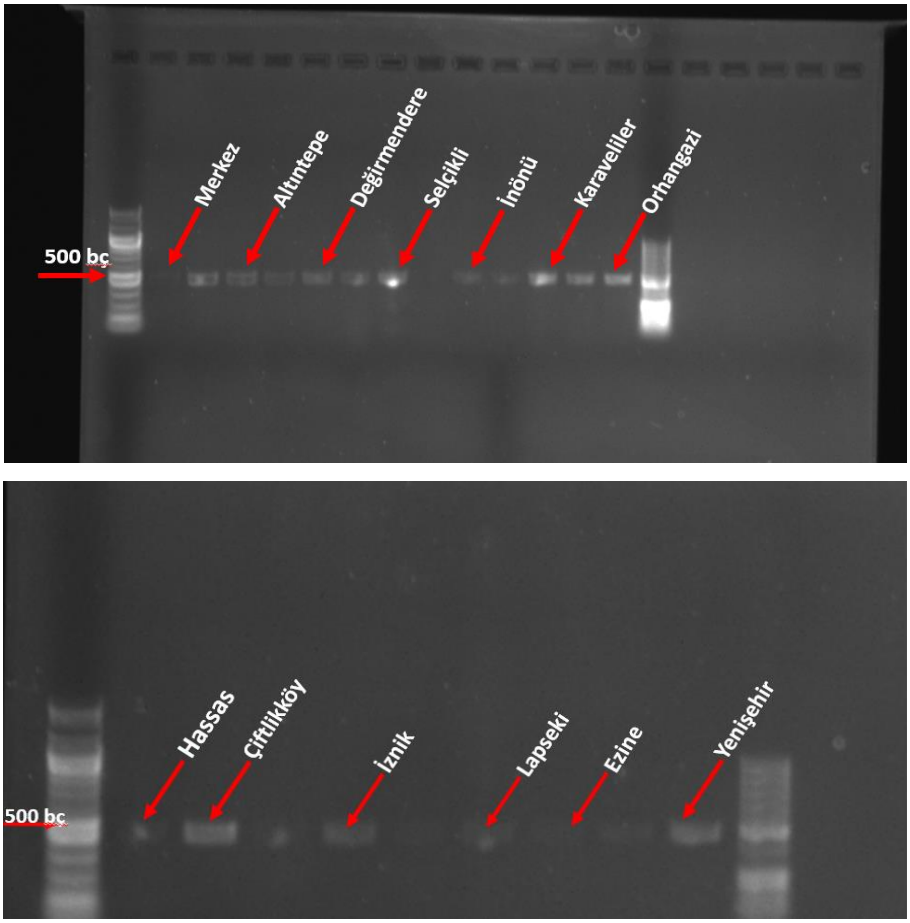
4.3.3. Foα6 Hedef Gen Bölgesinin Çoğaltılması

Spinosad direncinin moleküler karakterizasyonunda nikotinik asetilkolinesteraz α6 alt ünitesinde (Foα6) yer alan G275E mutasyonunu içeren 470 bp'lik alan Çizelge 3.5'te belirtilen primerler kullanılarak çoğaltılmıştır. PCR protokolünün optimizasyonu için Lapseki popülasyonun gDNA örnekleri kullanılarak farklı sıcaklıklarda Gradient PCR denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 52°C PCR işlemi primer bağlanma sıcaklığı olarak seçilmiştir (Şekil 4.15).

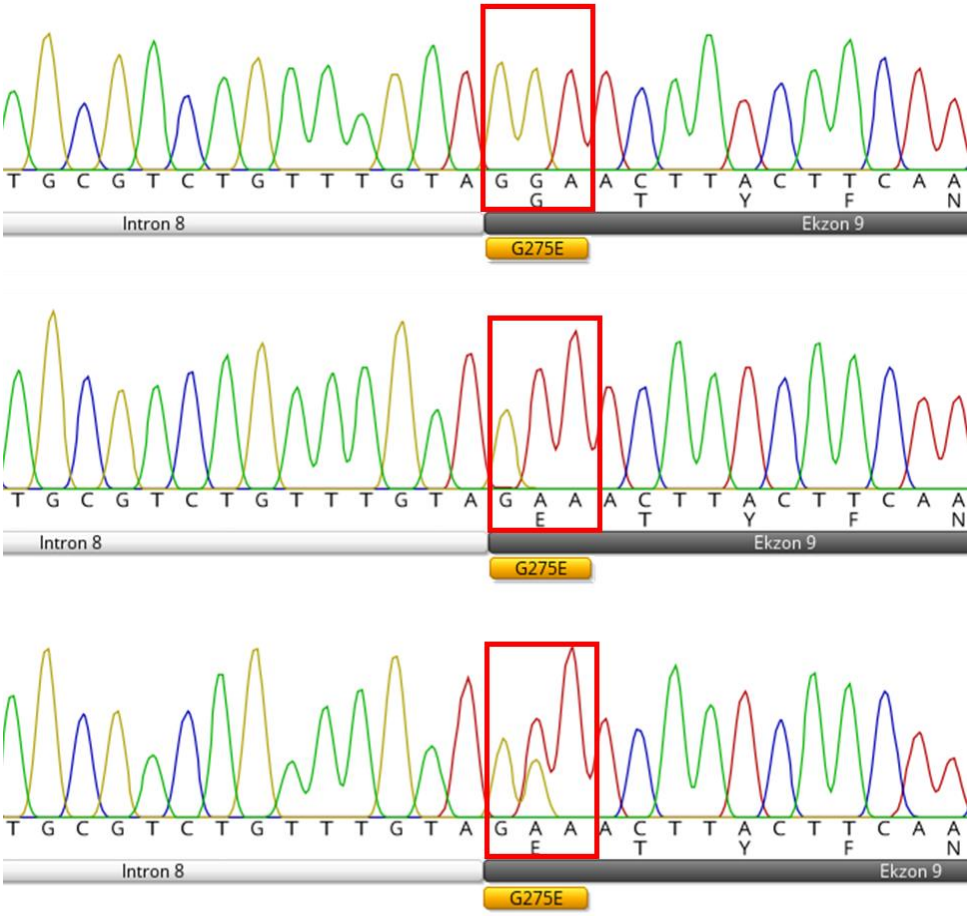


Şekil 4.15. Spinosad direnci için gradient PCR ürünlerinin görüntüleri

Ardından arazi popülasyonlarından izole edilen gDNA örneklerindeki Foα6 genindeki Çizelge 3.3'te belirtilen parametreler kullanılarak PCR ile çoğaltılmıştır. PCR'da hedeflenen gen bölgesinin doğru bir şekilde çoğaltıldığı ve sekans için uygunluğu jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir (Şekil 4.16). Elde edilen sekans sonuçları Geneious Prime programı kullanılarak Muscle Aligment ile hizalanmış ve Chen ve diğerlerinin (2021) sekans dizisi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.16 *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının spinosad direnci için PCR sonrası jel görüntüsü



Şekil 4.17. G275E mutasyonunun belirlemek için PCR ürünlerinin sekans kromatogramları

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının hepsinde G275E mutasyonu tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Piretroit ve spinosad direncinden sorumlu mutasyonların popülasyonlardaki durumu Çizelge 4.14'de özetlenmiş, bu mutasyon noktalarının lokasyonları da Türkiye haritası üzerinde görsellenmiştir (Şekil 4.18).

Sonuç olarak tüm arazi popülasyonlarında T929V gen bölgesinde mutasyon belirlenmiştir. Sadece Altıntepe popülasyonunda T929V ve T929I'nin kombinasyonu şeklinde bulunmuştur. Diğer taraftan, yine tüm arazi popülasyonlarında spinosad direncine neden olan G275E gen bölgesinde mutasyon belirlenmiştir.

Şekil 4.18. Direnç çalışmaları için örneklenen *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında tespit edilen T929V, T929V/I ve G275E mutasyonlarının lokasyonları

Çizelge 4.13. Piretroit ve Spinosad direncinden sorumlu mutasyonların tüm popülasyonlardaki tespit durumu

	Piretroit direnci				**Spinosad direnci**	**Toplanan Ürün**
Mutasyon / Popülasyon	M918T	L925I	T929V	L1014F	G275E	
Duyarlı	-	-	-	-	-	-
Merkez	-	-	+	-	+	Hıyar
Değirmendere	-	-	+	-	+	Biber
Altıntepe	-	-	+*	-	+	Biber
Selçikli	-	-	+	-	+	Hıyar
İnönü	-	-	+	-	+	Hıyar
Karaveliler	-	-	+	-	+	Biber
Orhangazi	-	-	+	-	+	Biber
Yenişehir	-	-	+	-	+	Hıyar
İznik	-	-	+	-	+	Hıyar
Çiftlikköy	-	-	+	-	+	Hıyar
Lapseki	-	-	+	-	+	Hıyar
Ezine	-	-	+	-	+	Biber

* İlgili popülasyonda T929V/I kombine halde bulunmuştur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez kapsamında Ege ve Marmara Bölgelerinde İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale illerinin bazı ilçelerindeki örtüaltı sebze alanlarından toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarının spinosad, spinetoram, acrinathrin ve formetanate hydrochloride etken maddelerine karşı duyarlılık durumları araştırılmıştır. Spinosad, spinetoram, acrinathrin ve formetanate hydrochloride ayırt edici dozlarında 24 popülasyondan 12 tanesinde %80'in altında ölüm gözlenmiştir. Duyarlılık kayıp seviyelerinin belirlenmesi amacıyla popülasyonların her bir aktif madde için LC_{50} değerleri hesaplanmıştır. Spinosada karşı duyarlılık kaybı gösteren popülasyonlardan 9 tanesinin LC_{50} değeri duyarlı popülasyona kıyasla 8'den 27 kata kadar anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Diğer 3 popülasyon, Selçikli, Altıntepe ve Bursa Orhangazi'de ise 33'ten 47 kata kadar değişen direnç oranları ile duyarlı popülasyona kıyasla en dirençli grupta yer almışlardır. Bu tez çalışmasının sonuçlarına benzer olarak Dong-Gang ve diğerleri (2016), Çin'de sebzelerden topladıkları 2 adet *F. occidentalis* popülasyonunda spinosada karşı ortalama 17 ve 89 kat direnç belirlemişlerdir. Bu direnç oranı orta ve yüksek seviye olarak sınıflandırılmıştır. Yine ülkemizde yapılan benzer bir çalışmada Antalya'nın Kumluca ilçesinde biber serasından toplanan bir *F. occidentalis* popülasyonunda spinosad aktif maddesine karşı 225 kat direnç geliştiğini bildirilmiştir (Dağlı, 2018). Çalışmada spinosad direncinin Antalya-2015 popülasyonunda kalıcı olduğu vurgulanmıştır. Aynı ilde yapılan güncel bir çalışmada, örtüaltı sebze üretim alanlarından topladıkları 8 adet *F. occidentalis* popülasyonunda spinosada karşı 19-312 kat arasında duyarlılık kaybı olduğu gösterilmiştir (Kamış ve Dağlı, 2022). Ayrıca çalışma sonuçlarına göre, popülasyonların tamamının LC_{90} değerlerinin spinosad etken maddesinin 96 ppm olan tavsiye dozunun üzerinde kaldığı gözlemlenmiştir (BKU, 2023). Bu bağlamda, bu tez çalışması Akdeniz Bölgesindeki seralarda görüldüğü gibi Ege ve Marmara Bölgesinde de yüksek spinosad direncine sahip popülasyonlar olduğunu ortaya koymuştur.

Spinetorama karşı duyarlılık kaybı gösteren popülasyonlardan 9 tanesinin LC_{50} değeri duyarlı popülasyona kıyasla 8'den 25 kata kadar anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Diğer 3 popülasyon, Selçikli, Altıntepe ve Orhangazi ise 30'den 42 kata değişen direnç oranları ile duyarlı popülasyona kıyasla en dirençli grupta yer almışlardır. Çalışmamız ile uyumlu olarak, Antalya seralarından toplanan 8 adet *F. occidentalis* popülasyonununda

spinetoram için 5-170 kat arasında direnç bildirilmiştir (Kamış ve Dağlı, 2022). Yapılan başka bir çalışmada Zhang ve diğerleri (2022), Pekin, Changping'den topladıkları bir *F. occidentalis* popülasyonunda spinetoram aktif maddesine karşı 17 kat direnç geliştiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamıza benzer olarak Langfield ve diğerleri (2019), Avustralya'dan topladıkları *F. occidentalis* örneklerinde spinetoram aktif maddesine karşı 5'den 56 kata kadar değişen direnç oranı olduğunu aktarmışlardır. Kuzey Carolina'da yapılan bir başka araştırma sonuçlarına göre Bilbo ve diğerleri (2023), Piedmont'tan topladıkları popülasyonlar arasındaki en yüksek dirençli popülasyonun (Rowan County) spinetorama karşı 1487 kat direnç oranına sahip olduğunu saptamışlardır. Buna ilaveten, biyoassay çalışmaları sonucunda popülasyonların tamamının LC_{90} değerlerinin spinetoram etken maddesinin 60 ppm olan tavsiye dozunun önemli seviyede üstünde kaldığı görülmüştür (BKU, 2023). Bundan dolayı Ege ve Marmara Bölgesindeki örtüaltı sebze alanlarında spinetoram ile yapılan *F. occidentalis* mücadelesindeki başarısızlığın duyarlılık kaybı kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda acrinathrin etken maddesine en yüksek seviye duyarlılık kaybını 74 kat ile Altıntepe (İzmir/Menderes) popülasyonu göstermiştir. Yenişehir (Bursa) ve Lapseki (Çanakkale) popülasyonları ise 13 ve 16 kat ile en düşük seviyede duyarlılık kaybına sahiptir. Yenişehir ve Lapseki hariç popülasyonların tamamının LC_{90} değerlerinin acrinathrin etken maddesinin 71 ppm olan tavsiye dozunun üzerinde olduğu belirlenmiştir (BKU, 2023). Avustralya'da 2008 yılında biber, domates, çilek ve marul yetiştirme alanlarından toplanan 4 adet *F. occidentalis* popülasyonun tamamında acrinathrine karşı LC_{50} değerleri 1 ppm'in altında kalmıştır (Thalavaisundaram vd., 2008). Toure (2019), Antalya il ve ilçelerindeki hıyar ve biber seralarından topladığı *F. occidentalis* örneklerinde acrinathrin aktif maddesine karşı 378 ila 936 kata varan oranlarda direnç bulmuştur. Bu tez çalışmasında Toure (2019)'e kıyasla *F. occidentalis* popülasyonlarının direnç oranları daha düşük seviyede tespit edilmiştir. İlaçlama sıklığı ile ilaçlama yoğunluğu, aynı gruptan insektisitlerin tekrar kullanımı ve iklim şartları gibi nedenler böceklerin direnç gelişimini etkileyebilmektedir (Fan vd., 2023). Bu durum tez çalışmasını yaptığımız il ve ilçelerdeki örtüaltı sebze üretim alanlarında, Antalya iline kıyasla daha az yoğun ve seyrek aralıklarla ilaçlama yapıldığını düşündürmektedir.

Formetanate hydrochloride etken maddesine karşı duyarlılık kaybı gösteren popülasyonlardan 9 tanesinin LC_{50} değeri duyarlı popülasyona kıyasla 8'den 26 kata kadar anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Diğer 3 popülasyon, Selçikli, Altıntepe ve Orhangazi ise 34'ten 50 kata kadar değişen direnç oranları ile duyarlı popülasyona kıyasla en dirençli grupta bulunmaktadırlar. Çalışmamız ile uyumu bir şekilde, Bielza ve diğerleri (2007a,b), İspanya'da şeftalilerden topladıkları *F. occidentalis* popülasyonları arasından en dirençli olanda 14 kata varan direnç oranı bulunduğunu bildirmişlerdir. Murcia'da yapılan diğer bir çalışmada da Contreras ve diğerleri (2008), şeftali bahçelerinden alınan popülasyonlarda bu aktif maddeye karşı 17 ila 32 kat arasında duyarlılık artışı olduğunu vurgulamışlardır. Kırışık ve Kahraman (2023), Antalya'da karanfil alanlarından topladıkları 5 popülasyonda formetanate hydrochloride toksisitesini araştırmışlar ve 60-80 ppm aralığında LC_{50} değerlerini tespit etmişlerdir. Ancak bizim çalışmamızda, popülasyonların tamamının LC_{90} değerlerinin formetanate hydrochloride etken maddesinin 625 ppm olan tavsiye dozunun önemli seviyede altında kaldığı görülmüştür (BKU, 2023).

Böceklerde detoksifiye edici enzim aktivitelerinin artması insektisitlere karşı direnç gelişiminde etkili bir faktördür. Böceklerin detoksifikasyon yeteneği, detoksifiye edici enzimlerin insektisitlere verdiği yanıta bağlıdır. CarE, GST, AChE ve CYP450 enzimleri zararlılarda bulunan önemli fizyolojik detoksifikasyon enzimleridir ve metabolik dirence neden olmaktadırlar. Bu tez çalışmasında biyoassay ve biyokimyasal çalışmalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, LC_{50} değerleri ve direnç oranı yüksek olan popülasyonların enzim aktivitelerinin de yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tüm popülasyonlar arasında en dirençli popülasyon olan Menderes/Altıntepe'de CarE (17 kat), GST (39 kat), AChE (60 kat) ve CYP450 (11 kat) enzim aktivitesi değerleri en yüksek olarak tespit edilmiştir. Buna benzer olarak Fan ve diğerleri (2023), araştırmalarında 3 adet *F. occidentalis* popülasyonu arasında en dirençli buldukları FA popülasyonunun enzim aktivitesi değerlerinin CarE (25 kat), GST (5 kat), AChE (2 kat) ve CYP450 (2 kat) değerlerinin diğer popülasyonlara oranla daha yüksek seviyede olduğunu bildirmişlerdir. Aynı türlerin dirençli ve duyarlı popülasyonlarının enzim aktiviteleri kıyaslandığında dirençli popülasyonlarda enzim aktivitesinin yüksek seviyede bulunduğuna birçok çalışmada da dikkat çekilmiştir (Bass ve Field, 2011).

Çalışmamızda yer alan popülasyonların CarE enzim aktiviteleri duyarlı popülasyona kıyasla anlamlı seviyede 4-17 kat arasında artış göstermiştir. Benzer çalışmalar incelendiğinde Maymo ve diğerleri (2002), İspanya'daki açık alanlardan topladıkları *F. occidentalis* popülasyonlarının metabolik enzim aktivitelerini araştırmışlar ve popülasyonlarda esteraz enzim aktivite oranlarını 5-8 arasında tespit etmişlerdir. Artan CarE enzim aktivitesinin organik fosforlu, karbamatlı ve piretroit grubu insektisitlere karşı dirençte önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde daha güncel bir çalışmada Gholami ve diğerleri (2020), örtüaltı sebze alanlarından topladıkları *F. occidentalis* popülasyonlarında biyokimyasal araştırmaları da CarE enzim aktivite oranını 1-7 aralığında bulduklarını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı GST aktivitelerine sahip oldukları anlaşılmıştır. Popülasyonlardan elde edilen GST enzim aktivite oranları 4-33 aralığında, AChE enzim aktiviteleri ise 5 ila 71 aralığında hesaplanmıştır. Detoksifikasyon enzimlerinin insektisit direncindeki rolünü belirlemek amacıyla Fan vd. (2023), *F. occidentalis'*in 3 ayrı popülasyonunda CarE, GST, AChE ve CYP450 aktivitelerini ölçmek için biyokimyasal çalışmalar yapmışlardır. Bizim çalışmamıza paralel olarak araştırmada GST enzim aktiviteleri 10-55 aralığında görülürken, AChE enzim aktiviteleri ise çalışmamızdan farklılık göstererek yaklaşık 90'dan 200'e değişen oranda bulunmuştur.

Çalışmamızda *F. occidentalis* popülasyonlarından elde edilen CYP-450 enzim aktivite oranları 3-11 aralığında bulunmuştur. 2005 yılında İspanya Murcia'da farklı ürünlerden toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarında formetanate hydrochloride ve acrinathrin seleksiyonu uygulanmıştır (Espinosa vd., 2005). Araştırmacılar, gelişen direncin ana mekanizması olarak CYP-450 aktivitesini belirtmişlerdir. Chen ve diğerleri (2011), *F. occidentalis* popülasyonlarının enzimatik reaksiyonlarını araştırmışlar ve CYP-450 enzim aktivite değerlerinin 1-6 kat arasında artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Enzim aktivitesi temelli direnç mekanizmalarında, insektisitin detoksifikasyonunda rol oynayan enzim seviyelerinin artışı gözlenmektedir. Detoksifikasyon enzimlerinin ifadelerinde artış ise bu enzimleri kodlayan genlerin ekspresyonlarının artması ya da

genin yapısında mutasyon gibi değişikliklerden dolayı olabilmektedir. *Frankliniella occidentalis*'e karşı direnç gelişmesinde rol oynayan detoksifikasyon enzimlerini kodlayan bu genlerin tespitinin ardından ilgili genlerin karakterize edilmesi için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

İnsektisit direnç mekanizmalarının belirlenmesinde biyokimyasal çalışmalara ek olarak moleküler çalışmaların da yapılmasının gerekliliğinden önceki çalışmalarda bahsedilmiştir (Devonshire vd., 1998). Mocchetti ve diğerleri (2023), gerçekleştirdiği ekonomik zararına rağmen *F. occidentalis*'te direncin moleküler mekanizmalarının yeterince araştırılmadığını vurgulamışlardır. Direncin moleküler mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve insektisit direncini izlemek için mutasyonların belirlenmesinin önemine değinmişlerdir.

Çalışmamızda *F. occidentalis*'in toplanan arazi popülasyonlarında piretroit direnç mekanizmasının belirlenmesine yönelik dirençten sorumlu olduğu bilinen mutasyonlar taranmıştır. Elde edilen sonuçlara göre L1014F, M918T\L ve L932F mutasyonları tespit edilememiştir, buna karşın bütün popülasyonlarda yine piretroit direnci ile ilişkilendirilmiş T929V mutasyonu belirlenmiştir. Menderes-Altıntepe popülasyonunda ise T929V ve T929I mutasyonları kombine halde tespit edilmiştir. Toda ve Morishita (2009)'ya göre, M918T, T929I mutasyonları *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae)'de orta derecede dirençli popülasyonlarda görülürken, 2014 yılında hem L1014F hem de T929I/V mutasyonları piretroite dirençli bir *Scirtothrips dorsalis* Hood. (Thysanoptera: Thripidae) popülasyonu ile Girit'ten toplanan birkaç yüksek derecede dirençli *F. occidentalis* popülasyonunda tanımlanmıştır (Aizawa vd., 2016; 2018; Mavridis vd., 2023).

Spinosyn grubu insektisitler bilindiği üzere zararlının sinir sistemindeki nikotinik asetilkolin reseptörlerini (nAChR) hedef almaktadır. nAChR α6 alt birimi (Foα6), *F. occidentalis*'in mücadelesinde yaygın olarak kullanılan spinosad ve spinetoram bileşik karışımlarını içeren spinosynlerin hedefidir. Direnç mekanizmalarının araştırılması ile spinosyn grubu insektisitlerin kullanımı G275E mutasyonunun tanımlanmasına yol açmıştır (Puinean vd., 2013).

Çalışmamızda *F. occidentalis*'in toplam 12 adet arazi popülasyonunda spinosad ve spinetoram direncine neden olan G275E mutasyonu tespit edilmiştir. Mavridis ve diğerleri (2023), Girit'teki 9 adet *F. occidentalis* popülasyonunda da G275E mutasyonunu bulmuşlardır. Çin'de ve Avustralya'da da *F. occidentalis*'in spinosad dirençli popülasyonlarında da bu mutasyona rastlanmıştır. Çin'de 2009-2021 yıllarını kapsayan bir çalışmada *F. occidentalis* popülasyonlarında spinetoram direnci ile G275E mutasyonunu ilişkilendirilmiş ve yıllar içerisinde bu mutasyonun artan frekansına dikkat çekilmiştir (Sun vd., 2022). Benzer şekilde Chen ve diğerleri (2021), Avustralya'dan toplanan 10 adet spinosad ve spinetorama dirençli *F. occidentalis* popülasyonunda G275E mutasyonunu tespit ederek, beklenenin aksine mutasyonun geniş alanlara yayıldığını belirtmişlerdir.

Bu tez çalışması ile ilk defa Türkiye'de *F. occidentalis*'in insektisit direnci karakterizasyonu için mutasyon taramaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda piretroit direncinden sorumlu T929V, T929I mutasyonları ve spinosyn grubu insektisitlerin direncinden sorumlu G275E mutasyonları tespit edilmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale illerinde mutasyon tespit edilen lokasyonların takibinin yapılması, direncin izlenmesi açısından fayda sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışmanın dışında kalan, insektisit kullanımının yoğun olduğu diğer bölgelerde de direnç mutasyonlarının dağılımına yönelik çalışmalar ülke genelinde direncin haritalanmasına katkı sağlayacaktır.

Bu tez kapsamında Ege ve Marmara Bölgelerinde yer alan İzmir, Manisa, Bursa, Yalova ve Çanakkale illerindeki örtüaltı alanlardan toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarının farklı insektisit gruplarına karşı direnç durumlarının tespit edilmesi amaçlanmış ve toplanan popülasyonlarda yüksek seviyede direnç oranlarının bulunduğu ispatlanmıştır. Gelişen bu direnç oranları, örtüaltı yetiştiriciliği yapılan sebze alanlarında çiçek tripslerine karşı sık ve yoğun miktarlarda yapılan insektisit uygulamalarının sonucuna dayandığı anlaşılmaktadır. Kimyasal savaşımın art arda başarısızlığa uğramasıyla üreticiler uygulama dozunu ve uygulama sayısını artırmaktadırlar. Direnç gelişimi sonucunda ürün maliyeti yükselmekte, kalıntıya yol açarak insan sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca çevre kirliliğine neden olarak, faydalıların olumsuz etkilenmesini

sağlamaktadır. Bu sebeplerden ötürü dünya genelinde direnç üzerine çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Direncin erken dönemde tespit edilmesi zararlılarla mücadele çalışmalarının başarısını artırmaktadır. Yürütülen bu çalışma ile özellikle seralarda yetiştirilen sebzelerde zarar yapan *F. occidentalis*'in mücadelesinde direnç yönetim stratejilerine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir. Entegre Zararlı Yöntemlerinden kimyasal mücadele uygulanması gerekiyor ise ekonomik zarar eşiği dikkate alınarak gereksiz ilaçlamadan kaçınılması gerekmektedir. *Frankliniella occidentalis* ile beraber diğer zararlılarda da insektisit uygulamalarının popülasyonların yoğun olduğu dönemlerde yapılmasına özen gösterilmelidir. Geniş spektrumlu ilaçlar ile faydalıların aktif oldukları dönemde ilaçlama yapmaktan kaçınılmasına itina edilmelidir. Biyoteknik mücadele yöntemlerinden tuzak kullanımı yaygınlaştırılmalı ve özellikle trips erginlerini çektikleri yapılan araştırmalarla belirlenen mavi renk tuzaklar seçilmelidir.

İnsektisitlerin uygulanmasında; uygulama dozuna, uygulama aralığına, ilaçlama zamanına özellikle dikkat edilmelidir. İlaçlama aletlerinin kalibrasyonunun yapılmasının insektisit uygulamasından beklenilen faydayı artırdığı unutulmamalıdır. Bunlarla beraber direnç izleme (monitoring) çalışmalarının düzenli olarak yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.

Aizawa, M., Watanabe, T., Kumano, A., Miyatake, T. ve Sonoda, S. (2016). Cypermethrin resistance and reproductive types in onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Pesticide Science, 41* (4), 167-170.

Aizawa, M., Watanabe, T., Kumano, A., Tamagaki, K. ve Sonoda, S. (2018). Biotic performances of thelytokous and arrhenotokous strains of Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae) showing resistance to cypermethrin. *Applied Entomology and Zoology, 53* (1), 11-17.

Anonim. (2021). *Arthropod pesticide resistance database.* http://www.pesticideresistance.org/search/1/ [Erişim tarihi: 10.01.2021].

Atakan, E. (2003). *Frankliniella occidenttalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'in pamuk bitkisinde zararının araştırılması. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 27* (1), 39-49.

Atakan, E. (2011). Population densities and distributions of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and its predatory bug, *Orius niger* (Hemiptera: Anthocoridae), in strawberry. *International Journal of Agriculture & Biology, 13*, 638-644.

Baffi, M. A., Pereira, C. D., Souza, G. R. L. D., Bonetti, A. M., Ceron, C. R. ve Gourlart, L. R. (2005). Esterase profile in a pyrethroid-resistant Brazilian strain of the cattle tick *Boophilus microplus* (Acari, Ixodidae). *Genetics and Molecular Biology, 28*, 749-753.

Bass, C. ve Field, LM. (2011). Gene amplification and insecticide resistance. *Pest Management Science, 67* (8), 886-890.

Bielza, P. (2008). Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science Pest Management Science*, *64*, 1131-1138.

Bielza, P., Espinosa P. J., Quinto V., Abell´an J. ve Contreras J. (2007a). Synergism studies with binary mixtures of pyrethroid, carbamate and organophosphate insecticides on *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science Pest Management Science, 63*, 84 – 89.

Bielza, P., Quinto, V., Contreras, J., Torne, M., Martin, A. ve Espinosa, P. J. (2007b). Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest Management Science, 63* (7), 682-687.

Bilbo, T. R., Kennedy, G. G., ve Walgenbach, J. F. (2023). Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) field resistance to spinetoram in North Carolina. *Crop Protection, 165*, 106168.

Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı. (2023). https://bku.tarimorman.gov.tr/Zararli/Details/962 bku.gov.tr [Erişim tarihi: 10.01.2021].

Broadbent, A. B. ve Pree, D. J. (1997). Resistance to insecticides in populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) from greenhouses in the Niagara Region of Ontario. *Canadian Entomology*, *129*, 907-913.

Brodsgaard, H. F. (1994). Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue-on-glass test. *Journal of Economic Entomology, 87* (5), 1141-1146.

Chen, Z., Newcomb, R., Forbes, E., McKenzie, J. ve Batterham, P. (2001). The Acetylcholinesterase gene and organophosphorus resistance in the australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology, 31*, 805.

Chen, X., Yuan, L., Du, Y., Zhang, Y. ve Wang, J. (2011). Cross-resistance and biochemical mechanisms of abamectin resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis. Pesticide Biochemistry and Physiology, 101*, 34–38.

Chen, Y., Nguyen, D. T., Gupta, R. ve Herron, G. A. (2021). Mutation (G275E) of nAChR subunit Foα6 associated with spinetoram resistance in Australian western fower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Molecular Biology Reports, 48*, 3155–3163.

Cloyd, R. A. ve Sadof, C. S. (1998). Flower quality, flower number, and western flower thrips density on Transvaal daisy treated with granular insecticides. *HortTechnology, 8* (4), 567-570.

Contreras, J., Espinosa, P. J., Quinto, V., Grávalos, C., Fernández, E. ve Bielza, P. (2008). Stability of insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis* to acrinathrin, formetanate and methiocarb. *Agricultural and Forest Entomology*, *10* (3), 273-278.

Cubillos-Salamanca, Y. P., Rodríguez-Maciel, J. C., Pineda-Guillermo, S., Silva-Rojas, H. V., Berzosa, J., Tejeda-Reyes, M. A. ve Rebollar-Alviter, Á. (2020). Identification of thrips species and resistance of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) to malathion, spinosad, and bifenthrin in blackberry crops. *The Florida Entomologist, 102* (4), 738–746.

Dağlı, F. (2004). Çiçek thripsi, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'nin 5 insektisit: Abamectin, cypermetrin, endosulfan, malathion ve methomyle olan duyarlılığı üzerinde araştırmalar. (Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi). Ulusal Tez Merkezi.

Dağlı, F. ve Tunç, I. (2006). *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) üzerinde farklı gruplardan insektisitlerle yaprak kalıntı testleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19* (1), 9.

Dağlı, F. ve Tunç, I. (2008). Insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis*: Corroboration of laboratory assays with field data and cross-resistance in a cypermethrin-resistant strain. *Phytoparasitica, 36*, 352-359.

Dağlı, F. (2018). Spinosad resistance in a population of *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) from Antalya and its cross resistance to acrinathrin and formetanate. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 42* (4), 241-251.

Daughtrey, M. L., Jones, R. K., Moyer, J. W., Daub, M. E. ve Baker, J. R. (1997). Tospoviruses strike the greenhouse ındustry: INSV has become a major pathogen on flower crops. *Plant Disease, 81*, 1220-1230.

De Sousa, G., Cuany, A., Brun, A., Amichot, M., Rahmani, R. ve Berge, J. B. (1995). A microfluorometric method for measuring ethoxycoumarin-O-deethylase activity on individual *Drosophila melanogaster* abdomens: interest for screening resistance in insect populations. *Anal Biochemical, 229*, 86–91.

Demiröz, D. (2015). Böcekler neden direnç kazanıyor? *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3* (2), 91-98.

Devonshire, A. L., Field, L. M., Foster, S. P., Moores, G. D., Williamson, M. S. ve Blackman, R. L. (1998). The evolution of insecticide resistance in the peach–potato aphid, *Myzus persicae*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 353* (1376), 1677-1684.

Doğanlar, M. ve Aydin, S. (2009). A new pest, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Southeastern Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Entomology, 33* (2), 153-164.

Dong-Gang, L., Xıao-Yong, S., Reıtz, S., Nauen, R., Zhong-Ren, L., Lee, S. H. ve Gao, Y. (2016). Field resistance to spinosad in western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Integrative Agriculture, 15* (12), 2803–2808.

Dripps, J. E., Boucher, R. E., Chloridis, A., Cleveland, C. B., DeAmicis, C. V., Gomez, L. E. ve Watson, G. B. (2011). The spinosyn insecticides. *Green Trends in Insect Control,* 11.

Espinosa, P. J., Bielza, P., Contreras, J. ve Lacasa, A. (2002). Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in murcia (South-East Spain). *Pest Management Science, 58* (9), 967-971.

Espinosa, P. J., Contreras, J., Quinto, V., Grávalos, C., Fernández, E. ve Bielza, P. (2005). Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science, 61* (10), 1009-1015.

Fan, R., Fan, Z., Sun, Z., Chen, Y. ve Gui, F. (2023). Insecticide susceptibility and detoxification enzyme activity of *Frankliniella occidentalis* under Three Habitat Conditions. *Insects, 14* (7), 643.

Finney, D. J. (1964). *Probit analysis* (2. baskı). Cambridge University Press, U.K. s. 318.

Forcioli, D., Frey, B. ve Frey, J. E. (2002). High nucleotide diversity in the para-like voltage-sensitive sodium channel gene sequence in the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) department of crop protection, swiss federal research station, schloss, ch-8820 Wadenswil, Switzerland. *Journal of Economic Entomology, 95* (4), 838-848.

Gao, Y., Stuart, R. R., Wanga, J., Tamez-Guerrac, P., Wanga, E., Xua, X. ve Leıa, Z. (2012a). Potential use of the fungus *Beauveria bassiana* against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* without reducing the effectiveness of its natural predator orius sauteri (Hemiptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology, 22* (7), 803-812.

Gao, Y., Lei, Z. ve Reitz, S. R. (2012b). Western flower thrips resistance to insecticides: Detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science, 68* (8), 1111-1121.

Georghiou, G. P. (1983). Management of resistance in arthropods. İçinde G.P. Georghiou ve T. Saito (Ed.), *Pest resistance to pesticides* (ss. 769–792). Plenum Press.

Georghiou, G. P. (1986). *In pesticide resistance: Strategies and tactics for management.* National Academy Press.

Gholami, Z., Talebi Jahromi, K., Hosseininaveh, V. ve Mosallanejad, H. (2020). Characteristic of resistance to dichlorvos and biochemical mechanisms in the greenhouse strains of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Crop Protection, 9* (2), 195-207.

Güncan, A., Madanlar, N., Yoldaş, Z., Ersin, F. ve Tüzel, Y. (2010). İzmir İlinde örtüaltı organik sebze üretiminde topraküstü zararlılarının durumu. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 34* (4), 503-513.

Herron, G. A. ve James, T. M. (2005). Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance. *Australian Journal of Entomology, 44* (3), 299-303.

Herron, G. A., Rophail, J. ve Gullick, G. C. (1996). Laboratory-based, insecticide efficacy studies on field-collected *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and implications for its Management in Australia. *Australian Journal of Entomology, 35*, 161-164.

Hollingworth, R. M. ve Dong, K. (2008). The biochemical and molecular genetic basis of resistance to pesticides in arthropods. İçinde M.E. Whalaon, D. Mota–Sanchez ve R.M. Hollingworth (Ed.), *Global pesticide resistance in arthropods* (ss.40–90). Cromwell, UK.

Hondelmann, P. Nyasani, J. O., Subramanian, S. ve Meyhöfer, R. (2017). Genetic structure and diversity of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in a french bean agroecosystem of Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science, 37* (2), 71-78.

Hou, W., Liu, Q., Tian, L., Wu, Q., Zhang, Y., Xie, W. ve Scott, J. G. (2014). The α6 nicotinic acetylcholine receptor subunit of *Frankliniella occidentalis* is not involved in resistance to spinosad. *Pesticide Biochemistry and Physiology, 111*, 60-67.

Immaraju, J. A., Paine, T. D., Bethke, J. A., Robb, K. L. ve Newman, J. P. (1992). Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. *Journal of Economic Entomology, 85* (1), 9-14.

Jensen, S. E. (2000b). Mechanisms associated with methiocarb resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology, 93* (2), 464-471.

Jensen, S. E. (1998). Acetylcholinesterase activity associated with methiocarb resistance in a strain of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pesticide Biochemistry and Physiology, 61* (3), 191-200.

Jensen, S. E. (2000a). Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Reviews, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 5*, 131-146.

Kamış, B. ve Dağlı, F. (2022). Widespread and high levels of resistance to spinosad and spinetoram in *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) populations of Antalya Province (Türkiye). *Turkish Journal of Entomology, 46* (4), 407-420.

Kansu, İ. A. (1994). *Genel entomoloji.* Kıvanç Basımevi.

Karadjova, O. (1998). *Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in Bulgarian greenhouse populations.* In Sixth International Symposium on Thysanoptera, 55-62.

Keskin, G. ve Çakaryıldırım, N. (2003). Örtüaltı sebze yetiştiriciliği. *TEAE-Bakış, 4* (8), 1-4.

Kılıç, T. ve Yoldaş, Z. (2012). İzmir ilinde taze soğan tarlalarında saptanan böcek türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 36* (2), 287-298.

Kırışık, M. ve Kahraman, T. (2023). Determination of ınsecticide resistance in western flower thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)] causing problems in carnation cultivation. *Horticultural Studies, 40* (3), 79-85.

Kontsedalov, S., Weintraub, P. G., Horowitz, A. R. ve Ishaaya, I. (1998). Effects of insecticides on immature and adult western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Israel. *Journal of Economic Entomology, 91* (5), 1067-1071.

Langfield, K. L., Nguyen, D., Annetts, R. ve Herron, G. A. (2019). Spinetoram resistance detected in Australian western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande)

from Queensland and Victoria. *General and Applied Entomology: The Journal of the Entomological Society of New South Wales, 47*, 13-16.

Leora Software. (1994). Polo-Pc: a user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software.

Martin, N. A. ve Workman, P. J. (1994). *Confirmation of a pesticide resistant strain of western flower thrips in New Zealand.* Proc 47th New Zealand Plant Prototection Conference, Waitangi Hotel, New Zealand, ss. 144–148.

Mavridis, K., Ilias, A., Papapostolou, K. M., Varikou, K., Michaelidou, K., Tsagkarakou, A. ve Vontas, J. (2023). Molecular diagnostics for monitoring insecticide resistance in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science, 79* (4), 1615-1622.

Maymo, A. C., Cervera, A., Sarabia, R., Martinez-Pardo, R. ve Garcera, M. D. (2002). Evaluation of metabolic detoxifying enzyme activities and insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis*, Pest. *Management Science, 58*, 928-934.

Mocchetti, A., Dermauw, W. ve Van Leeuwen, T. (2023). Incidence and molecular mechanisms of insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci* and other economically important thrips species. *Entomologia Generalis, 43* (3), 587-604.

Öncüer, C. ve Durmuşoğlu, E. (2008). *Tarımsal zararlılarla savaş yöntemleri ve ilaçları* (Genişletilmiş 6. baskı). Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları.

Puinean, A. M., Lansdell, S. J., Collins, T., Bielza, P. ve Millar, N. S. (2013). A nicotinic acetylcholine receptor transmembrane point mutation (G275E) associated with resistance to spinosad in *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Neurochemistry, 124* (5), 590-601.

Robb, K. L. ve Parella, M. P. (1995). IPM of western flower thrips. İçinde B. L. Parker, M. Skinner ve T. Lewis (Ed.), *Thrips biology and management* (ss. 365-370). Plenum Press.

Sertkaya, E., Doğanlar, O., Atakan, E. ve Doğanlar, M. (2006). First incidence of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) on cotton in Amik plain, Hatay. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2* (1), 22-24.

SPSS. (2005). SPSS 13.0 for Windows. SPSS Inc., Chicago, USA.

Sun, L. N., Shen, X. J., Cao, L. J., Chen, J. G., Ma, L. J., Wu, S. A. ve Wei, S. J. (2022). Increasing frequency of G275E mutation in the nicotinic acetylcholine receptor α6 subunit conferring spinetoram resistance in ınvading populations of western flower thrips in China. *Insects, 13* (4).

Thalavaisundaram, S., Herron, G. A., Clift, A. D. ve Rose, H. (2008). Pyrethroid resistance in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and implications for its management in Australia. *Australian Journal of Entomology, 47* (1), 64-69.

Thoeming, G., Borgemeister, C., Setamou, M. ve Poehling, H. M. (2003). Systemic effects of neem on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology, 96*, 817–825.

Toda, S. ve Morishita, M. (2009). Identification of three point mutations on the sodium channel gene in pyrethroid-resistant *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology, 102* (6), 2296-2300.

Torres-Vila, L. M., Rodríguez-Molina, M. C., Lacasa-Plasencia, A., Bielza-Lino, P. ve Rodríguez-del-Rincón, Á. (2002). Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera*

in Spain: current status and agroecological perspective. Agriculture, ecosystems and environment, 93(1-3), 55-66.

Toure, İ. (2019). Antalya'da örtü altı üretim yapılan lokasyonlardan toplanan *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) popülasyonlarının formetanate (Karbamatlı) ve Acrinathrin (Piretroit)'e karşı direnç düzeylerinin araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi). Ulusal Tez Merkezi.

Trdan, S., Bergant, K. ve Jenser, G. (2003). Monitoring of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* [Pergande], Thysanoptera) in the vicinity of greenhouses in different climatic conditions in Slovenia, Agricultura, 2, 1-6 p.

Tsagkarakou, A., Leeuwen, T. V., Khajehalit, A., Grispou, M., Williamsons, M. S., L. Tirry ve Vontas, J. (2009). Identification of pyrethroid resistance associated mutations in the para sodium channel of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Insect Molecular Biology, 18* (5), 583- 593.

Tunç, İ. ve Göçmen, H. (1995). Antalya'da bulunan iki sera zararlısı *Polyphagotar latus* (Banks) (Acarina, Tarsonemidae) ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) üzerine notlar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 19, 101-109.

TÜİK. (2022). *Türkiye istatistik kurumu bitkisel üretim istatistikleri.* https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr [Erişim tarihi: 19.10.2022].

Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H. Y., Öztekin, G. B., Engindemiz, S. ve Boyacı, H. F. (2015). *Örtüaltı yetiştiriciliğinde değişimler ve yeni arayışlar*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik kongresi, Bildiriler Kitabı-I, *12* (16), 685-709.

Ullman, D. E., Cho, J. J., Mau, R. F., Westcot, D. M. ve Custer, D. M. (1992). A midgut barrier to tomato spotted wilt virus acquisition by adult western flower thrips. *Phytopathology-New York and Baltimore Then St Paul-, 82*, 1333-1333.

Ünal, G. ve Gürkan, M. O. (2001). İnsektisitler: Kimyasal yapıları, toksikolojileri ve ekotoksikolojileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü*, 159.

Van Rijn, P. C., Mollema, C. ve Steenhuis-Broers, G. M. (1995). Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Bulletin of Entomological Research, 85* (2), 285-297.

Wang, Z. H., Gong, Y. J., Jin, G. H., Li, B. Y., Chen, J. C., Kang, Z. J. ve Wei, S. J. (2016). Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. *Pest Management Science, 72* (7), 1440-1444.

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.

Yıldırım, E. M. ve Başpınar, H. (2013). Aydın ili çilek alanlarında *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'in popülasyon dalgalanmaları. *Türkiye Entomoloji Bülteni, 3* (4), 135-138.

Yu, Q., Lu, C., Li, B., Fang, S., Zuo, W., Dai, F. ve Xiang, Z. (2008). Identification, genomic organization and expression pattern of glutathione S-transferase in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology, 38* (12), 1158-1164.

Yuan, J., Zheng, X., Wang, J., Qian, K., Feng, J., Zhang, Y. ve Wu, Q. (2023). Insecticide resistance of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in China. *Crop Protection, 172*, 106339.

Zhang, S., Kono, S., Muraı, T. ve Miyata, T. (2008). Mechanisms of resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Insect Science, 15*, 125-132.

Zhang, K., Yuan, J., Wang, J., Hua, D., Zheng, X., Tao, M. ve Wu, Q. (2022). Susceptibility levels of field populations of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) to seven insecticides in China. *Crop Protection, 153*, 105886.

Zhao, G., Liu, W. E. I., Brown, J. M. ve Knowles, C. O. (1995). Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, *88* (5), 1164-1170.

Zimmer, C. T., Garrood, W. T., Puinean, A. M., Eckel-Zimmer, M., Williamson, M. S., Davies, T. E. ve Bass, C. (2016). A CRISPR/Cas9 mediated point mutation in the alpha 6 subunit of the nicotinic acetylcholine receptor confers resistance to spinosad in *Drosophila melanogaster*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology, 73*, 62-69.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Duygu DEMİRÖZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara/ 20.11.1981
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Gaziçiftliği Lisesi -1999
Lisans : Ankara Üniversitesi - 2004
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi - 2008
Doktora : Bursa Uludağ Üniversitesi – 2024

Çalıştığı Kurum : Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü-2011-Devam

İletişim (e-posta) : demirozduygu10@gmail.com