T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

BAZI AKTİF MADDELERİN ANTALYA'DAN TOPLANAN SPINOSAD'A DİRENÇLİ BİR *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) POPÜLASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Ali Burak GÖKSAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2022

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

BAZI AKTİF MADDELERİN ANTALYA'DAN TOPLANAN SPINOSAD'A DİRENÇLİ BİR *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) POPÜLASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Ali Burak GÖKSAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI AKTİF MADDELERİN ANTALYA'DAN TOPLANAN SPINOSAD'A DİRENÇLİ BİR *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) POPÜLASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Ali Burak GÖKSAL

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Fatih DAĞLI
Doç. Dr. Özer ÇALIŞ
Doç. Dr. Mehmet KEÇECİ

ÖZET

BAZI AKTİF MADDELERİN ANTALYA'DAN TOPLANAN SPINOSAD'A DİRENÇLİ BİR *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) POPÜLASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİKLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Ali Burak GÖKSAL

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih DAĞLI

Haziran 2022; 46 sayfa

Batı çiçek thripsi *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), Türkiye'de ve Dünya'da çok sayıda tarımsal üründe başlıca zararlılardandır. Doğrudan beslenme yoluyla verdiği zararın yanı sıra TSWV gibi önemli ekonomik kayıplara yol açan virüslerin vektörü olarak da ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. *F. occidentalis* popülasyonlarının organik fosforlu, karbamatlı ve piretroit sınıftan çoğu aktif maddeye direnç geliştirmiş olması kimyasal mücadelenin başarısını bir ölçüde engellemektedir. Bununla birlikte halen yaygın olarak kullanılan spinosyn sınıftan Spinosad ve Spinetoram'a da bu türde direncin yaygın hale gelmesi mücadeleyi son derece güçleştirmektedir. Yakın zamanda yapılan araştırmalar Antalya ve ilçelerindeki sera popülasyonlarında Spinosad direncinin yaygın ve yüksek düzeylere ulaştığını göstermiştir.

Tez kapsamında, Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki ruhsatlı bitki koruma ürünlerinin ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla entomopatojen *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı, iki aktif madde içeren Acrinathrin+Abamectin ve karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride'in, *F. occidentalis*'in Duyarlı ve Dirençli popülasyonları üzerinde LC (Lethal konsantrasyon) verileri ve direnç katları belirlenmiştir. Ayrıca *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde direnç potansiyeli tespit edilmiştir.

Entomopatojen *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile LC testlerinde, ergin dişi thripsler önce mikropipet ile topikal uygulamaya maruz bırakılmıştır. Hemen ardından aynı thripsler ilaç kalıntılı yaprak diskleri üzerinde tutularak aktif maddenin kalıntı etkisi de aynı anda test edilmiştir. Çalışmada yer alan Spinosad, Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride için LC belirleme biyoesseylerinde ise thripsler yaprak daldırma metodu ile ilaç kalıntılarına maruz bırakılmıştır. Thrips üretiminde ve test edilen thripslerin muhafazası için 24±2°C sıcaklık, 16:8 saat (aydınlık: karanlık) gün uzunluğundaki ve 65±5 oransal nemdeki iklim odası kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu Duyarlı popülasyona göre yaklaşık 197-kat dirençli bulunmuştur. Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonların LC_{50} verileri sırasıyla 121.8 ve 0.6 mg (akt.md) /L'dir.

Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı için elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 4.4×10^8 ve 4.8×10^7 spor /ml'dir.

Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkına karşı 9.2-kat direnç göstermiştir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı, tavsiye dozunda ($1.6x10^8$), Duyarlı popülasyonu %67 öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonun ise %49'unu öldürmüştür. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona tabi tutulmayan (Duyarlı) ve seleksiyon yapılan *F. occidentalis* popülasyonlarında LC_{50} verileri sırasıyla 4.4 x 10^8 ve 1.9 x 10^8 spor /ml olarak bulunmuştur. Bu farklılık güven aralıklarına göre önemli olmadığı için laboratuvar seleksiyonunda önemli bir direnç artışı olmadığı kanısına varılmıştır.

Acrinathrin+Abamectin ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 4.9 ve 0.5 mg (akt.md) /L'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre Acrinathrin+Abamectin'e 9.4-kat direnç göstermiştir. Acrinathrin+Abamectin'le tavsiye dozundaki testlerde Duyarlı popülasyonun tamamını ölürken Spinosad'a-dirençli popülasyonda %81'lik bir ölüm meydana gelmiştir.

Formetanate hydrochloride ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 27.7 ve 3.8 mg (akt.md) /L'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre Formetanate hydrochloride'ye 7.4-kat direnç göstermiştir. Bu aktif madde tavsiye dozunda Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonun %88'ini öldürebilmiştir.

Araştırma bulguları, *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının tavsiye dozunda Spinosad'a-dirençli popülasyonlar üzerinde yüksek olmayan (yaklaşık %50 oranında) bir ölüm meydana getirebileceğini göstermiştir. Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride tavsiye dozlarında Spinosad'a-dirençli popülasyonlar üzerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkına göre daha yüksek bir etkiye sahip görünmektedirler. Fakat bu iki ilaçla tavsiye dozlarında yapılacak uygulamalarda (%12-19 gibi) kayda değer oranda Dirençli bir thrips popülasyonunun hayatta kalabileceği dikkate alınmalıdır. Spinosad'a-dirençli popülasyonların olduğu lokasyonlarda Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride'in sık kullanımının seleksiyon baskısına yol açarak popülasyonlarda Spinosad direncinin daha da yaygın ve yüksek düzeylere ulaşmasına önemli bir avantaj sağlayabileceği beklenmelidir. Bu bakımdan Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride'in bir direnç yönetim taktiği olarak dirençli popülasyonların olduğu yerlerde kullanımının uygun olmayacağı düşünülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Acrinathrin+Abamectin, *Beauveria bassiana*-ATCC-74040, Formetanate hydrochloride, *Frankliniella occidentalis*, Spinosad-direnci

JÜRİ: Doç. Dr. Fatih DAĞLI

Doç. Dr. Özer ÇALIŞ

Doç. Dr. Mehmet KEÇECİ

ABSTRACT

DETERMINING THE EFFICACY OF SOME ACTIVE SUBSTANCES ON A SPINOSAD-RESISTANT *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) POPULATION COLLECTED FROM ANTALYA

Ali Burak GÖKSAL

MSc Thesis in Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih DAGLI

June 2022; 46 pages

Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) is one of the main pests in many agricultural products in Turkey and in the world. In addition to the damage caused by direct feeding, it also poses a serious threat as a vector of viruses that cause significant economic losses such as TSWV. The fact that *F. occidentalis* populations have developed resistance to most active substances from organophosphorus, carbamate and pyrethroid class has prevent the success of chemical control to some extent. However, the widespread resistance to Spinosad and Spinetoram from the Spinosyn class, which is still widely used, has made the struggle extremely difficult. Recent studies have shown that Spinosad resistance has reached widespread and high levels in greenhouse populations in Antalya and its districts.

Within the scope of the thesis, the potency of registered plant protection products with different characteristics from different groups and different modes of action against the Spinosad-resistant *F. occidentalis* population was investigated. For this purpose, LC data and resistance folds for the entomopathogen *Beauveria bassiana*-strain-ATCC-74040, Acrinathrin+Abamectin including two active substance and the carbamate class Formetanate hydrochloride were determined on the Susceptible and Resistant populations of *F. occidentalis*. In addition, resistance potential of *B. bassiana*-ATCC-74040-strain on Spinosad-resistant population has been detected.

In laboratory tests with determine LC for the entomopathogen *B. bassiana*-strain-ATCC-74040, adult female thrips were first exposed to topical application with a micropipette. Immediately afterwards, the same thrips were kept on leaf discs with insecticide residues and the residual effect of the active substance was also tested. In the LC determination bioassays for Spinosad, Acrinathrin+Abamectin and Formetanate hydrochloride included in the study, thrips were exposed to insecticide residues by leaf dipping method. A climate chamber with a temperature of 24±2°C, a photoperiod of 16:8 hours (light:dark) and a relative humidity of 65±5 was used for the rearing of thrips and fort he keep of the tested thrips. The Spinosad-resistant *F. occidentalis* population used in this study was approximately 197-fold resistant to the Susceptible population. LC_{50} data for Spinosad-resistant and Susceptible populations are 121.8 and 0.6 mg (active ingredient) /L, respectively.

The LC_{50} data obtained on the Spinosad-resistant and Susceptible populations for the *B. bassiana* strain ATCC 74040 are 4.4×10^8 and 4.8×10^7 spore / ml, respectively.

The Spinosad-resistant population demonstrated 9.2-fold resistance to the *B. bassiana*-strain-ATCC-74040 relative to the Susceptible population. At the recommended dose ($1.6x10^8$), the *B. bassiana*-strain-ATCC-74040 killed 67% of the Susceptible population and 49% of the Spinosad-resistant population. The LC_{50} data were found to be 4.4×10^8 and 1.9×10^8 spore / ml in the unselected (susceptible) and selected *F. occidentalis* populations with *B. bassiana*-ATCC-74040-strain, respectively. Since this difference was not significant according to the confidence intervals, it was concluded that there was no significant increase in resistance in laboratory selection.

LC_{50} data obtained with Acrinathrin+Abamectin on Spinosad-resistant and Susceptible populations are 4.9 and 0.5 mg (active ingredient) /L, respectively. The Spinosad-resistant population showed 9.4-fold resistance to Acrinathrin+Abamectin compared to the Susceptible population. Tests with the recommended dose, the entire Susceptible population died, while an 81% death occurred in the Spinosad-resistant population.

LC_{50} data obtained with Formetanate hydrochloride on Spinosad-resistant and Susceptible populations are 27.7 and 3.8 mg (active ingredient) /L, respectively. The Spinosad-resistant population showed 7.4-fold resistance to Formetanate hydrochloride relative to the Susceptible population. At the recommended dose, this active ingredient was able to kill 88% of the Spinosad-resistant population while killing the entire Susceptible population.

Research findings indicated that the *B. bassiana*-strain-ATCC-74040 can cause a non-high (approximately 50%) mortality in Spinosad-resistant populations at the recommended dose. Acrinathrin+Abamectin and Formetanate hydrochloride appear to have a greater effect on Spinosad-resistant populations than the *B. bassiana*-ATCC-74040-strain at recommended doses. However, it should be taken into account that a remarkable rate of resistant thrips population can survive in applications with these two insecticides at recommended doses (12-19%). It should be expected that frequent use of Acrinathrin+Abamectin and Formetanate hydrochloride in locations with Spinosad-resistant populations may lead to selection pressure, leading to even more widespread and higher levels of Spinosad resistance in populations. In this respect, it was thought that Acrinathrin+Abamectin and Formetanate hydrochloride would not be appropriate as a resistance management tactic in areas with resistant populations.

KEYWORDS: Acrinathrin+Abamectin, *Beauveria bassiana*-ATCC-74040, Formetanate hydrochloride, *Frankliniella occidentalis*, Spinosad-resistance

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Fatih DAĞLI

Assoc. Prof. Dr. Özer ÇALIŞ

Assoc. Prof. Dr. Mehmet KEÇECİ

ÖNSÖZ

Batı çiçek thripsi, *Frankliniella occidentalis* Türkiye de dahil dünyada çok sayıda ülkede yaygın olan başlıca tarımsal zararlılardan biridir. Polifag bir thrips olan *F. occidentalis,* çoğu ürün üzerinde doğrudan beslenme yoluyla verdiği zararın yanı sıra TSWV gibi önemli ekonomik kayıplara yol açan virüslerin vektörü olarak da ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Söz konusu türün popülasyonlarının organik fosforlu, karbamatlı ve piretroit sınıftan çoğu aktif maddeye direnç geliştirmiş olması kimyasal mücadelenin başarısını bir ölçüde engellemiştir. Bunun ötesinde zararlı mücadelesinde günümüzde yaygın olarak kullanılan Spinosyn sınıftan Spinosad ve Spinetoram'a da *F. occidentalis* popülasyonlarında direncin yaygın duruma gelmesi ve yüksek seviyelere çıkması mücadelede başarıyı son derece güçleştirmiştir. Direnç nedeniyle söz konusu türe karşı yüksek etkili olabilecek alternatif aktif madde önerme noktasında güçlük yaşanmaktadır. Antalya ve ilçelerindeki örtüaltı üretimde kısmen *F. occidentalis*'e karşı predatörler *Orius laevigatus* ve *Amblyseius swirskii* ile mücadele yapılmaktadır. Fakat hala üreticilerin büyük bir kısmı kimyasal mücadeleyi kullanmaktadır. Yakın zamanda yapılan araştırmalar Antalya ve ilçelerindeki sera popülasyonlarında Spinosad direncinin yaygın ve yüksek düzeylere ulaştığını göstermiştir. Tez kapsamında, Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki ruhsatlı bitki koruma ürünleri içerisinden entomopatojen *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı, iki aktif maddeli Acrinathrin+Abamectin ve karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride'in Duyarlı ve Dirençli popülasyonlar üzerinde ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Ayrıca *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde direnç potansiyeli belirlenmiştir. Bu tez kapsamında elde edilen bulguların Antalya ve ilçelerinde örtüaltı üretimde söz konusu thripse karşı mücadelede ilaç tavsiye etme noktasında olan yetkililer için fayda sağlaması beklenmektedir.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, her aşamada destek olup yol gösteren Tez Danışmanım öğretim üyesi Doç. Dr. Fatih DAĞLI'ya, çalışmada ele aldığımız entomopatojen *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının agar ortamında çimlenme oranının tespiti konusunda yardımcı olan bölümümüz öğretim üyesi Doç. Dr. Özer ÇALIŞ ve değerli laboratuvar ekibine, benimle birlikte bu süreçte laboratuvar ve sahadaki çalışmalarda yanımda olan Tuğba ÇEVİK arkadaşıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamı sürdürebilmem için olanak sağlayan, laboratuvar altyapısını kullandığım Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığına ve Bitki Koruma Bölüm Başkanlığına teşekkür ederim. Yüksek lisans tez sürecim boyunca her konuda yanımda olan ve her zaman koşulsuz destekleyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
AKADEMİK BEYAN viii
SİMGELER VE KISALTMALAR ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
1.1. *Frankliniella occidentalis*: Yayılışı, Morfolojisi, Biyolojisi ve Zararı 1
1.1.1. Yayılışı 1
1.1.2. Morfolojisi 2
1.1.3. Biyolojisi ve zararı 3
2. KAYNAK TARAMASI 5
3. MATERYAL VE METOT 13
3.1. Materyal 13
3.1.1.Tez çalışması kapsamında kullanılacak aktif maddelerin belirlenmesi 13
3.1.2. Laboratuvar testleri için kullanılan bitkiler 14
3.1.3. Çalışmada kullanılan *Frankliniella occidentalis* popülasyonları 14
3.1.4. Diğer materyaller 17
3.2. Metot 18
3.2.1. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının üretimi 18
3.2.2. Çalışma kapsamında uygulanan test yöntemleri 19
3.2.2.1. *Frankliniella occidentalis* popülasyonu üzerinde spinosad ile seleksiyon uygulaması 19
3.2.2.2 Popülasyonlarda spinosad ile insektisit testi 20
3.2.2.3 Popülasyonlarda *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı için laboratuvar testi 24
3.2.2.4. Spinosad'a-dirençli *Frankliniella occidentalis* popülasyonu üzerinde *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyon uygulaması 27
3.2.2.5. Popülasyonlarda acrinathrin+abamectin ile insektisit testi 27
3.2.2.6. Popülasyonlarda formetanate hydrochloride ile insektisit testi 28
3.2.2.7. Verilerin analizinde kullanılan yöntemler 28

4. BULGULAR 29
4.1. Spinosad'a-Dirençli ve Spinosad'a Duyarlı *Frankliniella occidentalis* Popülasyonunda Spinosad için LC Verileri ve Direnç Katı 29
4.2. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı 30
4.3. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Seleksiyona Tabi Tutulan Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonu Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı 31
4.4. Acrinathrin+Abamectin ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı 32
4.5. Formetanate hydrochloride ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı 33
5. TARTIŞMA 35
5.1. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-Irkı'nın Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi ve Selekte Edilen Popülasyonda Direnç Potansiyeli 35
5.2. Acrinathrin+Abamectin'in Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi 36
5.3. Formetanate hydrochloride'nin Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi 37
6. SONUÇLAR 38
7. KAYNAKLAR 40
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Bazı Aktif Maddelerin Antalya'dan Toplanan Spinosad'a Dirençli Bir *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) Popülasyonu Üzerindeki Etkinliklerinin Tespit Edilmesi" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/06/2022
Ali Burak GÖKSAL

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

°C : Santigrat

cm : Santimetre

da : Dekar

g : Gram

kg : Kilogram

L : Litre

mg : Miligram

ml : Mililitre

mm : Milimetre

sn : Saniye

Kısaltmalar

AChE : Asetilkolinesteraz

Akt.md : Aktif madde

APRD : Arthropod Pestisit Resistance Database

CO_2 : Karbondioksit gazı

EC : Emülsiye olabilen konsantre

EPF : Entomopatojen fungus

EPPO : European and Mediterranean Plant Protection Organization

EW : Emülsiyon, Suda Yağ

GABA : c-aminobütirik asit kapılı klorür kanalı

GluCl : Glutamat kapılı klorür kanalı

INSV : *Impatiens necrotic spot virus*

IRAC : Insecticide Resistance Action Committe

IRM : Insecticide Resistance Management

LC : Lethal konsantrasyon

LC_{50} : Teste tabi tutulan canlı popülasyonun %50'sini öldürmek için gerekli olan doz

LC_{90} : Teste tabi tutulan canlı popülasyonun %90'nını öldürmek için gerekli olan doz

nAChR : Nikotinik asetilkolin reseptörleri

SC : Akıcı/Süspansiyon konsantre

SP : Suda çözünen toz

T. D : Tavsiye dozu

TCSV : *Tomato chlorotic spot virus*

TSWV : *Tomato spotted wilt virus*

Tx-100 : Triton X-100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. *Frankliniella occidentalis* türünün dünya çapında bulunduğu ülkeler (EPPO 2022) 1

Şekil 1.2. *Frankliniella occidentalis* **a)** Yumurta (Anonymus 1) **b)** Larva I (Anonymus 2) **c)** Larva II (Anonymus 3) **d)** Prepupa (Anonymus 4) **e)** Pupa (Anonymus 5) **f)** Ergin dişi (Anonymus 6) 2

Şekil 1.3. *Frankliniella occidentalis*'in nektarindeki beslenme belirtileri (Anonymus 7) 3

Şekil 1.4 TSWV'nin **a)** biberdeki simptomları **b)** domatesteki simptomları (Anonymus 8) 3

Şekil 3.1. a) Fasulye tohumlarının ekilmesi **b); c); d)** İnsektisit testleri için gerekli olan fasulye bitkisinin tohumdan 2 haftalık bitki haline kadar olan gelişimi 14

Şekil 3.2. a) Duyarlı popülasyon **b)** Kumluca 2020 popülasyonu **c)** Spinosad'a-dirençli popülasyon 15

Şekil 3.3. *Frankliniella occidentalis* erginlerinin **a)** biber **b)** patlıcan bitki yaprağı ve çiçeği çırpılarak temiz üretim kaplarına toplanması 16

Şekil 3.4. a) Biber bitkisi çiçeğinde gezinen *Frankliniella occidentalis* erginleri 16
b) İçerisinde *Frankliniella occidentalis* erginleri olan çiçeklerin toplandığı üretim kapları 16

Şekil 3.5. a) Ağız aspiratörü yardımıyla çekilen *Frankliniella occidentalis* erginleri ... 17
b) Temiz kap içerisine bırakılan *Frankliniella occidentalis* erginleri ve fasulye meyveleri 17

Şekil 3.6. a); b) Kullanılan diğer materyallerden bazıları (mikropipet, yumuşak pens, cam beher, stereo mikroskop, hassas terazi, CO_2 gazı vb.) 17

Şekil 3.7. a) Thripslerin beslenmesi için sterilize edilmiş taze fasulye meyveleri
b) Taze fasulye meyveleri konulan thrips üretim kapları 19

Şekil 3.8. a); b) Spinosad'a-dirençli *Frankliniella occidentalis* popülasyonu 20

Şekil 3.9. Spinosad ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi 21

Şekil 3.10. a); b) Fasulye yapraklarından temiz bir zemin üzerinde çelik yaprak disk kesicisi ile 3 cm çapında diskler elde edilmesi 21

Şekil 3.11. a); b) Oluşturulan yaprak disklerinin hazırlanan ilaç konsantrasyonlarına 5 saniye daldırılması 22

Şekil 3.12. İlaç konsantrasyonlarına daldırılan yaprak disklerinin kurumaya bırakılması 22

Şekil 3.13. a); b) Cam beher içerisinde saf su ile (%1.5-2'lik) agarın çözelti karışımı halindeki sıvı formunun oluşturulması 22

Şekil 3.14. a); b); c) Petrinin tabanına dökülen agar üzerine ilaç konsantrasyonuna daldırılan yaprak diskinin konulup yerleştirilmesi 23

Şekil 3.15. a) Kaba aktarılan thripsler **b)** Ağız aspiratörü ile toplanıp CO_2 gazı ile geçici bayıltılan ergin dişi thripsler 23

Şekil 3.16. Test hücrelerinin **a)** streç film ile kaplanması **b)** hava alabilmesi için streç filmin üzerinin ince uçlu böcek iğnesi ile delinmesi 23

Şekil 3.17. a); b) Thripslerin ilaç kalıntılarına maruz bırakıldığı test hücreleri 24

Şekil 3.18. a) Kalıntıya maruz bırakılan test hücreleri **b)** Petrilerdeki canlı-ölü ergin dişilerin stereo mikroskop ile sayımı 24

Şekil 3.19. a); b) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının PDA ortamına ekilmesi .. 25

Şekil 3.20. a); b); c) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının PDA ortamında sporlarının görüntülenmesi 25

Şekil 3.21. a); b) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serileri 26

Şekil 3.22. a); b); c); d) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile thrips üzerinde topikal uygulama işlemi sonrası test hücresine aktarma işlemi 26

Şekil 3.23. a); b); c); d) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı yapılan test sonrasında 5.gün sayımında enfekteli thripslerin üzerinde oluşan beyaz mikozis yapılarının görüntülenmesi 27

Şekil 3.24. Acrinathrin+abamectin ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi 28

Şekil 3.25. Formetanate hydrochloride ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi .. 28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. *Frankliniella occidentalis* türü için tavsiye listelerinde yer alan aktif maddeler ve biyolojik mücadele etmenleri 7

Çizelge 3.1. Araştırmaya dahil edilen aktif maddeler ve bu aktif maddelere ilişkin ayrıntılı bilgiler..... 13

Çizelge 4.1. Spinosad ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı 30

Çizelge 4.2. Spinosad testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları..... 30

Çizelge 4.3. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı 31

Çizelge 4.4. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için farklı dozlarda elde edilen ölüm oranları 31

Çizelge 4.5. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona maruz bırakılan ve maruz bırakılmayan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında LC verileri ve Direnç katı 32

Çizelge 4.6. Acrinathrin+Abamectin ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı 33

Çizelge 4.7. Acrinathrin+Abamectin ile laboratuvar testlerin Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları 33

Çizelge 4.8 Formetanate hydrochloride ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı 34

Çizelge 4.9. Formetanate hydrochloride testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları 34

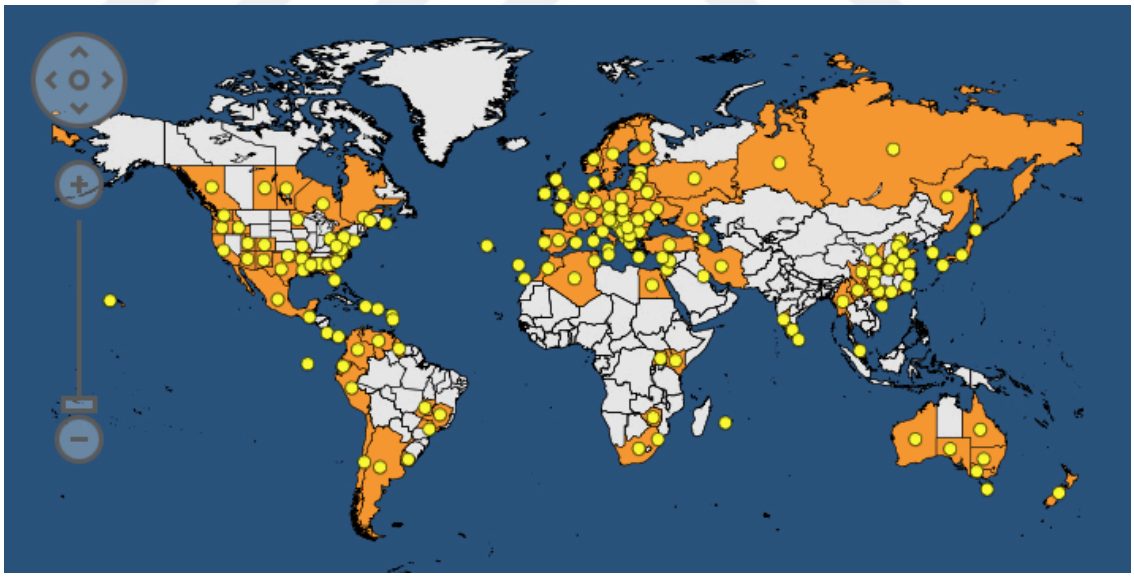
1. GİRİŞ

Batı çiçek thripsi *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), Türkiye'de ve dünyanın çoğu bölgesinde yaygın olan başlıca tarımsal zararlı türler arasındadır (Kirk ve Terry 2003). Polifag bir thrips türüdür. Sebzeler, endüstri ve süs bitkileri ve meyveler içerisinde çok sayıda konukçusu bulunmaktadır. Doğrudan bitki özsuyuyla beslenerek verdiği zararın yanı sıra *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) gibi tehlikeli bitki virüslerinin taşıyıcısı olarak da önemli miktarda ürün kayıplarına neden olduğu bildirilmektedir (Anonymous 1999; Kirk ve Terry 2003; Gao vd. 2012). Domates lekeli solgunluk virüsünün Türkiye'de de önemli ürün kayıplarına neden olduğu çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (Şevik 2011; Şevik ve Arlı-Sökmen 2012; Fidan 2016; Fidan vd. 2019).

1.1. *Frankliniella occidentalis*: Yayılışı, Morfolojisi, Biyolojisi ve Zararı

1.1.1. Yayılışı

Batı çiçek thripsi'nin anavatanı Kuzey Amerika'nın batı kesimleridir. Bu thripsin dünya çapındaki yayılışı 1970'li yıllarda başlamıştır ve günümüzde Dünyanın çoğu bölgesinde yaygın duruma geldiği bildirilmiştir (Şekil 1.1) (Kirk ve Terry 2003). Söz konusu türün bu denli hızlı ve geniş alanlarda yayılmasında anavatanındaki yoğun ilaç kullanımı nedeniyle ortaya çıkan dirençli popülasyonların ve dünya çapındaki bitkisel ürünlerin ticaretindeki hareketlilikteki artışın başlıca rol oynayan faktörler olduğu bildirilmiştir (Kirk ve Terry 2003).



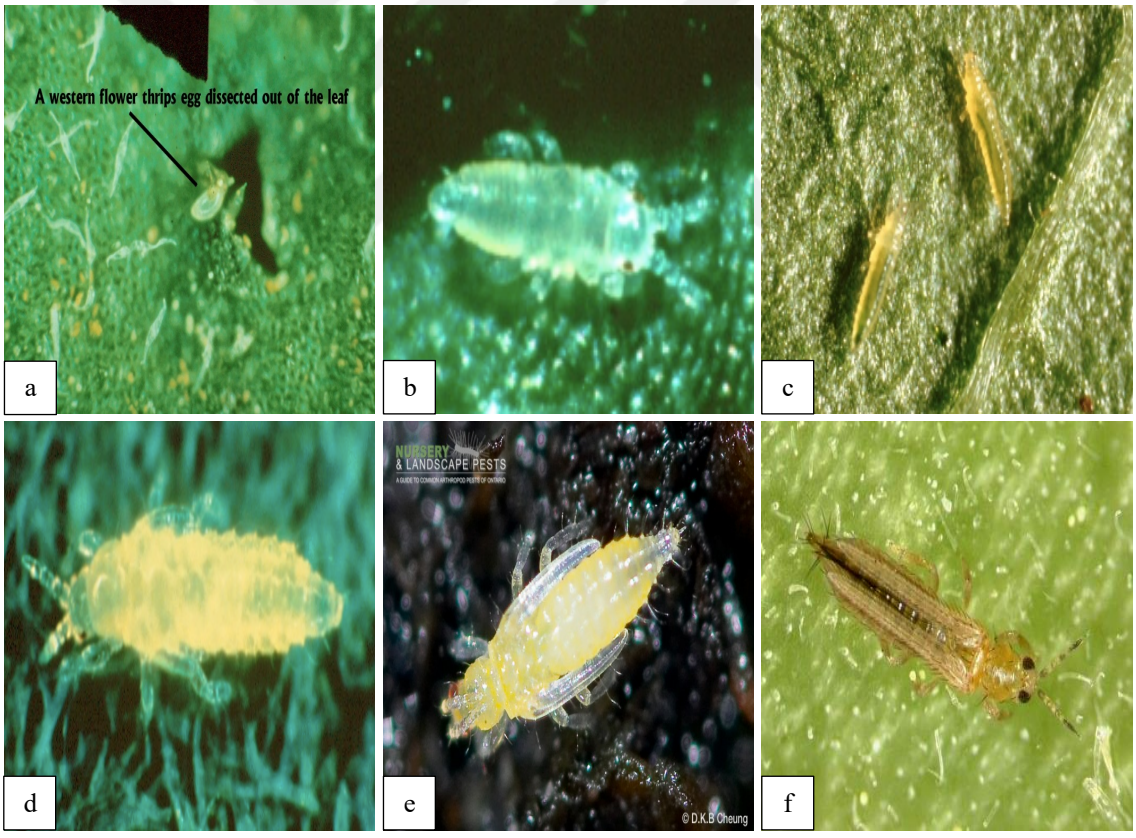
Şekil 1.1. *Frankliniella occidentalis* türünün dünya çapında bulunduğu ülkeler (EPPO 2022)

Söz konusu türün ülkemizdeki ilk kaydı 1993 yılında Antalya'da örtüaltı süs bitkileri ve sebzelerde yapılmıştır (Tunç ve Göçmen 1995). Çok kısa bir zaman diliminde hızlı bir şekilde yayılan *F. occidentalis*'in pamukta, çilekte, bağda, nektarin ve bazı meyvelerde de önemli bir zararlı durumuna geldiği bildirilmiştir. Günümüzde ülkemizin çoğu bölgesinde çok sayıda tarımsal üründe başlıca zararlı tür durumuna gelmiştir (Bulut

ve Göçmen 2000; Atakan 2003; Kılıç ve Yoldaş 2004; Özmerci vd. 2006; Sertkaya vd. 2006; Nas vd. 2007; Atakan 2008a; Atakan 2008b; Tekşam ve Tunç 2009; Doğanlar ve Aydın 2009; Hazır vd. 2011; Yıldırım ve Başpınar 2013).

1.1.2. Morfolojisi

Frankliniella occidentalis'in yumurtası 0.2 mm kadar küçük boyutlarda olup böbrek şeklindedir (Şekil 1.2a). Dişi thripsler ovipozitörleri ile yumurtalarını yaprak, çiçek ve meyvelerin parankima dokularına sokmaktadır. Birinci ve 2. larva dönemlerinde gözleri kırmızı renkte vücut ise sarı renktedir. Larvalar aktif olarak beslenmektedirler. İlk larva evresinde daha açık (Şekil 1.2b), 2. larva ise daha koyu sarı tondadır (Şekil 1.2c). Prepupa ve pupa dönemleri küçük kanat tomurcuklarına sahiptir, antenlerin konumuna göre bu evreler ayırt edilebilir. Prepupa döneminde kanat çıkıntıları görülür hale gelmektedir ve antenler başın ön tarafına doğru uzanmıştır (Şekil 1.2d). Pupada ise antenler başın gerisine doğru yönelmiştir (Şekil 1.2e). Pupa dönemlerinde beslenmemektedir. Bu dönemler toprakta ya da toprak üstünde uygun bir yerde tamamlanmaktadır. Ergin dişi thripslerin kanatlarında kirpikvari uzantılar bulunur (Şekil 1.2f). Erginlerde dişi bireyin boyutu 1.3-1.4 mm, erkeklerin boyutu ise 0.9-1.1 mm'dir. Antenler her iki cinsiyette de 8 segmentlidir (Cluever vd. 2015).



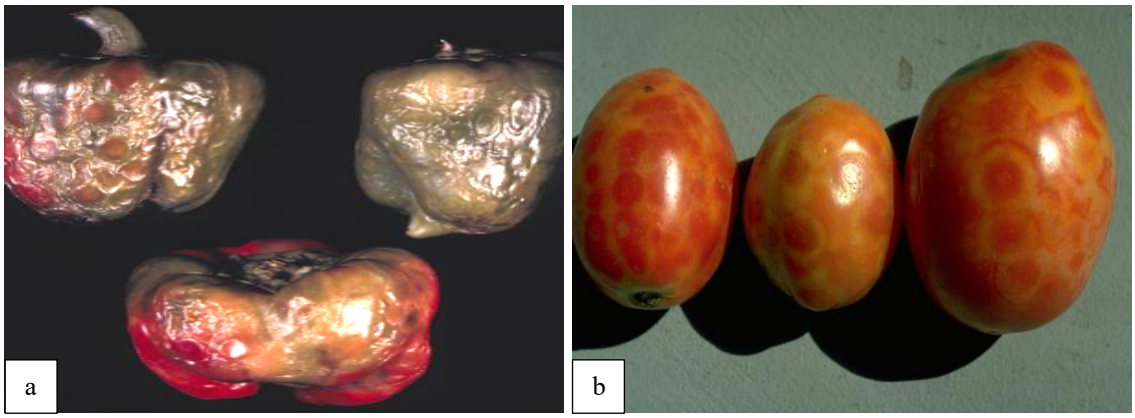
Şekil 1.2. *Frankliniella occidentalis* **a)** Yumurta (Anonymus 1) **b)** Larva I (Anonymus 2) **c)** Larva II (Anonymus 3) **d)** Prepupa (Anonymus 4) **e)** Pupa (Anonymus 5) **f)** Ergin dişi (Anonymus 6)

1.1.3. Biyolojisi ve zararı

Frankliniella occidentalis, delici-emici beslenme biçimi ile bitkiden özsuyu almaktadır. Mandibula ile bitki dokusunda delikler açar ve daha sonra maksillayı içeri sokarak özsuyu alır. Bu tür polenle de beslenebilmektedir. Ek olarak kırmızıörümcek yumurtaları ile de beslenebildiği ve predatör bir davranış gösterdiği bildirilmiştir. Parthenogenetik üreme şekline sahiptir (Cluever vd. 2015). Hıyar, fasulye, lahana, biber, domates yapraklarında *F. occidentalis*'in yumurta evresinden ergin evreye kadar gelişme süreleri, sırasıyla 9, 10, 10, 12 ve 12 gün olarak bulunmuştur. Bir dişi hayatı boyunca ortalama 76.6 yumurta bırakmaktadır (Zhang vd. 2007). Tez çalışmamız için laboratuvarda söz konusu türün biyolojisi üzerinde yaptığımız gözlemlere göre yumurta açılma süresi ortalama 5-7 gün, yumurtadan ergine kadar gelişme süresi yaklaşık olarak 15-16 gündür. Polifag bir zararlı olan bu türün 65 familyadan konukçusu bulunmaktadır. *F. occidentalis*, doğrudan bitkilerle beslenerek verdiği zararın (Şekil 1.3) yanı sıra *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), *Tomato chlorotic spot virus* (TSCV), *Impatiens necrotic spot virus* (INSV) gibi bazı önemli virüsleri taşıyarak (Şekil 1.4) tarımsal ürünlerde ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Kirk ve Terry 2003; Gao vd. 2012). TSWV, ülkemizde de yaygın durumdadır (Şevik 2011; Şevik ve Arlı-Sökmen 2012; Fidan vd. 2019). Ayrıca TSWV'nin dayanıklı olan bazı biber ve domates çeşitlerinde dayanıklılığı alt ettiği de bildirilmiştir (Fidan 2016; Fidan vd. 2019).



Şekil 1.3. *Frankliniella occidentalis*'in nektarindeki beslenme belirtileri (Anonymus 7)



Şekil 1.4 TSWV'nin **a)** biberdeki simptomları **b)** domatesteki simptomları (Anonymus 8)

Frankliniella occidentalis karantinaya tabi bir zararlı olduğu için ülkemizden yapılan ihraç ürünlerindeki varlığı kimi zaman tek başına ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Sözü edilen zararlıya karşı bazı seralarda kitle salımı yoluyla biyolojik mücadele yapılmaya çalışılsa da kimyasallar halen önde gelen mücadele seçenekleri arasındadır. Fakat Antalya ili ve ilçelerinde örtüaltı üretim yapan üreticiler söz konusu zararlı türün mücadelesinde sıklıkla sorunlar yaşadıklarını bildirmektedirler ve bu zararlının mücadelesinde hangi aktif maddelerin kullanılabileceğine yönelik bilgi istemektedirler. Spinosad, *F. occidentalis* dahil olmak üzere çok sayıda önemli zararlıya karşı yıllarca yaygın kullanılan ve biyoinsektisit sınıfta yer alan kritik değerde önemli aktif maddelerdendir. Önceki araştırmalar Antalya ve ilçelerinden alınan *F. occidentalis* popülasyonlarında Spinosad'a karşı direncin yaygın ve önemli düzeylere ulaştığını göstermektedir (Ünsal ve Dağlı 2018; Dağlı 2018). Bununla beraber biyoinsektisit olarak kabul edilmesi ve başka zararlılara karşı da sıklıkla tavsiyelerde yer alması nedeniyle bu aktif maddenin pratikte hala yaygın olarak kullanılmaya devam edildiği (ve devam edilebileceği) anlaşılmaktadır. Bu durum söz konusu zararlı türde Spinosad direncinin ciddi bir sorun olarak önemini koruyacağını düşündürmüştür. İlaç önerme ve yazma konumunda olan yetkililerin sözü edilen dirençli popülasyonlara karşı hangi aktif maddelerin ne düzeyde etki gösterebildiği konusunda yapılacak araştırmalardan elde edilecek güncel verilere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu noktada, Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonlarına karşı hangi aktif maddelerin ne düzeyde etkili olabileceği konusunun aydınlatılması gerektiği düşünülmüştür.

Bu durum göz önüne alınarak tez kapsamında yaptığımız çalışmalarla tavsiyelerde yer alan farklı özellikteki (farklı etki mekanizmasına sahip) bitki koruma ürünleri; *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı, Acrinathrin+Abamectin, Formetanate hydrochloride'in Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı ne düzeylerde etki gösterebildiği araştırılmıştır. Ayrıca entomopatojen kökenli *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile yapılan seleksiyon çalışmasıyla *F. occidentalis*'de söz konusu entomopatojen fungusa karşı hangi düzeyde direnç geliştirme potansiyeli olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Ülkemizde toplam 6.7 milyon tonluk yaş sebze-meyve üretilmektedir. Bu miktarın 4.7 milyon tonunu yaş sebzeler oluşturmaktadır. Antalya ili ve ilçelerinde örtüaltı üretimin hem iç piyasa hem de ülkemiz tarım ürünlerinin ihracatına önemli bir ekonomik katkısı bulunmaktadır. Türkiye'de örtüaltı üretimin %39'u Antalya'da gerçekleşmektedir. Antalya ilindeki örtüaltı sebze üretiminin %68'ini biber, %60'ını domates, %55'ini patlıcan ve %43'ünü hıyar üretimi oluşturmaktadır (Anonim 1). Antalya'da biyolojik ve biyoteknik mücadele uygulama alanı giderek artış göstermektedir. Fakat 2020 yılı verilerine göre 312.226 da'lık örtüaltı üretim alanının 15.532 da'lık kısmında biyolojik ve biyoteknik mücadele yapıldığı bildirilmiştir. Bu durum mücadelede hala kimyasalların büyük oranda kullanıldığına işaret etmektedir. 2020 yılı verilerine göre Antalya ilinde 962.726 kg insektisit kullanıldığı kaydedilmiştir. Bu insektisitlerin tümüyle doğrudan söz konusu thrips türü hedef alınmasa da söz konusu bölgede kullanılan ilaçların *F. occidentalis* de dahil önemli zararlı popülasyonları üzerinde ciddi bir seleksiyon baskısına yol açtığı kesindir (Anonim 1). Bu yüzden son zamanlardaki direnç taramaları Antalya ve ilçelerinde örtüaltı üretimde ekonomik kayıplara yol açan başlıca zararlıların (*F. occidentalis*, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae)) popülasyonlarının yaygın kullanılan pestisitlere önemli düzeyde direnç geliştirdiğini göstermektedir. İlaç kullanımına devam edilmesi doğal olarak zararlılar üzerinde seleksiyon baskısının sürmesine yol açmakta ve dirençli popülasyonlar sorunu gün geçtikçe daha vahim boyutlara ulaşmaktadır.

Bu çalışmayı yapmamızın temel amacı dirençli popülasyonlara karşı tavsiyelerde yer alan farklı özelliklerdeki aktif maddelerin ne düzeyde etkili olduklarının belirlenmesidir. Direnç sorunu gerek ülkemizde gerekse küresel çapta en önemli sorunlardan bir tanesidir. Spinosad, günümüzde biyoinsektisit sınıfında yer alan *F. occidentalis* de dahil olmak üzere çok sayıda önemli zararlıya karşı yıllardır yaygın kullanılan düşük riskli aktif maddelerden biridir. *F. occidentalis*'te Spinosad direncinin geçmiş çalışmalarda yaygın ve yüksek düzeylere ulaştığı tespit edilmiştir. Fakat organikfosforlu ve karbamatlı ilaçların kullanımdan çekilmesi nedeniyle düşük riskli olarak görülen Spinosad'ın orta ve uzun vadede kullanımının devam edeceği öngörülmektedir. Tez kapsamında ele alınan konunun önemini kavramak ve çalışma bulgularını değerlendirmek bakımından bu kısımda ilk olarak zararlılarda direnç konusuna ilişkin bilgiler verilecektir. Daha sonra bu çalışma için seçilen ilaçlar hakkında bazı önemli bilgiler aktarılacaktır. Devamında ise *F. occidentalis* popülasyonlarında özellikle bu çalışmada yer verilen aktif maddelere karşı ülkemizde ve dünya genelindeki direnç durumu ve direnç mekanizmaları hakkında bilgiler verilecektir.

Zararlılarda insektisit direnci, kısaca aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

İlaçlara maruz bırakılan bir popülasyon içerisinden canlı kalabilme potansiyeline sahip bireylerin seçilerek hayatta kalması ve bir sonraki popülasyonu oluşturmasıdır (Ffrench-Constant ve Roush 1990). Diğer bir tanımda ise direncin arazi uygulamalarıyla ilişkisi kurulmaktadır. Buna göre İnsektisit direncinin, zararlı bir popülasyonunun hassasiyetindeki genetik bir değişim olduğu ve bir ilacın zararlı türlere karşı tavsiye edilen etiket bilgileri uyarınca kullanıldığı halde tekrar eden mücadele başarısızlıklarıyla sonuçlandığı bir durumu ifade ettiği belirtilmiştir (IRAC 2022). Kısaca, direncin (genetik)

kalıtsal bir değişim olduğu vurgulanmaktadır ve dirençli popülasyonlara karşı ilaç uygulamalarının yetersiz kalabileceği bildirilmiştir.

Direnç yönetim programlarının (IRM) (Insecticide Resistance Management) pratikte başarıyla uygulanması için zararlı popülasyonlarında direnç düzeylerinin tespit edilmesi gereklidir. Sonraki aşamalarda ise zararlılarda ilaçlara karşı hangi direnç mekanizmalarının bulunduğu konusunda araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Zararlılarda yaygın bilinen direnç mekanizmaları kısaca şöyle sıralanabilir:

1. Davranışsal direnç: Zararlı popülasyonları insektisit uygulanmış alanları tanıyabilirler ve bu alanlarda bulunmaktan sakınabilirler. Böylece davranışsal olarak ilaçla temasta bulunmaktan kaçınmış olurlar.

2. Kütikuladan geçişin engellenmesi: Kısaca, ilaç böceğin integümentinden vücut içerisine girerken kütikuladaki yapısal değişiklikler nedeniyle belli düzeyde engel ile karşılaşmaktadır. Tek başına bu mekanizma düşük düzeyde bir direnç sağlamaktadır.

3. Metobolik direnç (Detoksifikasyon): Pek çok zararlı türünde çok farklı aktif maddeye karşı dirençte önemli düzeyde rol oynadığı ispatlanmıştır. Bu mekanizma çoğu dirençli zararlı türünde yaygındır. Bu direnç mekanizmasında kısaca bazı enzim sistemleri rol oynamaktadır. Bu enzim sistemlerinin en yaygın olanları, esterazlar, glutathion-s-transferazlar ve sitokrom P450-bağımlı monooksigenazlardır.

4. Hedef yerdeki mutasyon: İlaçlar, zararlı içerisinde etki yerinde meydana gelen mutasyon nedeniyle hedef yerine bağlanamaz ve böylece etkisini gösteremez.

Bu çalışmada Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı tavsiye listelerinde (Çizelge 2.1'de) yer alan farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki bitki koruma ürünlerinin ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Araştırmamızda Tarım ve Orman Bakanlığı'nın bitki koruma ürünleri veri tabanındaki ruhsatlı ilaçlar listesinden seçimler yapılarak entomopatojen funguslardan *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı, iki etken madde içeren ilaçları temsilen Acrinathrin+Abamectin ve karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride araştırmaya dahil edilmiştir.

Çalışmada detaylı olarak ele alınan aktif maddelere ilişkin genel bilgiler şöyledir:

Spinosyn sınıftan Spinosad, biyoinsektisit olarak düşük riskli aktif maddeler kategorisinde yer almaktadır. Önemli zararlı türlere karşı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aktinomiset toprak bakterisi *Saccharopolyspora spinosa*'dan izole edilmiştir. Spinosad, spinosyn A (%85) ve spinosyn D (%15)'den oluşan bir karışımdır (Mertz ve Yao 1990; Kirst vd. 1992; Sparks vd. 1999). Spinosad, sinir sistemi üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörlerini (nAChR) aktive edici şekilde etki göstermektedir. Spinosad ülkemizde ilk olarak 1998 yılında ruhsatlandırılmıştır ve bitki koruma ürünleri veri tabanına bakıldığında günümüzde hala çok sayıda zararlı türe karşı tavsiyelerde yer aldığı görülmektedir.

Entomopatojenik funguslar (EPF), böcekler için patojenik fungus türleridir. Son zamanlardaki gelişmeler EPF'lerin entegre zararlı mücadele stratejilerinin bir parçası

olarak hizmet edebileceğini göstermektedir. Birçok böcek patojeni fungus, biyoinsektisit olarak formüle edilmiş ve ticari olarak üretilmektedir (Tahira Gul vd. 2014). Dirençli böcek türlerindeki artış ve sentetik ilaçların neden olduğu sağlık ve çevre sorunları yüzünden EPF'lerin kullanım alanı giderek genişlemektedir (Shahid vd. 2012). Avrupa, Asya, Afrika ve Batı'nın birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkesinde kullanıma hazır formülasyonlar mevcuttur. EPF'ler, dünyadaki toplam pestisit pazarının yaklaşık yüzde 1.3'ünü kapsamakta ve bunların yüzde 90'ı insektisit olarak kullanılmaktadır (Hajek ve Leger 1994). Bitki zararlıları mücadelesi için çeşitli ticari EPF formülasyonları geliştirilmiştir. Geliştirilen 171 EPF ürünü arasında *B. bassiana* içerikli ürünler toplamın %33.9'unu, *Metarhizium anisopliae* içerikli ürünleri %33.9'u ve *Isaria fumosorosea* ve *Beauveria brongniartii* içerikli ürünler sırasıyla %5.8 ve 4.1'ini kapsamaktadır (Moorhouse vd. 1992; De Faria ve Wraight 2007). Bugüne kadar, 750'den fazla fungus türünün böcekleri ve akarları enfekte ettiği bildirilmiştir (Ramunjam vd. 2014).

Çizelge 2.1. *Frankliniella occidentalis* türü için tavsiye listelerinde yer alan aktif maddeler ve biyolojik mücadele etmenleri

Aktif Maddeler ve Biyolojik Mücadele Etmenleri	**IRAC'a göre aktif maddenin sınıfı ve etki mekanizmi**
Spinosad	Spinosyn (5), sinir sistemi üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörlerini aktive edici etki
Spinetoram	
Beauveria bassiana	Etki mekanizması bilinmeyen ve açık olmayan fungal etmenler
Verticillium lecanii	
Acrinathrin+Abamectin	3A,6 Sodyum kanalı modülatörleri aktive edici etki, Sinir ve kas sistemi üzerinde Glutamat-kapalı klorid kanalı (GluCl) allosterik modülatörleri aktive edici etki
Formetanate hydrochloride	1A, Sinir sistemi üzerinde Asetilkolinesteraz (AChE) inhibitörlerini aktive edici etki
Acrinathrin	3A, Sodyum kanalı modülatörleri aktive edici etki,
Azadirachtin	Etki şekli bilinmeyen ya da belirsiz bileşikler
Pyrethrin+Azadirachtin	3A, Sodyum kanalı modülatörleri aktive edici etki, Etki şekli bilinmeyen ya da belirsiz bileşikler
Neem Yağı+Azadirachtin	Etki şekli bilinmeyen ya da belirsiz bileşikler
Thiacloprid+Deltamethrin	4A,3A Nikotonik asetilkolin reseptörü rekabetçi (nAChR), Sodyum kanalı modülatörleri aktive edici etki
Cyantraniliprole	28, Ryanodin reseptör düzenleyicileri
Steinernema feltiae	Biyolojik Mücadele Etmeni (Entomopatojen Nematod)
Amblyseius swirskii	Biyolojik Mücadele Etmeni
Orius laevigatus	
Mavi Renkli Yapışkan Tuzak	Tuzak
Methyl-isonicotinate + Mavi Yapışkan Tuzak	Feromon Tuzak
Anisaldehit	Feromon
Aluminium phosphide	Fumigant
Magnesium Phosphide	
Fosfin Gazı	

Beauveria bassiana, Deuteromycetes sınıfına ait filamentli bir fungustur. Bu türlere iyi bir örnek, tropikal yağmur ormanlarından bildirilen ve Kanada'da bulunan *B. bassiana* olabilir (Widden ve Parkinson 1979; Aung vd. 2008). *Beauveria*'nın ırkları, belirli konukçulara özelleşmiştir. *Beauveria* spp.'ler, dünya çapında tıbbi veya tarımsal öneme sahip çeşitli böceklerden izole edilmiştir. *B. bassiana*, dünyadaki topraklarda doğal olarak yetişen ve 'White Muscardine' hastalığına neden olan çeşitli böcek türleri üzerinde patojen olarak davranan bir fungustur. Fungus kolonilerinin görüntüsü, beyaz renkli pamuğumsu miseller şeklindedir (Sujeetha ve Sahayaraj 2014).

Bu tez kapsamında *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ele alınmıştır. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının etki şekli (halen) açısından IRAC'a göre etki mekanizması bilinmeyenler veya belirsiz fungus ajanları kategorisinde yer almaktadır. Etki mekanizmaları tam olarak bilinmemekle birlikte funguslar kendine has enfeksiyon biçimiyle, kütikuladan geçiş yaparak doğrudan hemosol boşluğuna ulaşmaktadırlar. Funguslar böceklerin kütikulaları veya derilerinden penetrasyon yoluyla böcekleri istila ederler ve tüm vücutta çoğalırlar. Böceklerin ölümü, doku yıkımıyla ve nadiren de funguslar tarafından üretilen toksinler tarafından meydana gelmektedir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ülkemizde 2009 yılında ruhsatlandırılarak kullanımına başlanmıştır.

Tez çalışmamızda iki aktif madde içeren ilaçları temsilen Acrinathrin+Abamectin kullanılmıştır. Abamectin, toprak bakterisi *Streptomyces avermitilis*'in (Strong ve Brown 1987) doğal bir fermantasyon ürünü olup IRAC'a göre 6 numaralı avermectin alt grubunda yer almaktadır ve Abamectin'in hedef yerleri sinir ve kas hücrelerinde bulunan glutamat (GluCl) kapılı klorür kanalı ile birlikte gamma-aminobütirik asit (GABA) kapılı klorür kanalı olmak üzere bu kanallarda etkilidir (Huang vd. 1997; Kane vd. 2000). Abamectin ülkemizde ilk olarak 1991 yılında ruhsatlandırılarak kullanımına başlanmıştır.

Acrinathrin IRAC'a göre 3A numaralı piretroit grubu içerisinde yer almaktadır ve Acrinathrin'in hedef yeri sodyum kanalı modülatörleridir. Sodyum kanallarının açık kalmasını sağlarlar. Bazı durumlarda sinirsel iletimi bloke edip kasılma, felç ve sonuçta ölüm meydana getirirler. Acrinathrin ülkemizde ilk olarak 2014 yılında ruhsatlandırılarak kullanımına başlanmıştır.

Formetanate IRAC'a göre 1A numaralı karbamatlı grup içerisinde yer almaktadır. Formetanate asetilkolinesteraz (AChE) engelleyici olarak rol oynamaktadır. Asetilkolinesteraz enziminin salgılanmasını engeller ve hiperaktivite, kasılma, felç ve sonuçta ölüm meydana getirirler. Formetanate ülkemizde ilk olarak 2009 yılında ruhsatlandırılarak kullanımına başlanmıştır.

F. occidentalis popülasyonlarında Türkiye'de ve Dünya genelinde çok sayıda direnç çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda özet olarak sunulmuştur.

Ülkemizde 2001-2003 yıllarında Antalya ve bazı ilçelerinden alınan *F. occidentalis* popülasyonlarında Abamectin, Cypermethrin, Endosulfan, Malathion ve Methomyl'e karşı direnç taraması yapılmıştır ve sadece piretroit Cypermethrin'e (12-kat üzerinde) orta düzeyde direnç kaydedilmiştir (Dağlı ve Tunç 2007). Antalya ve ilçelerinden 2007-2009 yıllarında toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarında organik fosforlu Malathion, karbamatlı Methiocarb ve spinosyn sınıftan Spinosad'a karşı popülasyonların bir kısmının önemli düzeyde dirençli olduğu tespit edilmiştir. Antalya

Kumluca ilçesinden 2015 yılında bir seradan alınan 2015-Kumluca popülasyonunda Spinosad direncinin duyarlı popülasyona göre 235-kat gibi çok daha yüksek düzeylere ulaştığı belirlenmiştir (Dağlı 2018). Daha vahim olanı ise 2018-2019'da bölümümüzde yapılan bir tez çalışmasında Antalya ve ilçelerinden alınan tüm *F. occidentalis* popülasyonlarının tamamı Spinosad'a karşı önemli düzeyde dirençli bulunmuştur (Ünsal ve Dağlı 2018).

Dünya genelinde zararlı türlerde aktif maddelere karşı direnç bilgilerinin toplandığı Arthropod Pestisit Resistance Database (2022) veri tabanındaki kayıtlara göre, Thrips türleri içerisinde en fazla direnç, 175 vaka ile *F. occidentalis*'de bildirilmiştir. Ayrıca aynı veri tabanında *F. occidentalis*'de çok sayıda aktif madde arasından Spinosad'a 18 defa, Acrinathrin'e 45 defa, Abamectin'e 2 defa, Formetanate'ye 31 defa direnç kaydı bildirilmiştir. Neredeyse Dünya genelinde yaygın duruma gelen *F. occidentalis* popülasyonlarında yukarıda verilen aktif maddelerin yanı sıra organik klorlu, organik fosforlu, karbamatlı ve piretroit sınıfta yer alan başka aktif maddelere de direnç gelişimi kaydedilmiştir (Immaraju vd. 1992; Brodsgaard 1994; Zhao vd. 1995; Broadbent ve Pree 1997; Karadjova 1998; Kontsedalov vd.1998; Jensen 2000; Espinosa vd. 2002; Herron ve James 2005; Bielza vd. 2007; Thalavaisundaram vd. 2008; Gao vd. 2012).

F. occidentalis popülasyonlarında direnç durumu İspanya'da araştırmacılar tarafından 2000'li yıllardan itibaren kapsamlı olarak çalışılmaktadır. Espinosa vd. (2002) İspanya'dan Methiocarb, Formetanate ve Acrinathrin'in yoğun olarak kullanıldığı alanlardan topladığı popülasyonlarda bu aktif maddelere 10 ila 30-kat aralığında bir direnç tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada İspanya *F. occidentalis* popülasyonlarında Spinosad'a karşı direnç, 2001-2004 boyunca araştırılmıştır ve 2004 yılında alınan popülasyonda direnç 3682-katın üzerinde çıkmıştır (Pablo vd. 2007).

Espinosa vd. (2005) İspanya'da *F. occidentalis* popülasyonlarında direnç mekanizmalarını (PBO-DEF-DEM) sinerjist testleriyle incelemişlerdir. Bu çalışmada Methiocarb, Formetanate, Acrinathrin, Deltamethrin, Metamidophos ve Endosulfan ile selekte edilen popülasyonlar ve duyarlı popülasyon üzerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Duyarlı popülasyonda PBO, yalnızca Formetanate, Methiocarb ve Metamidophos'ta kayda değer bir sinerjizm üretmiştir. Endosulfan dışında, PBO dirençli popülasyonlarda tüm insektisitleri değişen derecelerde sinerjize etmiştir. Acrinathrin ile PBO tarafından çok yüksek bir sinerjizm seviyesi bulunmuştur, direnç seviyesi 3344'ten 36-kata düşmüştür. PBO, karbamatlı sınıftan Formetanate (4.6-kat) ve Methiocarb'ı (3.3-kat) daha düşük seviyelerde sinerjize etmiştir. PBO ayrıca Deltamethrin (12.5-kat) ve Metamidophos (14.3-kat) için daha yüksek bir sinerjizm üretmiştir. DEF, dirençli popülasyonlarda herhangi bir insektisit ile sinerjizm meydana getirememiştir. DEM ise yalnızca Endosulfan ile düşük düzeyde sinerjizm göstermiştir. Burada yapılan çalışma sonuçlarına göre *F. occidentalis*'de çoğu insektisite karşı ana direnç mekanizmasının, insektisit sınıfları arasında çapraz dirence yol açan sitokrom-P450 monooksigenazların aracılık ettiği metabolik direnç olduğu kanısına varılmıştır. GST, esterazlar, AChE'nin değişmesi ve penetrasyonun azalması gibi diğer faktörlerin de farklı insektisitlere karşı gelişen dirençte bir düzeyde rol oynayabileceği bildirilmiştir.

Maymo vd. (2006) İspanya'da örtüaltı ve tarladan toplanan *F. occidentalis* popülasyonlarının Acrinathrin, Methiocarb, Endosulfan, Metamidophos ve Deltamethrin'e karşı direnci ile esteraz aktiviteleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır.

Araştırma bulguları, substratlar α-naftil asetat ve *p*-nitrofenil asetatla yapılan enzim testlerinde referans ırka göre dayanıklı ırklarda önemli düzeyde daha yüksek bir esteraz aktivitesi olduğunu göstermiştir. Bu yüksek aktivite, Acrinathrin ve Methiocarb direnciyle önemli düzeyde korelasyon gösterdiği bulunmuştur.

Chen vd. (2011) *F. occidentalis*'de Abamectin direnci ve direnç mekanizmalarını Abamectin'e dirençli ırk üzerinde çalışmışlardır. 18 generasyonluk bir süre zarfında 15 defa Abamectin ile seleksiyon yapılan popülasyonda Abamectin'e karşı duyarlı popülasyona göre 45.5-katlık bir direnç artışı kaydedilmiştir. Abamectin direnci seleksiyon yokluğunda hızlı bir şekilde düşüş göstermiştir. Sinerjistler ile yapılan testler *F. occidentalis*'de Abamectin direncinde sitokrom P450 monooksigenaz sistemin (metabolik direnç) rol oynadığını göstermiştir.

Sparks vd. (2011) farklı türlerde Spinosad ve Spinetoram'a karşı dirençle ilgili çok sayıda çalışmayı inceleyerek bir derleme düzenlemiştir. Bu derleme kapsamında araştırmacılar şu bilgilere yer vermektedir: Spinosynler, böcek öldürücü doğal ürünlerin benzersiz bir sınıfı olup iki ticari aktif bileşeni mevcuttur. Birincisi 1997'de Spinosyn a ve d'den oluşan Spinosad, ikincisi ise 2007'de ticarileştirilen 2 yarı sentetik spinosyn türevinden oluşan Spinetoram'dır. Spinosynlerin böcek sinir sistemi üzerinde, piretroitler, neonikotinoitler, avermektinler, karbamatlar, organofosfatlar, fiproller ve siklodienler dahil olmak üzere diğer tüm insektisit gruplarından farklı bir etki şekli gösterdiği belirtilmiştir. Spinosad'a karşı direnç, ilk olarak piyasaya sürüldükten birkaç yıl sonra hem laboratuvarda hem de sahada belgelenmiştir. *Heliothis virescens* ile yapılan laboratuvar seleksiyon çalışmaları, Spinosad'a karşı yüksek düzeyde direnç geliştirilebileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, *Musca domestica*'nın Spinosad ile yapılan seleksiyonunda *M. domestica*'nın bir laboratuvar ırkının da Spinosad'a direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Ek olarak diğer birçok çalışma da laboratuvarda ve tarlada *Drosophila melanogaster*, *Liriomyza trifolii*, *Helicoverpa armigeria*, *Frankliniella occidentalis* gibi çeşitli türlerde Spinosad direncinin geliştiği bildirilmiştir. Spinosad'a direnç gelişiminin aynı sınıfta yer alan Spinetoram ve diğer spinosynlere karşı da dirence yol açtığı bildirilmektedir. *D. melanogaster* üzerinde tespit edilen Spinosad direnci, aynı zamanda Spinetoram ve 21-butenil spinosyn türevine karşı da hemen hemen aynı düzeylerde direnç gelişimine yol açmıştır. Benzer şekilde, Spinosad'a-dirençli *Plutella xylostella* ve *H. virescens*, spinosyn analoglarına ve Spinetorama eşdeğer çapraz direnç göstermiştir. Başka bir çalışmada da *P. xylostella*'nın CH1 ırkı Spinosad'a karşı oldukça dirençli bulunmuştur ve Abamectin'e karşı yüksek seviyelerde çapraz direnç göstermiştir. Spinosad direncinin biyokimyasal temeli bir dizi çalışmanın konusu olmuştur. Spinosad'a direnç mekanizmalarını içeren 12 farklı çalışma incelendiğinde, bunların üçte ikisinde (%67) hedef bölge direncinin, %25'inde metabolik direncin ve %8'inde birden fazla mekanizmanın rol oynadığı görülmüştür. Bu nedenle, genel olarak spinosynlere karşı en yaygın direnç mekanizmasının hedef bölge mutasyonuyla ilgili olduğu belirtilmiştir. *D. melanogaster* üzerinde yapılan çalışmalarda, Spinosad direncinin oluşmasında rol oynayan mekanizmanın nAChR'nin D□6 alt biriminin direnç ile ilişkili olmasından dolayı hedef bölgeye dayalı olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, *P. xylostella*, *M. domestica*, *H. virescens* türleri ile yapılan çalışmalarda da Spinosad direncinin sinerjistler tarafından etkilenmediği ve hedef bölge bazlı direnç mekanizmalarına işaret ettiği gözlemlenmiştir. Spinosad'a yüksek dirençli İspanya'daki *F. occidentalis* ile yapılan çalışmalarda da direncin metabolik temelli olmadığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, Çin'de *F.*

occidentalis türünde yapılan çalışmada da Spinosad direncinin mekanizması için hedef bölge mutasyonuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. *Spodoptera exigua*, *P. xylostella* ve *H. armigera*'daki Spinosad direncine ilişkin birkaç yeni çalışma, metabolik temelli bir direnç mekanizmasının varlığına işaret etmektedir. Ancak spinosynlere karşı direncin metabolik mekanizma ile gerçekleştiği birkaç örnek olsa da yapılan çalışmaların çoğu, hedef bölge tabanlı mekanizmaları desteklemektedir.

Çoğu araştırmada *F. occidentalis*'de Spinosad direncinin hedef yer mutasyonundan kaynaklandığı ortaya çıkarılmıştır. Fakat bunun yanında metabolik direnç mekanizmasının da Spinosad direncinde rol oynadığına ilişkin önemli bir çalışma Herron vd. (2014) tarafından yapılmıştır. Spinosad, Avustralya'da *F. occidentalis*'i kontrol etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır ancak direnç nedeniyle Spinosad'ın başarısı tehlikeye girdiği için Herron vd. (2014) tarafından Avustralya'da *F. occidentalis* türünde Spinosad direnci ve bu dirence yol açan mekanizmaların hangileri olduğunu ortaya çıkarmak için araştırma yapılmıştır. Esterazların, Spinosad direncinde bir rolü olup olmadığını araştırmak için Spinosad'a-dirençli bir *F. occidentalis* popülasyonu üzerinde çalışma yapılmıştır. PBO sinerjistiyle ve esteraz enzimleriyle yapılan testlere göre Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonunda esterazın bir direnç mekanizmi olarak rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Dubovskiy vd. (2013) entomopatojen kökenli funguslara karşı böceklerdeki direnç mekanizmalarını, *Galleria mellonella* (büyük balmumu güvesi)'nın melanik bir popülasyonu üzerinde çalışmışlardır. *Galleria mellonella* larvaları entomopatojen kökenli fungus *B. bassiana* ile devamlı seleksiyona uğratıldığında, 25. generasyonunda, *B. bassiana*'ya karşı ciddi anlamda direnç geliştirmiştir fakat başka bir entomopatojen kökenli fungus olan *Metarhizium anisopliae*'ye karşı direnç geliştirmemiştir. Bu çalışma bir böcek türünde entomopatojen kökenli fungus'a karşı direnç gelişebileceğini göstermektedir.

Wu vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada *F. occidentalis*'e karşı *B. bassiana*'nın 28 farklı izolatı test edilmiştir ve SZ-26 popülasyonunun potansiyel olarak en etkili olduğu bulunmuştur. Bu popülasyon, ergin *F. occidentalis*'de $1x10^7$ ml^{-1} dozunda 4 gün sonunda %96'lık bir ölüme yol açmıştır. Bu SZ-26 popülasyonunun *Neoseiulus (Amblyseius) barkeri* (predatör akar)'nin yumurta bırakma sayısı, ömür uzunluğu ve canlılığı üzerindeki etkisi laboratuvar testleriyle çalışılmıştır. Laboratuvar test sonuçlarına göre: SZ-26 popülasyonu $1x10^7$ ml^{-1}konidi dozu ile predatörün larva ve erginine uygulandıktan 10 gün sonra sırasıyla %4 ve %8'den daha az ölüme yol açtığı görülmüştür. Ölmüş olan predatörler üzerinde herhangi bir misel görülmemiştir. SZ-26 ırkı uygulanan *F. occidentalis* ilk dönem larvası besin olarak verilen predatör akarın ovipozisyon (yumurtlama süresi) ve postovipozisyon (yumurtlamadan sonraki) ömür uzunluğu, yumurta bırakma sayısında uygulama yapılmayan predatöre göre önemli bir fark bulunmamıştır. Bu bulgulara zıt olarak preovipozisyon (yumurta bırakma öncesi) süresi önemli düzeyde uzamıştır. Elektron mikroskobu üzerindeki gözlemlere göre konidiler, *F. occidentalis*'in kütikulasına uygulamanın ardından 2 saatlik bir sürede tutunduktan sonra 24 saat içerisinde kütikulanın içerisine doğru germ tüpü oluşturmakta 36 saat sonra da böcek kütikulasına penetrasyon yapabilmektedir ve sonunda tüm böcek vücunda 60 saat içerisinde fungal kolonizasyon gerçekleşmektedir. Buna zıt olarak, *B. bassiana*'nın SZ-26 ırkının konidileri predatör akarın kütikulasında penetrasyon yapabildiği asla görülmemiştir ve predatör akarın vücudu üzerinden çimlenmeden atıldığı

veya düştüğü gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada *B. bassiana*'nın SZ-26 ırkının *F. occidentalis*'e karşı yüksek etki gösterirken predatör akara karşı herhangi patojenisite göstermediği gözlemlenmiştir.

Wang vd. (2015) *F. occidentalis*'in Çin'de 6 insektisite karşı direnç durumunu araştırmışlardır. Araştırmalarında Spinosad, Spinetoram, Cyantraniliprole, Imidacloprid, Acetamiprid ve Pyriproxyfen'e yer vermişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda Shouguang popülasyonunda Spinosad ve Spinetoram'a karşı sırasıyla 15.64 ve 17.29-kat direnç tespit edilmiştir. Pekin bölgesindeki Daxing ve Shouguang'dan gelen popülasyonlarda Cyantraniliprole'ye karşı sırasıyla 11.74 ve 13.64-kat direnç bildirilmiştir. Pyriproxyfen'e karşı 127.58-kat daha dirençli olan Shouguang popülasyonu dışında, tüm popülasyonlarda Imidacloprid, Acetamiprid ve Pyriproxyfen'e karşı düşük bir direnç gözlemlenmiştir. Shouguang popülasyonu, test edilen popülasyonlar arasında en yüksek dirence sahip popülasyon olarak bulunmuştur. Bu çalışmada test edilen insektisitlere karşı popülasyonlar arasında direnç varyasyon göstermiştir. Spinosad ve Spinetoram entegre mücadele programları için en etkili insektisitler olarak tavsiye edilmiştir. Direnç gelişim riskini azaltmak için direnç yönetim stratejilerinin uygulanması bildirilmiştir.

Dong-gang vd. (2016) Doğu Çin'deki *F. occidentalis* tarla popülasyonlarında Spinosad direncinin durumunu 24 farklı popülasyon üzerinde araştırmışlardır. Tüm popülasyonlar Spinosad'a karşı önemli ölçüde dirençli bulunmuştur. Shandong Eyaletindeki Shouguang ve Liaocheng'den iki popülasyon, sırasıyla ortalama 17.0 ve 89.2-kat dirençli bulunmuştur. Ayrıca Shandong Eyaletindeki Shouguang ve Liaocheng'den gelen popülasyonlar sırasıyla Spinosad'a orta ve yüksek düzeyde direnç göstermiştir. Bu çalışmada test edilen tüm tarla popülasyonlarının, Spinosad'a karşı önemli ölçüde direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, *F. occidentalis* tarla popülasyonlarında gelişen direnç yüzünden Spinosad'ın etkinliğinde bir zayıflama olduğunu göstermiştir ve direnç yönetim stratejilerinin uygulanması gerektiği kanısına varılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1.Tez çalışması kapsamında kullanılacak aktif maddelerin belirlenmesi

Bu çalışmada Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı tavsiye listelerinde yer alan farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki bitki koruma ürünlerinin ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Araştırmamızda entomopatojen funguslardan ve bitkisel içerikli biyoinsektisitlerden birer aktif maddeye yer verilmesi, ayrıca iki etken madde içeren ilaçları temsilen bir tanesinin dahil edilmesi planlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda Tarım ve Orman Bakanlığı'nın bitki koruma ürünü veri tabanında *F. occidentalis* için ruhsatlı ilaçlar listesinden (Çizelge 2.1'de) seçimler yapılarak hangi ilaçların tez kapsamında ayrıntılı olarak ele alınacağını belirlemek üzere laboratuvarda ön testler düzenlenmiştir. Laboratuvarda yaptığımız ön testlerde yer verilen bitki koruma ürünleri için makul olan en yüksek dozlarındaki ölüm oranları tespit edilmiştir. Bu ölüm oranları dikkate alınarak probit analizi yapılması ve LC verilerinin belirlenmesi için makul bir ölüm oranı dağılımı meydana getiren bitki koruma ürünleri (örneğin en yüksek dozda %50 ve üzerinde ölüme yol açma gibi) çalışmaya dahil edilmiştir. Laboratuvarda yapılan ön çalışmalarda, bu tez kapsamında detaylı olarak ele alınan bitki koruma ürünlerinin yanı sıra, bitkisel kökenli Azadirachtin ve entomopatojen kökenli *Verticillium lecanii* yüksek dozlarda elimizdeki *F. occidentalis* popülasyonu için test edilmiştir. Fakat her iki bitki koruma ürünü için de ölüm oranı %50'nin altında kalmıştır (Bitkisel kökenli Azadirachtin, tavsiye dozunun 20 katında ölüm oranı %40 ve entomopatojen kökenli *Verticillium lecanii* tavsiye dozunun 40 katında ölüm oranı %48'dir). Bu nedenle bitkisel kökenli bir aktif maddeye yer verilememiştir. Bunun yerine hala tavsiyelerde yer alan karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride çalışmaya dahil edilmiştir. Ön çalışmalardan sonra tez kapsamında detaylı olarak ele alınacak aktif maddeler ve bunlara ilişkin daha fazla bilgi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmaya dahil edilen aktif maddeler ve bu aktif maddelere ilişkin ayrıntılı bilgiler

Aktif Madde ve Formülasyonu	Ticari ismi, Kullanılan tavsiye dozu ve Türkiye'de ilk ruhsat tarihi	IRAC'a göre etkili maddenin bağlı olduğu sınıf (numarası) ve etki şekli
480 g/l Spinosad, SC	Laser, 20 ml/da Dow Agro Sciences (**19.11.1998**)	Spinosyn (5), Sinir sistemi üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörlerini (nAChR) aktive edici etki
%7,16 *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-Irkı (min.2.3x10^7), SC	Dopteril, 150 ml/100 L su Boyut Dış Ticaret (**19.08.2009**)	Etki mekanizması bilinmeyen ve açık olmayan fungal etmenler
22.5 g/l Acrinathrin+12.6 g/l Abamectin, EW	Tripsol, 125 ml/100 L su FMC (**01.03.2016**)	3A,6 Sodyum kanalı modülatörleri aktive edici etki, Sinir ve kas sistemi üzerinde Glutamat-kapılı klorid kanalı (GluCl) allosterik modülatörleri aktive edici etki
%50 Formetanate hydrochloride, SP	Dicarzol 50 SP, 100 g/100 L su AMC-TR (**06.04.2009**)	1A, Sinir sistemi üzerinde Asetilkolinesteraz (AChE) inhibitörlerini aktive edici etki

3.1.2. Laboratuvar testleri için kullanılan bitkiler

İnsektisit testlerinde fasulye (*Phaseolus vulgaris*) yaprakları kullanılmıştır. Fasulye bitkileri, 24±2°C sıcaklık ve 16:8 saat (aydınlık: karanlık) gün uzunluğundaki iklimlendirme şartlarına sahip olan iklim odasında üretilmiştir. Öncelikle torf ve perlit karışımı plastik bardaklara doldurulmuştur. Fasulye tohumları bu torf ve perlit karışımı üzerine ekilmiştir (Şekil 3.1a) ve periyodik aralıklarla sulanarak yaklaşık 2 hafta sonra testler için kullanılabilecek fasulye yaprakları elde edilmiştir (Şekil 3.1b, c, d). Fasulye bitkileri yetiştirilmesinde ilaçsız tohumlar kullanılmıştır.



Şekil 3.1. a) Fasulye tohumlarının ekilmesi **b); c); d)** İnsektisit testleri için gerekli olan fasulye bitkisinin tohumdan 2 haftalık bitki haline kadar olan gelişimi

3.1.3. Çalışmada kullanılan *Frankliniella occidentalis* popülasyonları

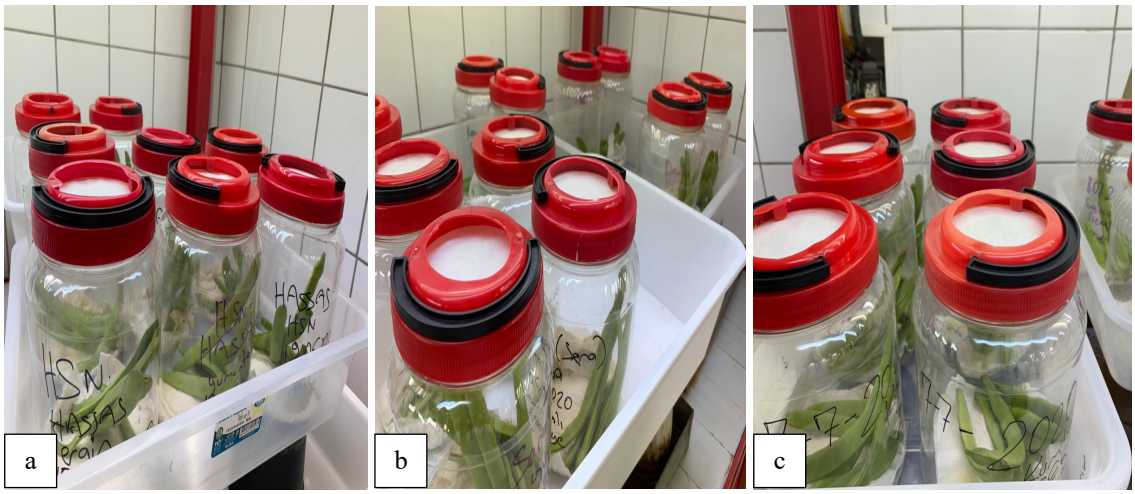
Tez kapsamında kullanılan popülasyonlar aşağıda detaylı olarak belirtilmiştir. Popülasyonların tür teşhisleri Tunç ve Göçmen (1995); Doğanlar ve Aydın (2009); Cluever vd. (2015)'e göre yapılmıştır.

Duyarlı Popülasyon: Afyonkarahisar'dan 2017 yılında elde edilen bir popülasyon önceki çalışmalarda Spinosad'a karşı duyarlı olduğu tespit edilmiş ve bu çalışmada Duyarlı *F. occidentalis* popülasyonu olarak kullanılmıştır.

Kumluca 2020 Popülasyonu: 2020 yılında yoğun şekilde Spinosad uygulaması yapılan bir seradan alınan *F. occidentalis* popülasyonudur. Bu popülasyon laboratuvar testleri sonucunda Duyarlı popülasyona göre 197.6-kat direnç göstermiştir. Kumluca 2020 popülasyonu, Kumluca bölgesinde bir üretici serasından *F. occidentalis* popülasyonun yoğun olduğu temmuz ayında kullanılmak üzere yeni bir popülasyon toplanmıştır. En az 450-500 kadar ergin thrips özellikle çiçek içlerinden (Şekil 3.4a) çırpılma işlemi ile toplanarak havalandırma aralığı bulunan koruma kaplarına alınmıştır (Şekil 3.3a, b). Toplanan ergin thripsler aynı gün içerisinde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarına getirilmiştir. Toplanan ergin thripsler laboratuvar ortamında temiz bir zemin üzerinde daha önceden hazırlanan temiz üretim kaplarına (Şekil 3.4b) ağız aspiratörü yardımıyla çekilerek aktarma işlemi yapılmıştır (Şekil 3.5a, b). Aktarması tamamlanan thrips üretim kapları iklim odasında muhafaza edilmeye başlanmıştır.

Spinosad'a-dirençli Popülasyon (selekte): Spinosad'a önemli ölçüde dirençli olduğu tespit edilen Kumluca 2020 popülasyonu, tez kapsamındaki testlerde Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu olarak kullanılmıştır. Bu popülasyon Spinosad'a direnç düzeyini koruması ve büyük ölçüde Spinosad'a-dirençli genotiplerden oluşması için diğer aktif maddeler ile test yapılana kadar seleksiyona tabi tutularak muhafaza edilmiştir.

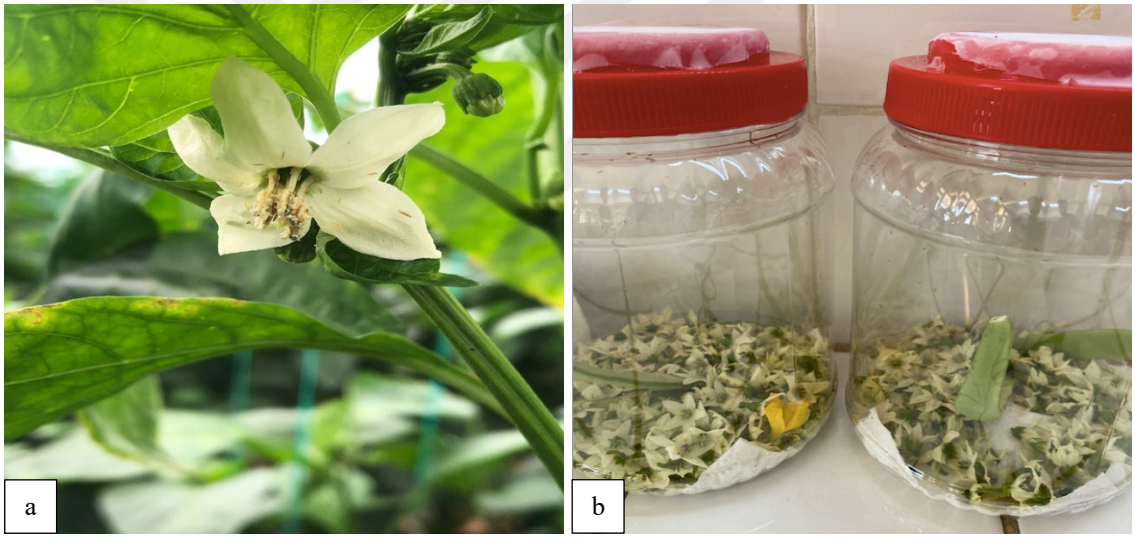
Çalışmada kullanılan *F. occidentalis* popülasyonları Duyarlı popülasyon, Kumluca 2020 popülasyonu ve Spinosad'a-dirençli popülasyon sırasıyla (Şekil 3.2a, b, c) gösterilmiştir.



Şekil 3.2. a) Duyarlı popülasyon **b)** Kumluca 2020 popülasyonu **c)** Spinosad'a-dirençli popülasyon



Şekil 3.3. *Frankliniella occidentalis* erginlerinin **a)** biber **b)** patlıcan bitki yaprağı ve çiçeği çırpılarak temiz üretim kaplarına toplanması



Şekil 3.4. a) Biber bitkisi çiçeğinde gezinen *Frankliniella occidentalis* erginleri
b) İçerisinde *Frankliniella occidentalis* erginleri olan çiçeklerin toplandığı üretim kapları



Şekil 3.5. a) Ağız aspiratörü yardımıyla çekilen *Frankliniella occidentalis* erginleri
b) Temiz kap içerisine bırakılan *Frankliniella occidentalis* erginleri ve fasulye meyveleri

3.1.4. Diğer materyaller

Tez kapsamında kullanılan diğer materyaller şunlardır: Plastik bardaklar, plastik kaşıklar, plastik kaplar, tek kullanımlık eldiven, filtre kağıdı, hassas terazi, mikropipet, puar, cam pipet, cam beher, 3 cm çaplı petri, makas, maket bıçağı, çelik yaprak disk kesici, yumuşak pens, streç film, böcek iğnesi, ağız aspiratörü, su agarı (Merck Agar-agar ultrapure), triton X-100, sodyum hipoklorit, şeker, fasulye meyvesi, fasulye tohumu, torf, perlit, CO_2 gazı ve stereo mikroskop (Şekil 3.6a, b).



Şekil 3.6. a); b) Kullanılan diğer materyallerden bazıları (mikropipet, yumuşak pens, cam beher, stereo mikroskop, hassas terazi, CO_2 gazı vb.)

3.2. Metot

3.2.1. *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarının üretimi

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının çoğaltılması, daha önceki çalışmalarda Steiner ve Goodwin (1998), Murai ve Loomans (2001), Espinosa vd. (2002) ve Dağlı (2018), tarafından bu tür için kullanılan üretim yöntemine göre yapılmıştır. *F. occidentalis* popülasyonlarının üretimi için taze fasulye meyveleri üretim kaplarına eklenmeden önce steril hale getirilmesi gerektiği için yaklaşık 2-3 dakika (2 g/l'lik) sodyum hipoklorit çözeltisi ile dezenfekte edilip saf su ile iyice durulandıktan sonra (10 g/l) şeker çözeltisine bırakılmıştır. Bu aşamadan sonra fasulye meyveleri kuruması için bir süre bekletilmiştir (Şekil 3.7a) ve üretim kaplarına konulabilecek hale getirilmiştir. Popülasyonlardaki thripslerin yumurtlamaları ve beslenmeleri için (kültürler içinde önceki fasulyelerin durumuna bakılarak) 2 veya 3 gün aralıklarla yeni hazırlanmış fasulye meyveleri üretim kaplarına eklenmiştir. Bu popülasyonlar ve test edilen thripsler, 23±1 ºC sıcaklık, 16:8 (aydınlık: karanlık) fotoperiyot ve %65±5 neme sahip iklim odasında muhafaza edilmiştir.

Frankliniella occidentalis popülasyonlarının üretimi için şeffaf plastik kaplar kullanılmıştır. Bu kaplar hazırlanırken kapak bölümünün üzerinin bir kısmı kesilerek thripslerin hava alabilmesi için filtre kağıdı yapıştırılmıştır. Böylece dış ortam ile kap arasındaki hava alışverişi sağlanmıştır. Thrips üretimi sürecinde üretim kapları içerisinde fazla nem olmamasına dikkat edildiği için 4-5 adet fasulye meyvesi bulundurulmuştur. Bu üretim kapları içerisine bırakılan *F. occidentalis* erginlerinin fasulyelere yumurta bırakması sağlanmıştır. İçerisinde yumurta bırakıldığı bilinen fasulyeler ergin bulunan kaplardan alınarak, zemininde (pupa dönemlerini geçirmeleri için) 3-4 kat havlu kağıt ile hazırlanan başka bir üretim kabına aktarılmıştır. Yeni üretim kaplarına alınan yumurtalı fasulyelerde bir süre sonra yumurtalar açılarak larva evresi görülmüştür. Larvalar, fasulye meyveleri ile beslenip daha sonrasında kağıt havlu katmanları arasında pupa evrelerini tamamlayarak ergin evreye ulaşmışlardır. Thrips kültürlerinin devamlılığı için yukarda belirtildiği gibi hazırlanan fasulye meyveleri 2-3 gün aralıklarla üretim kaplarına ilave edilmiştir (Şekil 3.7b). Üretim kaplarına yeni fasulyeler eklendiğinde kötü durumdaki eski fasulye meyveleri de kaplar içerisinden alınmıştır. *F. occidentalis* popülasyonlarının daha fazla sayıda artışı için fasulye meyvelerine ek olarak zaman zaman *F. occidentalis* erginlerinin olduğu kapların içerisine küçük noktacık şeklinde bal verilmiştir. Ayrıca yine popülasyon artışı sağlamak için *F. occidentalis* larvalarının olduğu kapların zeminine az miktarlarda çam poleni dökülmüştür.



Şekil 3.7. a) Thripslerin beslenmesi için sterilize edilmiş taze fasulye meyveleri **b)** Taze fasulye meyveleri konulan thrips üretim kapları

3.2.2. Çalışma kapsamında uygulanan test yöntemleri

Tez çalışmalarında ulaşılması istenen verilerin tespiti için aşağıdaki test yöntemleri uygulanmıştır:

3.2.2.1. *Frankliniella occidentalis* popülasyonu üzerinde spinosad ile seleksiyon uygulaması

Kumluca'dan alınarak iklim odasında üretilen Kumluca 2020 *F. occidentalis* popülasyonu laboratuvarda yapılan testlerde, Duyarlı popülasyona göre Spinosad'a karşı 197.6-kat kadar yüksek düzeyde dirençli olduğu tespit edilmiştir. Spinosad'a yüksek düzeyde dirençli olan bu popülasyon Spinosad'ın tavsiye dozu ve 1/10 katlarında en az 4 defa seleksiyona maruz bırakılmıştır ve böylece içerisinde çoğunlukla Spinosad'a-dirençli genotiplerden oluşan bir popülasyon dizayn edilmeye çalışılmıştır. Seleksiyon işlemi kısaca Spinosad'ın tavsiye dozu (96 mg akt.md /L) ve 1/10 kat dozu (9.6 mg akt.md /L) ile muamele edilen fasulye meyveleri kullanılarak yapılmıştır. Her seleksiyon uygulamasından sonra canlı kalan thripsler alınarak bir sonraki seleksiyon döngüsü için çoğaltılmıştır. Bu popülasyon Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu (Şekil 3.8a, b) olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.8. a); b) Spinosad'a-dirençli *Frankliniella occidentalis* popülasyonu

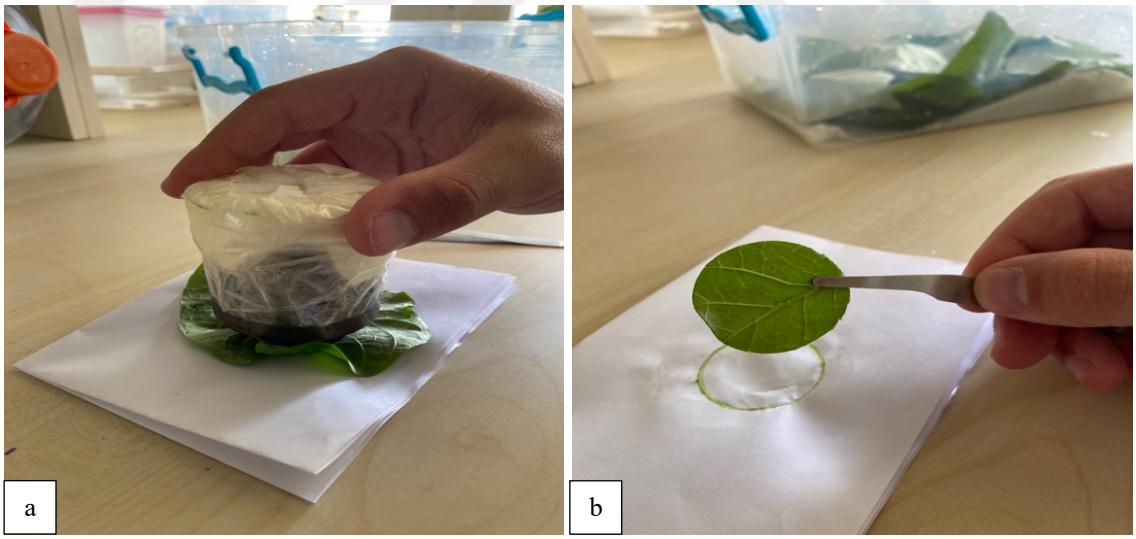
3.2.2.2 Popülasyonlarda spinosad ile insektisit testi

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan *F. occidentalis* popülasyonlarında direnç düzeyinin belirlenmesi için öncelikle Duyarlı ve Spinosad'a-dirençli popülasyonların LC verileri Zhang vd. (2008) ve Dağlı (2018) tarafından kullanılan metod ile tespit edilmiştir. Spinosad için kullanılan test metodunun ayrıntıları şöyledir: Popülasyonlar için %0-%100 arasında ölüm meydana getiren 4-6 doz serisi Tx-100 (100 mikrolitre /L) içeren saf su içerisinde hazırlanmıştır (Şekil 3.9). Spinosad için kullanılan doz serisi: 0.096, 0.96, 9.6, 96, 960 mg(akt.md) /L'dir. Söz konusu dozlar sırasıyla tavsiye dozunun 1/1000 katı, 1/100 katı, 1/10 katı, kendisi, 10 katına karşılık gelmektedir. Testlerde kullanılacak yaprak disklerinin elde edilmesi için iklim odasında yetiştirilen fasulye bitkileri yaprakları kullanılmıştır. Bu yapraklardan çelik bir kesici disk yardımıyla 3 cm çapında yaprak diskleri elde edilmiştir (Şekil 3.10a, b). Bu yaprak disklerinin elde edilmesi aşamasında kullanılacak yapraklar zemininde ıslatılmış havlu kağıt bulunan bir ortamda muhafaza edilmiştir. Fasulye yaprak diskleri hazırlanan ilaç konsantrasyonlara 5 saniye daldırılarak (Şekil 3.11a, b) 1-2 saat boyunca nemli bir kağıt havlu üzerinde (yaprak disklerinin alt yüzü üste gelecek şekilde) kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.12). Daha sonra agarlı ortam hazırlamak için bir cam beher içerisinde saf su ile (%1.5-2'lik) karıştırılan su agarı mikrodalga fırında kaynatılmıştır. Kaynama işlemi tamamlanan sıcak agarın ılıması için 20-30 dakika bir süre beklenmiştir (Şekil 3.13a, b). Ilık duruma gelen agar sıvı formda 3 cm çaplı petri kaplarının zeminine dökülmüştür. Kurumaya bırakılan fasulye yaprak diskleri, petri içerisine dökülmüş olan agarın üzerine katı faza geçmeden hemen önce yerleştirilmiştir (Şekil 3.14a, b, c). Popülasyonlardan ağız aspiratörü ile toplanan ergin dişi thripsleri geçici olarak hareketsiz hale getirmek için CO_2 gazı kullanılmıştır (Şekil 3.15a, b). Geçici süre bayıltılan thripsler hazırlanmış olan insektisit test hücrelerinin içerisine kontrollü bir şekilde boşaltılmıştır. Petrilere bırakılan thripslerin kaçmaması için üzeri streç film ile kapatılmıştır (Şekil 3.16a). Petrilerdeki thripslerin hava alması için streç üzerini ince uçlu bir böcek iğnesi ile küçük delikler açılmıştır (Şekil 3.16b). Kontrol olarak kullanılan muamelelerde ise yaprak diskleri sadece Tx-100'lü saf suya daldırılmıştır. Testlerde her bir farklı doz için 3-4 tekerrür kullanılmıştır. Bir tekerrür bir yaprak diski içeren test hücresinden meydana gelmektedir.

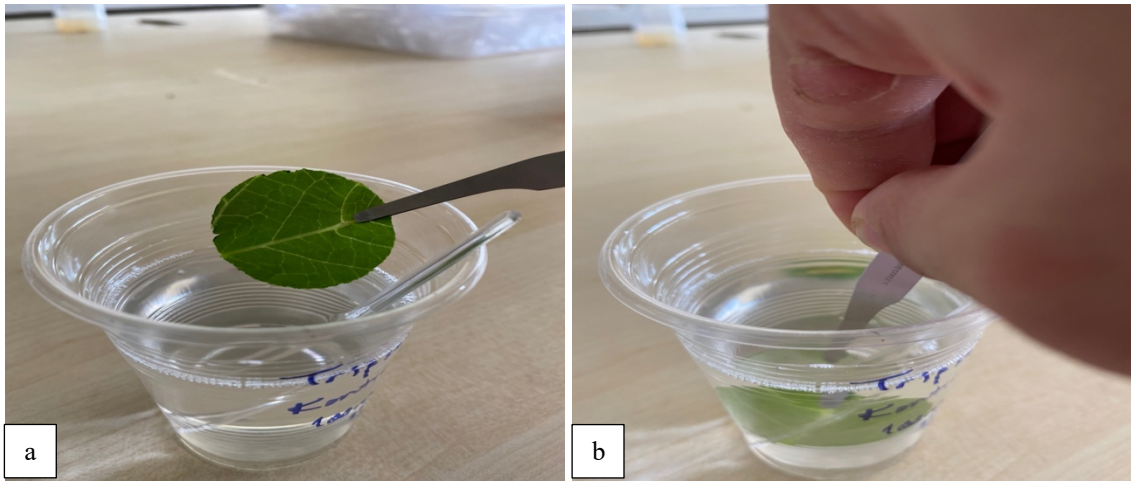
Her bir test hücresinde (petri) ortalama 15-20 adet veya daha fazla sayıda ergin dişi thrips kullanılmıştır (Şekil 3.17a, b). Canlı-ölü thrips sayıları, Spinosad ile yapılan testlerde 3 gün sonra stereo mikroskop kullanılarak belirlenmiştir. Sayım değerlendirmeleri yapılırken test hücreleri içerisinde fırça ya da iğne ile dokunulduğunda hareket eden thripsler canlı olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.18a, b).



Şekil 3.9. Spinosad ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi



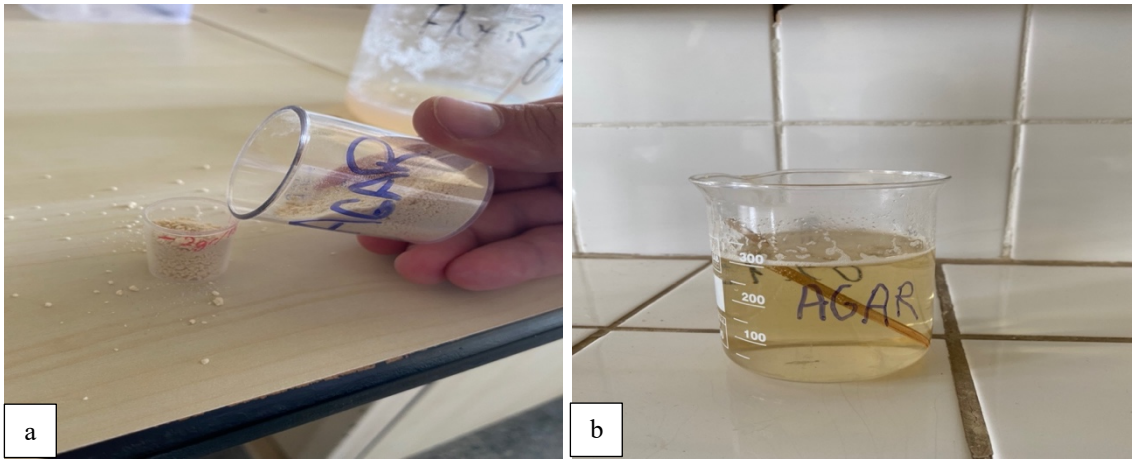
Şekil 3.10. a); b) Fasulye yapraklarından temiz bir zemin üzerinde çelik yaprak disk kesicisi ile 3 cm çapında diskler elde edilmesi



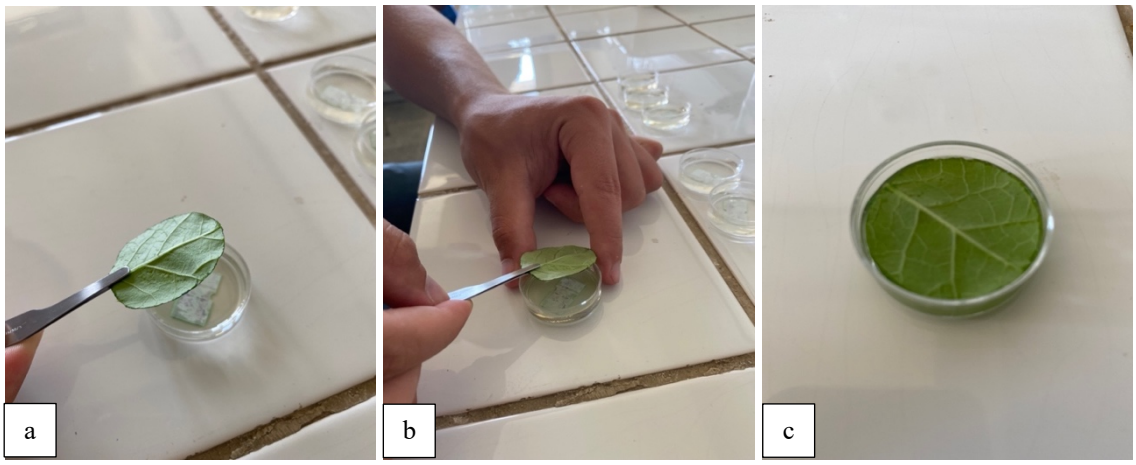
Şekil 3.11. a); b) Oluşturulan yaprak disklerinin hazırlanan ilaç konsantrasyonlarına 5 saniye daldırılması



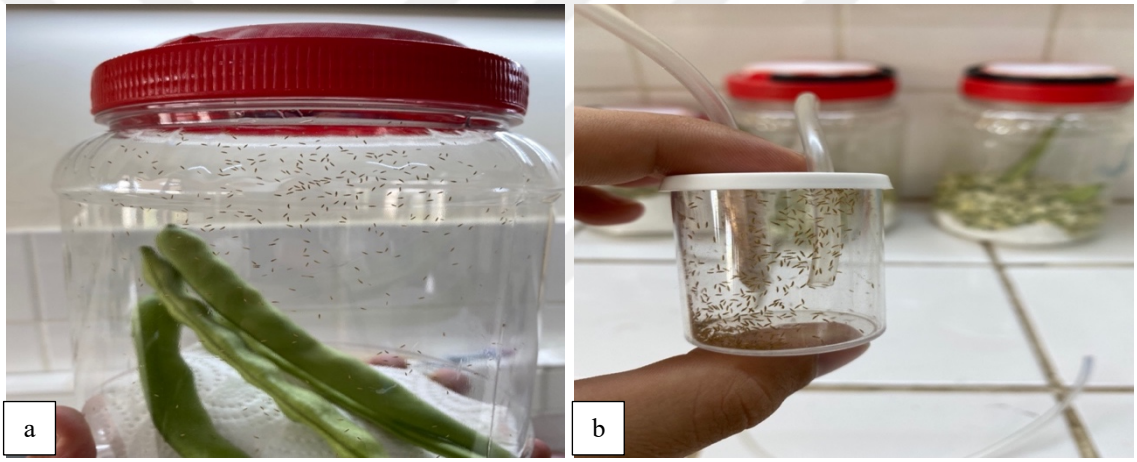
Şekil 3.12. İlaç konsantrasyonlarına daldırılan yaprak disklerinin kurumaya bırakılması



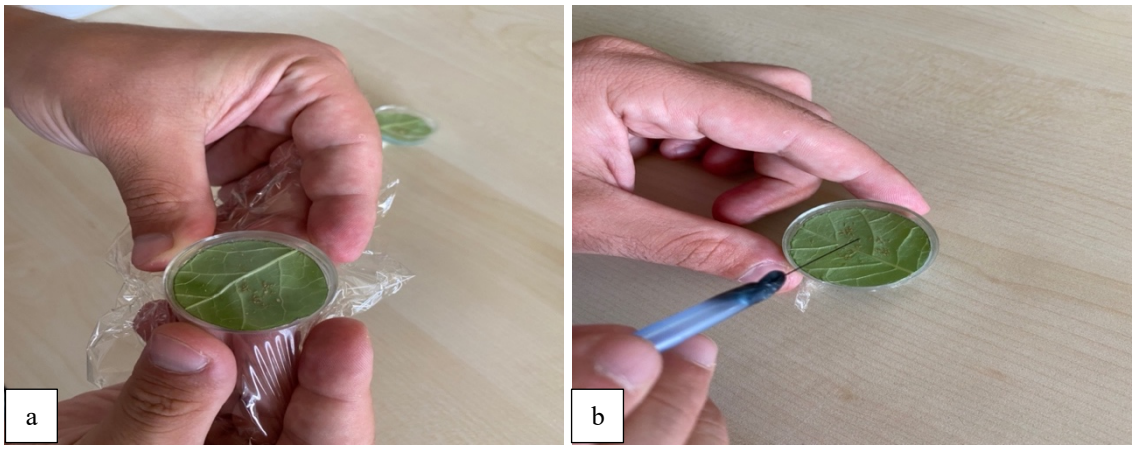
Şekil 3.13. a); b) Cam beher içerisinde saf su ile (%1.5-2'lik) agarın çözelti karışımı halindeki sıvı formunun oluşturulması



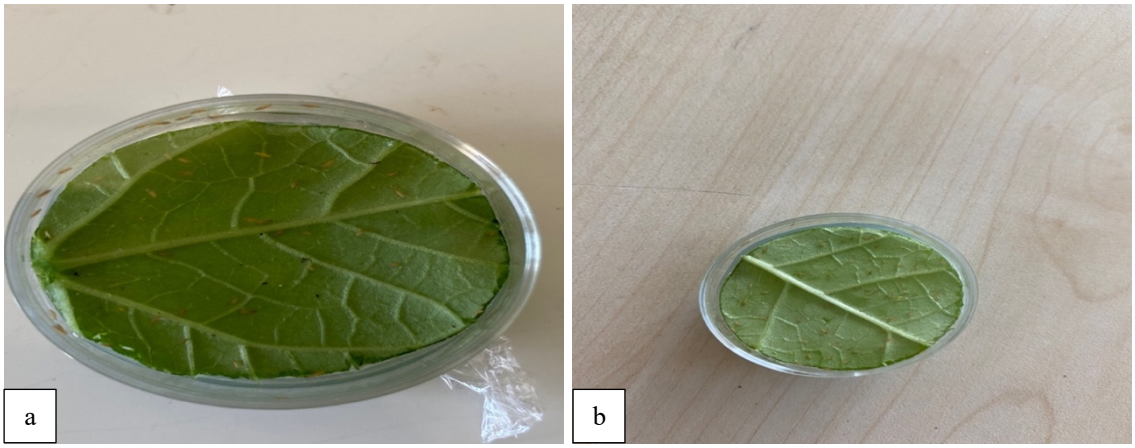
Şekil 3.14. a); b); c) Petrinin tabanına dökülen agar üzerine ilaç konsantrasyonuna daldırılan yaprak diskinin konulup yerleştirilmesi



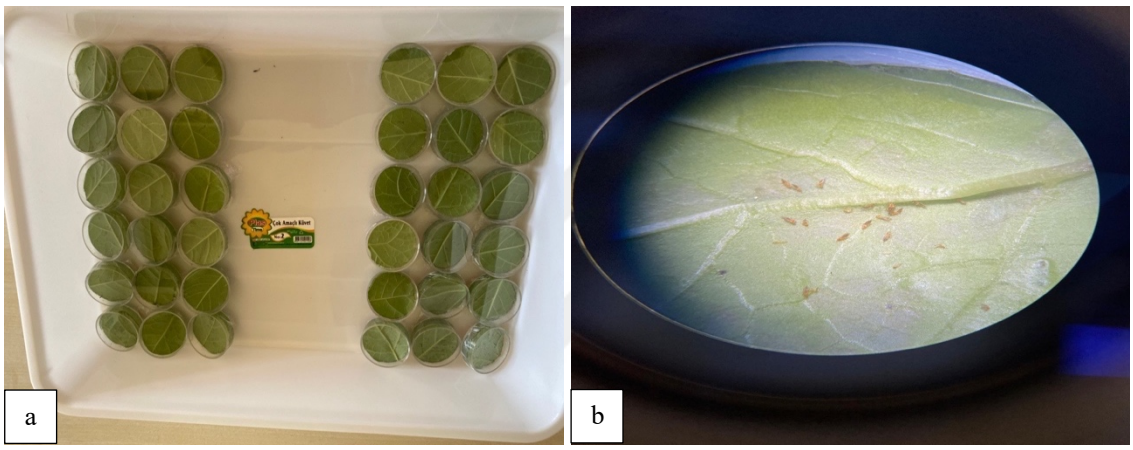
Şekil 3.15. a) Kaba aktarılan thripsler **b)** Ağız aspiratörü ile toplanıp CO_2 gazı ile geçici bayıltılan ergin dişi thripsler



Şekil 3.16. Test hücrelerinin **a)** streç film ile kaplanması **b)** hava alabilmesi için streç filmin üzerinin ince uçlu böcek iğnesi ile delinmesi



Şekil 3.17. a); b) Thripslerin ilaç kalıntılarına maruz bırakıldığı test hücreleri



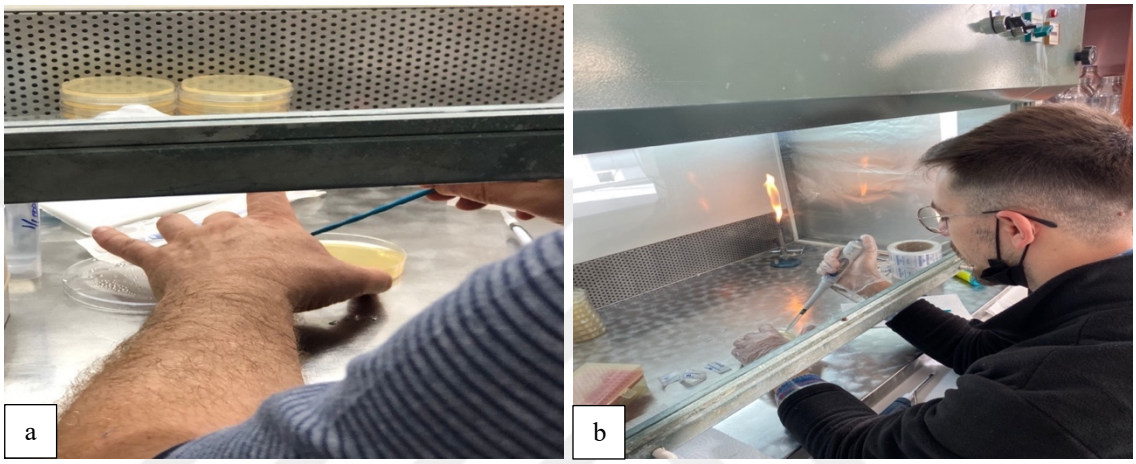
Şekil 3.18. a) Kalıntıya maruz bırakılan test hücreleri **b)** Petrilerdeki canlı-ölü ergin dişilerin stereo mikroskop ile sayımı

3.2.2.3 Popülasyonlarda *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı için laboratuvar testi

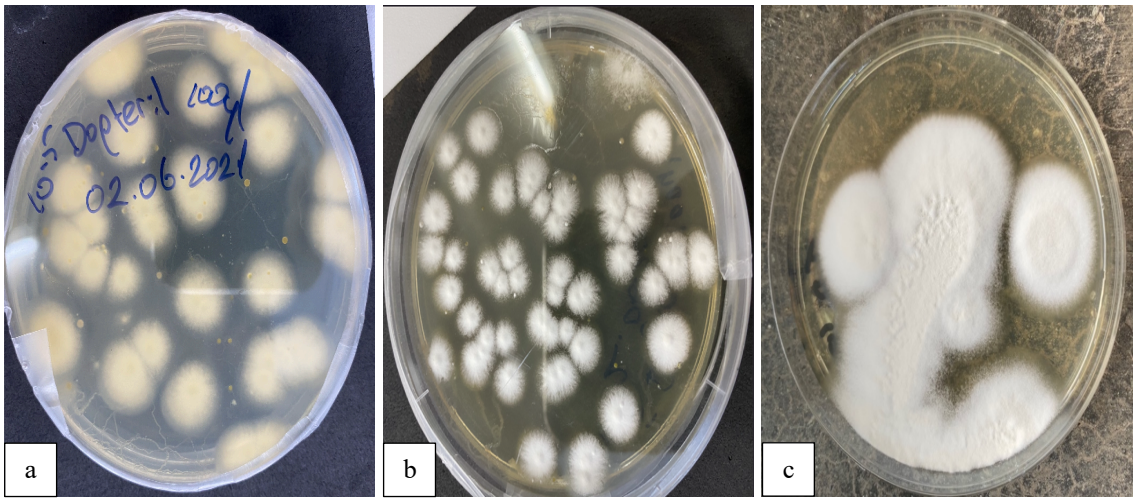
Diğer kimyasal ilaçların içeriğindeki etken madde oranından farklı olarak, entomopatojen kökenli fungus olan *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının aktif içeriği, içerisindeki çimlenebilen spor oranıdır. Bu amaçla öncelikle çalışmada ele alınan *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının çimlenme oranı belirlenmiştir. Bu amaçla Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Özer ÇALIŞ kontrolünde (Şekil 3.19a, b) *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı PDA ortamına ekilerek belirli dozdaki çimlenebilen spor oranı bulunmuştur (Şekil 3.20a, b, c). Buna göre *F. occidentalis* için önerilen etiket dozundaki (150 ml/100 L su) canlı spor miktarı ml'de 1.6×10^{8} adet olarak kabul edilmiştir.

Entomopatojen özellikteki bu fungusun potansiyel etkisini tam olarak yansıtması için hem hedef organizmaya doğrudan temas etmesi hem de gezindiği yaprak üzerinde de kalıntılara temas etmesi gerektiği göz önüne alınmıştır. Bu yüzden testlerde topikal+kalıntıya maruz bırakma yöntemi birlikte kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile insektisit test metodu kısaca şu aşamalardan meydana gelmektedir: Popülasyonlar için %0-%100 arasında ölüm meydana getiren 4-6 doz

serileri hazırlanmıştır (Şekil 3.21a, b). *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı için kullanılan doz serileri: $1.6x10^6$, $1.6x10^7$, $1.6x10^8$, $8x10^8$, $1.6x10^9$, $3.2x10^9$ spor /ml'dir. Söz konusu dozlar sırasıyla tavsiye dozunun 1/100 katı, 1/10 katı, kendisi, 5 katı, 10 katı ve 20 katına karşılık gelmektedir. Entomopatojen bir formülasyon olan söz konusu bitki koruma ürününden homojen olacak şekilde bir konsantrasyon serisi hazırlamak için 50 ml'lik falcon tüpler kullanılmıştır. Formülasyonun içeriğini daha güvenilir temsil etmesi için tavsiye dozunun 200 katı ($3.2x10^{10}$) alınarak saf su içeren bir falcon tüp içerisine stok hazırlanmıştır. Kullanılması gereken doz serileri bu stoktan saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır. Her seyreltmede en az 2-3 dakika hızlı bir şekilde çalkalanarak homojen konsantrasyonlar elde edilmiştir.



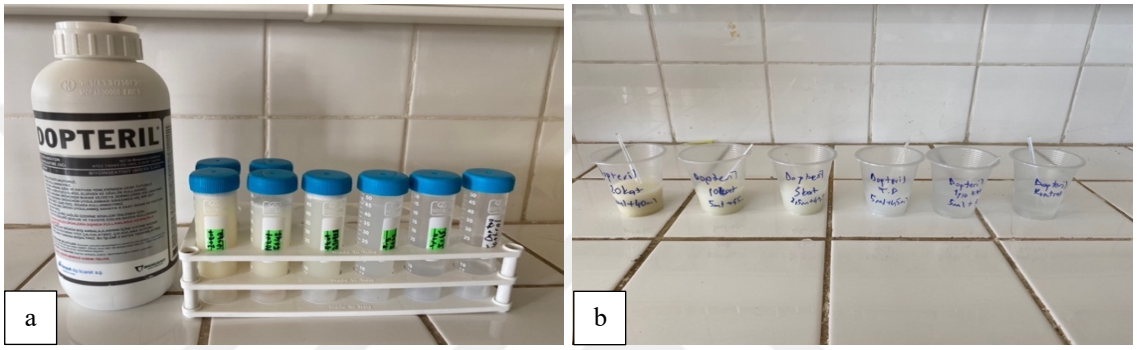
Şekil 3.19. a); b) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının PDA ortamına ekilmesi



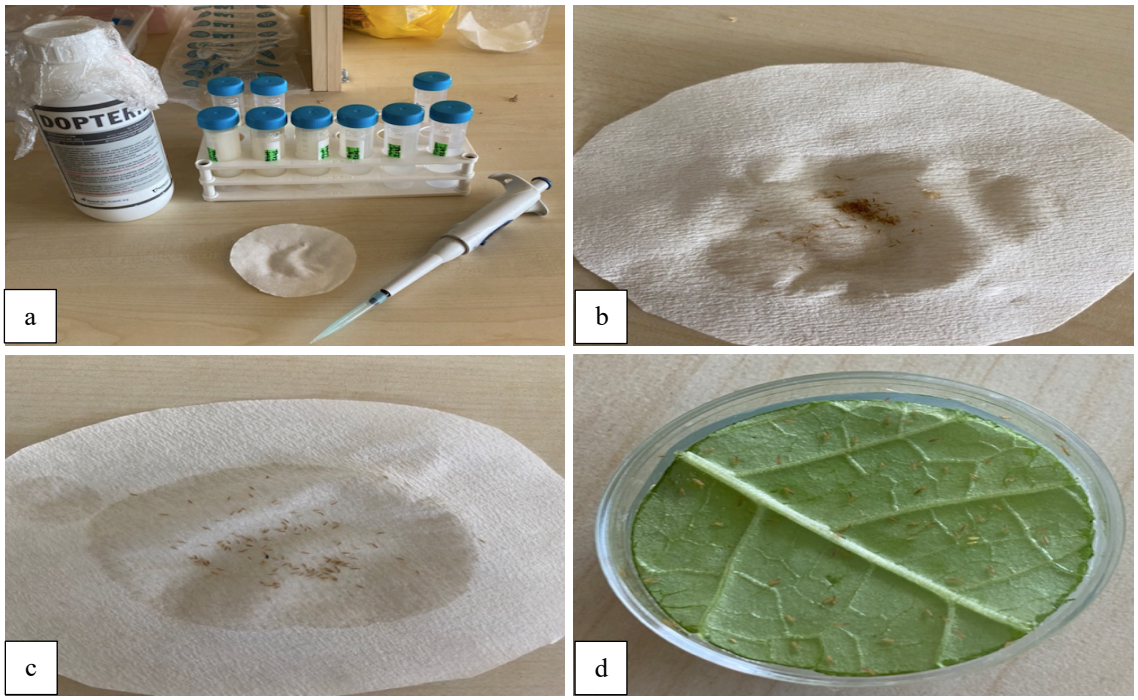
Şekil 3.20. a); b); c) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkının PDA ortamında sporlarının görüntülenmesi

Bu aşamadan sonra ilk olarak ilaç kalıntılı yaprak diskleri hazırlanmıştır daha sonra topikal uygulama işlemi yapılmıştır. İlaç kalıntılı yaprak diskleri elde etmek için kullanılan kalıntıya maruz bırakma yöntemi Spinosad testinde (kısım 3.2.2.2'de) olduğu gibi yapılmıştır. Kısaca yaprak diskleri hazırlanan doz serilerine daldırılıp kurutulduktan sonra agarlı test hücrelerine yerleştirilmiştir. Thripslere topikal uygulama (Şekil 3.22a)

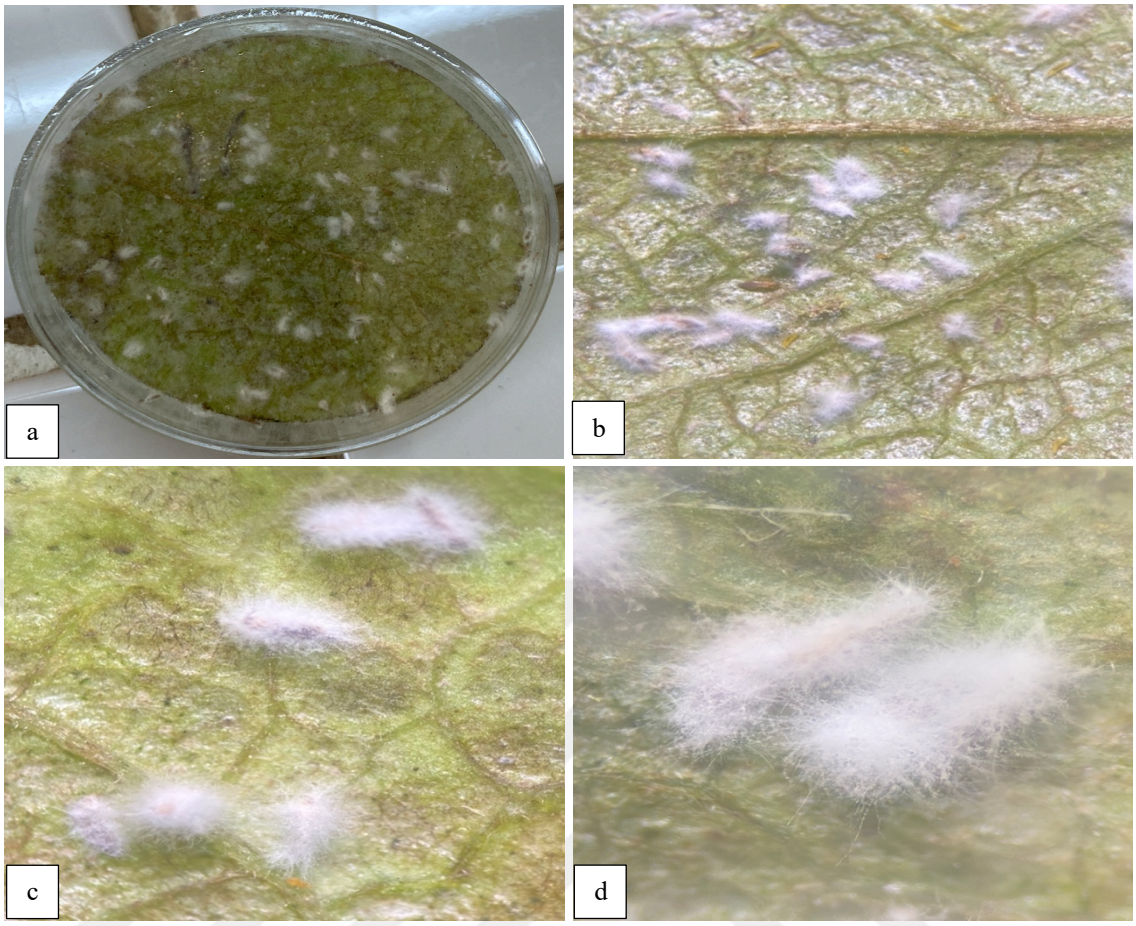
için popülasyonlar ağız aspiratörüyle toplandıktan sonra geçici süre CO_2 gazı ile bayıltılmıştır ve hareketsiz kalan thripsler bir filtre kağıdı ortasına bırakılmıştır (Şekil 3.22b, c). Hazır bulunan doz serileri baygın durumda olan ergin thripslerin üzerine (100 mikrolitrelik bir hacimde) mikropipet yardımıyla uygulanmıştır. Bu uygulamada thripslerin tamamının ilaç konstantrasyonu ile kaplanmasına özen gösterilmiştir. Muamele edilen ergin thripsler başlangıçta açıklanan ilaç kalıntılı yaprak diski üzerinde test hücreleri içerisinde teste tabi tutulmuştur (Şekil 3.22d) Canlı-ölü thrips sayıları uygulamalardan 5 gün sonra stereo mikroskop kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.23b). Bu süre sonunda ölü böceklerde bu entomopatojenin tipik beyaz hifleri (mikozis) görülmüştür (Şekil 3.23c, d). Sayım değerlendirmeleri yapılırken test hücreleri içerisinde fırça ya da iğne ile dokunulduğunda hareket eden thripsler canlı olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.23a).



Şekil 3.21. a); b) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serileri



Şekil 3.22. a); b); c); d) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile thrips üzerinde topikal uygulama işlemi sonrası test hücresine aktarma işlemi



Şekil 3.23. a); b); c); d) *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı yapılan test sonrasında 5.gün sayımında enfekteli thripslerin üzerinde oluşan beyaz mikozis yapılarının görüntülenmesi

3.2.2.4. Spinosad'a-dirençli *Frankliniella occidentalis* popülasyonu üzerinde *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyon uygulaması

Direnç gelişim potansiyelini belirlemek için *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonunun erginleri üzerinde 3 defa seleksiyon yapılmıştır. Seleksiyon işleminde popülasyonun bir kısmını hayatta bırakacak doz konsantrasyonu ön çalışmalarla belirlenmiştir. Buna göre seleksiyonda tavsiye dozu ($1.6x10^8$), tavsiye dozunun 5 katı ($8x10^8$) dozlarına maruz bırakılan ve hayatta kalan thripsler toplanarak yeniden bir sonraki seleksiyon için çoğaltılmıştır. Seleksiyon sonrasında popülasyonların LC değerleri belirlenmiştir. LC tespiti için bir önceki (3.2.2.3) kısımda detayları anlatılan test yöntemi kullanılmıştır.

3.2.2.5. Popülasyonlarda acrinathrin+abamectin ile insektisit testi

Acrinathrin+Abamectin için uygulanan test metodu kısım 3.2.2.2'de Spinosad için kullanılan yöntem ile büyük ölçüde aynıdır. Burada sadece kullanılan doz serileri farklıdır. Popülasyonların LC tespiti için Acrinathrin+Abamectin doz serisi (Şekil 3.24) şöyledir: 0.043875, 0.43875, 4.3875, 43.875, 438.75 mg(akt.md) /L. Söz konusu dozlar sırasıyla tavsiye dozunun 1/1000 katı, 1/100 katı, 1/10 katı, Tavsiye dozu ve tavsiye

dozunun 10 katına karşılık gelmektedir. Acrinathrin+Abamectin ile yapılan bu kısımdaki testin diğer işlem basamakları Spinosad testinde kullanılan işlem basamaklarıyla aynıdır.



Şekil 3.24. Acrinathrin+abamectin ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi

3.2.2.6. Popülasyonlarda formetanate hydrochloride ile insektisit testi

Formetanate hydrochloride için uygulanan test metodu kullanılan doz serileri hariç Spinosad ve Acrinathrin+Abamectin için kullanılan yöntem ile aynıdır. Popülasyonların LC tespiti için Formetanate hydrochloride doz serisi: 0.5, 5, 50, 500, 5000 mg(akt.md) /L'dir (Şekil 3.25). Söz konusu dozlar sırasıyla tavsiye dozunun 1/1000 katı, 1/100 katı, 1/10 katı, Tavsiye dozu, tavsiye dozunun 10 katına karşılık gelmektedir. Diğer işlem basamakları kısım 3.2.2.2'deki Spinosad testinde kullanılan işlem basamaklarıyla aynıdır.



Şekil 3.25. Formetanate hydrochloride ile LC belirlenmesi için hazırlanan doz serisi

3.2.2.7. Verilerin analizinde kullanılan yöntemler

Laboratuvar insektisit testlerinde elde edilen canlı-ölü thrips sayıları probit analiz programına (Probit analizi için LeOra Software, PoloPlus 2002-2015 Version 2.0 paket) girilmiştir. Popülasyonların LC verileri ve ilişkili parametreler bulunmuştur. Popülasyonların direnç düzeyleri ise arazi ya da seleksiyona tabi tutulan popülasyonların LC_{50} değerlerinin Duyarlı ya da seleksiyona tabi tutulmayan popülasyonunun LC_{50} verilerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Direnç düzeylerinde popülasyonlardaki farklılığın önemli sayılması için LC değerlerinin %95'lik güven aralıklarının örtüşmemesi gerektiği dikkate alınmıştır. İlaçların tavsiye dozlarındaki % ölüm oranları için Abbott formülü kullanılmıştır (Abbott 1925).

4. BULGULAR

Bu çalışmada tavsiye listelerinde yer alan farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki bitki koruma ürünlerinin Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Bu kısımda ilk olarak Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *F. occidentalis* popülasyonları üzerinde Spinosad için elde edilen LC verileri ve direnç katı verilmiştir (Çizelge 4.1). Daha sonra aynı popülasyonlar üzerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile elde edilen LC verileri ve direnç katı sunulmuştur (Çizelge 4.3). *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Seleksiyona tabi tutulan Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu üzerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı için elde edilen LC verileri ise Çizelge 4.5'te verilmiştir. Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride için Duyarlı ve Spinosad'a-dirençli popülasyonlar üzerinde elde edilen LC verileri ve direnç katları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.8'de verilmiştir.

4.1. Spinosad'a-Dirençli ve Spinosad'a Duyarlı *Frankliniella occidentalis* Popülasyonunda Spinosad için LC Verileri ve Direnç Katı

Kumluca (Antalya)'dan 2020 yılında alınan *F. occidentalis* popülasyonunun elimizde bulunan Duyarlı popülasyona göre yüksek düzeyde dirençli olduğu bulunmuştur. Bu popülasyon Spinosad ile seleksiyona tabi tutularak büyük ölçüde Spinosad'a-dirençli genotiplerden oluşan bir popülasyon haline getirilmiştir ve "Spinosad'a-dirençli" *F. occidentalis* popülasyonu olarak adlandırılmıştır. Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *F. occidentalis* popülasyonu üzerinde elde edilen LC verileri ve ilgili parametreler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Spinosad ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 121.8 ve 560268.6 mg (akt.md) /L'dir. Duyarlı popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri ise sırasıyla 0.6 ve 44.5 mg (akt.md) /L'dir. LC_{50} değerleri baz alındığında Spinosad'a-dirençli popülasyonun, Duyarlı popülasyona göre 197.6-kat daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde yapılan testlerde tavsiye dozundaki ölüm oranları da Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bu bulgulara göre Spinosad tavsiye dozunda, Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonda sadece %47'lik bir ölüm meydana getirebilmiştir.

Çizelge 4.1. Spinosad ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı

Aktif madde	Popülasyon Adı	n[a]	Eğim±sem	LC_{50} mg(akt.md)/ L *(%95'lik güven sınırı)*	Direnç Katı (LC_{50})	LC_{90} mg(akt.md)/ L *(%95'lik güven sınırı)*	Etiket tavsiye dozu mg (akt.md) / L
Spinosad	Duyarlı	639	0.7±0.1	**0.6** 0.3-1.0		**44.5** 23.3-103.8	**96**
	Spinosad'a-dirençli	672	0.4±0.1	**121.8** 54.3-358.1	**197.6**	**560268.6** 58851.9-25380297.3	

n[a]: testlerde kullanılan thrips sayısı, (akt.md): aktif madde
Direnç Katı: Spinosad'a-dirençli popülasyonun LC_{50} verisi / Duyarlı popülasyonun LC_{50} verisi

Çizelge 4.2. Spinosad testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları

Aktif madde	Popülasyon Adı	Tavsiye dozunda % ölüm
Spinosad	Duyarlı	**100**
	Spinosad'a-dirençli	**47**

*Ölüm oranları Abbott formülüne göre düzeltilmiştir

4.2. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı

Beauveria bassiana-ATCC-74040-ırkı için Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC verileri ve direnç katı Çizelge 4.3'te verilmiştir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 4.4×10^8 ve 2.6×10^9 spor /ml'dir. Duyarlı popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri ise sırasıyla 4.8×10^7 ve 1.9×10^9 spor /ml'dir. LC_{50} değerleri baz alındığında Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre 9.2-kat dirençli görünmektedir. Bu fark Duyarlı ve Spinosad'a-dirençli popülasyonların LC_{50} değerlerinin güven sınırları kesişmediği için önemli bulunmuştur. Bununla birlikte Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonların LC_{90} verilerine göre Spinosad'a-dirençli popülasyon iki katın altında bir direnç düzeyine sahiptir ve bu fark popülasyonların LC_{90} değerlerinin güven sınırları kesiştiği için önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.3).

B. bassiana-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde yapılan testlerde tavsiye dozu ($1.6x10^8$), tavsiye dozunun 10 katı ($1.6x10^9$) ve tavsiye dozunun 20 katındaki ($3.2x10^9$) ölüm oranları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bu bulgulara göre *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı, Duyarlı popülasyon üzerinde tavsiye dozu, tavsiye dozunun 10 katı ve tavsiye dozunun 20 katında sırasıyla %67, %95 ve %100 ölüm meydana getirmiştir. Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde ise aynı dozlar %49, %85 ve %100 ölüme yol açmıştır.

Çizelge 4.3. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı

Aktif madde	Popülasyon Adı	n[a]	Eğim±sem	LC_{50} spor/ml *(%95'lik güven sınırı)*	Direnç Katı (LC_{50})	LC_{90} spor/ml *(%95'lik güven sınırı)*	Etiket tavsiye dozu spor/ml
Beauveria bassiana-ATCC-74040-ırkı	Duyarlı	1051	0.8±0.1	**4.8×10^7** 3.1×10^7-7×10^7		**1.9×10^9** 1.2×10^9-3.2×10^9	**(150 ml/100 l su)** [b] **1.6×10^8** [c]
	Spinosad'a-dirençli	1943	1.7±0.2	**4.4×10^8** 3.3×10^8-5.6×10^8	**9.2**	**2.6×10^9** 2.1×10^9-3.8×10^9	

n[a]: testlerde kullanılan thrips sayısı, (akt.md): aktif madde
Direnç katı: Spinosad'a-dirençli popülasyonun LC_{50} verisi / Duyarlı popülasyonun LC_{50} verisi
[b]: %7,16 *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı içeren kullanıma hazır ambalaj etiketinde tavsiye edilen miktar
[c]: Tavsiye dozunda çimlenen canlı spor sayısı

Çizelge 4.4. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için farklı dozlarda elde edilen ölüm oranları

Aktif madde	Popülasyon Adı	Tavsiye dozu (1.6×10^8) % ölüm	Tavsiye dozunun 10 katı (1.6×10^9) % ölüm	Tavsiye dozunun 20 katı (3.2×10^9) % ölüm
Beauveria bassiana-ATCC-74040-ırkı	Duyarlı	**67**	**95**	**100**
	Spinosad'a-dirençli	**49**	**85**	**100**

*Ölüm oranları Abbott formülüne göre düzeltilmiştir

4.3. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Seleksiyona Tabi Tutulan Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonu Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı

B. bassiana-ATCC-74040-ırkı ile yapılan laboratuvar testlerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona tabi tutulmayan (Duyarlı) popülasyon için elde edilen LC_{50} verisi 4.4×10^8 spor /ml'dir. Seleksiyona tabi tutulan (Spinosad'a-dirençli) popülasyon için elde edilen LC_{50} verisi ise 1.9×10^8 spor /ml'dir. LC_{50} verilerine göre seleksiyona tabi tutulan popülasyonda anlamlı bir direnç artışı görülmemiştir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile yapılan laboratuvar testlerinde *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona tabi tutulmayan popülasyon için elde edilen LC_{90} verisi 2.6×10^9 spor /ml'dir. Seleksiyona tabi tutulan popülasyon için elde edilen LC_{90} verisi ise 6.8×10^9 spor /ml'dir. LC_{90} verilerine göre *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona tabi tutulan popülasyonda direnç 2.6-kat artmıştır fakat bu artış da popülasyonların LC_{90} verilerinin güven sınırları kesiştiği için önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.3. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile seleksiyona maruz bırakılan ve maruz bırakılmayan *Frankliniella occidentalis* popülasyonlarında LC verileri ve Direnç katı

Aktif madde	**Popülasyon Adı**	**n[a]**	**Eğim±sem**	**LC_{50} spor/ml** ***(%95'lik güven sınırı)***	**Direnç Katı (LC_{50})**	**LC_{90} spor/ml** ***(%95'lik güven sınırı)***	**Etiket tavsiye dozu spor/ml**
Beauveria bassiana-ATCC-74040-ırkı	*B. bassiana* ile selekte edilen	1943	1.7±0.2	**4.4×10^8** 3.3×10^8-5.6×10^8	-	**2.6×10^9** 2.1×10^9-3.8×10^9	**(150 ml/100 l su)[b]** **1.6×10^8[c]**
	B. bassiana ile selekte edilmeyen	489	0.8±0.1	**1.9×10^8** 1.0×10^8-3.1×10^8	**0.4**	**6.8×10^9** 3.2×10^9-1.0×10^{10}	

n[a]: testlerde kullanılan thrips sayısı
Direnç katı: *B. bassiana* ile selekte edilen popülasyonun LC_{50} verisi / *B. bassiana* ile selekte edilmeyen popülasyonun LC_{50} verisi
[b]: %7,16 *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı içeren kullanıma hazır ambalaj etiketinde tavsiye edilen miktar
[c]: Tavsiye dozunda çimlenen canlı spor sayısı

4.4. Acrinathrin+Abamectin ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı

Acrinathrin+Abamectin için Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC verileri ve direnç katı Çizelge 4.6'da verilmiştir. Acrinathrin+Abamectin ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 4.9 ve 131.7 mg (akt.md) /L'dir. Duyarlı popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 0.5 ve 12.3 mg (akt.md) /L'dir. LC_{50} değerleri baz alındığında Spinosad'a-dirençli popülasyonda direnç, Duyarlı popülasyona göre 9.4-kat daha yüksektir. Bu fark, Duyarlı ve Dirençli popülasyonların LC_{50} verilerinin güven sınırları kesişmediği için önemli bulunmuştur. Acrinathrin+Abamectin ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde yapılan testlerde tavsiye dozundaki ölüm oranları da Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu bulgulara göre Acrinathrin+Abamectin tavsiye dozunda Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonda sadece %81'lik bir ölüm meydana getirebilmiştir.

Çizelge 4.4. Acrinathrin+Abamectin ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı

Aktif madde	Popülasyon Adı	n[a]	Eğim±sem	LC_{50} mg(akt.md)/L *(%95'lik güven sınırı)*	Direnç Katı (LC_{50})	LC_{90} mg(akt.md)/L *(%95'lik güven sınırı)*	Etiket tavsiye dozu mg (akt.md) /L
Acrinathrin+ Abamectin	Duyarlı	523	0.9±0.1	**0.5** 0.3-0.8		**12.3** 7.3- 24.2	**43.875** [b] Acrinathrin+ Abamectin (28.125 +15.75)
	Spinosad'a-dirençli	428	0.9±0.1	**4.9** 3.0-7.7	**9.4**	**131.7** 68.7-325.2	

n[a]: testlerde kullanılan thrips sayısı, (akt.md): aktif madde
Direnç katı: Spinosad'a-dirençli popülasyonun LC_{50} verisi / Duyarlı popülasyonun LC_{50} verisi
[b]: Tavsiye dozundaki toplam aktif madde miktarı

Çizelge 4.7. Acrinathrin+Abamectin ile laboratuvar testlerin Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları

Aktif madde	Popülasyon Adı	Tavsiye dozunda % ölüm
Acrinathrin+Abamectin	Duyarlı	**100**
	Spinosad'a-dirençli	**81**

*Ölüm oranları Abbott formülüne göre düzeltilmiştir

4.5. Formetanate hydrochloride ile Spinosad'a-Dirençli ve Duyarlı Popülasyonlar Üzerinde Elde Edilen LC Verileri ve Direnç Katı

Formetanate hydrochloride için Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC verileri ve direnç katı Çizelge 4.8'de verilmiştir. Formetanate hydrochloride ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 27.7 ve 769.6 mg (akt.md) /L'dir. Duyarlı popülasyon için elde edilen LC_{50} ve LC_{90} verileri sırasıyla 3.8 ve 87.9 mg (akt.md) /L'dir. LC_{50} değerleri baz alındığında Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre direnç 7.4-kat daha yüksektir. Bu fark Duyarlı ve Spinosad'a-dirençli popülasyonların LC_{50} verilerinin güven sınırları kesişmediği için önemli bulunmuştur. Formetanate hydrochloride ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde yapılan testlerde tavsiye dozundaki ölüm oranları da Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu bulgulara göre Formetanate hydrochloride tavsiye dozunda Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonda sadece %88'lik bir ölüm meydana getirebilmiştir.

Çizelge 4.8 Formetanate hydrochloride ile yapılan laboratuvar testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyon için elde edilen LC verileri ve direnç katı

Aktif madde	**Popülasyon Adı**	**n[a]**	**Eğim±sem**	**LC_{50} mg(akt.md)/L** ***(%95'lik güven sınırı)***	**Direnç katı (LC_{50})**	**LC_{90} mg(akt.md)/L** ***(%95'lik güven sınırı)***	**Etiket tavsiye dozu mg (akt.md) /L**
Formetanate hydrochloride	Duyarlı	442	0.9±0.1	**3.8** 2.4-5.6		**87.9** 51.7-178.2	**500**
	Spinosad'a-dirençli	439	0.9±0.1	**27.7** 17.2-43.5	**7.4**	**769.6** 398.5-1920.0	

n[a]: testlerde kullanılan thrips sayısı, (akt.md): aktif madde
Direnç katı: Spinosad'a-dirençli popülasyonun LC_{50} verisi / Duyarlı popülasyonun LC_{50} verisi

Çizelge 4.9. Formetanate hydrochloride testlerinde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *Frankliniella occidentalis* popülasyonları için tavsiye dozunda tespit edilen ölüm oranları

Aktif madde	**Popülasyon Adı**	**Tavsiye dozunda % ölüm**
Formetanate hydrochloride	Duyarlı	**100**
	Spinosad'a-dirençli	**88**

*****Ölüm oranları Abbott formülüne göre düzeltilmiştir

5. TARTIŞMA

Tez kapsamında yaptığımız çalışmalarla tavsiyelerde yer alan farklı özellikteki (farklı etki mekanizmasına sahip) bitki koruma ürünleri: *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-ırkı, Acrinathrin+Abamectin ve Formetanate hydrochloride'in Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı ne düzeylerde etki gösterebildiğine ilişkin önemli bulgular elde edilmiştir. Ayrıca entomopatojen kökenli *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile yapılan seleksiyon çalışmasıyla *F. occidentalis* popülasyonunda bu entomopatojen için hangi düzeyde direnç geliştirme potansiyeli olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır.

5.1. *Beauveria bassiana*-ATCC-74040-Irkı'nın Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi ve Selekte Edilen Popülasyonda Direnç Potansiyeli

Beauveria bassiana-ATCC-74040-ırkı ile yapılan testlerde Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı *F. occidentalis* popülasyonları için LC_{50} verileri sırasıyla 4.4×10^8 ve 4.8×10^7 spor/ml'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyonun LC_{50} verisi ile Duyarlı popülasyonun LC_{50} verisi arasında 9.2 katlık bir fark tespit edilmiştir. Güven sınırları kesişmediği için bu fark önemli bulunmuştur. Fakat LC_{90} verileri arasında 2 katın altında fark bulunmuştur ve bu fark güven sınırları kesiştiği için önemli görülmemiştir. LC_{50} verileri arasındaki farklılık dikkate alındığında *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde düşük düzeylerde de olsa bir miktar etkinlik kaybına uğradığı görülmüştür. Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlarda tavsiye dozlarındaki ölüm oranları da bu durumu desteklemektedir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı, tavsiye dozunda ($1.6x10^8$), Duyarlı popülasyonu %67 öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonun ise %49'unu öldürmüştür. Bununla birlikte daha yüksek dozlarda *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Duyarlı ve Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerindeki etkinliği aynı seviyeye çıkmıştır. Laboratuvar testlerindeki *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının 20 kat dozunda ($3.2x10^9$) her iki popülasyonda da ölüm oranı %100'e ulaşmıştır. İlgili bulgular *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının, Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonlarında var olan direnç mekanizmalarından az da olsa etkilenmiş olabileceği ve bu nedenle Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde, Duyarlıya göre bir etkinlik kaybı meydana gelmiş olabileceği olasıdır. Fakat bu konuda daha kesin yorum yapılabilmesi için ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Spinosad'ın *F. occidentalis* popülasyonlarında etki yeri nikotinik asetilkolin reseptörleri (nAChR)'dir. Sinir sistemi üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörlerini aktive edici etki yapmaktadırlar (IRAC 2022). Yapılan araştırmalarda *F. occidentalis* popülasyonlarında Spinosad'a karşı dirençte rol oynayan başlıca mekanizmalar, hedef bölge mutasyonu ve metabolik (detoksifikasyon) enzim sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Buna karşın *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı böcek ve akarların kütikulasında tutunarak bir çim borucuğu oluşturur ve buradan hemosole giriş yapar ve burada çoğalarak organizmanın ölümüne neden olmaktadır (Butt vd. 2016). Ulaşılan literatüre göre, Spinosad ile *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Spinosad'a-dirençli popülasyonlar üzerinde ortak direnç mekanizması/mekanizmalarına sahip olduğunu gösteren bir sonuç bulunmamaktadır. Fakat kütikuladan geçişin azaltılması ve metabolik dirençte rol oynayan enzim sistemleri (P450, esterazlar, glutathion-s-transferazlar) *F. occidentalis*'te dirence yol açan mekanizmalardır (Espinosa vd. 2005; Sparks vd. 2011). Bu mekanizmalar kısmen de olsa *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının sporlarının kütikulaya tutunması, çimlenmesi çim borucu oluşturması hemosole geçişi ve

hemosoldeki toksin üretimi aşamalarında rol oynuyor olabilir. Bu konuda ek araştırmalar yapılması gerekmektedir. Laboratuvar testlerinden *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının önerildiği dozda Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde orta düzeylerde etkili olabileceğini göstermiştir. Fakat *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu üzerinde yapılan suni seleksiyonda seleksiyon yapılan popülasyonun direncinde anlamlı bir direnç artışı gözlenmemiştir. Geleneksel ilaçlardan farklı etki biçimine sahip olmasından dolayı entomopatojen funguslara karşı böcek ve akarlarda direnç gelişimi genelde beklenmemektedir. Bununla birlikte bu konuda yapılan bazı araştırmalarda entomopatojenlere karşı direnç artışı olduğu yönünde bulgular vardır. Dubovskiy vd. (2013) ve Khoury vd. (2020) *B. bassiana* ile yapılan seleksiyon çalışmaları sonucunda önemli düzeyde direnç geliştiğini bulmuşlardır. Bu çalışmalar, bir böcek ve bir akar türünde entomopatojen kökenli fungusa karşı direnç gelişebileceğini göstermektedir. Çalışmamızda laboratuvar koşullarında thripslerin arazi koşullarına göre daha kısıtlı üretilebilmesi nedeniyle nispeten daha az sayıda thrips seleksiyona maruz bırakılabilmiştir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu üzerindeki direnç potansiyeline ilişkin daha kesin bir veriye ulaşılması için seleksiyon çalışmasının sera ortamında çok daha fazla sayıda thrips üzerinde yapılması gerektiği düşünülmektedir.

5.2. Acrinathrin+Abamectin'in Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi

Laboratuvar testlerinde elde edilen LC_{50} verileri dikkate alındığında Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu, Duyarlı popülasyona göre Acrinathrin+Abamectin 9.4-kat dirençlidir. Acrinathrin+Abamectin etiket dozunda Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonları üzerinde sırasıyla %81 ve %100 oranlarında ölüme yol açmıştır. Tavsiye dozunda elde edilen %81'lik ölüm oranı Acrinathrin+Abamectin'in pratikte nispeten başarılı olabileceğine işaret etmektedir. Fakat aynı dozda Duyarlı popülasyonun tamamının ölmesi, Acrinathrin+Abamectin'in Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde (muhtemelen Spinosad direncinde rol oynayan mekanizmalardan kaynaklı) önemli bir etkinlik kaybına uğradığına işaret etmektedir. İki ve daha fazla etken madde içeren ilaçlar, direnç yönetim programlarında önemli bir taktik olarak dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte karışım ilaçların dirençli zararlı popülasyonlar üzerinde etkili olabilmesi, uygulandıkları zararlı popülasyonlarında bulunan direnç mekanizmalarından etkilenmemesi koşuluyla mümkündür. Burada ele aldığımız Acrinathrin+Abamectin Spinosad'a-dirençli popülasyonunun tamamını öldüremediği için (%81 ölüm) bir düzeyde etkinlik kaybına uğramıştır. Bunun başlıca 2 temel sebebi şöyle açıklanabilir: A) Spinosad'a-dirençli popülasyonda Spinosad direnci için rol oynayan direnç mekanizmaları (hedef yer mutasyonu, metabolik enzim sistemleri) kısmen Acrinathrin+Abamectin'e karşı da bir düzeyde direnç meydana getiriyor olabilir. *F. occidentalis*'te Abamectin'e dirençte P450 monooksigenaz sistem tarafından desteklenen artırılmış oksidatif metabolizmin başlıca mekanizma olduğu ortaya çıkarılmıştır (Chen vd. 2011). Ayrıca *F. occidentalis*'te Acrinathrin ve Methiocarb direncinde ise esteraz aktivitesinin rol oynadığı tespit edilmiştir (Maymo vd. 2006). Araştırmacıların *F. occidentalis* üzerinde ortaya çıkardığı bu direnç mekanizmaları dikkate alındığında enzim sistemleri tarafından kontrol edilen metabolik direnç mekanizmasının hem Spinosad direncinde hem de Acrinathrin+Abamectin direncinde ortak bir mekanizma olabileceği düşünülebilir. B) Bu çalışmada kullanılan Spinosad'a-dirençli popülasyon 2020 yılında

Kumluca'da yoğun olarak Spinosad kullanılan bir seradan elde edildikten sonra Spinosad'la seleksiyona maruz bırakılarak oluşturulmuştur. Bu popülasyon içinde bulunan thripslerin büyük ölçüde Spinosad'a dirençli olduğu düşünülmektedir. Fakat (Farklı aktif maddelere geçmişte maruz kalma ihtimali de göz önünde bulundurulduğunda) popülasyonu oluşturan bireylerin Spinosad direncinde rol oynayan mekanizmaların yanı sıra yaygın kullanılan (acrinathrin, abamectin vb) başka aktif maddeler için de dirençte rol oynayan mekanizmaları taşıyabileceği olasıdır.

5.3. Formetanate hydrochloride'nin Spinosad'a-Dirençli *Frankliniella occidentalis* Popülasyonuna Karşı Etki Düzeyi

Laboratuvar testlerinde elde edilen LC_{50} verileri dikkate alındığında Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonu, Duyarlı popülasyona göre 7.4-kat dirençlidir. Formetanate hydrochloride etiket dozunda Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde sırasıyla %88 ve %100 oranlarında ölüme yol açmıştır. Bu bulgular Formetanate hydrochloride'nin Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde kısmen duyarlılık kaybı olduğuna işaret etmiştir. Bir önceki kısım (5.2)'da Abamectin+Acrinathrin'in Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerindeki etkinlik kaybı için açıklanan 2 temel neden Formetanate hydrochloride'nin Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerindeki etkinlik kaybı içinde dikkate alınabilir. Özetle metabolik direnç hem Spinosad hem de Formetanate hydrochloride'e karşı dirençte rol oynuyor olabilir ya da Spinosad'a-dirençli popülasyon geçmiş ilaç uygulamaları nedeniyle Formetanate hydrochloride direncinde rol oynayan başka mekanizmaları içeriyor olabilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada tavsiye listelerinde yer alan farklı etki biçimine sahip, farklı gruplardan farklı özelliklerdeki bitki koruma ürünlerinin Spinosad'a-dirençli *F. occidentalis* popülasyonuna karşı ne düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. Bu kapsamda entomopatojen *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı, iki aktifli Acrinathrin+Abamectin ve karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride, Duyarlı ve Dirençli popülasyonlar üzerinde test edilerek etki potansiyelleri ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde yapılan seleksiyon çalışması ile *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkına karşı direnç potansiyeli araştırılmıştır. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı için Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 4.4 x 10^8 ve 4.8 x 10^7; LC_{90} verileri ise sırasıyla 2.6 x 10^9 ve1.9 x 10^9 spor /ml'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkına karşı 9.2-kat direnç göstermiştir. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı Spinosad'a-dirençli popülasyon üzerinde yaklaşık %50'ye varan bir ölüm meydana getirmiştir. Bu ölüm oranı pratikteki mücadelelerde düşük bir etki olarak görülebilir. Fakat laboratuvar testleri *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının daha yüksek dozlarında ölüm oranında önemli artış olduğunu göstermiştir (Örneğin tavsiye dozunun 20 katında ($3.2x10^9$) ölüm oranı %100'e ulaşmaktadır). Bu sonuçlar dikkate alındığında insan sağlığı ve çevre açısından risk analizi yapılarak pratik uygulamalarda *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının daha yüksek dozlarda kullanılması veya hedef zararlıların farklı hayat dönemlerinde test edilmesi tartışılmalıdır. *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkı ile laboratuvarda yapılan seleksiyon çalışması dirençte önemli bir artışa yol açmamıştır. Fakat laboratuvarda seleksiyona tabi tutulan thrips sayısı üretim koşulları gereği nispeten sınırlıdır. Direnç potansiyeli için seleksiyon çalışmasının sera koşullarında ayrıca yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Acrinathrin+Abamectin ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 4.9 ve 0.5 mg(akt.md) /L'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre Acrinathrin+Abamectin'e 9.4-kat direnç göstermiştir. Bu iki aktifli ilaç tavsiye dozundaki uygulamalarında Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonunda %81'lik bir ölüme yol açmıştır. Bu sonuçlar Acrinathrin+Abamectin'in dirençli popülasyona karşı etkinliğinde kısmi bir kayıp olduğunu göstermektedir. Tavsiye dozundaki %81'lik ölüm oranı nispeten yüksek görülse de orta ve uzun vadede bu ilacın kullanımı direnç yönetimi için uygun olmayabilir. Çünkü pratikte her uygulamada yaklaşık %20'ye yakın oranda "spinosad'a-dirençli" popülasyonun hayatta kalması beklenmelidir. Bu durum popülasyonların sürekli seleksiyon baskısına maruz kalmasına ve dolayısıyla dirençli popülasyonların daha yaygın hale gelmesine yol açabilir. Formetanate hydrochloride ile Spinosad'a-dirençli ve Duyarlı popülasyonlar üzerinde elde edilen LC_{50} verileri sırasıyla 27.7 ve 3.8 mg(akt.md) /L'dir. Spinosad'a-dirençli popülasyon, Duyarlı popülasyona göre Formetanate hydrochloride'ye 7.4-kat direnç göstermiştir. Bu aktif madde tavsiye dozundaki uygulamalarında Duyarlı popülasyonun tamamını öldürürken Spinosad'a-dirençli popülasyonunda %88'lik bir ölüme yol açmıştır. Spinosad'a-dirençli popülasyonda Formetanate hydrochloride karşı bir miktar duyarlılık kaybı olduğu ortaya çıkmıştır. Laboratuvar testlerinde tavsiye dozundaki %88'lik ölüm oranı pratikte hala kullanılabilecek alternatif aktif maddeler arasında olduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte tavsiye dozundaki her uygulamada belirli düzeyde seleksiyon baskısına yol açacağı öngörülmelidir. Çünkü tavsiye dozunda yaklaşık olarak %10'un üzerinde dirençli bir thrips popülasyonu hayatta kalacaktır. Bu

durum orta ve uzun vadede dirençli popülasyonların daha yaygın hale gelmesine sebep olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada entomopatojen sınıftan *B. bassiana*-ATCC-74040-ırkının, iki aktif madde içeren Acrinathrin+Abamectin'in ve karbamatlı sınıftan Formetanate hydrochloride'nin dirençli popülasyona karşı hangi düzeyde etki potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bulgular, burada ele alınan bitki koruma ürünlerinin dirençli popülasyonun tamamını öldürmek için yeterli etki potansiyeline sahip olmadığını göstermiştir. Kısaca gerek biyoinsektisit sınıftan bir entomopatojenle gerekse sentetik sınıftan iki aktifli bir ilaçla yapılacak mücadelenin istenen düzeyde başarı için yeterli olamayacağı bir kez daha anlaşılmıştır. Bu yüzden mücadelede gereken düzeyde başarıyı karşılamak için entegre mücadele programları kapsamında bütün mücadele opsiyonlarının kombinasyonlar halinde birlikte kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı mücadele seçeneklerinin uyumlu olarak kullanılabileceğine ilişkin ümitvar çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Wu vd. (2014) yaptıkları araştırmada entomopatojen bir fungus *B. bassiana*'nın hedef zararlı *F. occidentalis* üzerinde yüksek etki gösteren SZ-26 ırkının predatör akar *Neoseiulus barkeri* üzerinde olumsuz bir etkide bulunmadığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışma biyolojik mücadele etmenleriyle entomopatojen fungusların birlikte mücadelede uygulanabileceğini göstermektedir. Bitki koruma alanında bu yöndeki araştırmalara yer verilerek biyoinsektisitlerle biyolojik mücadele etmenlerinin birlikte ne düzeyde ya da hangi stratejilerle uyumlu olarak kullanılabilecekleri detaylı düzeyde ele alınmalıdır.

7. KAYNAKLAR

Anonim1:https://antalya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/10%20dilde%20brifing/2020%20YILI%20ANTALYA%20İL%20TARIM%20VE%20ORMAN%20MÜDÜRLÜĞÜ%20BRİFİNG%20SUNUSU.pdf [Son erişim tarihi: 27.04.2022].

Anonymous 1: http://cisr.ucr.edu/slideshowpro/albums/album-78/lg/wft_egg.jpg [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous 2: http://cisr.ucr.edu/slideshowpro/albums/album-78/lg/first.jpg [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous 3: http://cisr.ucr.edu/slideshowpro/albums/album-78/lg/second.jpg [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous 4: http://cisr.ucr.edu/slideshowpro/albums/album-78/lg/propupa.jpg [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous 5: http://dkbdigitaldesigns.com/clm/content/frankliniella-occidentalis-4 [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous6:http://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%201&document_soid=IN1089&document_version=1 [Son erişim tarihi: 10.04.2022].

Anonymous 7: http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/tender/insects/thrips.html [Son erişim tarihi: 16.04.2022].

Anonymous 8: http://ipm.ucanr.edu/PMG/T/D-TO-TSWV-FR.003.html [Son erişim tarihi: 16.04.2022].

Anonymous, 1999. EPPO data sheets on quarantine pests, tomato spotted wilt tospovirus, OEPP/EPPO. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 29: 465-472.

Arthropod Pesticide Resistance Database, Thysanoptera, 2022. https://www.pesticideresistance.org/search.php [Son erişim tarihi: 28.04.2022].

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

Atakan, E., 2008a. Adana ve Mersin illerinde çilekte thrips (Thysanoptera) türleri ve zararı üzerine ön araştırmalar, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 32 (2): 91-101.

Atakan, E., 2008b. Adana ilinde bazı ılıman iklim meyvelerinde iki thrips (Thysanoptera) türünün populasyon değişimleri ve zararı üzerine araştırmalar, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 32 (4): 255-271.

Aung, O. M., Soytong, K., Hyde, K. D. 2008. Diversity of entomopathogenic fungi in rainforests of Chiang Mai Province, Thailand. *Fungal Divers* 30:15–22

Bielza, P., Quınto V., Fernandez, E., Gravalos C., Contreras J. 2007. Genetics of Spinosad Resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), *Journal of Economic Entomology*, 100(3), 916-920.

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

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

Bulut E., Göçmen, H. 2000. Pests and their natural enemies on greenhouse vegetables in Antalya. *IOBC/WPRS Bulletin*, 23(1), 33-37.

Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M., Ratcliffe, N. A. 2016. Entomopathogenic Fungi: New Insights into Host–Pathogen Interactions. In: Advances in Genetics, Elsevier, Amsterdam, pp. 307-364.

Chen, X., Yuan, L., Du, Y., Zhang, Y., Wang, J. 2011. Cross-resistance and biochemical mechanisms of abamectin resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. In: Pesticide Biochemistry and Physiology, Elsevier, Amsterdam, pp. 34-38.

Cluever, J.D., Smith, H.A., Funderburk, J.E., Frantz, G. 2015. Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]). UF/IFAS Extension Service, University of Florida. http://edis.ifas.ufl.edu [Son erişim tarihi: 28.04.2022].

Dağlı, F. 2016. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) Popülasyonunda Acrinathrin ve Spinosad direnci, ss. 194, 05-08 Eylül, Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, Konya.

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

Dağlı, F. and Tunç, İ. 2008. Insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis*: Corroboration of laboratory assays with field data and cross-resistance in a cypermethrin-resistant strain. *Phytoparasitica*, 36 (4): 352-359.

Dağlı, F., Tunç, İ. 2007. Insecticide resistance in Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) collected from horticulture and cotton in Turkey. *Australian Journal of Entomology*, 46: 320-324.

De Faria, M. R., Wraight, S. P., Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biological Control*,* 2007; 43:237-256.

Doğanlar, M., Aydın, S. 2009. A new pest, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Southeastern Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Entomology*, 33 (2), 153-160.

Dong-gang, L., Xiao-yong, S., Reitz, S., Nauen, R., Zhong-ren, L., Lee, S.H., Yu-lin, G. 2016. Field resistance to spinosad in western flower thrips *Frankliniella*

occidentalis (Thysanoptera: Thripidae). In: ScienceDirect, Elsevier, Amsterdam, pp. 2803-2808.

Dubovskiy, I. M., Whitten, M. M. A., Yaroslavtseva, O. N., Greig, C., Kryukov, V. Y., Grizanova, E. V., Mukherjee, K., Vilcinskas, A., Glupov, V. V., Butt, T. M. 2013. Can Insects Develop Resistance to Insect Pathogenic Fungi?. *PLoS ONE* 8(4): e60248.

EPPO, 2022. European and Mediterranean Plant Protection Organization. https://gd.eppo.int/taxon/FRANOC/distribution (Erişim: 18.04.2022)

Espınoza, P. J., Bielza, P., Contreras J., Lacasa A. 2002. Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Murcia (South-east Spain). *Pest Management Science*, 58: 967-971.

Espinosa, P. J., Contreras, J., Quinto, V., Gra´valos, C., Ferna´ndez, E., Bielza, P. 2005. Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science*, 61 (1): 1009-1015.

Ffrench-Constant, R.H., Roush, R.T. 1990. Resistance Detection and Documentation: The relative Roles of Pesticidal and Biochemical Assays. Pesticide Resistance in Arthropods, ed: Roush R.T., Tabashnik B. E., Chapman and Hall, Newyork and London, pp. 4-38.

Fidan, H. 2016. Antalya'da Örtü Altı Domates ve Biber Alanlarında Dayanıklılık Kıran *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) İzolatların Genetik Kıyaslanması, VI. Türkiye Bitki Koruma Kongresi Konya, Türkiye. 560.

Fidan, H., Sarı, N. 2019. Molecular Characterization of Resistance Breaking Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) Isolate Medium Segment In Tomato. *Applied Ecology And Environmental Research* 17(2): 5321-5339.

Gao, Y., Z. Lei & S. T. Reitz, 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science*, 68: 1111-1121.

GTHB, 2022. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bkü Veri Tabanı Programı https://bku.tarim.gov.tr/Kullanim/TavsiyeArama [Son Erişim: 01.05.2022]

Hafiza, T. G., Shafqat, S., Fawad, Z. A. K. Entomopathogenic Fungi as Effective Insect Pest Management Tactic: A Review. *Applied Sciences and Business Economics*. 2014; 1**(**1**)**:10-18.

Hajek, A. E., St Leger, R. J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual review of entomology*. 1994; 39(1):293-322.

Hazır, A., Ulusoy, M.R., Atakan, E. 2011. Studies on determination of Thysanoptera species associated with nectarines and their damage in Adana and Mersin provinces, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 35 (1), 133-144.

Herron, G. A., Gunning, R. V., Cottage, E. L. A., Borzatta, V., Gobbi, C. 2014. Spinosad resistance, esterase isoenzymes and temporal synergism in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Australia. In: Pesticide Biochemistry and Physiology, Elsevier, Amsterdam, pp. 32-37.

Herron, G. A., James, T. M. 2005. Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance. *Australian Journal of Entomology*, 35: 161-164.

Huang, J., Casida, J.E. Avermectin B1a binds to high- and low-affinity sites with dual effects on the c-aminobutyric acid-gated chloride channel of cultured cerebellar granule neurons, *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 281 (1997) 261–266.

Immaraju, J. H., Paine, T. D., Bethke, J. A., Robb, K. L., Newman, J. P. 1992. Western Flower Thrips (Thysanoptera:Thripidae) Resistance to Insecticides in Coastal California Greenhouses, *Journal of Economic Entomology,* 85 (1): 9-14.

IRAC, 2022. https://irac-online.org/mode-of-action/pdf [Son erişim tarihi: 16.04.2022].

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

Kane, N.S., Hirschberg, B., Qian, S., Hunt, D., Thomas, B. et al. 2000. Drug-resistant *Drosophila* indicate glutamate-gated chloride channels are targets for the antiparasitics nodulisporic acid and ivermectin, *Proc. Natl. Acad. Sci.* USA 97 (2000) 13949–13954.

Karadjova, O., Vierbergen, G., Tunç, İ. 1998. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in Bulgarian greenhouse populations, Sixth internationa symposium on Thysanoptera, ed, pp.55-62.

Khoury, C., Nemer, N., Guillot, J. 2020. Susceptibility and development of resistance of the mite *Tetranychus urticae* to aerial conidia and blastospores of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Systematic and applied acarology*, 25 (3): 429-443.

Kılıç, T., Yoldaş, Z. 2004. Thysanoptera in greenhouse grown cucumbers: distribution and frequency of the species in İzmir province. *Turkish Journal of Entomology*, 28 (2), 151-160.

Kırst, H. A., Mıchel, K. H., Mynderse, J. S., Chao, E. H., Yao, R. C., Nakatsukasa, W. M., Boeck, L. D., Occlowıtz, J., Paschel, J. W., Deeter, J. B., Thompson G. D. 1992. Discovery, isolation and structure elucidation of a family of structurally unique fermentation-derived tetracyclic macrolides. In: Baker D. R., Fenyes J. G., Steffens J.J. (Eds.), Synthesis and chemistry of Agrochemicals, Vol. 3.- American Chemical Society, Washington, DC: 214-225.

Kirk, W. D. J., Terry, L. I. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 301–310.

Kontsedalov, S., Weintraub, P. G., Horowitz, A. R, 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.

Maymo, A., Cervera, A., Garcera´, M., Bielza, P., Pardo, R.M. 2006. Relationship between esterase activity and acrinathrin and methiocarb resistance in field populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 62 (1): 1129-1137.

Mertz, F. P., Yao, R. C., 1990. *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar rum still. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 40: 34-39.

Moorhouse, E. R., Gillespie, A. T., Sellers, E. K., Charnley, A. K. Influence of fungicides and insecticides on the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* a pathogen of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*. *Biocontrol Science and Technology.* 1992; 2(1):49-58.

Murai, T., Loomans, A.J.M. 2001. Evaluation of an improved method for mass-rearing of thrips and a thrips parasitoid. Entomologia Experimentalis et Applicata, 101, 281-289.

Nas, S., Atakan, E., Elekçioğlu, N. 2007. Thysanoptera species infesting citrus in Eastern Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 31 (4), 307-316.

Özmerci, F., Akşit, T., Tunç, İ. 2006. Determination of thrips species in vineyards of Manisa province and distribution of important species according to the districts. *Turkish Bulletin of Entomology*, 46 (1-4), 51-63.

Pablo B., Quinto V., Contreras, J., Torne, M., Martın A., J Espinosa, P.J. 2007. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest Manag Sci* 63, 682–687.

Ramanujam, B., Rangeshwaran, R., Sivakmar, G., Mohan, M., Yandigeri, M. S. 2014. Management of Insect Pests by Microorganisms. *Proceedings of Indian National Science Academy*. 2014; 80(2):455-471.

Sertkaya, E., Doğanlar, O., Atakan, E., 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.

Shahid, A. A., Rao, A. Q., Bakhsh, A., Husnain, T. 2012. Entomopathogenic Fungi as Biological Controllers: New Insight into their Virulence and Pathogenicity. *Archives Biological Sciencse Belgrage,* 2012; 64(1):21-42.

Sparks, T. C., Dripps, J. E., Watson, G. B., Paroonagian, D. 2012. Resistance and cross-resistance to the spinosyns – A review and analysis. In: Pesticide Biochemistry and Physiology, Elsevier, Amsterdam, pp. 1-10.

Sparks, T. C., Thompson, G. D., Kırst, H. A., Hertleın, M. B., Myn-Derse, J. S., Turner, J. R., Worden, T. V., 1999. Fermentation- derived insect control agents. In: Hall F. R., Menn J. J. (Eds.), Biopesticides: use and delivery. Humana Press, Totowa: 171-188.

Steiner, M. Y., Goodwin, S. 1998. Methods for collecting and rearing thrips (Thysanoptera) and their natural enemies. *Australian Journal of Entomology*, 37, 101-106, (1998).

Strong, L., Brown, T.A. 1987. Avermectins in insect control and biology, Bull. Entomol. Res. 77 (1987) 357–389.

Sujeetha R.P, A. and Sahayaraj, K. 2014. Role of Entomopathogenic Fungus in Pest Management. In: Basic and Applied Aspects of Biopesticides, Springer, pp. 31-46.

Şevik, M. A. 2011. Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)'nün Tarımsal ürünlerde meydana getirdiği ekonomik kayıplar. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(1): 35- 42).

Şevik. M. A., Arlı-Sökmen, M. 2012. Estimation of the effect of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) infection on some yield components of tomato. *Phytoparasitica*, 40:87-93.

Tekşam, İ., Tunç, İ. 2009. An analysis of Thysanoptera associated with citrus flowers in Antalya, Turkey: composition, distribution, abundance and pest status of species. *Applied Entomology and Zoology*, 44(3), 455-464.

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

Tunç, İ., Göçmen, H. 1995. Notes on two greenhouse pests, *Polyphagatarsonemus latus* (Banks) (Acarina, Tarsonemidae) ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) found in Antalya. *Turkish Journal of Entomology*, 19(2), 101-109.

Ünsal, B. ve Dağlı, F. 2018. Antalya'da bir seradan 2017'de alınan *Frankliniella occidentalis* (Pergande) popülasyonunda Spinosyn bileşiklere karşı yüksek insektisit-direnci, ss. 164, 14-17 Kasım, Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi (Uluslararası Katılımlı), Muğla.

Wang, Z., Gong, Y., Jin, G., Li, B., Chen, J., Kang, Z., Zhu, L., Gao, Y., Reitz, S., Wei, S. 2015. Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. In: *Pest Management Science*, pp. 1440-1444.

Widden, P., Parkinson, D. 1979. Populations of fungi in a high arctic ecosystem. Can J Bot 57(21): 2408–2417

Wu, S., Gao, Y., Zhan, Y., Wang, E., Xu, X., Lei, Z. 2014. An Entomopathogenic Strain of *Beauveria bassiana* against *Frankliniella occidentalis* with no Detrimental Effect on the Predatory Mite *Neoseiulus barkeri*: Evidence from Laboratory Bioassay and Scanning Electron Microscopic Observation. *PLoS ONE* 9(1): e84732.

Yıldırım, E. M., Başpınar, H. 2013. Population fluctuations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in strawberry in Aydın, Turkey. *Turkish Bulletin of Entomology*, 3(4), 135-138.

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

Zhang, Z. J., Wu, Q. J., Li, X. F., Zhang, Y. J., Xu, B. Y., Zhu, G. R. 2007. Life history of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripidae), on five different vegetable leaves. *Journal of Applied Entomology* 1361: 347–354.

Zhao, G., Liu W., Knowles C. O. 1995. Fenvalerate Resistance Mechanisms in Western Flower Thrips (Thysanoptera:Thripidae), *Journal of Economic Entomology* 88 (3): 531-535.

ÖZGEÇMİŞ

Ali Burak GÖKSAL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Bölümü, Antalya
Lisans 2015-2019	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya