

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**PAMUK BEYAZSİNEĞİ *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) AKDENİZ BÖLGESİ POPÜLASYONLARININ
FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID VE SULFOXAFLOL ETKEN
MADDELERİNE KARŞI DUYARLILIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa Samet TARAKCI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**PAMUK BEYAZSİNEĞİ *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) AKDENİZ BÖLGESİ POPÜLASYONLARININ
FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID VE SULFOXAFLOL ETKEN
MADDELERİNE KARŞI DUYARLILIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa Samet TARAKCI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUK BEYAZSİNEĞİ *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) AKDENİZ BÖLGESİ POPÜLASYONLARININ
FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID VE SULFOXAFLOR ETKEN
MADDELERİNE KARŞI DUYARLILIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

MUSTAFA SAMET TARAKCI
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PAMUK BEYAZSİNEĞİ *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) AKDENİZ BÖLGESİ POPÜLASYONLARININ
FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID VE SULFOXAFLOL ETKEN
MADDELERİNE KARŞI DUYARLILIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

MUSTAFA SAMET TARAKCI

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 28/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Utku YÜKSELBABA

Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN

Doç. Dr. Serkan PEHLİVAN

ÖZET

PAMUK BEYAZSİNEĞİ *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) AKDENİZ BÖLGESİ POPÜLASYONLARININ FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID VE SULFOXAFLOL ETKEN MADDELERİNE KARŞI DUYARLILIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Mustafa Samet TARAKCI

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Utku YÜKSELBABA

HAZİRAN 2023; 38 sayfa

Pamuk beyazsineği *Bemisia tabaci* (Genn.) tarımsal açıdan önemli bir zararlıdır ve birçok bitki virüsünün vektörlüğünü yapması zararlının önemini arttırmaktadır. *Bemisia tabaci* mücadelesinde çoğunlukla kimyasal mücadele tercih edilmektedir. İnsektisitlerin aşırı kullanımı sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarında insektisitlere karşı duyarlılık kayıpları görülmektedir. Direnç yönetim stratejilerinin geliştirilebilmesi için zararlının insektisitlere karşı duyarlılık düzeylerinin izlenmesi önemli bir faktördür. Çalışmada *B. tabaci* mücadelesinde kullanılan flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı Akdeniz Bölgesi Antalya, Mersin, Adana ve Hatay illerinden toplanmış olan *B. tabaci* popülasyonlarının lethal konsantrasyon (LC) değerleri yaprak daldırma metodu kullanılarak belirlenmiştir. Popülasyonların direnç katları hassas popülasyon SUD-S'nin LC değerine bölünmesi ile belirlenmiştir. *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı belirlenen LC₅₀ değerleri sırasıyla 1.16-6.92 aralığında, 7.06-43.39 aralığında ve 0.96-72.68 mg e.m./L⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Popülasyonların flupyradifurone acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı direnç katları ise sırasıyla 6.79-39.29 aralığında, 38.16-234.53 aralığında ve 3.83-291.9 kat aralığında tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarında direnç seviyeleri flupyradifurone'a karşı düşük, orta ve yüksek düzeyde, acetamiprid'e karşı yüksek ve çok yüksek düzeyde, sulfoxaflor'a karşı ise direnç seviyeleri düşük, orta, yüksek ile çok yüksek düzey olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının acetamiprid'e karşı çok yüksek direnç seviyesi gözlemlenmesi sebebiyle bu bölgelerde *B. tabaci* ile mücadelede kullanımına bir süre ara verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Sulfoxaflor ve flupyradifurone'a karşı farklı seviyede hassasiyet kaybı nedeniyle direnç gelişiminin önlenmesi için sık kullanımından kaçınılması ve farklı etki mekanizmasına sahip insektisitler ile rotasyonlu olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Flupyradifurone, etkili maddesi henüz yeni kullanılmasına rağmen popülasyonlarda gözlemlenen hassasiyet kaybından dolayı çapraz direnç ve etki mekanizmalarının araştırılması önerilmektedir. Çalışmamızda elde edilen bu verilerin, insektisit direnç gelişiminin gelecekte izlenmesinde ve yönetilmesinde referans olabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: *Bemisia tabaci*, butenolid, neonikotinoid, sulfoksamin, duyarlılık

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Utku YÜKSELBABA

Prof. Dr. Hüseyin Göçmen

Doç. Dr. Serkan PEHLİVAN



ABSTRACT

SUSCEPTIBILITY LEVEL OF *Bemisia tabaci* (GENN.) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) POPULATIONS FROM MEDITERRANEAN REGION TO FLUPYRADIFURONE, ACETAMIPRID AND SULFOXAFLOR

Mustafa Samet TARAKCI

MSc Thesis in Plant Protection

Supervisor: Ass. Prof. Dr. Utku YÜKSELBABA

June; 38 pages

The cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) is an agriculturally important pest and its vector of many plant viruses that increases the pest's importance. Chemical control is mostly preferred in the management of *B. tabaci*. As a result of excessive use of insecticides, decreases in sensitivity to insecticides is observed in *B. tabaci* populations. Monitoring the pest's susceptibility levels to insecticides is an important factor in developing resistance management strategies. In the study, the lethal concentration (LC) values of *B. tabaci* populations collected from the Mediterranean Region Antalya, Mersin, Adana and Hatay provinces against the active substances flupyradifurone, acetamiprid and sulfoxaflor used in the control of *B. tabaci* were determined by using the leaf dipping method. The resistance multiples of the populations were determined by dividing the susceptible population SUD-S by the LC value. The LC₅₀ values of *B. tabaci* populations determined against the active substances flupyradifurone, acetamiprid and sulfoxaflor were determined in the range of 1.16-6.92, in the range of 7.06-43.39 and in the range of 0.96-72.68 mg e.m./L-1, respectively. The resistance coefficients of the populations against flupyradifurone acetamiprid and sulfoxaflor active substances were determined in the range of 6.79-39.29, 38.16-234.53 and 3.83-291.9-fold, respectively. In *B. tabaci* populations, resistance levels were determined as low, moderate and high against flupyradifurone, high and very high against acetamiprid, and low, moderate, high and very high levels of resistance against sulfoxaflor. As a result of the study, it is thought that the use of *B. tabaci* should be suspended for a while in these regions, since the populations were observed to have a very high level of resistance to acetamiprid. Due to the loss of sensitivity at different levels to sulfoxaflor and flupyradifurone, it is thought that its frequent use should be avoided and it should be used in rotation with insecticides with different mechanisms of action in order to prevent the development of resistance. Although flupyradifurone has only recently been used, it is recommended to investigate cross-resistance and its mechanisms of action due to the loss of sensitivity observed in populations. It is thought that these data obtained in our study can be a reference in the future monitoring and management of insecticide resistance development.

KEYWORDS: *Bemisia tabaci*, butenolide, neonicotinoid, sulfoxamine, susceptibility

COMMITTEE: Ass. Prof. Dr. Utku YÜKSELBABA

Prof. Dr. Hüseyin Göçmen

Assoc. Prof. Dr. Serkan PEHLİVAN



ÖNSÖZ

İnsektisitlere karşı duyarlılık kayıpları tarımsal zararlılar ile mücadele için önemli sorunlardan biri olmaktadır. Kimyasal mücadelenin sıklıkla tercih edilmesi bu sorunun artmasına sebep olmaktadır. *Bemisia tabaci* popülasyonlarında da birçok insektisit sınıfına karşı direnç düzeylerinde artışlar meydana gelmiştir.

Bu çalışmada, pamuk beyazsineği *B. tabaci* Akdeniz Bölgesi popülasyonlarının flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı hassasiyet düzeylerinin belirlenmesi amacıyla lethal konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir.

Öncelikle, yüksek lisans eğitimim boyunca yardımları ve bilgisi ile bana sürekli katkıda bulunan, süreç boyunca büyük bir sabır ile yol gösteren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Utku YÜKSELBABA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecimde bulunduğu yardım ve katkılarından dolayı Dr. Adnan TUSUN'a teşekkür ederim.

Bu süreçte hep yanımda olup desteklerini esirgemeyen, yüksek lisans eğitimime başlamamda büyük katkıları olan kıymetli dostlarım Arş. Gör. Okan OĞUZ, Ziraat Yüksek Mühendisi Burak KARAÖZ ve Ziraat Yüksek Mühendisi M. Ali ÇİFTÇİOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca desteklerini her zaman hissettiren, anlayış ve sabırla hep yanımda olan, bugünlere gelebilmemde çok büyük emekleri olan başta babam Hüseyin TARAKCI ve annem Nariye TARAKCI olmak üzere, hayattaki en büyük şanslarım olan ablalarım Duygu KARABULUT ile Ş. Şeyda TARAKCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Çalışmada Kullanılan İnsektisitler	4
2.1.1. Flupyradifurone	4
2.1.2. Acetamiprid	4
2.1.3. Sulfoxaflor	5
2.2. Flupyradifurone ile <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)’nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar	6
2.3. Acetamiprid ile <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)’nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar	8
2.4. Sulfoxaflor ile <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)’nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1 Materyal.....	14
3.1.1. İnsektisitler	14
3.1.2. Diğer materyaller	15
3.2 Metot	16
3.2.1. Denemelerde kullanılan pamuk bitkilerinin yetiştirilmesi	16
3.2.2. İnsektisit biyoesseylerinde kullanılan <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonları.....	17
3.2.3. Biyoessey çalışmaları	19
3.2.4. Verilerin analizi	20
4. BULGULAR.....	22

4.1. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) Popölasyonlarının Flupyradifurone’a Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri	22
4.2. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) Popölasyonlarının Acetamiprid’e Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri	24
4.3. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) Popölasyonlarının Sulfoxaflor’a Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri	26
5. TARTIşMA	28
6. SONUÇLAR	33
7. KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİş	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Pamuk Beyazsineği *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) Akdeniz Bölgesi Popülasyonlarının Flupyradifurone, Acetamiprid ve Sulfoxaflor Etken Maddelerine Karşı Duyarlılık Düzeylerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/07/2023

Mustafa Samet TARAKCI



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

⁰C : santigrad derece

% : yüzde

cm : santimetre

g : gram

L : litre

mg : miligram

ml : mililitre

da : dekar

Kısaltmalar

A: K : aydınlık : karanlık

L : Linnaeus

e. m. : etkili madde

LC : lethal konsantrasyon

TD : tavsiye dozu

nAChR: nikotinik asetilkolin reseptörü

sp. : species (türler, tekil anlamda)

spp. : species plural (türleri, çoğul anlamda)

ssp. : subspecies (alt tür)

vd : ve diğerleri

Ondalık ayraç olarak nokta (.) kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Flupyradifurone içeren bitki koruma ürünü.....	14
Şekil 3. 2. Acetamiprid içeren bitki koruma ürünü.....	15
Şekil 3. 3. Sulfoxaflor içeren bitki koruma ürünü	15
Şekil 3. 4. Biyoesseylerde kullanılan stereo mikroskop (a), 100ml’lik mezur cam (b), İnsektisit çözeltilerinde kullanılan pipet pompası (c), Pamuk yapraklarını kesmek için kullanılan 35mm çapında çelik disk (d) ve <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) erginlerinin çekilmesi için kullanılan ağız aspiratörü (e)	16
Şekil 3. 5. İklimlendirme odasında yetiştirilen pamuk bitkileri.....	17
Şekil 3. 6. Çalışmada kullanılan <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonlarının alındığı lokasyonlar	17
Şekil 3. 7. Denemelerde kullanılmak üzere yetiştirilen <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonu	19
Şekil 3. 8. Farklı dozlarda hazırlanan insektisit konsantrasyonları	20
Şekil 3. 9. İnsektisit biyoessey diskleri.....	20

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Çalışmada kullanılan <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonları	18
Çizelge 4. 1. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonlarının flupyradifurone için lethal konsantrasyon değerleri.....	23
Çizelge 4. 2. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonlarının acetamiprid için lethal konsantrasyon değerleri	25
Çizelge 4. 3. <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.) popülasyonlarının sulfoxaflor için lethal konsantrasyon değerleri	27



1.GİRİŞ

Pamuk beyazsineği *Bemisia tabaci* (Genn.) dünya genelinde tarımsal üretimde önemli zararlara sebep olan böcek türlerinden biri olarak rapor edilmektedir (Wang vd., 2020a). *Bemisia tabaci*'nin 600'den fazla bitki türü üzerinde zarara neden olduğu ve domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsü (TYLCV) de dahil olmak üzere 200'den fazla bitki virüsünün vektörü olduğu bildirilmiştir (Abd-Rabou ve Simmons, 2010; Navas-Castillo vd., 2011). Pamuk beyazsineği bitki özsuğu ile beslenmekte ve beslenme sonucunda oluşturdıkları ballı madde fumajine neden olmaktadır. Oluşan bu fumajin, bitki yüzeyini kaplayarak bitkinin fotosentez yapmasını engellemekte ve aynı zamanda verim ve kalite kaybına sebep olmaktadır (Hequet vd., 2007; Martin ve Mound, 2007; De Barro vd., 2011).

Dünyada artan gıda talebi ile birlikte pestisit kullanımı da her geçen gün artmaktadır (Basit, 2019). Yoğun pestisit kullanımı çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve bu yüzden çevre ve insan sağlığını korumak için pestisit kullanımını en aza indirmek gerekmektedir (Horowitz vd., 2020; Ali vd., 2021). Ülkemizde ve birçok ülkede *B. tabaci*'ye karşı yaygın olarak kimyasal mücadele tercih edilmektedir. Bu yüzden *B. tabaci*'nin insektisit direnç düzeyleri yüksek seviyelere çıkmış ve mücadelesinde kullanılan birçok insektisite karşı dirençli hale gelmiş bulunmaktadır (Deholm ve Birnie 1990; Dittrich vd., 1990; Reiler vd., 2015; Basit, 2019). Direnç, bir popülasyona insektisit uygulandığında bireylerin canlı kalması ve bu canlı kalabilme gücünün diğer generasyonlara aktarılması olarak tanımlanmıştır (Ffrench-Constant ve Roush 1990). İnsektisit direnci, hedef bölge üzerinde oluşan modifikasyonlar ya da etkili maddenin detoksifikasyonu ile meydana gelen çeşitli mekanizmaları içeren genetik bir durum olarak bilinmektedir (Horowitz vd., 2007). *Bemisia tabaci* için bildirilmiş 650 adet direnç çalışması vardır ve 60'tan fazla etkili maddeye karşı direnç tespit edilmiştir (Horowitz vd., 2020).

Bemisia tabaci'nin mücadelesinde genellikle geniş spektrumlu etkili maddeler tercih edilmektedir (Dursun vd., 2013). Bu etkili maddeler organofosfat, piretroid, spinosin, neonikotinoid, sulfoksamin ve butenolid gibi sınıflar içerisinde yer almaktadırlar (Sparks vd., 2013). Bu sınıflardan neonikotinoid sınıfında yer alan acetamiprid, topraktan ve yapraktan uygulamalar için formüle edilmiş olan bir etkili maddedir. Lepidopterler, coleopterler, hemipterler ve thysanopterler dahil olmak üzere birçok böcek grubuna karşı etkili, geniş spektruma sahip bir insektisit etkili maddesidir (Wang vd., 2017a). Kontak etkisinin yanı sıra sistemik etkiye de sahiptir (Takahashi vd., 1998). Acetamiprid, böcekler üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörlerine bağlanmaktadır ve bu şekilde sinir sistemini bloke ederek zararlıyı etkisiz hale getirmektedir (Elbert vd., 2008). Acetamiprid etkili maddesi, ülkemizde 1996 yılında ruhsat almış olup günümüzde *B. tabaci* mücadelesinde kullanılmaya devam edilmektedir (Anonim 2023).

Sülfoksaminler, bitki özsuğu ile beslenen böcekleri hedef alan yeni bir insektisit sınıfıdır. Sulfoxaflor, ticari olarak kullanıma sunulan sülfoksamin insektisit sınıfındaki ilk bileşiktir (Babcock vd., 2011; Sparks vd., 2013). Kimyasal olarak çeşitli insektisit sınıfları gibi (spinosinler, neonikotinoidler, nereistoksin analogları), sulfoxaflor etkili maddesi de böcekler üzerinde nikotinik asetilkolin reseptörleri (nAChR'ler) üzerinde etkili olmaktadır (Longhurst vd., 2013). Fakat sulfoxaflor-nAChR etkileşiminin onu

diğer nAChR etkili insektisitlerden ayıran yönleri vardır. Sülfoksaminler, neonikotinoidlere dirençli olanlar da dahil olmak üzere, çoğu insektisit sınıfına dirençli olan, bitki özsuyla beslenen zararlılara karşı da etkili olmaktadır (Sparks vd., 2013). Yapılan son araştırmalar bu hipotezi sulfoxaflor ve kloro-SFI analogunun (SFI-3), *D. melanogaster*'da piretroidler, organofosfatlar ve neonikotinoidler dahil olmak üzere birçok insektisit sınıfının direnci ile ilişkili bir enzim olan mono-oksijenaz CYP6G1 tarafından metabolize edilememesi ile ilişkilendirmiştir (Sparks vd., 2013). Sulfoxaflor etkili maddesine sahip ilk insektisit, ülkemizde 2016 yılında ruhsat almıştır ve şu an bu etkili maddeye sahip olan iki adet farklı formülasyona sahip bitki koruma ürünü bulunmaktadır (Anonim 2023).

Nikotinik asetilkolin reseptörü analogu olan etkili maddelerin, zararlı mücadelesinde önemli bir yeri vardır ve 2012 yılında tarımsal alanda pazar payı %29 olarak açıklanmıştır (Jeschke vd., 2015). Böcek nAChR'lerinde üç tip sınıfı vardır ve bunlar İnsektisit Direnç Eylem Komitesi (IRAC) tarafından etki mekanizmalarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflardan birincisi nAChR-agonistleri (Reseptöre bağlanarak aktivasyonu başlatan bileşik) (IRAC Grup 4A: neonikotinoidler, 4B: nikotin, 4C: sulfoxaflor), ikincisi nAChR-allosterik modülatörleri (IRAC Grup 5: spinosinler) ve üçüncü tip ise nAChR-kanal bloke edicileridir (IRAC Grup 14: nereistoksin analogları) (Nauen vd., 2019; IRAC 2023). Neonikotinoidler bugüne kadar kullanılan insektisit sınıfları arasında en önemli kimyasal sınıftır (Jeschke vd., 2008). Bununla birlikte yapılan çalışmalarda neonikotinoidlere karşı hassasiyet kayıpları bildirilmiştir (Saleem vd., 2022). Bu nedenle, metabolik direncin üstesinden gelen yeni insektisidal nAChR agonistlerinin keşfedilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Bütenolidler olarak yeni bir kimyasal sınıf ortaya konulmuştur (Jeschke vd., 2015).

Flupyradifurone, spesifik fizikokimyasal özellikleri, bitki ve böcekler üzerindeki metabolizması ve uygun bir integre zararlı mücadelesi profili ile birlikte yeni bir Bütenolid sınıfında yer alan etkili maddedir (Roffeni vd., 2014; Jeschke vd., 2015). Flupyradifurone, daha önce neonikotinoidler sınıfında tanımlanmayan bir 6-kloro-piridin-3-il ve N-2,2-difloroetil kombinasyonu içermektedir. Bu yüzden neonikotinoid ve sülfoksamin sınıflarına göre yapısal farklılığı nedeniyle 2013 yılında IRAC tarafından Grup 4D'de Bütenolidler alt grubu olarak sınıflandırılmıştır (Roffeni vd., 2014). Flupyradifurone, ksilemden taşınabilmektedir. Yapraktan veya topraktan uygulama sonrasında sistemik koruma sağlamakta ve translaminar etkisi de bulunmaktadır (Raupach vd., 2012). Flupyradifurone, böcekler üzerinde postsinaptik nikotinik asetilkolin reseptörlerinin(nAChR) kısmi bir agonisti olarak etki eder ve asetilkolin (ACh) bağlanma bölgesine bağlanır (Jeschke ve Nauen, 2007; Roffeni vd., 2014). Bu etki şekli sayesinde, flupyradifurone kullanımının neonikotinoidler ve diğer kimyasal sınıflara dirençli birçok zararlının kontrolünü sağlayabileceği ve diğer insektisitlerde çapraz direnç gelişimine neden olmadığı bildirilmiştir (Smith vd., 2013; Jeschke vd., 2015).

Pamuk beyazsineği *B. tabaci*'nin insektisitlere karşı direnç düzeyi ve direnç mekanizmaları üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Houndété vd., 2010; Bahşi vd., 2012; Hatipoğlu vd., 2019; Mohammed vd., 2020; Wang vd., 2020b). Yapılan bu çalışmalarda insektisitlere karşı hassasiyet kayıplarının coğrafi ve zamansal değişkenliğini belirlemek, dirençli olan genotipleri doğru bir şekilde tespit etmek, oluşabilecek olan direnç durumlarına erken uyarı sağlayabilmek ve direnç yönetimi üzerine geliştirilen

yöntemlerin etkinliklerinin test edilmesi amaçlanmıştır (Basit, 2019). *Bemisia tabaci* popülasyonlarının acetamiprid'e karşı duyarlılık düzeylerinin belirlenmesi üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmakta ve Çin, Batı Afrika ve Güney Kıbrıs bölgelerinde yapılmış olan çalışmalarda bu etkili maddeye karşı yüksek derecede duyarlılık kaybı olduğu bildirilmiştir (Houndété vd., 2010; Vassiliou vd., 2011; Xie vd., 2014; Chen vd., 2018). Ülkemizde ise *B. tabaci*'nin acetamipride karşı duyarlılığı üzerine Antalya, Adana, Mersin, Hatay, Aydın ve Tokat illerinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır ve yapılan bu çalışmalarda acetamiprid'e karşı yüksek derecede duyarlılık kaybı olan popülasyonlar bildirilmiştir (Bahşi vd., 2012; Satar vd., 2018; Balkan, 2019; Hatipoğlu vd., 2019). Dünyada sulfoxaflor etkili maddesi için yapılmış çalışmalar incelendiğinde Çin, Meksika, İspanya, Kıbrıs, İngiltere ve İtalya'dan toplanmış popülasyonlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalarda popülasyonlardaki duyarlılık kaybı düşük olarak bildirilmiştir (Longhurst vd., 2013; Wang vd., 2017a; Wang vd., 2019). Ülkemizde ise *B. tabaci*'de sulfoxaflor direnç düzeyi üzerine 2020 yılında sadece Mersin ili *B. tabaci* popülasyonlarını kapsayan tek bir çalışma bulunmaktadır (Mohammed vd., 2020). Flupyradifurone'a karşı *B. tabaci*'de duyarlılık düzeyi üzerine dünyada yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır ve Amerika ve Çin'de yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Smith vd., 2016; Wang vd., 2020b; Guo vd., 2020; Sparks vd., 2020). Ülkemizde ise flupyradifurone'un *B. tabaci*'ye karşı duyarlılık düzeyi üzerine yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda insektisit direnç vakalarının sayısı gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Yeni insektisitlerin keşfedilmesi ve geliştirilmesi için harcanan zaman, çaba ve yüksek maliyetler gün geçtikçe artmaktadır (De Barro vd., 2011; Sparks vd., 2015). Aynı şekilde, mevcut ürünler için direnç geliştirme olasılığının en aza indirilmesini sağlamak da eşit derecede önemlidir, çünkü birçok durumda aynı özelliklere veya düşük maliyete sahip alternatif bileşikler mevcut olmayabilir (De Barro vd., 2011; Sparks vd., 2015). Bu nedenle insektisit direnç düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi daha önemli bir konuma gelmiş ve ayrıca direnç izleme aşaması insektisit direnç gelişim stratejilerinin de kritik bir bileşenidir (Sparks vd., 2015). Direnç yönetim stratejilerinin geliştirilebilmesi için *B. tabaci*'de insektisitlere karşı gelişen direncin durumunu, direncin çeşitlerini, direncin genetik durumunu ve potansiyelini anlayabilmek için yapılan çalışmalar büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmada *B. tabaci* mücadelesinde yoğun olarak kullanılan flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı *B. tabaci* popülasyonlarının direnç gelişim stratejilerinin ilk basamağı olan güncel duyarlılık düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ülkemiz Akdeniz Bölgesi Antalya, Mersin, Adana ve Hatay illerinden 10 farklı *B. tabaci* popülasyonları toplanarak bu popülasyonların lethal konsantrasyon değerleri ve direnç katları hassas popülasyon ile kıyaslanarak belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile bu konudaki literatüre ve direnç yönetim stratejilerine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

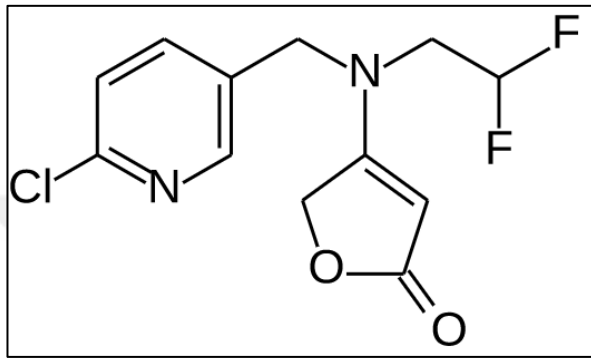
2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Çalışmada Kullanılan İnsektisitler

2.1.1. Flupyradifurone

Kimyasal adı (IUPAC) : 4- [(6-chloro-3-pyridylmethyl) (2,2-difluoroethyl) amino] furan-2(5H)-one

Moleküler formülü: C₁₂H₁₁ClF₂N₂O₂



Şekil 2. 1. Flupyradifurone'un kimyasal yapısı (Jeschke vd., 2015)

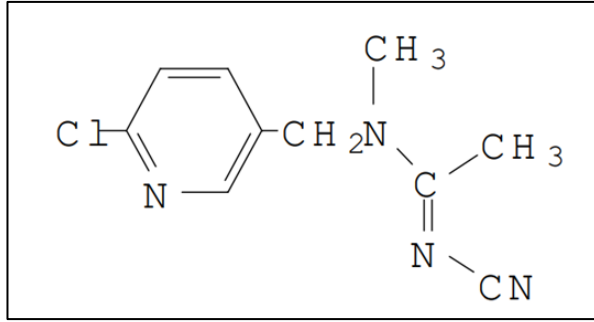
Flupyradifurone, farklı bir bioaktif yapı içeren yeni bir Butenolid sınıfı insektisittir. Böcek ve bitki bünyesinde sistemik olarak etki etmektedir ve translaminar etkiye sahiptir. Aynı zamanda entegre mücadele yöntemleri ile de uyumlu bir etkili maddedir (Roffeni vd., 2014; Nauen vd., 2019). Farklı bitki türlerinde uygulanabilmesinin yanı sıra püskürtme, damlama sulama ve tohuma uygulama gibi çeşitli uygulama yöntemleri ile de uygulanabilmektedir. Flupyradifurone, yapraktan veya topraktan yapılan uygulamalarda ksilem iletim demetleri üzerinden taşınmaktadır (Jeschke vd., 2015). Ülkemizde beyazsinekler, thrips ve yaprakbitleri gibi böcekler ile mücadelede kullanılmaktadır (Anonim, 2023)

Flupyradifurone, IRAC tarafından Grup 4 insektisit olarak sınıflandırılmıştır ve 4D alt grubunun üyesi olarak belirlenmiştir (IRAC 2023). Flupyradifurone, böcekler üzerine sinir sistemine etki ederek çalışır ve böcek merkezi sinir sistemi üzerinde postsinaptik nAChR agonisti olarak seçici olarak etki eder ve asetilkolin (ACh) bağlanma bölgesine bağlanarak etki eder (Jeschke vd., 2015; Nauen vd., 2015).

2.1.2. Acetamiprid

Kimyasal adı (IUPAC): (E)-N1-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N2 -cyano-N1 -methyl acetamidine

Moleküler formülü: C₁₀H₁₁ClN₄



Şekil 2. 2. Acetamiprid'in kimyasal yapısı (United States Environmental Protection Agency, 2023)

Acetamiprid, ilk olarak 1984 yılında sentezlenmiştir. 2002 yılında ise bitki ve hayvancılık faaliyetlerinde kullanılmak üzere tescillenerek resmi ürün olarak piyasaya sürülmüştür. Son on yıldan beri acetamiprid; tarımsal faaliyetlerde, evsel ve halk sağlığı faaliyetlerinde organofosfatlar, karbamatlar ve piretroid sınıfı insektisitlerden daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Kocaman ve Topaktaş, 2007; Craddock vd., 2019).

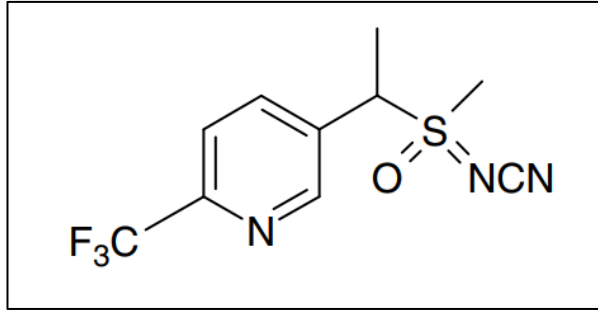
Acetamiprid tarımsal faaliyetlerde meyve, sebze, çiçek ve süs bitkilerinde zarara neden olan, yaprakbitleri, çekirgeler, güveler, hemipterler ve lepidopterler gibi böceklerin mücadelesinde kullanılmaktadır (Kocaman ve Topaktaş, 2007; Kong vd., 2017; Bagri ve Jain, 2019). Halk sağlığı faaliyetlerinde ise hamam böceği, sivrisinek, karasinek, kene ve akarların farklı gelişim evrelerinin kontrolü amaçlı kullanılmaktadır (Çavaş vd., 2012).

İnsektisit Direnç Eylem Komitesi (IRAC) tarafından Grup 4 İnsektisit olarak sınıflandırılmıştır ve 4A alt grubunun üyesi olarak belirlenmiştir (IRAC 2023). Acetamiprid, böceklerde nikotinik asetilkolin reseptörünü (nAChR) hedefleyen bir neonikotinoid gruptan etkili maddedir. nAChR, böceklerin sinir sisteminde bir nörotransmitter reseptörü olarak işlev gösteren zarlı bir protein kompleksidir. Acetamiprid, nAChR'nin agonisti olarak hareket eder, bu da reseptörün aşırı uyarılmasına ve böceğin ölümüne neden olur (Tomizawa vd., 2003).

2.1.3. Sulfoxaflor

Kimyasal adı (IUPAC): [N-[methyloxido[1-[6-(trifluoromethyl)-3-pyridinyl]ethyl]-λ⁴-sulfanylidene] cyanamide

Moleküler formülü: C₁₀H₁₀F₃N₃OS



Şekil 2. 3. Sulfoxaflor'un kimyasal yapısı (Watson vd., 2021)

Sulfoxaflor, emici böcekleri hedef alan kimyasal bir insektisittir (Zhu vd., 2011; Sparks vd., 2013). Tarımsal faaliyetlerde meyve, sebze ve süs bitkilerinde zarara neden olan yaprakbitleri ve beyazsinekler gibi böceklerin mücadelesinde kullanılmaktadır (Anonim, 2023). Sulfoxaflor, sulfoxamine içeren ilk insektisittir (Zhu vd., 2011). Bu yenilik sayesinde direnç ile ilişkili olan metabolik enzimlere ve hedef bölgelerinde önemli farklılıklara sahiptir (Watson vd., 2021; Sparks vd., 2013).

Sulfoxaflor bir nikotinik asetilkolin reseptörü modülatörüdür, böceklerin sinir sistemindeki nAChR'ni hedef alır, böcekleri paralize ederek ölmesine neden olur bu nedenle IRAC tarafından Grup 4 insektisit olarak sınıflandırılmıştır. Farklı metabolizmi ve yeni kimyasal yapısı nedeniyle 4C alt grubunun tek üyesi olarak belirlenmiştir (IRAC, 2023, Sparks vd., 2020).

2.2. Flupyradifurone ile *Bemisia tabaci* (Genn.)'nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Smith vd. (2016), *B. tabaci*'nin Güney Florida'dan on dokuz farklı popülasyonuna karşı imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran ve flupyradifurone olmak üzere dört farklı etkili maddeye karşı duyarlılık durumunu belirlemişlerdir. Bu popülasyonları özellikle domates bitkileri üzerinden toplanmış ve test çalışmalarında pamuk bitkisi yaprağı kullanarak yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda on bir popülasyonda, duyarlı olarak kabul edilen laboratuvar popülasyonu ile benzer LC₅₀ değerleri gözlemişlerdir. Tespit ettikleri LC₅₀ değerleri (ppm) ise imidacloprid'e karşı 0.90-24.95 aralığında, thiamethoxam'a karşı 0.97-24.43 aralığında, dinotefuran'a karşı 0.04-3.35 ve flupyradifuron'a karşı 0.01-1.47 değerleri aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Çakışan güvenilirlik sınırlarına dayanarak, flupyradifuron ve dinotefuran için imidacloprid ve thiamethoxam ile kıyasla ortalama direnç tahminlerinde önemli farklılıkların olmadığını belirtmişlerdir.

Wang vd. (2020a), Çin'in Vuhan (WH) ve Xiangyang (XY) şehirlerinde *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı duyarlılık durumunu ve direnç mekanizmalarını araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda popülasyonların çoğu flupyradifurone'a karşı oldukça duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte direnç katsayıları sırasıyla 21.95 ve 29.03 kat olan popülasyon dışında popülasyonların genelinde düşük seviyede direnç olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca imidacloprid ve cyantraniliprole'e karşı çapraz direnç gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Yapılan

sinerjizm testlerinde, piperonil butoksit (PBO) ve trifenil fosfatın (TPP) XY popülasyonunda flupyradifurone'a karşı direnci önemli ölçüde inhibe ettiğini, PBO'nun ise WH popülasyonunda direnci önemli ölçüde inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Artan sitokrom P450 monooksijenaz ve esteraaz aktivitesi, iki dirençli popülasyonda flupyradifurone'a karşı olan direnç ile ilişkili olduğunu ve bu enzimlerin detoksifikasyonda rol oynadığını da bildirmişlerdir. Yapılan araştırma sonucu olarak flupyradifurone'a karşı çapraz direnç olmayan diğer kimyasal maddelerle programlı bir şekilde kullanarak direnç gelişimini geciktirilebileceğini ve flupyradifurone etkili maddesinin Çin'de beyazsinek yönetimi için etkili bir mücadele yöntemi olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Wang vd. (2020b), Çin'de flupyradifurone'a karşı *B. tabaci* Q biyotipi üzerinde direnç düzeyini ve karakterizasyonunu araştırmışlardır. Daha önce yapılan çalışmalarda direnç düzeyinin tespit edildiği fakat direnç mekanizmasının yeterince incelenmediğini belirtmişlerdir. Çalışmada flupyradifurone etkili maddesine karşı duyarlı olan MED-S popülasyonu 24 generasyon boyunca flupyradifurone uygulanarak, dirençli olduğu belirtilen FLU-SEL popülasyonunun elde edildiğini belirtmişlerdir. FLU-SEL popülasyonu, flupyradifurone'a karşı 105.56 kat direnç ve imidacloprid'e karşı orta derecede çapraz direnç gösterdiğini, ancak test edilen diğer neonikotinoidlere karşı çapraz direnç göstermediğini bildirmişlerdir. Yapılan sinerjizm testleri ve metabolik enzim analizleri, FLU-SEL direncinin, glutatyon S-transferaz (GST) ve P450 monooksijenazın (P450) aracılık ettiği gelişmiş detoksifikasyona atfedilebileceğini öne sürmüşlerdir. MED-S popülasyonu ile karşılaştırıldığında, CYP6CX4 ve GSTs2, FLU-SEL'de önemli ölçüde baskılandığını CYP6CX4 veya GSTs2'nin baskılanması, FLU-SEL popülasyonunda beyazsineklerin flupyradifurone etkili maddesine karşı ölüm oranını artırdığını gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak, CYP6CX4'ün baskılanması, imidaclopride maruz kalan beyaz sineklerin ölüm oranını da artırdığını gözlemlemişlerdir. CYP6CX4 ve GSTs2'nin baskılanması, RNA interferansı ile doğrulandığı üzere flupyradifurone direnci ile ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar bulgularını, flupyradifurone etkili maddesine karşı metabolik dirence P450'ler ve GST'lerin aracılık edebileceğini öne sürmüşlerdir.

Guo vd. (2020) Çin'de 2018 ve 2019 yıllarına ait 18 adet *B. tabaci* popülasyonunun cyantraniliprole, cyclaniliprole, sulfoxaflor, flupyradifurone, bifenthrin ve imidacloprid etkili maddelerine karşı duyarlılık seviyelerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda cyclaniliprole'ün LC₅₀ değerleri 3.4 ile 21.2 mg e.m./L⁻¹ aralığında *B. tabaci* popülasyonları için en toksik etkili madde olduğunu ve bunların ortalama 13.5 mg e.m./L⁻¹ LC₅₀ değeri ile cyclaniliprole'e duyarlı alt sınır olduğunu belirtmişlerdir. Yeni olarak gösterilen diğer üç insektisite karşı (cyantraniliprole, sulfoxaflor ve flupyradifurone) popülasyonlar için yüksek toksisite gösterdiğini, ancak test edilen iki insektisite karşı (bifenthrin ve imidacloprid) sırasıyla 16.9 ile 296.6 mg e.m./L⁻¹ ve 33.1 ile 397.0 mg e.m./L⁻¹ arasında değişen LC₅₀ değerleri ile düşük toksisiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak, yeni tanıtılan insektisitlerin (cyantraniliprole, sulfoxaflor ve flupyradifurone) şu anda Çin'de *B. tabaci* için insektisit direnç yönetim programlarında etkili alternatif insektisitler olarak kabul edilebileceğini düşündüklerini bildirmişlerdir.

Sparks vd. (2020), Amerika'nın Georgia ve Florida eyaletlerinden iki farklı *B. tabaci* popülasyonunun farklı toksikolojik biyoessey yöntemleri kullanarak dört farklı

gruptan beş farklı etkili maddeye (imidacloprid (4A), dinotefuran (4A), flupyradifurone (4D), pyriproxyfen (7C) ve cyantraniliprole (28)) karşı tepkilerini analiz etmişlerdir. Uygulama yöntemi olarak yaprak ve kökten (sistemik) uygulama olarak iki farklı yöntemin kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmada test edilen dört farklı beyazsinek biyoessey yönteminin, yayınlanmış olan iki IRAC yöntemi olduğunu ve bunların birisinin “Clip Cage” yöntemi ve yeni bir tüp yöntemi olduğunu belirtmişlerdir. Kullanılan uygulama yönteminin etkinlik üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, biyoessey yöntemi genel beyazsinek ölüm oranını etkilediğini ve çanak yöntemi ve “Clip Cage” yöntemi dışındaki diğer yöntemlere kıyasla ölüm oranını azalttığını bildirmişlerdir. Beyazsinek erginlerinde en yüksek ölüm oranlarının cyantraniliprole, dinotefuran ve flupyradifurone etkili maddelerinde olduğunu bildirmişlerdir. Analiz edilen her iki popülasyon için insektisit ve biyoessey yöntemi arasında ergin ölüm yüzdesine göre önemli bir etkileşim bulunduğunu bildirmişlerdir. “Clip Cage” yönteminin lethal doz açısından daha duyarlı olduğunu, bunu kap ve tüp yöntemlerinin izlediğini belirtmişlerdir. Son olarak bulaştırma yönteminin insektisit lethal dozuna en az yanıt veren yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

2.3. Acetamiprid ile *Bemisia tabaci* (Genn.)’nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Houndete vd. (2010), *B. tabaci*’nin Batı Afrika’da Benin, Togo ve Burkina Faso’da popülasyonlarının yaprak daldırma metodu ile farklı kimyasal sınıflarda bulunan sekiz insektisit etkili maddesine karşı duyarlılık seviyelerini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda bazı popülasyonlarda deltametrin ve bifentrin gibi piretroid sınıfı etkili maddelerine karşı gözle görülebilir bir duyarlılık kaybı olduğunu bildirmişlerdir. Deltamethrinde bu kaybın 1.6-4.7 kat ve bifentrinde 4-36 kat arasında olduğunu bildirmişlerdir. Diğer etkili maddelerin direnç katlarının ise; dimethoate’a karşı 1.6-15, chlorpyrifos’a karşı 5.3-6.7, acetamiprid’e karşı 1.5-7.8, thiamethoxam karşı ise 3.4-6.6 kat arasında olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda popülasyonların pymetrozin ve endosulfana karşı sırasıyla 2.9-18 ve 14-30 kat gibi yüksek oranlarda dirençli olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar piretroid ve organofosforlular gruplarının pamuk bitkisinde otuz yıldan fazla süredir kullanılmasından dolayı popülasyonlarda direnç gelişiminin olduğunu bildirmişlerdir. Fakat acetamiprid son zamanlarda kullanılmaya başlayan bir etkili madde olmasına rağmen ne yazık ki Burkina Faso popülasyonunun dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Bu iki grup arasında çapraz direnç daha önce hiçbir kaynakta gözlemlenmediği için bu hassasiyet kaybının bölgeye yeni gelen farklı bir *B. tabaci* biyotipinden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir.

Vassiliou vd. (2011), *B. tabaci* Güney Kıbrıs popülasyonlarının neonikotinoid acetamiprid, thiamethoxam ve imidacloprid ile piretroid bifentrin etkili maddelerine karşı direnç düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda popülasyonlarda metabolik detoksifikasyonlarda yer alan enzim aktivitelerinde değişim ile aynı zamanda piretroid ve organofosfat sınıfının hedef bölgelerinde mutasyonlar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Imidacloprid etkili maddesine karşı 77-392 kat arasında, thiamethoxam etkili maddesine karşı 50-164 kat arasında direnç tespit etmişler ve popülasyonları orta ila yüksek dirençli olarak bildirmişlerdir. Acetamiprid etkili maddesine karşı ise 7-12 kat arasında direnç katı tespit etmişler ve düşük dirençli olarak bildirmişlerdir. Neonikotinoid insektisitlere karşı çapraz direnç tespit edilmediğini ve ayrıca bu direncin P450 mikrozomal oksidazların

aktivitesi ile ilişkili olmadığını bildirmişlerdir. Sadece imidacloprid etkili maddesine karşı direnci karboksilesteraz aktivitesi ile ilişkilendirmişlerdir. Bifentrin etkili maddesine karşı 49-1243 kat arasında son derece yüksek hassasiyet kaybının gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Bu direnç düzeyinin detoksifikasyon enzimlerinin aktivitesi ile değil, sodyum kanalı genindeki dirençli alelin frekansı ile ilişkilendirmişlerdir. Son olarak asetilkolinesteraz enzim ACE1 genindeki F331W mutasyonunun tüm *B. tabaci* popülasyonlarında görüldüğünü bildirmişlerdir.

Bahşi vd. (2012), 2007-2009 yılları arasında Antalya ve ilçelerinden toplamış oldukları *B. tabaci* popülasyonlarının neonikotinoid acetamiprid; organik fosforlu chlorpyrifos-ethyl ve piretroid cypermethrin etkili maddelerine karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında karşılaştırma popülasyonu olarak nispeten duyarlı bir popülasyon olan Koçarlı popülasyonunu kullanmışlardır. Popülasyonlarda ortaya çıkan direnç katsayılarının acetamiprid'e karşı 6-299 aralığında, chlorpyrifos-ethyl'e karşı 2-16 aralığında ve cypermethrin'e karşı 1-22 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yapılan direnç geliştirme potansiyeli çalışmasında acetamiprid ve chlorpyrifos-ethyl ile seleksiyon sonucunda sırasıyla 18 ve 4 katlık artışların meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda Antalya ilinde bu etkili maddelere karşı yüksek derecede direnç geliştiğini bildirerek kullanımlarının sınırlandırılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Xie vd. (2014), Çin'de B ve Q biyotipi olmak üzere iki farklı *B. tabaci* laboratuvar popülasyonu (Lab B ve Lab Q) ve dört adet tarla popülasyonu ile *B. tabaci* mücadelesinde kullanılmak üzere yeni insektisit etkili maddeleri bulabilmek için duyarlılık çalışması yapmışlardır. Lab Q popülasyonunun yumurta, larva ve erginlerinin cyantraniliprole, chlorantraniliprole, pyriproxyfen, buprofezin, acetamiprid, ve thiamethoxam olmak üzere altı etkili maddeye karşı daha yüksek LC₅₀ değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra avermectin etkili maddesinin LC₅₀ değerinin her iki popülasyonda da düşük olduğunu belirtmişlerdir. Tarla popülasyonları etkili maddelere karşı farklı duyarlılık değerleri gösterebilir de tüm popülasyonların yumurta ve larvalarının cyantraniliprole etkili maddesine karşı duyarlı olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda tüm popülasyonların erginlerinin de avermectin etkili maddesine karşı duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Dayanıklılık katsayıları göz önünde bulundurulduğunda genellikle Q biyotipi *B. tabaci* popülasyonlarını B biyotipi *B. tabaci* popülasyonları ile kıyasla daha dayanıklı olduğunu gözlemlemişlerdir. Acetamiprid'e karşı tarla popülasyonlarında *B. tabaci* yumurtalarının direnç katsayılarını 1.22 ile 4.68 arasında olduğunu; erginlerinin direnç katsayılarını ise 1.40 ile 19.0 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, Çin'de yapılacak olan *B. tabaci* mücadelesinde her iki biyotipte de cyantraniliprole, pyriproxyfen ve avermectin etkili maddelerinin kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Basij vd. (2017), İran'ın farklı bölgelerinden dokuz *B. tabaci* popülasyonunun imidacloprid ve acetamiprid'e karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Popülasyonların LC₅₀ değerlerinin imidacloprid'e karşı 3,76 ile 772,06 mg e.m./L⁻¹ ve acetamiprid'e karşı 4,96 ila 865 mg e.m./L⁻¹ aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Popülasyonların direnç katları imidacloprid'e karşı 9.72 ile 205.20 kat olarak, acetamiprid'e karşı 6.38 ile 174.57 kat arasında olduğunu belirtmişlerdir. Neonikotinoid direncinde hangi enzimlerin etkili olduğunu belirlemek için karboksilesteraz, glutatyon S-transferaz ve sitokrom P450'ye bağımlı monooksijenaz enzimlerini biyokimyasal

olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, *B. tabaci*'de sitokrom P450'ye bağımlı monooksijenazın imidacloprid ve acetamiprid'e karşı oluşan direnç ile ilişkili ve neonikotinoid direncinden sorumlu tek enzim sistemi olduğunu bildirmişlerdir.

Wang vd. (2017a), *B. tabaci*'nin 2011-2013 yıllarına ait Q biyotipi Çin popülasyonlarının sekiz insektisit abamectin, spinetoram, imidacloprid, tiamethoxam, acetamiprid, nitenpyram, chlorpyrifos ve bifenthrin'e karşı duyarlılık düzeyleri yaprak daldırma yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. Abamectin ve spintoram'a karşı direnç saptanmadığını, fakat *B. tabaci* popülasyonlarının tümünün neonikotinoid insektisitlere karşı direnç gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Chlorpyrifos ve bifenthrin etkili maddeleri ise popülasyonlara karşı çok düşük toksisiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin kimyasal mücadeledeki insektisit seçiminde yardımcı olacağını düşündüklerini bildirmişlerdir.

Satar vd. (2018), Türkiye'de Akdeniz kıyı şeridi sebze ve pamuk üretimi yapılan alanlarına ait *B. tabaci* (MEAM1, eski B biyotipi) popülasyonlarının duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Mersin'den alınan *B. tabaci* popülasyonlarının domates bitkisi üzerinden, Adana-Karataş'tan alınan popülasyonun pamuk bitkisi üzerinden, Antalya-Kumluca'dan alınan popülasyon biber bitkisi üzerinden ve Hatay-Samandağ'dan alınan popülasyonun ise hıyar bitkisi üzerinden toplandığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda acetamiprid, imidacloprid, thiacloprid ve thiamethoxam etkili maddelerine karşı *B. tabaci*'nin duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Yapılan bioesseyler sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının çoğunun duyarlı olarak belirtilen laboratuvar popülasyonları ile kıyaslandığında test edilen tüm neonikotinoidlere karşı dirençli olduğunu gözlemlemişlerdir. En yüksek direnç katsayısı imidacloprid'e karşı 2060 kat direnç ile Kumluca popülasyonu tespit edilirken, 5.36 kat direnç ile en düşük direnç katsayısı thiamethoxam'a karşı Samandağ popülasyonunda tespit etmişlerdir. Ayrıca en yüksek ve en düşük monooksijenaz enzim aktivitesinin sırasıyla Kumluca ve Samandağ popülasyonlarında olduğunu da belirtmişlerdir. Yapılan CYP6CM1 protein lateral akış testlerinin sonuçlarının da duyarlılık analiz sonuçlarını desteklediğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunun daha önce direnç çalışmalarında bildirilen monooksijenaz aktivitesi ile örtüşüğünü ve direnç düzeyinin bu aktivite ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Chen vd. (2018), Çin'de *B. tabaci* popülasyonlarına karşı yedi insektisit etkili maddesinin duyarlılık düzeylerini araştırmışlardır. Avermectin'in bütün popülasyonlarda yüksek toksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Spirotetramat, cyantraniliprole ve flonicamid etkili maddelerinin nimfler üzerinde etkili olduğunu fakat erginler üzerinde yeterince etkili olmadığını belirtmişlerdir. Acetamiprid, cyantraniliprole ve sulfoxaflor etkili maddelerinin yumurtalar üzerinde yüksek toksik etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda thiamethoxam ve sulfoxaflor gibi etkili maddelerin bazı popülasyonlarda LC₉₅ değerlerinin önerilen dozlardan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Balkan (2019), Tokat ilinde domates üretimi yapılan alanlardan 2017 ve 2018 yıllarına ait sekiz *B. tabaci* popülasyonunun acetamiprid, imidacloprid ve thiamethoxam etkili maddelerine karşı duyarlılık düzeylerini araştırmıştır. Yaptığı biyoessey ve biyokimyasal çalışmalar sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarında acetamiprid'e karşı bulunan direnç katsayıları en düşük ve en yüksek popülasyonlarda sırasıyla Güryıldız popülasyonunda 5.64 kat, Pazar popülasyonunda 16.82 kat olarak bildirmiştir.

Imidacloprid etkili maddesine karşı ise Zile popülasyonunda 10.02 kat, TOĞÜ Kampüs popülasyonunda 5.64 olarak bildirmiştir. Son olarak thiamethoxam etkili maddesine karşı direnç katının Güryıldız popülasyonunda 4.01, Pazar popülasyonunda ise 14.94 olarak belirtmiştir. Sitokrom P450 enzim aktivitesinin ise en yüksek TOĞÜ Kampüs ve Pazar popülasyonunda, en düşük Merkez ve Niksar popülasyonlarında olduğunu bildirmiştir.

Hatipoğlu vd. (2019), Aydın'ın Söke ilçesinden toplanan dört farklı *B. tabaci* popülasyonunun pyriproxyfen, buprofezin, acetamiprid ve bifentrin etkili maddelerine karşı LC belirleme çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda buldukları LC₅₀ değerleri acetamiprid'e karşı 28.22 ile 75.61 mg e.m./L⁻¹ aralığında, bifentrin için 1.08 ile 4.39 mg e.m./L⁻¹ aralığında, buprofezin için 25.95 ile 46.46 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve pyriproxyfen için 34.15 ile 108.91 mg e.m./L⁻¹ aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda yapılan analizlerde toplam esterase değerlerini belirlemişler ve popülasyonlar arasında enzim değerlerinde önemli fark olmadığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda dört bölgenin tamamında neonikotinoid insektisitlere karşı orta ila yüksek düzeyde direnç gözlemlendiği bildirilirken, pyriproxyfen ve buprofezin'e karşı çok düşük ila düşük düzeyde direnç gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Taquet vd. (2020), Güney Batı Hint Okyanusu'nda bi ada olan La Réunion'da bulunan Hint okyanusu (IO) ve MEAM1 biyotipinde *B. tabaci* popülasyonlarının acetamiprid ve pymetrozine'e karşı direnç düzeylerini belirlemişlerdir. IO popülasyonlarının direnç düzeylerinin hem acetamiprid hem de pymetrozine'e karşı 0.8 ve 1.4 kat aralığında hassas olduğunu bildirmişlerdir. MEAM1 popülasyonlarının direnç düzeylerinin ise iki etkili maddeye karşı da 3.3 ve 148.2 kat aralığında dirençli olarak gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Taquet vd. (2020), yapılan bu çalışmanın IO türleri için yapılmış ilk duyarlılık çalışması olduğunu ve MEAM1 türleri ile yakın bir ekosistemde olup onlarla hibritleşmesine rağmen bu etkili maddelere karşı herhangi bir duyarlılık kaybı tespit edilmediğini belirtmişlerdir.

Marasinghe ve Karunaratne (2021), Sri Lanka'da *B. tabaci*'nin Kandy, Anuradhapura, Badulla, Matale ve Hambantota popülasyonları, *T. vaporarium*'un ise Puttlam popülasyonun altı insektisite karşı LC değerlerini ve ölüm yüzdeleri belirlemişlerdir. Ayrıca esterazlar, glutatyon S-transferazlar ve sitokrom P450 monooksijenazların artan aktivitelerinin neden olduğu metabolik direnç ve asetilkolinesterazların neden olduğu hedef bölge duyarsızlığından kaynaklı direnci biyokimyasal analizler ile değerlendirmişlerdir. En yüksek ve en düşük direnç düzeyleri sırasıyla etofenprox'a karşı 1311 kat ve profenofos'a karşı 4 kat şeklinde belirlemişlerdir. Beyazsinek popülasyonlarının tavsiye dozlarına karşı direnç yüzdeleri thiamethoxam'a karşı %37-83, acetamiprid'e karşı %50-83, imidacloprid'e karşı %71, profenofos'a karşı %2-36, carbosulfan'a karşı %15-53 ve etofenprox'a karşı %68-89 olarak bildirmişlerdir. Anuradhapura, Badulla ve Matale popülasyonlarının yüksek esterase değerlerine sahip olduğunu ve tüm popülasyonların yüksek GST aktiviteleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Badulla popülasyonunu yüksek monooksijenaz aktivitesi gözlemlendiğini de bildirmişlerdir sahipti. Yüksek esterase aktivitelerinin, yüksek neonikotinoid direncine paralel olduğunu belirtmişlerdir. CYP6CM1'nin aşırı ekspresyonu, acetamiprid direncinin yanı sıra thiamethoxam direnci ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Marasinghe ve Karunaratne (2021), yapılan bu çalışmanın Sri Lanka'daki beyazsineklerin insektisit direnç mekanizmalarına ilişkin ilk raporu olduğunu ve bu çalışmanın sonucunun, Sri

Lanka'da beyazsinek kontrol programlarının yönetilmesinde yardımcı olacağını düşündüklerini belirtmişlerdir.

Saleem vd. (2022), Pakistan'ın Punjab şehrinden örnekleme yılı 2017-2019 olan *B. tabaci* popülasyonlarının pyriproxyfen, buprofezin acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam, thiakloprid, bifentrin ve chlorpyrifos etkili maddelerine karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxam, thiakloprid etkili maddelerine karşı direnç katları sırasıyla 7.60-50.99, 19.32-65.72, 17.18-54.65 ve 6.49-47.49 kat arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bifentrin ve chlorpyrifos etkili maddelerine karşı sırasıyla 12.28-50.56 kat ve 7.94-26.24 kat direnç düzeyleri ile Faisalabad hariç tüm bölgelerde *B. tabaci*'ye karşı düşük toksisite düzeyleri bildirilmiştir. Saleem vd. (2022) çalışmadan elde edilen sonuçların *B. tabaci* mücadelesinde etkili olarak kullanılabilecek insektisit seçiminde kolaylık sağlayacağını ve bu şekilde direnç gelişiminin geciktirilebileceğini belirtmişlerdir.

2.4. Sulfoxaflor ile *Bemisia tabaci* (Genn.)'nin Duyarlılık Düzeyleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Longhurst vd. (2013), farklı yıllarda farklı ülkelere ait *B. tabaci* ve *T. vaporariorum* popülasyonlarında Sulfoksamin sınıfından sulfoxaflor'un diğer gruplar ile olan çapraz direnç ilişkilerini belirlemek üzere çalışma yapmışlardır. Yapılan biyoesseyler sonrasında sulfoxaflor'un, imidacloprid'e karşı 1000 kata kadar direnç gösteren bir *B. tabaci* popülasyonunda üç kattan daha az direnç oranı tespit edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde piretroid deltamethrin ve organofosforlu profenofosa karşı dirençli olan başka bir popülasyona karşı da duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda *T. vaporariorum* popülasyonlarında imidacloprid ve sulfoxaflor arasında bir çapraz direnç ilişkisi gözlemlenemediklerini bildirmişlerdir. Test edilen üç tarla popülasyonunda sulfoxaflor'a karşı 4.17 kat bir direnç katsayısı gözlemlenmiştir. Karşılaştırıldığında ise bu popülasyon imidaclopride karşı 23.8 kattan daha fazla bir direnç katsayısı gösterdiği belirtmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar neonikotinoid ve sulfoxaminlerin aynı hedef bölgeye (nikotinik asetilkolin reseptörü) etki etmesine rağmen neonikotinoid direnci görülen popülasyonların sulfoxaflor karşısında büyük oranda duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Çapraz direnç görülmemesinden dolayı sulfoxaflorun insektisit direnci durumunda bu zararlı türlerinin mücadelesi için önemli bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Wang vd. (2017b), Çin'in doğusunda bulunan sekiz farklı lokasyondan Q biyotipi *B. tabaci* popülasyonları ile sulfoxaflor ve neonikotinoid sınıfı etkili maddelerine karşı duyarlılık durumu araştırılan bir çalışma yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada nikotinik asetilkolin reseptörü $\beta 1$ alt birim geninde (Bt $\beta 1$) nükleotid polimorfizmleri tespit edildiği belirtmişlerdir. Referans alınan hassas popülasyon ile kıyaslandığında tarla popülasyonları imidacloprid ve nitenpyram'a karşı düşük ve orta düzeylerde direnç geliştirdiğini ve bu direnç katsayılarının sırasıyla 4.07-21.75 ve 3.37-16.14 kat aralığında değiştiği bildirmişlerdir. Yangzhou popülasyonu thiamethoxam'a 40.38 kat yüksek direnç gösterirken diğer popülasyonlarda thiamethoxam'a 3.50-8.58 kat aralığında düşük direnç seviyelerinde olduğu belirtmişlerdir. Dinotefuran ve sulfoxaflor'a karşı tüm popülasyonların nispeten daha duyarlı olduğunu ve direnç katsayılarının sırasıyla 0.50-2.55 ile 0.40-3.07 kat aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Yapılmış olan çalışmalar ve sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, çapraz direncin bulunmamasından dolayı

dinotefuran ve sulfoxaflorun birinci ve ikinci nesil neonikotinoidlere karşı direnç kazanmış olan *B. tabaci* kontrolünde önemli bir rol oynayabileceğini bildirmişlerdir.

Wang vd. (2019), Çin'in Şansi eyaleti *B. tabaci* popülasyonunda (SX) cyantraniliprole'e karşı duyarlılık düzeyi ve direnç geliştirme potansiyellerinin belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmalar duyarlı olarak belirlenen popülasyon ile karşılaştırıldığında SX popülasyonunun 26.4 kat dirençli olduğunu bildirmişlerdir. Daha sonra cyantraniliprole kullanılmadan yapılan seleksiyon çalışmalarında bu direnç düzeyinin azaldığı belirtmişlerdir. Cyantraniliprole kullanılarak yaptıkları seleksiyon çalışmalarından sonra ise bu direnç katsayısının 138.4 kata kadar yükseldiğinin gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Cyantraniliprole kullanılarak selekte edilen popülasyonda (SX-R) abamectin, imidacloprid, thiamethoxam, sulfoxaflor ve bifenthrine karşı herhangi bir çapraz direnç rastlanmadığı bildirmişlerdir. Yapılan genetik analizlerde SX-R popülasyonunun cyantraniliprole direncinin otozomal olarak kalıtsal olduğunu ve tamamen baskın olmadığını da bildirmişlerdir. Sonuç olarak yaptıkları araştırmada cyantraniliprole direncine sahip bir popülasyonda çapraz direncin bulunmadığı belirtmişlerdir.

Mohammed vd. (2020), Mersin ili *B. tabaci* popülasyonlarında insektisit duyarlılık düzeyini araştırmak ve endosimbiyot kompozisyonunu tespit etmek için bir çalışma yapmışlardır. Bütün *B. tabaci* popülasyonların MEAM-1 olarak tanımlandığını belirtmişlerdir. Popülasyonlar, hassas olarak belirlenen popülasyon ile karşılaştırıldığında üç neonikotinoide karşı düşük ile orta derecede dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Direnç düzeyleri acetamiprid'e karşı 3.63-8.79 kat aralığında, imidacloprid'e karşı 7.29-15.29 kat aralığında ve thiamethoxam'a karşı 9.74-11.79 kat aralığında tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Spinetoram, spinosad ve sulfoxaflor etkili maddeleri için ise çok düşük direnç seviyelerine rastladıklarını hatta direnç görülmeyen popülasyonların da olduğunu bildirmişlerdir. Spinetoramın bütün etkili maddeler içerisinde en toksik olan madde olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları biyoesseyler sonucunda elde edilen LC₉₀ değerleri, neonikotinoidlerin tavsiye dozundan çok daha yüksek olduğunu ancak spinetoram, spinosad ve sulfoxaflor'a karşı tavsiye dozundan daha düşük olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Yapılan endosimbiontların moleküler analizleri sonucunda ise tüm popülasyonların *Portiera* ve *Hamiltonella* ile enfekte olduğunu fakat sadece iki adet popülasyonun *Rickettsia* ile enfekte olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca LC₅₀ değerleri ile imidacloprid ve thiamethoxam'a karşı *Rickettsia* enfeksiyonlarının oranı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir negatif korelasyon saptanırken acetamiprid'e karşı aynı korelasyonun gözlemlenmediğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

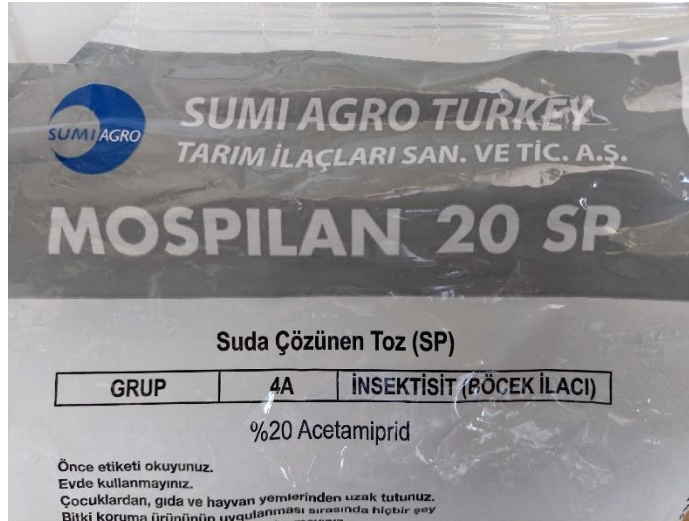
3.1.1. İnsektisitler

Yapılan çalışmada *Bemisia tabaci* mücadelesinde kullanılan bütenolid sınıfından flupyradifurone SIVANTO SL 200™ (BAYER) (Şekil 3.1), neonikotinoid sınıfından acetamiprid MOSPILAN™ %20 (SUMIAGRO) (Şekil 3.2) ve sulfoksamin sınıfından sulfoxaflor BREAKER 240 SC™ (CORTEVA) (Şekil 3.3) kullanılmıştır. Yapılan denemelerde ticari olarak satılan insektisit formülasyonları kullanılmıştır.

Ticari İsmi	Etkili Madde	Uygulama Dozu	Grubu
SIVANTO SL 200™	200 g/l Flupyradifurone	60ml/100L	4D
MOSPILAN™ %20	240 g/l Sulfoxaflor	30ml/100L	4C
BREAKER 240 SC™	%20 Acetamiprid	30g/100L	4A



Şekil 3. 1. Flupyradifurone içeren bitki koruma ürünü



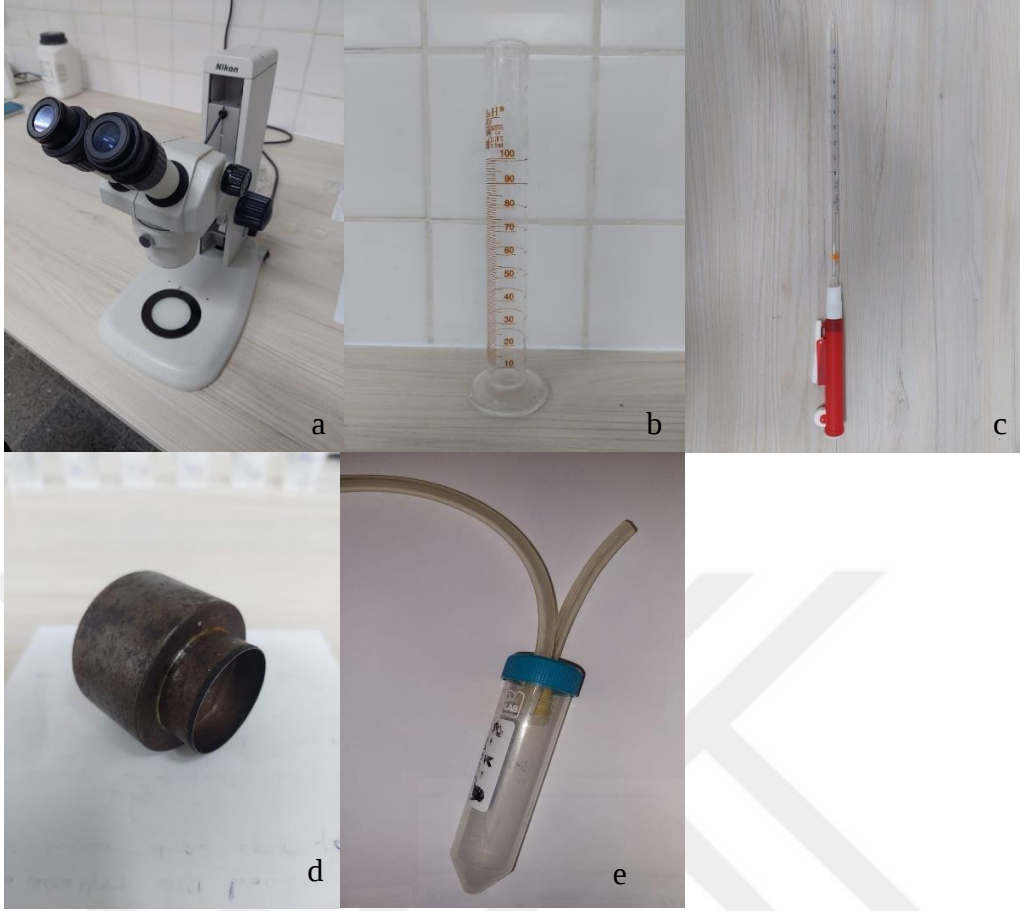
Şekil 3. 2. Acetamiprid içeren bitki koruma ürünü



Şekil 3. 3. Sulfoxaflor içeren bitki koruma ürünü

3.1.2. Diğer materyaller

Beyazsinek popülasyonlarının çoğaltılmasında ve insektisit biyoesseylerinde pamuk bitkisi kullanılmıştır. İnsektisit biyoesseylerinde kullanılan dozların hazırlanmasında ve beyazsinek popülasyonlarının çoğaltılmasında kullanılan pamuk bitkilerinin yetiştirilmesi için 180 ml'lik plastik pet bardak, tohumların çimlendirilmesinde torf ve *B. tabaci* popülasyonlarının yetiştirilmesi için 10 L'lik plastik bidonlar kullanılmıştır. Kurulan denemelerde ağız aspiratörü ve yaprakları kesmek için 35 mm çapında çelik disk kullanılmıştır (Şekil 3.4d, 3.4e). *Bemisia tabaci* ölüm oranlarının sayımı için stereo mikroskop ve insektisitlerin farklı dozlarının hazırlanması için 100 ml'lik mezur cam ve pipet pompası çalışmada kullanılan diğer materyallerdir (Şekil 3.4a, 3.4b, 3.4c).



Şekil 3. 4. Biyoesseylerde kullanılan stereo mikroskop (a), 100ml’lik mezur cam (b), İsektisit çözeltilerinde kullanılan pipet pompası (c), Pamuk yapraklarını kesmek için kullanılan 35mm çapında çelik disk (d) ve *Bemisia tabaci* (Genn.) erginlerinin çekilmesi için kullanılan ağız aspiratörü (e)

3.2 Metot

3.2.1. Denemelerde kullanılan pamuk bitkilerinin yetiştirilmesi

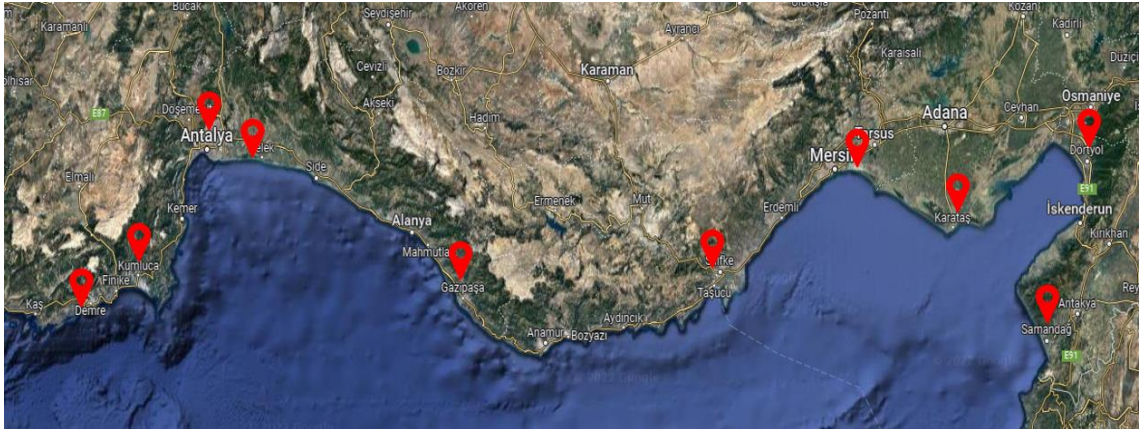
Pamuk tohumları 180 ml’lik plastik bardaklar içerisinde yer alan torf ve perlit karışımına ekilmiştir. Ekilen tohumlar ve pamuk bitkileri iklim odalarında $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%60 \pm 10$ oransal nem, 2400 lüks ışık yoğunluğu ve 16:8 (A:K) saatlik ışıklandırma periyodunda herhangi bir insektisit uygulaması olmadan insektisit denemelerinde ve beyazsinek çoğaltımında kullanılmak üzere yetiştirilmiştir (Şekil 3.5). *Bemisia tabaci* popülasyonlarının çoğaltılmasında ve insektisit biyoesseylerinde 25-30 günlük pamuk bitkileri kullanılmıştır.



Şekil 3. 5. İklimlendirme odasında yetiştirilen pamuk bitkileri

3.2.2. İnsektisit biyoesseylerinde kullanılan *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonları

Yapılan çalışmada kullanılan *Bemisia tabaci* popülasyonları Hatay ilinin Samandağ ve Dörtöyl ilçelerinden, Mersin ilinin Silifke ve Kazanlı ilçelerinden, Adana ilinin Karataş ilçesinden ve Antalya ilinin Gazipaşa, Serik, Merkez, Kumluca ve Demre ilçelerinden biber ve domates bitkileri üzerinden *B. tabaci* erginleri toplanarak çoğaltılmak üzere iklimlendirme odasına getirilmiştir. (Şekil 3.6, Çizelge 3.1).



Şekil 3. 6. Çalışmada kullanılan *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonlarının alındığı lokasyonlar

Çizelge 3. 1. Çalışmada kullanılan *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonları

Popülasyon Kodu	Toplanılan İl-İlçe	Toplama Tarihi	Koordinatlar	Konukçu
SUD-S	Sudan	1978	-	<i>Gossypium hirsutum</i>
DEM	Antalya-Demre	01.07.2022	36°15'42.5"K 29°59'23.2"G	<i>Capsicum annuum</i>
KUM	Antalya-Kumluca	01.07.2022	36°18'56.9"K 30°20'41.7"G	<i>Solanum lycopersicum</i>
SER	Antalya-Serik	22.07.2022	36°55'09.9"K 31°03'57.7"G	<i>C. annuum</i>
MER	Antalya-Merkez	22.07.2022	36°59'31.3"K 30°47'06.1"G	<i>C. annuum</i>
GAP	Antalya-Gazipaşa	28.07.2022	36°15'53.6"K 32°18'32.0"G	<i>S. lycopersicum</i>
KAZ	Mersin-Kazanlı	15.09.2022	36°49'02.2"K 34°46'14.8"G	<i>S. lycopersicum</i>
SIL	Mersin-Silifke	15.09.2022	36°22'21.4"K 33°57'20.3"G	<i>S. lycopersicum</i>
DRY	Hatay-Dörtyol	13.09.2022	36°52'17.5"K 36°12'12.3"G	<i>C. annuum</i>
SAM	Hatay-Samandağ	13.09.2022	36°04'19.8"K 35°59'10.8"G	<i>C. annuum</i>
KAR	Adana-Karataş	10.09.2022	36°34'46.1"K 35°21'45.7"G	<i>S. lycopersicum</i>

Popülasyonlar iklim odalarında $26 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık, $\%60 \pm 10$ oransal nem, 2400 lüks ışık yoğunluğu ve 16:8 (A: K) saatlik ışıklandırma periyodunda herhangi bir insektisit uygulaması yapılmadan pamuk bitkileri üzerinde çoğaltılmıştır (Şekil 3.7). Yetiştirilen *B. tabaci* popülasyonları F1 dölünden sonra biyoessey çalışmalarında kullanılmıştır. Çalışmada hassas *B. tabaci* popülasyonu olarak SUD-S popülasyonu kullanılmıştır. İlk olarak 1978'de Sudan'da pamuk bitkisinden toplanan SUD-S, 40 yıldır insektisit uygulaması olmadan muhafaza eden Raulf Nauen (Crop Science Division R&D, Bayer AG, Almanya)'den 2021 yılında temin edilmiş ve bu yıldan itibaren insektisit uygulaması olmadan Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklimlendirme odasında yetiştirilmektedir.



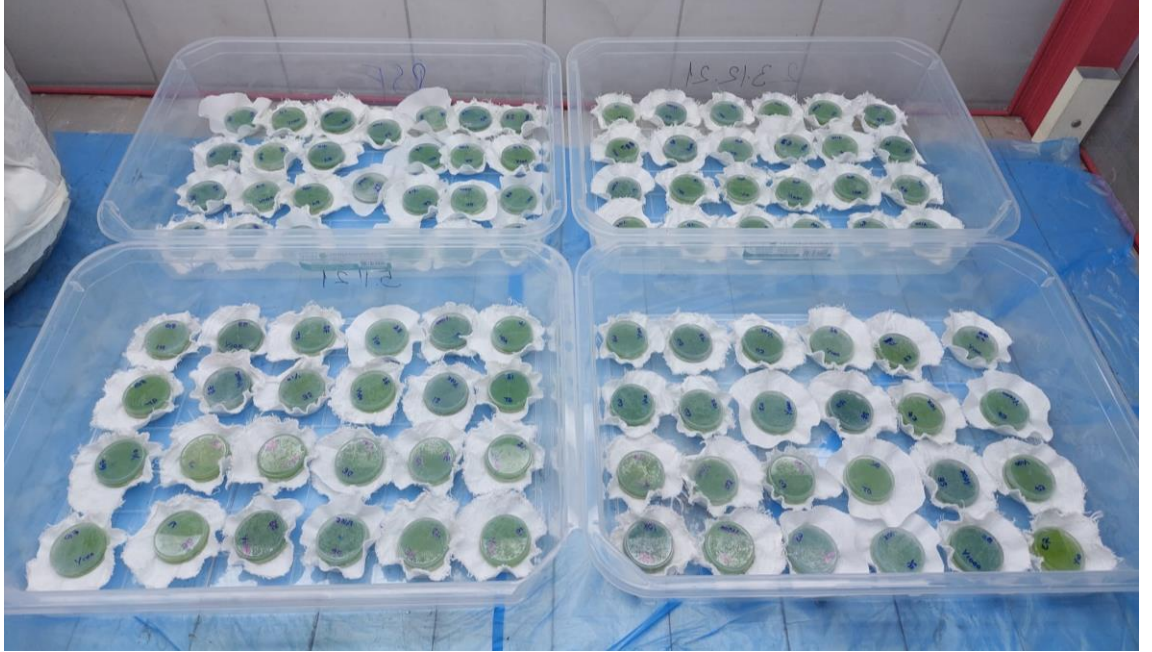
Şekil 3. 7. Denemelerde kullanılmak üzere yetiştirilen *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonu

3.2.3. Biyoessey çalışmaları

İnsektisit biyoesseylerinde flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı *B. tabaci* popülasyonlarının LC değerleri Roditakis ve ark., 2005’da belirtildiği şekilde yaprak daldırma metodu kullanılarak belirlenmiştir. Popülasyonların LC değerleri belirlenirken insektisitlerin $0\% \leq \leq 100\%$ arasında ölüm dağılımını veren 5-7 farklı dozu 0.2 g L^{-1} Triton X-100 içeren distile su kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 3.8). Yaprak daldırma biyoesseylerinde 35mm çapında kesilmiş pamuk yaprak diskleri kullanılmıştır. Yaprak diskleri içinde 100 ml hacimde farklı konsantrasyonda etkili madde içeren plastik bardaklara ve kontrol olarak sadece 0.2 g L^{-1} Triton X100 içeren distile suya 5 sn süreyle ayrı ayrı daldırılmıştır. Konsantrasyonlara daldırılan yaprak diskleri alt yüzeylerinin kuruması için yaklaşık 2 saat kadar ıslak peçete üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan yaprak diskleri, içerisinde $1.5\% \text{ (w/v)}$ ’lik agar bulunan 35 mm çapındaki petri kaplarına alt yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan yaprak diskleri üzerine beyazsinek erginleri popülasyonların yetiştirildiği pamuk bitkileri üzerinden silkelendirilmiştir. Beyazsinekler her bir diskte en az 15 birey olacak şekilde karışık eşey olarak aktarılmıştır. Daha sonra disklerin üzeri pamuklu bir örtü ile kapatılmış ve $26 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık, $60 \pm 10\%$ oransal nem ve 16:8 (A:K) saatlik ışıklandırma periyodunda 72 saat bekletilmiştir (Şekil 3.9). Deneme sonunda yaprak diskleri stereo mikroskop altında sayılmış ve sayım esnasında yumuşak uçlu fırçayla dokunulduğunda hareket etmeyen ve hareket sinyali gözlemlenmeyen bireyler ölü olarak kabul edilmiştir. Toplam beyazsinek sayısı ve ölü beyazsinek sayıları not edilmiştir. İnsektisit biyoesseyleri her bir popülasyon ve her bir etkili madde için ayrı ayrı olacak şekilde en az 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 3. 8. Farklı dozlarda hazırlanan insektisit konsantrasyonları



Şekil 3. 9. İnsektisit biyoessey diskleri

3.2.4. Verilerin analizi

İnsektisit biyoesseyleri sonucunda popülasyonların insektisitlere karşı LC_{50} ve LC_{90} değerleri ve bunlara ait %95 güven aralıkları POLO-PC (Leora Software 2008) kullanılarak probit analizi ile belirlenmiştir. Popülasyonların direnç katları

popülasyonların LC_{50} değerlerinin SUD-S popülasyonunun LC_{50} değerine bölünmesi ile belirlenmiştir. Popülasyonların her birinin LC_{50} değerlerinin %95 güven aralıklarında üst üste binme (Overlap) olmadığı durumlarda popülasyonlar önemli ölçüde farklı kabul edilmiştir. Ölüm oranları kontrol sonuçlarına göre gerekli olduğu durumlarda Abbott formülü kullanarak düzeltilmiştir. İnsektisit direnç düzeyleri düşük direnç ($DK_{50}= 2-10$), orta seviye direnç ($DK_{50}= 11-30$), yüksek direnç ($DK_{50}= 31-100$) ve çok yüksek direnç ($DK_{50}= >100$) olarak sınıflandırılmıştır (Torres-Vila vd., 2002; Peng vd., 2017; Yükselbaba ve Ali, 2022).

Direnç Düzeyi	DK_{50}
Düşük	2-10
Orta	11-30
Yüksek	31-100
Çok Yüksek	>100

4. BULGULAR

Çalışmada, pamuk beyazsineği *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı lethal konsantrasyon değerleri yaprak daldırma yöntemi ile belirlenmiştir. Direnç katları hassas popülasyon SUD-S ile kıyaslanarak saptanmıştır.

4.1. *Bemisia tabaci* (Genn.) Popülasyonlarının Flupyradifurone'a Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri

Denemeler sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı LC değerleri Çizelge 4.1'de belirtilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı LC₅₀ değerleri 1.16-6.92 mg e.m./L⁻¹ arasında tespit edilmiştir. En düşük LC₅₀ değeri Dört Yol popülasyonunda gözlemlenirken en yüksek LC₅₀ değeri Merkez popülasyonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Hassas popülasyon SUD-S'in LC₅₀ değeri 0.18 mg e.m./L⁻¹ olarak bulunmuştur. Çizelge 4.1 incelendiğinde popülasyonların flupyradifurone'a karşı direnç katları 6.79-39.29 kat arasında ve direnç düzeyleri direnç katlarına göre düşük ve yüksek direnç seviyesine sahip olarak tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonları ile SUD-S popülasyonunun LC₅₀ değerlerinin %95 güven aralıkları örtüşmediğinden dolayı popülasyonlardaki duyarlılık kaybı önemli olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 1. *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonlarının flupyradifurone için lethal konsantrasyon değerleri

Popülasyon	N	Eğim ± S E	LC ₅₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	LC ₉₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	H	DK ₅₀
SUD-S	1191	0.99±0.06	0.18 (0.13-0.24)	3.53 (2.35-5.81)	0.81	-
Serik	1302	0.81±0.07	5.5 (3.20-8.55)	209.84 (121.3-440.1)	1.29	32.15
Demre	1270	0.75±0.05	3.22 (2.232-4.526)	162.66 (102.19-283.7)	0.58	18.8
Kumluca	1501	0.72±0.04	3.19 (2.27-4.4)	191.95 (123.7- 321.9)	0.748	18.69
Merkez	1248	0.81±0.06	6.92 (4.69-9.78)	268.88 (169.21-478.6)	0.64	39.29
Gazipaşa	1186	0.86±0.07	4.73 (3.11-6.79)	145.41 (92.50-257.79)	0.94	26.85
Kazanlı	1264	0.79±0.05	2.57 (1.73-3.67)	106.17 (69.12-177.93)	0.53	14,62
Silifke	1069	0.743±0.05	1.98 (1.37-2.81)	104.69 (63.54-190.26)	0.46	11,22
Samandağ	1286	0.68±0.04	1.24 (0.85-1.78)	95.58 (56.03-181.43)	1.13	7.23
Dört Yol	1278	0.71±0.04	1.16 (0.83-1.6)	72.41 (45.52-125.09)	0.54	6.79
Karataş	1075	0.74±0.05	2.41 (1.67-3.44)	132.95 (80.43-242.87)	0.48	13.68

DK: direnç katsayısı, N: biyoesseylerde kullanılan beyazsinek sayısı, H: heterogeneity

4.2. *Bemisia tabaci* (Genn.) Popülasyonlarının Acetamiprid'e Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri

Bemisia tabaci popülasyonlarının acetamiprid'e karşı LC değerleri Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının acetamiprid'e karşı LC₅₀ değerleri 7.06-43.39 mg e.m./L⁻¹ arasında tespit edilmiştir. En düşük LC₅₀ değeri Dört Yol popülasyonunda gözlemlenirken en yüksek LC₅₀ değeri Kazanlı popülasyonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Hassas popülasyon SUD-S'in acetamiprid'e karşı LC₅₀ değeri 0.185 mg e.m./L⁻¹ olarak bulunmuştur. Çizelge 4.2 incelendiğinde popülasyonların acetamiprid'e karşı direnç katları 38.16-234.53 kat arasında ve direnç düzeyleri direnç katlarına göre yüksek direnç ve çok yüksek direnç seviyesine sahip olarak tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonları ile SUD-S popülasyonunun LC₅₀ değerlerinin %95 güven aralıkları örtüşmediğinden dolayı popülasyonlardaki duyarlılık kaybı önemli olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 2. *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonlarının acetamiprid için lethal konsantrasyon değerleri

Popülasyon	N	Eğim ± S E	LC ₅₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	LC ₉₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	H	DK ₅₀
SUD-S	972	0.93±0.05	0.19 (0.14-0.24)	4.36 (2.88-7.14)	0.85	-
Serik	1264	0.73±0.06	33.37 (19.23-52.69)	1936.8 (1022.23-4716.2)	1.44	180.37
Demre	1389	0.67±0.04	32.58 (22.10-47.33)	2757.36 (1527.7-5753.17)	1.21	176.1
Kumluca	1328	0.78±0.07	37.52 (20.53-60.15)	1653.12 (848.67-4492.72)	1.83	202.81
Merkez	1108	0.77±0.05	8.45 (6.03-11.66)	382.449 (242.75-657.85)	0.84	45,67
Gazipaşa	1442	0.66±0.04	29.54 (17.95-46.89)	2509.39 (1257.4-6201.08)	1.93	159,67
Kazanlı	1600	0.91±0.07	43.39 (31.49-57.38)	1130.57 (773.80-1819.77)	0.84	234.53
Silifke	1108	0.72±0.04	20.35 (14.52- 28.17)	1244.63 (751.95-2297.55)	0.74	110
Samandağ	1049	0.63±0.04	13.27 (8.91-19.63)	1405.82 (761.54-2973.7)	0.85	71.70
Dört Yol	1130	0.75±0.04	7.06 (4.96-9.90)	367.68 (228.9-646.188)	0.28	38.16
Karataş	994	0.76±0.05	21.49 (15.11-30.46)	1035.97 (599.83-2039.03)	0.37	116,16

DK: direnç katsayısı, N: biyoesseylerde kullanılan beyazsinek sayısı, H: heterogeneity

4.3. *Bemisia tabaci* (Genn.) Popülasyonlarının Sulfoxaflor'a Karşı Lethal Konsantrasyon Değerleri

Denemeler sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı LC değerleri Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değerleri 0.96-72.68 mg e.m./L⁻¹ arasında tespit edilmiştir. En düşük LC₅₀ değeri Samandağ popülasyonunda gözlemlenirken en yüksek LC₅₀ değeri Gazipaşa popülasyonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Hassas popülasyon SUD-S'in sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değeri 0.25 mg e.m./L⁻¹ olarak bulunmuştur. Çizelge 4.3 incelendiğinde popülasyonların sulfoxaflor'a karşı direnç katları 3.83-291.9 kat arasında ve direnç düzeyleri direnç katlarına göre düşük, orta, yüksek ve çok yüksek direnç seviyesine sahip olarak tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonları ile SUD-S popülasyonunun LC₅₀ değerlerinin %95 güven aralıkları örtüşmediğinden dolayı popülasyonlardaki duyarlılık kaybı önemli olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 3. *Bemisia tabaci* (Genn.) popülasyonlarının sulfoxaflor için lethal konsantrasyon değerleri

Popülasyon	N	Eğim ± S E	LC ₅₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	LC ₉₀ (mg e.m./l) Güven aralığı (%95)	H	DK ₅₀
SUD-S	1256	0.91±0.05	0.25 (0.18-0.34)	6.29 (3.97-10.94)	1.16	-
Serik	1656	0.74±0.05	6.68 (4.41-9.55)	364.76 (236.06-622.85)	0.56	26.8
Demre	1669	0.74±0.04	2.27 (1.64-3.09)	126.19 (82.53-207.19)	0.3	9.12
Kumluca	1646	0.98±0.12	8.63 (4.63-12.9)	177.85 (110.61-385.05)	1.28	34.65
Merkez	1163	0.80±0.05	2.81 (1.92-3.98)	110.72 (69.77-194.01)	0.81	11.28
Gazipaşa	1720	0.89±0.06	72.68 (54.83-95.02)	2012.2 (1328.1-3357.1)	0.69	291.9
Kazanlı	1453	0.68±0.036	1.88 (1.31-2.66)	140.92 (87.17-246.37)	0.29	7.53
Silifke	1360	0.59±0.04	9.01 (5.93-13.55)	1380.54 (734.52-2966.8)	0.56	36.17
Samandağ	1163	0.83±0.05	0.96 (0.69-1.32)	33.39 (21.12-57.64)	0.39	3.83
Dört Yol	1122	0.75±0.04	1.3 (0.90-1.83)	64.96 (40.06-115.45)	0.43	5.2
Karataş	1303	0.79±0.05	2.12 (1.48-2.99)	88.29 (55.20-155.28)	0.79	8.51

DK: direnç katsayısı, N: biyoesseylerde kullanılan beyazsinek sayısı, H: heterogenity

5. TARTIŞMA

Bemisia tabaci bitkilerde verim ve kalite kayıplarına sebep olan bir zararlıdır (Hequet vd., 2007; Abd-Rabou ve Simmons, 2010; De Barro vd., 2011). *Bemisia tabaci*'nin mücadelesinde kimyasal mücadele ilk tercih olması nedeni ile zararlıda insektisitlere karşı yüksek düzeyde hassasiyet kaybı gözlemlenmektedir (Deholm ve Birnie 1990; Dittrich vd., 1990; Reiler vd., 2015; Basit, 2019). Direnç vakalarının sayısı ile birlikte yeni etkili maddelerinin bulunabilmesi için gereken zaman, çaba ve maliyetler de gün geçtikçe artmaktadır (De Barro vd., 2011; Sparks vd., 2015) Bu nedenle, hedef zararlının insektisit direnç yönetim stratejilerinin oluşturulabilmesi ve sürdürülebilir mücadele yöntemlerinin belirlenebilmesi için zararlının insektisitlere karşı direnç düzeyinin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir (Sparks vd., 2015). Bu çalışmada *B. tabaci*'nin Akdeniz Bölgesi illerinden Antalya, Mersin, Adana ve Hatay popülasyonlarının flupyradifurone, acetamiprid ve sulfoxaflor etkili maddelerine karşı hassasiyet düzeyleri belirlenmiştir. İnsektisit biyoesseyleri sonucunda, *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı LC₅₀ değerleri 1.16-6.92 mg e.m./L⁻¹ aralığında tespit edilmiş olup direnç katları 6.79 ile 39.29 kat aralığında ve direnç seviyeleri düşük, orta ve yüksek dirençli olarak tespit edilmiştir. Popülasyonların flupyradifurone'a karşı LC₉₀ değerleri ise 72.41 ile 268.88 mg e.m./L⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Dört Yol, Samandağ, Silifke ve Kazanlı popülasyonu dışındaki tüm popülasyonların flupyradifurone'a karşı LC₉₀ değerleri tavsiye dozunun üzerinde tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci*'ye karşı mücadelede flupyradifurone'un Dört Yol, Samandağ, Silifke ve Kazanlı popülasyonlarında başarı şansının yüksek olacağı, diğer popülasyonlarda ise düşük olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Popülasyonların acetamiprid'e karşı LC₅₀ değerleri 7.06-43.39 mg e.m./L⁻¹ aralığında bulunurken direnç katları 38.16 ile 234.53 kat aralığında ve direnç seviyeleri yüksek ve çok yüksek dirençli olarak tespit edilmiştir. Popülasyonların acetamiprid'e karşı LC₉₀ değerleri ise 367.68 ile 2757.36 mg e.m./L⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ile bütün popülasyonların LC₉₀ değerleri acetamiprid'in tavsiye dozunun üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yani pratikte çalışmada kullanılan tüm *B. tabaci* popülasyonlarının mücadelesinde acetamiprid'in başarı oranının düşük olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Beyazsinek popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değerleri 0.96-72.68 mg e.m./L⁻¹ aralığında bulunurken direnç katları 3.83 ile 291.9 kat aralığında ve düşük, orta yüksek ve çok yüksek dirençli olarak tespit edilmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı LC₉₀ değerleri ise 33.39 ile 2012.20 mg e.m./L⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Samandağ ve Dört Yol popülasyonu dışındaki tüm popülasyonların sulfoxaflor'a karşı LC₉₀ değerleri tavsiye dozunun üzerinde tespit edilmiştir. Bu beyazsinek popülasyonlarına karşı sulfoxaflor'un başarı şansı düşük olacaktır.

Flupyradifurone, Butenolid (4D) sınıfında bulunan bir etkili maddedir. Böceklerde postsinaptik nAChR'nin kısmi bir agonisti olarak ve asetilkolin bağlanma bölgesine bağlanarak etki eder (Jeschke ve Nauen 2007; Roffeni vd., 2014). *Bemisia tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone etkili maddesine karşı hassasiyet düzeyleri üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Smith vd. (2016) Amerika'da *B. tabaci*'nin Güney Florida popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı duyarlılık durumunu 2013-2014 yıllarında belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda popülasyonların LC₅₀ değerlerinin 0.011- 1.471 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 1.1-147.1 kat aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Smith vd. (2016) çalışması bir popülasyon dışında

daha düşük LC_{50} değerleri nedeniyle çalışmamız ile örtüşmemektedir. Fakat çalışmamızdaki bazı popülasyonların sahip oldukları direnç katları benzerlik göstermektedir. Öncelikle direnç katlarında farklılık gözlemlenmesinin nedeni Smith vd. (2016)'de hassas olarak belirtilen popülasyonun LC_{50} değerinin 0.010 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona kıyasla çok düşük bir değer olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Smith vd. (2016)'de popülasyonların düşük LC_{50} değerlerinin nedeni örneklem yıllarının Amerika'da flupyradifurone ruhsatlanma yılından önce olması sebebiyle henüz kullanımının yaygın olmamasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Wang vd. (2020a) Çin'de *B. tabaci*'nin Vuhan ve Xiangyang popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı duyarlılık düzeyini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda belirlenen LC_{50} değerlerinin 28.75-607.21 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 1.37-29.03 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Wang vd. (2020a) tarafından bulunan sonuçlar çalışmamızdaki LC_{50} değerlerinden daha yüksek olarak bulunmuştur fakat çalışmamızdaki popülasyonlar ile benzerlik gösteren direnç katlarına sahip olsa da çalışmamızda daha yüksek direnç katına sahip olan popülasyonlar da bulunmaktadır. Direnç katlarında gözlemlenen farklılık Wang vd. (2020a) tarafından hassas olarak belirtilen popülasyonun LC_{50} değerinin 20.91 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona kıyasla çok yüksek bir değer olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Farklı LC_{50} değerinin çalışmalarında kullanılan flupyradifurone içeren formülasyonun etkili madde oranının farklı olması nedeni ile olabileceği düşünülmektedir. Guo vd. (2020) Çin'de 18 farklı *B. tabaci* popülasyonunun, flupyradifurone'a karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. *B. tabaci* popülasyonlarının flupyradifurone'a karşı LC_{50} değerlerinin 6.4- 93.3 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının ise 0.5-7.0 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Guo vd. (2020) çalışmalarında bildirilen LC_{50} değerlerinin çalışmamıza göre daha yüksek olması ve düşük direnç katları bildirilmesi ile çalışmamızdan farklılık göstermektedir. Öncelikle direnç katlarında gözlemlenen farkın Guo vd. (2020)'da hassas popülasyon olarak belirtilen popülasyonun LC_{50} değerinin 13.3 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona göre çok yüksek bir değer olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. LC_{50} değerlerinde gözlemlenen farkın flupyradifurone'un Çin'de 2016 yılında itibaren kullanılmaya başlaması ve Wang vd. (2020a)'de olduğu gibi çalışmada kullanılan formülasyonun farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Acetamiprid, neonikotinoid sınıfında yer alan bir etkili maddedir ve böceklerde nAChR'ye bağlanıp sinir sistemini bloke ederek zararlıyı etkisiz hale getirmektedir (Elbert vd., 2008). Satar vd. (2018) çalışmalarında *B. tabaci*'nin Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Antalya'nın Kumluca, Adana'nın Karataş, Mersin'in Aydıncık ve Erdemli ve Hatay'ın Samandağ 2009 popülasyonlarının acetamiprid'e karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda popülasyonların acetamiprid'e karşı LC_{50} değerlerinin 39.9-213.1 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 12.8-68.2 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Balkan (2019) *B. tabaci*'nin Tokat ili 2017-2018 popülasyonlarının acetamiprid'e karşı duyarlılık düzeyini belirlemiştir. Biyoessayer sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının acetamiprid'e karşı LC_{50} değerlerinin 68.10-202.92 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 5.64-16.82 kat aralığında olduğunu bildirmiştir. Vassiliou vd. (2011) ise Türkiye'ye bölgesel olarak daha yakın olan Güney Kıbrıs'ta 2006-2007 yılı *B. tabaci* popülasyonlarının duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda popülasyonların acetamiprid'e karşı LC_{50} değerlerinin 67.1- 122.67 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 7-12 kat aralığında

olduğunu bildirmişlerdir. Wang vd. (2017a) Çin’de örnekleme yılı 2011-2013 olan Q biyotipi *B. tabaci* popülasyonlarının sekiz insektisite karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda acetamiprid’e karşı LC₅₀ değerlerinin 45.5-187.4 mg e.m./L⁻¹ aralığında olduğunu, direnç katlarının ise 14.16-58.22 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Marasinghe ve Karunaratne (2021), Sri Lanka’da örnekleme yılları 2016-2018 olan *B. tabaci*’nin Kandy, Anuradhapura, Badulla, Matale ve Hambantota popülasyonlarının altı insektisite karşı LC değerlerini belirlemişlerdir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının LC₅₀ değerlerinin 208-1753 mg e.m./L⁻¹ aralığında olduğunu, direnç katlarının ise 21-172 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Saleem vd. (2022), örnekleme yılı 2017-2019 olan Pakistan’ın Punjab şehri *B. tabaci* popülasyonlarının, acetamiprid’e de karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Acetamiprid’e karşı bulunan LC₅₀ değerlerinin 2017 yılı popülasyonlarında 44.97-221.0 mg e.m./L⁻¹ aralığında, 2018 popülasyonlarında 39.1- 236 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve 2019 popülasyonlarının ise 35.9- 262.1 mg e.m./L⁻¹ aralığında tespit edildiğini bildirmişlerdir. Direnç katlarının ise 2017, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 8.75-42.99, 7.60-45.91 ve 8-50.99 kat aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Yukarıda belirtilen çalışmalarda popülasyonların çalışmamızı kıyasla daha yüksek LC₅₀ değerlerine sahip olması nedeniyle çalışmamız ile farklılık göstermektedirler.

Bahşi vd. (2012) *B. tabaci*’nin Antalya merkez, Demre, Kumluca, Serik, Alanya ve Gazipaşa ilçeleri 2007-2009 popülasyonlarının acetamiprid’e karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda popülasyonların acetamiprid’e karşı LC₅₀ değerlerinin 4.5- 209.6 mg e.m./L⁻¹ aralığında, direnç katlarının ise 6-299 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Hatipoğlu vd. (2019) *B. tabaci*’nin Aydın’ın Söke ilçesi popülasyonlarının acetamiprid’e karşı LC değerlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda acetamiprid’e karşı LC₅₀ değerlerini 28.22-75.61 mg e.m./L⁻¹ aralığında bildirmişlerdir. Fakat çalışmada hassas popülasyon kullanılmadığı için popülasyonların direnç katları tespit edilememiştir. Xie vd. (2014) tarafından Çin’den toplanan dört *B. tabaci* popülasyonu ve iki adet laboratuvar popülasyonunun acetamiprid’e karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında *B. tabaci* popülasyonları erginlerinin acetamiprid’e karşı LC₅₀ değerlerinin 30.7-417 mg e.m./L⁻¹ aralığında, direnç katlarının ise 1.40-19.0 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. İran’da yapılmış olan çalışmada Basij vd. (2017) *B. tabaci*’nin 2012 yılı popülasyonlarının acetamiprid’e karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Popülasyonların acetamiprid’e karşı LC₅₀ değerlerinin 4,96 ile 865 mg e.m./L⁻¹ aralığında, direnç katlarının 6.38 ile 174.57 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Yukardaki çalışmalarda bildirilen LC₅₀ değerleri çalışmamız ile kısmen örtüşmektedir ancak çalışmamıza kıyasla daha yüksek LC₅₀ değerlerinin bildirilmiş olmasıyla da çalışmamızdan farklılık göstermektedir.

Houndete vd. (2010) Batı Afrika’dan *B. tabaci*’nin Benin, Togo ve Burkina Faso’dan popülasyonlarının sekiz farklı insektiside karşı duyarlılık düzeyini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda acetamiprid’e karşı tespit edilen LC₅₀ değerlerinin 4.5-24.0 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 1.5-7.8 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bildirilen bu LC₅₀ değerleri ile çalışmamızda tespit ettiğimiz değerler arasında benzerlik bulunmaktadır. Direnç katları ise hassas popülasyonun LC₅₀ değeri nedeniyle çalışmamıza kıyasla daha düşük olarak bildirilmiştir.

Çalışmamızda acetamiprid’e karşı daha düşük LC₅₀ değerlerinin bulunmasının nedenleri arasında Türkiye’de 2019 yılından itibaren acetemiprid dışındaki neonikotinoid

sınıfı insektisitlerin (Clothianidin, imidacloprid, thiacloprid ve thiamethoxam) yasaklanmasından dolayı aynı etki mekanizmasına sahip insektisitlerinin kullanımının azalması olabilir. Yine benzer şekilde farklı etki mekanizmalarına sahip yeni insektisitlerin kullanılmaya başlaması nedeniyle bu farklı sınıftan insektisitlerin acetamiprid ile rotasyonlu olarak kullanılmaya başlamasından kaynaklı acetamiprid kullanımının azalması olabilir. Bunun yanında tersi durum olarak diğer çalışmalarda daha yüksek LC_{50} değerleri tespit edilmesinin nedeninin *B. tabaci* popülasyonlarının örnekleme yıllarının çalışmamız ile kıyasla daha eski yıllar olması ve acetamiprid kullanımının daha yaygın olması ile bu etkili maddeye daha fazla maruz kalmış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Direnç katlarında gözlemlenen farklılığın sebebi ise çalışmalarda kıyaslama amaçlı kullanılan hassas popülasyonların LC_{50} değerlerinin çalışmamızdaki hassas popülasyona göre daha yüksek değerlere sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda LC_{50} değerlerinde ve direnç katlarında gözlemlenen farklılığın popülasyonların bölgesel olarak farklı olması sebebiyle tarımsal faaliyet ve kimyasal mücadele kullanımlarının ülkelere göre farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sulfoxaflor ülkemizde 2016 yılında ruhsat almış, sulfoksamin (4C) sınıfında yer alan ve böceklerin nAChR'ne etki etmektedir (Longhurst vd. 2013). Mohammed vd. (2020) tarafından Mersin ili *B. tabaci* popülasyonlarının sulfoxaflor etkili maddesine karşı duyarlılık düzeyini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda *B. tabaci* popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı LC_{50} değerlerinin 31.13-51.13 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarının 1.0-1.86 kat aralığında bildirmişlerdir. Mohammed vd. (2020)'de bildirilen LC_{50} değerlerinin daha düşük olması ve çalışmamızdaki sadece bir popülasyonun LC_{50} değerinin daha yüksek olması ile farklılık göstermektedir. Aynı zamanda daha düşük direnç katlarına sahip olması nedeniyle çalışmamız ile örtüşmemektedir. Öncelikle bu farklılığın Mohammed vd. (2020)'de hassas olarak belirtilen popülasyonun LC_{50} değerinin 26.57 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona kıyasla çok yüksek bir değer olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada kullanılan sulfoxaflor içeren formülasyonun (WG) çalışmamızdan farklı olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Wang vd. (2017b) Çin'de sekiz farklı *B. tabaci* popülasyonunun sulfoxaflor'a karşı hassasiyet düzeylerini belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada sulfoxaflor'a karşı popülasyonların LC_{50} değerlerinin 3.86-29.04 mg e.m./L⁻¹ aralığında, direnç katlarının ise 0.40-3.07 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Wang vd. (2017b)'nin çalışmalarındaki bazı LC_{50} değerleri bulgularımız ile kısmen benzemektedir. Ancak çalışmalarındaki direnç katlarının daha düşük olması ve çalışmamızda daha yüksek LC_{50} değerlerinin olması ile farklılık göstermektedir. Öncelikle farklılığın Wang vd. (2017b)'de hassas olarak belirtilen popülasyonun LC_{50} değerinin 9.44 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona kıyasla yüksek bir değer olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca direnç katlarının düşük olarak bulunmasının bir diğer nedeni biyoesseylerde kullanılan popülasyonların örnekleme yıllarının 2013-2014 olması nedeni ile çalışmamızdaki popülasyonlara kıyasla sulfoxaflor ile daha az seleksiyon baskısına maruz kalmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Çin'de yapılmış olan bir diğer çalışmada Chen vd. (2018) *B. tabaci* popülasyonlarının yedi farklı insektisite karşı direnç düzeylerini belirlemişlerdir. Sulfoxaflor'a karşı bildirilen LC_{50} değerleri 10.55- 146.19 mg e.m./L⁻¹ aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Chen vd. (2018) tarafından sulfoxaflor'a karşı bildirilen sonuçlar da çalışmamızın sonuçları ile örtüşmemektedir. Sadece çalışmamızdaki Gazipaşa popülasyonunun LC_{50} değeri

benzerlik göstermektedir. Öncelikle sulfoxaflor'a karşı daha yüksek LC₅₀ değerlerinin gözlemlenmiş olmasının sebebi Çin'de sulfoxaflor'un 2014 yılında ruhsat almış olmasından kaynaklı olarak ülkemizdeki *B. tabaci* popülasyonlarına kıyasla daha fazla seleksiyon baskısına maruz kalmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Chen vd. (2018)'de hassas olarak belirtilen bir popülasyon bulunmamaktadır ve popülasyonların kendi aralarındaki direnç düzeylerini incelemişlerdir bu yüzden direnç katları çalışmamız ile kıyaslanamamıştır. Çin'de yapılmış olan bir diğer çalışmada Wang vd. (2019), *B. tabaci*'nin Şansi eyaleti popülasyonunu cyantraniliprole ile selekte ettikten sonra sulfoxaflor için duyarlılık durumunu belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değerlerini 11.59 - 14.14 mg e.m./L⁻¹ aralığında ve direnç katlarını 1.2-1.4 kat aralığında belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar ile sulfoxaflor'a karşı herhangi bir duyarlılık kaybı tespit edilmediğini ve cyantraniliprole ile çapraz direnç durumunun bulunmadığını bildirmişlerdir. Fakat Wang vd. (2019)'nin direnç katlarının düşük olmasının sebebi hassas olarak belirtilen popülasyonun LC₅₀ değerinin 9.78 mg e.m./L⁻¹ gibi yüksek bir değer olmasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızda *B. tabaci* popülasyonlarının herhangi bir insektisitle seleksiyona tabi tutulmamış olması ile Wang vd. (2019)'nin çalışması ile farklıdır ancak LC₅₀ değerleri bakımından çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Longhurst vd. (2013), çoklu direnç sahip olduğu bilinen *B. tabaci* popülasyonunun sulfoxaflor etkili maddesine karşı duyarlılık düzeyini belirlemişlerdir. Dirençli popülasyonun sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değerinin 4.99 mg e.m./L⁻¹ ve direnç katının 2.77 kat olduğunu ve sulfoxaflor'a karşı duyarlılık kaybı olmadığını bildirmişlerdir. Longhurst vd. (2013)'da *B. tabaci* popülasyonunda sulfoxaflor'a karşı bildirilen LC₅₀ değeri çalışmamızdaki bazı popülasyonların LC₅₀ değerleri ile benzerlik göstermektedir fakat çalışmamızda tespit edilen direnç katlarının daha yüksek olması nedeni ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni yapılan çalışmada kullanılan *B. tabaci* popülasyonlarının örnekleme yıllarının 1997-2008 olmasından dolayı sulfoxaflor'a daha az maruz kalmış olması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Guo vd. (2020) Çin'de 18 farklı *B. tabaci* popülasyonunun, sulfoxaflor'a karşı duyarlılık düzeylerini belirlemişlerdir. Popülasyonların sulfoxaflor'a karşı LC₅₀ değerlerinin 5.4-53.1 mg e.m./L⁻¹ aralığında, direnç katlarının 0.3-3.2 kat aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Guo vd. (2020) tarafından bulunan LC₅₀ değerleri çalışmamızdaki bazı LC₅₀ değerleri ile benzerlik göstermektedir fakat direnç katları düşük olması ile çalışmamızdan farklıdır. Öncelikle direnç katlarında gözlemlenen farkın sebebi Guo vd. (2020)'da hassas olarak belirtilen popülasyonun LC₅₀ değerinin 16.4 mg e.m./L⁻¹ gibi çalışmamızdaki hassas popülasyona kıyasla çok yüksek bir değer olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yüksek LC₅₀ değerlerinin ise sulfoxaflor'un daha uzun sürede kullanılmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Wang vd. (2020b) Çin'de flupyradifurone'a karşı hassas olan *B. tabaci*'nin 2009 popülasyonunu 24 generasyon boyunca flupyradifurone ile selekte ederek flupyradifurone'a karşı dirençli olarak belirttikleri FLU-SEL popülasyonunu elde edildiğini bildirmişlerdir. Flupyradifurone'a karşı 1710.31 mg e.m./L⁻¹ LC₅₀ değerine ve 91.80 kat direnç düzeyine sahip olan FLU-SEL popülasyonunda sulfoxaflor'a karşı 8.57 mg e.m./L⁻¹ LC₅₀ değeri ve 1.33 kat direnç katı gözlemlendiği belirtilmiştir. Wang vd. (2020b)'de sulfoxaflor'a karşı direnç katının düşük olarak gözlemlenmesinin sebebinin hassas olarak belirtilen popülasyonun LC₅₀ değerinin 6.45 mg e.m./L⁻¹ gibi bizim çalışmamızdaki hassas popülasyon ile kıyasla yüksek bir değer olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Fakat yapılan seleksiyon ve çapraz direnç durumunun araştırılması nedeniyle çalışmamız ile farklılık göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda özellikle acetamiprid etkili maddesine karşı *B. tabaci* popülasyonlarında çok yüksek direnç katları gözlemlenmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarında sulfoxaflor etkili maddesine karşı popülasyonların genelinde düşük ve orta düzeyde direnç katları gözlemlenirken yüksek ve çok yüksek seviyede direnç katları da gözlemlenmiştir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarında flupyradifurone etkili maddesinde karşı ise popülasyonlarda düşük ve orta seviyede direnç gözlemlenmiştir. Flupyradifurone'un Türkiye'de 2020 yılında ruhsat almış olmasına rağmen direnç gelişimi görülmesinin nedeni diğer etkili maddeler ile benzer olarak nikotinik asetilkolin reseptörleri üzerinde etkili olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Bemisia tabaci popülasyonlarının sulfoxaflor'a karşı belirlenen LC₉₀ değerleri incelendiğinde Dört Yol ve Samandağ popülasyonları dışındaki tüm popülasyonlarda tavsiye dozunun üzerinde tespit edilmiştir. Flupyradifurone'a karşı ise Kazanlı, Silifke, Samandağ ve Dört Yol popülasyonu dışındaki tüm popülasyonların LC₉₀ değerleri tavsiye dozunun üzerinde tespit edilmiştir. Sulfoxaflor ve flupyradifurone'un aşırı ve sürekli kullanımının, halihazırda başlamış olan direnç gelişiminin artmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden farklı etki mekanizmasına sahip insektisitler ile birlikte rotasyonlu olarak kullanılması önerilmektedir. *Bemisia tabaci* popülasyonlarının tümünde acetamiprid'e karşı yüksek ve çok yüksek direnç seviyesi tespit edilmesi ve tüm popülasyonların LC₉₀ değerlerinin acetamiprid tavsiye dozundan yüksek olmasından dolayı *B. tabaci* ile mücadelede kullanımına ara verilmesi gerektiği önerilmektedir. Ayrıca çalışmamızda elde edilen bu verilerin, insektisit direnç gelişiminin gelecekte izlenmesinde ve yönetilmesinde önemli bir referans olabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abd-Rabou, S., Simmons, & A.M., 2010. Survey of reproductive host plants of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Egypt, including new host records. *Entomol. News* 121, 456–465.
- Ali, S., Ullah, M. I., Sajjad, A., Shakeel, Q., & Hussain, A. 2021. Environmental and health effects of pesticide residues. *Sustainable Agriculture Reviews* 48: Pesticide Occurrence, Analysis and Remediation Vol. 2 Analysis, 311-336.
- Anonim, 2023. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı <https://bku.tarimorman.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 01.07.2023].
- Babcock J.M., Gerwick C.B., Huang J.X., Loso M.R., Nakamura G., Nolting S.P., Rogers R.B., Sparks T.C., Thomas J., Watson G.B., & Zhu Y., 2011. Biological characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide, *Pest Manag. Sci.* 67 328–334.
- Bagri, P., & Jain, S. K., 2019. Assessment of acetamiprid-induced genotoxic effects in bone marrow cells of Swiss albino male mice. *Drug and Chemical Toxicology*, 42(4), 357-363.
- Bahşi, Ş. Ü., Dağlı, F., İkten, C., & Göçmen, H., 2012. Antalya ve ilçelerinden toplanan *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) populasyonlarının Acetamiprid, Chlorpyrifos-ethyl ve Cypermethrin'e karşı duyarlılık düzeyleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 17-22.
- Balkan T., 2019. Tokat ili domates ekiliş alanlarında zararlı olan beyazsinek [*Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera:Aleyrodidae)]in neonikotinoid grubu insektisitlere karşı direnç düzeyleri ve bu pestisitlerin domateste kalıntı düzeylerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 135 s.
- Basij, M., Talebi, K., Ghadamyari, M., Hosseiniaveh, V., & Salami, S. A., 2017. Status of resistance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to neonicotinoids in Iran and detoxification by cytochrome P450-dependent monooxygenases. *Neotropical Entomology*, 46, 115-124.
- Basit, M., 2019. Status of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: resistance, cross resistance, stability of resistance, genetics and fitness costs. *Phytoparasitica*, 47(2), 207-225.
- Chen, J. C., Wang, Z. H., Cao, L. J., Gong, Y. J., Hoffmann, A. A., & Wei, S. J., 2018. Toxicity of seven insecticides to different developmental stages of the whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) in multiple field populations of China. *Ecotoxicology*, 27, 742-751.
- Craddock, H. A., Huang, D., Turner, P. C., Quirós-Alcalá, L., & Payne-Sturges, D. C., 2019. Trends in neonicotinoid pesticide residues in food and water in the United States, 1999–2015. *Environmental Health*, 18(1), 1-16.
- Çavaş, T., Çinkılıç, N., Vatan, Ö., Yılmaz, D., & Coşkun, M., 2012. In vitro genotoxicity evaluation of acetamiprid in CaCo-2 cells using the micronucleus, comet and γ H2AX foci assays. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104(3), 212-217.

- De Barro, P.J., Liu, S.S., Boykin, L.M., & Dinsdale, A.B., 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. Annual Review of Entomology, 56: 1–19.
- Deholm, I., & Birnie, L. C., 1990. Prospects for managing resistance to insecticides in the whitefly. In Cotton production research from a farming systems perspective, with special emphasis on stickiness: papers presented at a technical seminar at the 49th plenary meeting of the International Cotton Advisory Committee (pp. 37-41). International Cotton Advisory Committee.
- Dittrich, V., Ernst, G. H., Ruesch, O., & Uk, S., 1990. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. Journal of economic entomology, 83(5), 1665-1670.
- Dursun, O., Kosovaeri, M., Kaban, Ö., Dinçay, O., & Kavak, H., 2013. Sera Beyazsineği (*Trialeurades vaporariorum*, Westwood) üzerinde acetamiprid etken maddeli bazı preparatların etkisi. Türkiye Entomoloji Bülteni, 3(2), 89-98.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., & Nauen, R., 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 64(11), 1099-1105.
- Ffrench-Constant, R.H., & Roush, R.T., 1990. Resistance Detection and Documentation: The Relative Roles of Pesticidal and Biochemical Assays. In: Roush, R.T. and Tabashnik, B.E. (Eds.), Pesticide Resistance in Arthropods. 2, pp. 4-38.
- Guo, L., Lv, H., Tan, D., Liang, N., Guo, C., & Chu, D., 2020. Resistance to insecticides in the field and baseline susceptibility to cyclaniliprole of whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. Crop protection, 130, 105065.
- Hatipoğlu, A., Durmuşoğlu, E., & Balcı, S., 2019. Söke (Aydın) İlçesi pamuk alanlarında *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) popülasyonlarının bazı insektisitlere karşı LC değerleri ve toplam esteraz miktarlarının belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(3), 359-365.
- Hequet E, Henneberry TJ., & Nichols RL., 2007 Sticky cotton: causes, effects, and prevention. USDA-ARS Technical Bulletin No 1915
- Horowitz, A. R., Denholm, I., & Nichols, R. L., 2007. Managing Insecticide Resistance in Whiteflies and Aphids in Cotton Fields. In Sticky Cotton–Cause, Impacts, and Prevention. USDA-ARS Tech Bull.
- Horowitz, A. R., Ghanim, M., Roditakis, E., Nauen, R., & Ishaaya, I., 2020. Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. Journal of Pest Science, 93, 893-910.
- Houndété, T. A., Kétoh, G. K., Hema, O. S., Brévault, T., Glitho, I. A., & Martin, T., 2010. Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. Pest management science, 66(11), 1181-1185.
- Insecticide Resistant Action Committee (IRAC) 2023. <https://irac-online.org/> [Son erişim tarihi: 01.07.2023].
- Jeschke, P., & Nauen, R., 2007. Nicotinic acetylcholine receptor agonists, target and selectivity aspects. Modern crop protection compounds, 3, 1127-1165.

- Jeschke, P., & Nauen, R., 2008. Neonicotinoids from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(11), 1084-1098.
- Jeschke, P., Haas, M., Nauen, R., Gutbrod, O., Beck, M. E., Matthiesen, S., & Velten, R., 2015a. Sivanto®-A novel insecticide with a sustainable profile. In *Discovery and Synthesis of Crop Protection Products* (pp. 331-344). American Chemical Society.
- Jeschke, P., Nauen, R., Gutbrod, O., Beck, M. E., Matthiesen, S., Haas, M., & Velten, R., 2015b. Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations☆. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 31-38.
- Kocaman, A. Y., & Topaktaş, M., 2007. In vitro evaluation of the genotoxicity of acetamiprid in human peripheral blood lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48(6), 483-490.
- Longhurst, C., Babcock, J. M., Denholm, I., Gorman, K., Thomas, J. D., & Sparks, T. C., 2013. Cross-resistance relationships of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor with neonicotinoids and other insecticides in the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Pest Management Science*, 69(7), 809-813.
- Marasinghe, J. P., & Karunaratne, S. H. P. P., 2021. Evaluation of insecticide resistance and underlying resistance mechanisms in selected whitefly populations in Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 49(4).
- Martin, J.H. & Mound, L.A., 2007. An Annotated Check List of the World's Whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa* 1492(1): 1-81
- Mohammed, M. A., Karaca, M. M., Döker, İ., & Karut, K., 2020. Monitoring insecticide resistance and endosymbiont composition in greenhouse populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) from Mersin, Turkey. *Phytoparasitica*, 48, 659-672.
- Nauen, R., Slater, R., Sparks, T. C., Elbert, A., & Mccaffery, A., 2019. IRAC: insecticide resistance and mode-of-action classification of insecticides. *Modern crop protection compounds*, 3, 995-1012.
- Navas-Castillo, J., Fiallo-Olive, E., Sanchez-Campos, S., 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annu. Rev. Phytopathol.* 49, 219–248.
- Peng, Z., Zheng H., Xie W., Wang S., Wu Q. & Zhang Y., 2017. Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to spirotetramat in China. *Crop Protection*, 98 (2017): 243-247.
- Raupach, G. S., Almanza, M. T., Haas, M., Tapia, E., Thielert, W., & Nauen, R., 2012. Sivanto™-profile of a new insecticide from Bayer CropScience AG. In 60th Annual Meeting of the Entomological Society of America, Knoxville, Tennessee, USA (pp. 11-14).
- Reiler, E., Jørs, E., Bælum, J., Huici, O., Caero, M. M. A., & Cedergreen, N., 2015. The influence of tomato processing on residues of organochlorine and organophosphate insecticides and their associated dietary risk. *Science of the Total Environment*, 527, 262-269.

- Roditakis, E., Roditakis, N. E., & Tsagkarakou, A., 2005. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 61(6), 577-582.
- Roditakis, E., Stavrakaki, M., Grispou, M., Achimastou, A., Van Waetermeulen, X., Nauen, R., & Tsagkarakou, A., 2017. Flupyradifurone effectively manages whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) and tomato yellow leaf curl virus in tomato. *Pest management science*, 73(8), 1574-1584.
- Roffeni, S., Arcangeli, G., Boebel, A., Gollo, M., Risi, C., & Cantoni, A., 2014. Flupyradifurone (Sivanto®): a novel systemic insecticide to control some important sucking pests. *Atti, Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme (Siena), 18-21 marzo 2014, Volume primo*, 3-10.
- Saleem, M., Hussain, D., ul Hasan, M., Sagheer, M., Ghouse, G., Zubair, M., ... & Cheema, S. A., 2022. Differential insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) field populations in the Punjab Province of Pakistan. *Heliyon*, 8(12), e12010.
- Satar, G., Ulusoy, M. R., Nauen, R., & Dong, K., 2018. Neonicotinoid insecticide resistance among populations of *Bemisia tabaci* in the Mediterranean region of Turkey. *Bulletin of Insectology*, 71(2), 171-177.
- Smith, H. A., & Giurcanu, M. C., 2013. Residual effects of new insecticides on egg and nymph densities of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, 504-511.
- Smith, H. A., Nagle, C. A., MacVean, C. A., & McKenzie, C. L., 2016. Susceptibility of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) to imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran and flupyradifurone in south Florida. *Insects*, 7(4), 57.
- Sparks, T. C., & Nauen, R., 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide biochemistry and physiology*, 121, 122-128.
- Sparks, T. C., Riley, D. G., Simmons, A. M., & Guo, L., 2020. Comparison of toxicological bioassays for whiteflies. *Insects*, 11(11), 789.
- Sparks, T. C., Watson, G. B., Loso, M. R., Geng, C., Babcock, J. M., & Thomas, J. D., 2013. Sulfoxaflor and the sulfoximine insecticides: Chemistry, mode of action and basis for efficacy on resistant insects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107(1), 1-7.
- Takahashi, H., 1998. Development of insecticide, acetamiprid. *J. Pesticide Sci*, 23, 193-200.
- Taquet, A., Delatte, H., Barrès, B., Simiand, C., Grondin, M., & Jourdan-Pineau, H., 2020. Insecticide resistance and fitness cost in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) invasive and resident species in La Réunion Island. *Pest management science*, 76(4), 1235-1244.
- Tomizawa, M., & Casida, J. E., 2003. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual review of entomology*, 48(1), 339-364.

- Torres-Vila, L. M., Rodriguez-Molina, M. C., Lacasa-Plasencia, A., & Bielza-Lino, P., 2002. Insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* to endosulfan, carbamates and organophosphates: the Spanish case. *Crop Protection*, 21(10), 1003-1013.
- United States Environmental Protection Agency: www.epa.gov [Son erişim tarihi: 25.06.2023].
- Vassiliou, V., Emmanouilidou, M., Perrakis, A., Morou, E., Vontas, J., Tsagkarakou, A., & Roditakis, E., 2011. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* from Cyprus. *Insect Science*, 18(1), 30-39.
- Wang R., Wang J. D., Che W. N, Sun Y., Li W. X., & Luo C., 2019. Characterization of field-evolved resistance to cyantraniliprole in *Bemisia tabaci* MED from China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(11), 2571-2578.
- Wang, R., Wang, J., Che, W., Fang, Y., & Luo, C., 2020a. Baseline susceptibility and biochemical mechanism of resistance to flupyradifurone in *Bemisia tabaci*. *Crop protection*, 132, 105132.
- Wang, R., Wang, J., Zhang, J., Che, W., Feng, H., & Luo, C., 2020b. Characterization of flupyradifurone resistance in the whitefly *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype). *Pest Management Science*, 76(12), 4286-4292.
- Wang, S., Zhang, Y., Yang, X., Xie, W., & Wu, Q., 2017a. Resistance monitoring for eight insecticides on the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Journal of economic entomology*, 110(2), 660-666.
- Wang, W., Wang, S., Han, G., Du, Y., & Wang, J., 2017b. Lack of cross-resistance between neonicotinoids and sulfoxaflor in field strains of Q-biotype of whitefly, *Bemisia tabaci*, from eastern China. *Pesticide biochemistry and physiology*, 136, 46-51.
- Watson, G. B., Siebert, M. W., Wang, N. X., Loso, M. R., & Sparks, T. C., 2021. Sulfoxaflor–A sulfoximine insecticide: Review and analysis of mode of action, resistance and cross-resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178, 104924.
- Xie, W., Liu, Y., Wang, S., Wu, Q., Pan, H., Yang, X., ... & Zhang, Y., 2014. Sensitivity of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to several new insecticides in China: effects of insecticide type and whitefly species, strain, and stage. *Journal of Insect Science*, 14(1).
- Yükselbaba, U., & Ali, I. H., 2022. Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations to cyantraniliprole, pyriproxyfen and spirotetramat in Antalya (Türkiye). *Turkish Journal of Entomology*, 46(3), 263-274.
- Zhu, Y., Loso, M. R., Watson, G. B., Sparks, T. C., Rogers, R. B., Huang, J. X., ... & Thomas, J. D., 2011. Discovery and characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide targeting sap-feeding pests. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 59(7), 2950-2957.

ÖZGEÇMİŞ

MUSTAFA SAMET TARAKCI

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2020-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2020	Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya