

ADANA'DA PAMUKTA YEŞİLKURT (*Helicoverpa armigera* (Hübner))'UN İNSEKTİSİTLERE KARŞI DAYANIKLILIK ORANLARININ BELİRLENMESİ

Metin KONUŞ^{1*} Sakine Uğurlu KARAAĞAÇ²

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van

²T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Zırai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müd., Ankara

*email: mkonus@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi : 20.06.2013 Kabul Tarihi : 18.04.2014

ÖZET: Yeşilkurt, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pamuğun ana zararlılarından. Adana ili ise Türkiye'nin pamuk tarımı bakımından en önemli illerinden birisidir. *H. armigera* pamuğun generatif organlarına zarar vererek pamuk üretiminde önemli ürün kayıplarına neden olduğundan, bu kayıpları azaltmak için kimyasal insektisitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde *H. armigera* mücadelesinde pamuk üretim alanlarında profenofos, pyridalyl, spinosad, thiodicarb ve zeta-cypermethrin fazla miktarlarda kullanılmıştır. Pamuk üretim alanlarında fazla miktarda insektisit uygulanması sonucunda uygulanan bu insektisitlere karşı *H. armigera*'da dayanıklılık gelişimi gözlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, 2008 yılında Türkiye'de pamukta ruhsatlı etki mekanizmaları ve grupları farklı 5 insektisit için *H. armigera*'nın Adana popülasyonunda dayanıklılık oranlarının belirlenmesidir. Denemelerde, *H. armigera* örneklerinin 3.dönem larvaları kullanılmıştır. Bu çalışmada, 5 farklı gruptan olan insektisitlerin dayanıklılık oranları topikal aplikasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Dayanıklılık seviyeleri profenofos için 1.33 kat, pyridalyl için 4.8 kat,, spinosad için 3.8 kat, thiodicarb için 5 kat ve zeta-cypermethrin için 21 kat olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, *H. armigera* Adana tarla popülasyonu test edilen insektisitler içerisinde en yüksek dayanıklılık seviyesini zeta-cypermethrin'e (orta seviyede dayanıklılık) karşı göstermiştir. Ayrıca pyridalyl, spinosad ve thiodicarb'a karşı düşük seviyede dayanıklılık gösterirken, profenofos'a karşı dayanıklılık geliştirmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Adana, *Helicoverpa armigera*, insektisit, dayanıklılık

DETERMINATION OF RESISTANCE RATIOS OF THE COTTON BOLLWORM (*Helicoverpa armigera* (Hübner)) AGAINST INSECTICIDES IN ADANA

ABSTRACT: *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is the major pest of cotton. Adana is one of the important cities of Turkey for cotton production. *H. armigera* causes important cotton production losses by damaging its generative organs, and chemical insecticides have been commonly used to reduce these losses. Intensive amount of profenofos, pyridalyl, spinosad, thiodicarb and zeta-cypermethrin have been applied to cotton farming areas for controlling *H. armigera* in Turkey. Resistance development of *H. armigera* to applied insecticides has been observed as a result of excess amount of insecticide applications in cotton growing areas. The aim of this study is to determine the resistance ratios of Adana field population of *H. armigera* to five different types of insecticides, with different mechanism of action, registered on cotton in Turkey, in 2008. Third instar larvae of *H. armigera* samples were used in the experiments. In the present study, it was determined that resistance ratios for 5 different insecticides; 1.33 fold (profenofos), 4.8 fold (pyridalyl), 3.8 fold (spinosad), 5 fold (thiodicarb) and 21 fold (zeta-cypermethrin) by using topical application bioassay method. *H. armigera* Adana field population showed the highest resistance level to zeta-cypermethrin (moderate resistance level) among the insecticides tested. In addition, while *H. armigera* showed low level of resistance to pyridalyl, spinosad and thiodicarb, it did not develop resistance to profenofos.

Keywords: Adana, *Helicoverpa armigera*, insecticide, resistance

1. GİRİŞ

Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde başta pamuk olmak üzere ekonomik değeri olan birçok bitkinin önemli bir zararlısıdır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre pamuk 2011 yılında 5.420.239 da ekiliş alanı ve 2.580.000 ton üretim miktarıyla ülkemizin en önemli agro-ekosistemlerden birisidir (Anonim, 2012). *H. armigera* erginlerinin bıraktığı yumurtalardan çıkan larvalar gelişme

dönemleri sırasında özellikle pamuk bitkisinin tarakları ve generatif organları üzerinde beslenir. Böylece pamukta koza oluşumuna engel olarak ekonomik olarak ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır.

Ülkemizde *H. armigera*'ya karşı uygulanan kimyasal mücadelede insektisitler yaygın kullanılmaktadır. Örneğin; 2010 yılı verilerine göre, pamukta *H. armigera* ile mücadelede kullanılan 19 adet ruhsatlı insektisit bulunmaktadır (Anonim, 2010). Bunun yanı sıra yakın geçmişte bu ruhsatlı

insektisitlerden bazıları ile benzer etki mekanizmasına sahip başka insektisitlerde diğer tarımsal ürünlerde hem *H. armigera*'ya karşı hemde başka zararlılara karşı tavsiye olarak kullanılmaktadır. Pamukta ruhsatlı insektisitler ile yapılan ilaçlamalar ile diğer sebzelerde benzer etkiye sahip insektisitler ile yapılan ilaçlamalar nedeniyle *H. armigera* aynı etki mekanizmasına sahip insektisitlere daha fazla maruz kalmaktadır. Böylece *H. armigera*'da bu insektisitlere karşı hızlı bir şekilde direnç oluşmasına neden olmaktadır.

Insektisitleri ekonomik bir şekilde kullanabilmek ve etkin bir direnç yönetimi yapılabilmesi için öncelikle o zararlı böceğe karşı kullanılacak olan ruhsatlı insektisitlere karşı direnç durumunun bilinmesi gerekmektedir (Gunning ve ark., 1997). Direnç durumunun belirlenebilmesi ise elimizde o zararlının hassas popülasyonuna ait bir kültürün sürekli olarak mevcut olması gerekir. Ancak bu durum hem maliyetli hemde zor bir işlem olduğundan eğer o zararlının hassas popülasyonuna ait temel veriler elimizde mevcut ise, daha sonra yapılacak dayanıklılık izleme çalışmalarında bu temel veriler aynı metodu kullanmak koşuluyla referans olarak kullanılabilir (Karaağaç ve Konuş, 2012). Örneğin, Gunning ve ark. (2007) *H. armigera* ile yaptıkları çalışmalarda daha önce hassas popülasyonda elde ettikleri LD₅₀ verilerini (Gunning ve ark., 1999) referans olarak kullanarak dayanıklılık oranlarını hesaplamışlardır.

Uğurlu ve Gürkan (2007), 1999 yılında Adana ilinden topladıkları *H. armigera* örneklerinde sentetik piretroidli insektisitlerden lambda-cyhalothrin'e karşı 24.7 kat gibi orta seviyede dayanıklılık görülürken, tralomethrin'e karşı 41 kat gibi yüksek seviyede dayanıklılık tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçların yanısıra test edilen karbamat ve organofosfatlı insektisitlere karşı dayanıklılık tespit edilmediğini rapor etmişlerdir. Ancak, Uğurlu ve ark. (2007), 2002 yılında yine Adana ilinden topladıkları *H. armigera* örneklerinin sentetik piretroidli insektisitlerden lambda-cyhalothrin'e 3 kat ve esfenvalerate'e karşı 3.3 kat gibi düşük seviyede dayanıklılık gösterdiklerini bildirmişlerdir. 2004 yılında Adana ilinde *H. armigera* zararlısına karşı pamuk ekim alanlarında kullanılan insektisitlerle ilgili olarak etkisizlik problemleri olduğu bildirilmiştir. Ancak o dönemde bir dayanıklılık çalışması yapılmadığından bu etkisizlik durumunun nedeninin dayanıklılık artışından kaynaklanıp kaynaklanmadığı belirlenememiştir (Karaağaç ve Konuş, 2012). Bu çalışmanın amacı, elimizde hassas popülasyonuna ait temel verileri mevcut olan *H. armigera* örneklerinin toplandığı 2008 yılında pamukta *H. armigera*'ya karşı o dönem için ruhsatlı olan ve yaygın olarak kullanılan 5 farklı insektisit grubundan seçilen ve farklı etki mekanizmasına sahip insektisitler (thiodicarb, profenofos, pyridalyl, spinosad ve zeta-cypermethrin) için Adana tarla popülasyonunun dayanıklılık durumlarını tespit etmektir. Bunun yanı sıra, *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda daha sonraki dönemler için etkin bir direnç yönetimi

yapılabilmesinde yararlı olacak bilgiler elde etmektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan *H. armigera*'nın hassas popülasyonu (HELIAR) Almanya'dan temin edilmiştir. Ayrıca, tarla popülasyonu Akdeniz bölgesindeki Adana ili civarından (ADANA) 2008 yılında temin edilmiştir. *H. armigera*'nın hassas (HELIAR)* ve Adana tarla (ADANA) popülasyonları, laboratuvar ortamında hazır böcek** besini ile yetiştirilmiştir.

Zeta-cypermethrin (95%), thiodicarb (99%), pyridalyl (100%), spinosad ve profenofos (99%) üretici firmalarından temin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan insektisitlere ait özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. *Helicoverpa armigera*'nın laboratuvar ortamında yetiştirilmesi

H. armigera kültürlerinin yetiştirilmesi 25 ± 2°C sıcaklık, %60-90 nem ve 16:8 saat aydınlık ve karanlık foto periyot koşullarına sahip iklim dolaplarında yapılmıştır. Amerika'daki "Southland Product Inc."den temin edilen hazır böcek besininden 162 gram alınarak 930 mililitre kaynamış saf su ile karıştırılarak elde edilen besin karışımı *H. armigera* larvalarının laboratuvar ortamında yetiştirilmesi için kullanılmıştır. Bu besin karışımı 5.5 cm çaplı tek kullanımlık petri kaplarının içerisine konulmuş ve larvalar burada yetiştirilmiştir (Şekil 1). Beslenen larvalar pupa olduktan sonra, içinde odun talaşı bulunan 25x20x15 cm boyutlarındaki plastik kaplara alınmıştır. Ortalama 10 günlük pupa döneminden sonra erginler çıkmıştır. Bu erginler de 20 cm yükseklik ve 18 cm çaplı plastik silindirin kaplarında tutulmuştur. İki ya da üç gün boyunca silindirin üst kısmı kelebeklerin yumurta bırakması için tülbentle kapalı tutulmuştur. Daha sonra bırakılan bu yumurtalar 4 veya 5 gün sonra açılmıştır. Son olarak da, yumurtadan çıkan larvalar gelişimlerinin 3. dönemine ulaştıkları zaman biyoanaliz denemelerinde kullanılmıştır.



Şekil 1. *Helicoverpa armigera* larvalarının laboratuvar ortamında yetiştirilmesi

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan insektisitlere ait özellikler.

Insektisit	Kimyasal Formülü	Kimyasal Grubu	Etki Mekanizması
Zeta-cypermethrin	C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃	Sentetik Piretroid	Voltaj bağımlı sodyum kanallarının özelliklerini değiştirerek kanalın fazla açık kalmasını sağlar
Thiodicarb	C ₁₀ H ₁₈ N ₄ O ₄ S ₃	Karbamat	Asetilkolin esteraz enzimini bloke eder
Profenofos	C ₁₁ H ₁₅ BrClO ₃ PS	Organofosfatlı	Asetilkolin esteraz enzimini bloke eder
Pyridalyl	C ₁₈ H ₁₄ Cl ₄ F ₃ NO ₃	Sınıflandırılmamış	Sitokrom P450 yardımıyla reaktif oksijen molekülleri oluşturur
Spinosad	C ₄₁ H ₆₅ NO ₁₀ ve C ₄₂ H ₆₇ NO ₁₀ Karışımı	Spinosin	Asetilkolin reseptörlerine bağlanarak asetilkolin nörotransmisyonunu bozar

* *H.armigera*'nın hassas popülasyonu Almanya'daki "Bayer CropScience" firmasından temin edilmiştir.

** Hazır böcek besini Amerika'daki "Southland Product Inc." firmasından temin edilmiştir.

2.2.2. Biyoanaliz denemeleri

H. armigera'nın Adana tarla popülasyonunda test edilen insektisitlerin Lethal Doz (LD₅₀) değerlerinin belirlenmesi amacıyla biyoanaliz denemeleri, *Heliothis* spp.'de standart direnç belirleme metoduna göre yürütülmüştür (Anonymous, 1970). Aynı metot ile test edilen insektisitler için direnç izleme çalışmalarında kullanılmak üzere hassas popülasyon için referans veriler mevcut olduğundan (Karaağaç ve Konuş, 2012), bu çalışmada Karaağaç ve Konuş (2012) tarafından test edilen insektisitler için hassas popülasyonda belirlenen referans veriler kullanılmıştır. Bu sayede Adana tarla popülasyonunun bu insektisitlere karşı geliştirdiği dayanıklılık belirlenebilmiştir (Çizelge 2). İnsektisit etkili maddelerinin (e.m.) stok çözeltileri, ağırlık/hacim (µg e.m./µl) esasına göre aseton içinde hazırlanmıştır. Bu maddelerin istenen dozları bir öncekinin yarısı olacak şekilde seri konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. İnsektisit çözeltilerinin hepsi farklı dozlarda hazırlanmıştır. Hazırlanan doz aralığı, profenofos için 0.026-0.83 µg/µl, pyridalyl için 0.004-0.262 µg/µl, thiodicarb için 0.035-2.28 µg/µl, spinosad için 0.009-0.305 µg/µl ve zeta-cypermethrin için 0.0001-0.178 µg/µl'dir. Her insektisit için seri konsantrasyonlardan 5 veya 6 farklı doz bir mikrolitre (1µl) damlacık olacak şekilde mikro aplikatör yardımıyla her larvanın (30-40 mg larva) thoraks bölgesinin dorsoline topikal olarak uygulanarak >0% ve <100% ölüm oranı sağlanmıştır (Anonymous, 1970). Larvalar buldukları besin ortamından alınmadan insektisit uygulaması yapılmıştır. Uygulamalara önce kontrol grubundan başlanarak düşük dozdan yüksek doza doğru artırılarak uygulanmıştır. Kontrol olarak kullanılan larvalara sadece asetonla uygulama yapılmıştır. Kontrol ve deneme grubunda her bir doz için en az 20 larva

kullanılmıştır. Uygulama yapılan larvalar *H. armigera* kültürlerinin yetiştirilmesi ile aynı koşullara sahip, 25 ± 2°C sıcaklık, %60-90 nem ve 16:8 saat aydınlık ve karanlık foto periyot koşullarına sahip iklim dolaplarında yerleştirilmiştir. Canlı ve ölü larva sayımları denemelerden 48 saat sonra yapılmıştır. Sayımlarda her bir larva tek tek kontrol edilerek fırça ile dokunulduğunda hareket etmeyen veya yürüyemeyen larvalar ölü olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler, denemelerden 48 saat sonra elde edilen sonuçlar maksimum olasılık işlemlerini ve probit analizi (Finney, 1964) uygulayan bilgisayar programı POLO-PC (LeOra Software 1994) kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonunda LD₅₀ değerleri ve eğim değerleri belirlenmiş, LD₅₀ değerleri her bir larvaya verilen mikrogram etkili madde (µg e.m./larva) olarak ifade edilmiştir.

Test edilen her insektisit için dayanıklılık oranı her insektisit için Adana popülasyonu için belirlenen (ADANA) LD₅₀ değerinin o insektisit için hassas popülasyonda belirlenen LD₅₀ değerine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Torres-Vila ve ark. (2002) hesaplanan bu dayanıklılık oranlarına göre her insektisit test edilen canlıdaki dayanıklılık seviyesini şu şekilde belirtmişlerdir. Eğer dayanıklılık oranı 0-1 kat arasında ise hassas, 2-10 kat arasında ise düşük seviyede dayanıklı, 11-30 kat arasında ise orta seviyede dayanıklı ve 31-100 kat arasında ise yüksek seviyede dayanıklı olarak sınıflandırıldığını bildirmişlerdir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, *Helicoverpa armigera*'ya karşı pamukta ruhsatlı olan 5 farklı insektisit grubundan test edilen profenofos, pyridalyl, spinosad, thiodicarb ve

zeta-cypermethrin için *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda LD₅₀ değerleri topikal biyoanaliz yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen ve hassas popülasyonun mevcut referans verileri ile birlikte uygulanan istatistiksel analiz sonucu belirlenen LD₅₀ değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan dayanıklılık oranları Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 2'de görüleceği gibi *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonu'nun test edilen insektisitlere (profenofos, pyridalyl, spinosad, thiodicarb ve zeta-cypermethrin) karşı 1.33 ile 21 kat arasında değişen dayanıklılık oranları gösterdiği belirlenmiştir. *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonu'nun sentetik piretroidli insektisitler grubundan zeta-cypermethrin'e karşı 21 kat dayanıklılık oranı ile test edilen insektisitler arasında en yüksek dayanıklılık oranını gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Adana tarla popülasyonu spinosad (spinosin) için 3.8 kat ve pamukta *H. armigera*'ya karşı yeni ruhsat alan etkili maddelerden pyridalyl'e karşı 4.8 kat dayanıklılık oranları gösterdiği belirlenmiştir. En son olarak, Adana popülasyonu karbamatlı bir insektisit olan thiodicarb'a karşı 5 kat ve organofosfatlı insektisit

profenofos için 1.33 kat dayanıklılık oranı gösterdiği belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, pamukta *H. armigera*'ya karşı kullanılan zeta-cypermethrin, thiodicarb, profenofos, pyridalyl ve spinosad adlı ruhsatlı insektisitlerin *H. armigera*'nın hassas popülasyonunda (HELIAR) ve Adana tarla popülasyonunda (ADANA) LD₅₀ değerleri kullanılarak Adana tarla popülasyonunda bu insektisitlere karşı dayanıklılık oranları tespit edilmiştir. Ancak, çalışmanın yapıldığı dönemde ülkemizde ruhsatlı olan ve denemelerde kullanılan insektisitlerden biri olan profenofos, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından 31.12.2009 tarihinde yasaklanmış ve bu aktifi içeren bitki koruma ürünlerinin son kullanılma tarihine kadar kullanılabileceği bildirilmiştir (Anonim, 2010a).

Çalışmada, *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonu test edilen 5 farklı insektisit grubuna karşı farklı dayanıklılık oranları göstermiştir. Sentetik piretroidli zeta-cypermethrin'e karşı orta seviyede

Çizelge 2. *Helicoverpa armigera*'nın hassas (HELIAR) ve Adana tarla popülasyonlarının (ADANA) 3. dönem larvalarıyla yapılan topikal biyoanaliz denemelerinden 48 saat sonra elde edilen verilere uygulanan probit analizi ve dayanıklılık oranı sonuçları

Insektisitler ve Grupları	Popülasyon	Larva Sayısı ^a	LD ₅₀ ^b (95% Limit Değerleri)	Eğim	Heterojenlik	Dayanıklılık Oranı ^c
Zeta-cypermethrin (Sentetik Piretroid)	HELIAR	140	0.003 (0.002-0.006)	1.56±0.3	0.73	-
	ADANA	100	0.063 (0.045-0.088)	2.34±0.5	0.58	21
Thiodicarb (Karbamat)	HELIAR	120	0.116 (0.080-0.162)	1.96±0.3	0.35	-
	ADANA	100	0.593 (0.405-0.808)	2.35±0.5	0.48	5
Profenofos (Organofosfat)	HELIAR	140	0.096 (0.074-0.120)	2.64±0.4	0.69	-
	ADANA	120	0.128 (0.090-0.192)	1.81±0.3	0.38	1.33
Pyridalyl (Sıfırsız)	HELIAR	140	0.011 (0.007-0.017)	1.40±0.2	0.01	-
	ADANA	120	0.053 (0.034-0.077)	1.66±0.3	0.40	4.8
Spinosad (Spinosin)	HELIAR	120	0.015 (0.010-0.022)	1.61±0.2	0.26	-
	ADANA	100	0.058 (0.036-0.070)	2.45±0.5	0.12	3.8

^a Denemelerde kullanılan larva sayısı

^b µg/larva

^c ADANA popülasyonu LD₅₀ değeri / Hassas popülasyon LD₅₀ değeri

HELIAR: Hassas *Helicoverpa armigera* popülasyonu

ADANA: Adana ili civarından toplanan *Helicoverpa armigera* popülasyonu

dayanıklılık (21 kat) gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, thiodicarb'a (5 kat, karbamat), pyridalyl'e (4.8 kat) ve spinosad'a (3.8 kat, spinosin) karşı düşük seviyede dayanıklılık oranları gösterdiği belirlenmiştir. En son olarak, Adana tarla popülasyonunun organofosfatlı insektisit, profenofos'a karşı dayanıklılık göstermediği (1.33 kat) belirlenmiştir.

Karbamatlı bir insektisit olan thiodicarb'a karşı Adana tarla popülasyonunda belirlenen düşük seviyede dayanıklılık (5 kat) sonucuna benzer sonuçlar bu zararlının Pakistan ve Hindistan'daki (Ahmad ve ark., 2001; Ramasubramanian ve Regupathy, 2004; Aheer ve ark., 2009) tarla popülasyonlarında değişik zamanlarda yapılan farklı araştırmalarda rapor edilmiştir. Ayrıca, Torres-Vila ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada benzer şekilde İspanya'daki 11 farklı bölgeden toplanan *H. armigera* tarla popülasyonlarından 7 tanesinin dayanıklılık oranlarını 4-10 kat arasında bulmuşlardır.

Organofosfatlı bir insektisit olan profenofos'a karşı *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda dayanıklılık tespit edilmemiştir. Benzer şekilde, Ugurlu ve Gürkan (2007) tarafından yapılan çalışmada ülkemizdeki *H. armigera*'nın Adana, Antalya ve Hatay tarla popülasyonlarında profenofos'a karşı dayanıklılık olmadığını bildirmişlerdir. Buna karşın, Pakistan ve Hindistan'daki tarla popülasyonlarında profenofos'a karşı düşük seviyede dayanıklılık olduğu farklı bilim adamları tarafından değişik zamanlarda belirtilmiştir (Ahmad ve ark., 1995; Ramasubramanian ve Regupathy, 2004; Aheer ve ark. 2009).

Thiodicarb ve profenofos insektisitleri farklı kimyasal yapı ve gruplara dahil olsalar da her iki insektisit de etkilerini asetilkolinesteraz enzimini bloke ederek göstermektedirler. Bu nedenle, Adana tarla popülasyonunda aynı etki mekanizmasına sahip bu insektisitlerden thiodicarb ve profenofos'a karşı sırasıyla 5 ve 1.33 kat gibi düşük dayanıklılık oranlarının görülmesi; bu etki mekanizmasına karşı etkili bir dayanıklılığın bu popülasyonda gelişmemiş olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda farklı etki mekanizmasına sahip diğer insektisit grup ya da gruplarında dayanıklılık oluşması durumunda organofosfatlı ve thiodicarb'lı insektisitlerle mücadele tercih edilebilir.

H. armigera'nın Adana tarla popülasyonu herhangi bir insektisit sınıfında gruplandırılmayan pyridalyl insektisidine karşı düşük seviyede dayanıklılık (4.8 kat) tespit edilmiştir. Şu ana kadar literatürde pyridalyl insektisiti ile ilgili olarak *H. armigera*'da herhangi bir dayanıklılık raporu bulunmamaktadır. Sakamoto ve ark. (2004) pyridalyl insektisitinin *H. armigera* gibi pamuk zararlısı lepidopterlerin kontrol edilmesinde iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, diğer bilinen insektisitlerden farklı bir etki mekanizmasına sahip olduğunu ve yararlı artropodlara daha az zararlı

olduğunu bildirmişlerdir. Pyridalyl etki mekanizması olarak sitokrom P450 monooksijenazlar tarafından aktive edilmesiyle oluşan moleküllerin sayesinde yarattığı reaktif oksijen molekülleriyle etkili olan bir insektisittir (Powell ve ark., 2011). Son olarak, Dhawan ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada bu zararlının kontrolünde pyridalyl'in sentetik piretroidli insektisitlerle birlikte kullanıldığı durumlarda tek başına olduğundan daha fazla etkin olduğunu bildirmişlerdir. *H. armigera*'daki sitokrom P450 monooksijenazların sentetik piretroidli insektisitlerin metabolik detoksifikasyonun da en etkin enzim grubu olduğu bildirilmiştir (Yang ve ark., 2004). Bu nedenle Adana tarla popülasyonun da pyridalyl'e karşı düşük (4.8 kat) dayanıklılık oranı olması nedeniyle bu insektisit Adana tarla popülasyonun da sentetik piretroidli insektisitlere karşı yüksek seviyede dayanıklılık tespit edilmesi durumunda bu insektisitlerle birlikte kullanılabilir ve daha etkili bir mücadele yapılmasını sağlayabilir.

Spinosin grubundan bir insektisit olan spinosad'a karşı *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda pyridalyl ve thiodicarb'da olduğu gibi düşük seviyede dayanıklılık (3.8 kat) tespit edilmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuca benzer sonuçlar *H. armigera*'nın Pakistan ve Hindistan'daki tarla popülasyonlarında rapor edilmiştir (Ahmad ve ark., 2003; Kranthi ve ark., 2005; Nimbalkar ve ark., 2009). Ramasubramanian ve Regupathy (2004) tarafından yapılan bilimsel araştırmada Hindistan'ın Tamil Nadu bölgesinden toplanan *H. armigera* popülasyonun'da spinosad'a karşı dayanıklılık olmadığını belirtmişlerdir. Buna karşın, Wang ve ark. (2009) *H. armigera*'nın Çin'deki tarla popülasyonunun spinosad'a karşı orta seviyede dayanıklılık (24 kat) gösterdiğini bildirmişlerdir. Bir bioinsektisit olarak spinosad sinir sistemindeki nikotinik asetilkolin reseptörleri üzerine etkin olup Adana tarla popülasyonundaki düşük seviyede (3.8 kat) dayanıklılığı ile diğer etki mekanizmasına sahip insektisitler de dayanıklılık görülmesi durumunda kullanılacak alternatif insektisit olarak görülmektedir.

Sentetik piretroidli zeta-cypermethrin ile ilgili olarak bu çalışmada Adana tarla popülasyonunda belirlenen orta seviyede dayanıklılık (21 kat) sonucu bu zararlının Avustralya'daki tarla popülasyonlarında 1998 (15 kat) ve 2007 (12 kat) yıllarında yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer olduğu görülmüştür (Gunning ve ark. 1999 ve 2007). Buna karşın, Ahmad ve ark. (1997) bu zararlının Pakistan'daki tarla popülasyonlarında zeta-cypermethrin'e karşı düşük seviyede dayanıklılık olduğunu bildirmişlerdir. Adana tarla popülasyonunda her ne kadar zeta-cypermethrin için daha önce bir çalışma yapılmamış olmasına rağmen diğer sentetik piretroidli insektisitler için Adana tarla popülasyonlarında daha önce yapılmış çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Ugurlu ve Gürkan (2007) yaptıkları çalışmada 1999 yılında Adana'dan toplanan

H. armigera popülasyonunda tralomethrin için 24.7 kat (orta seviyede dayanıklılık) ve lambda-cyhalothrin için 41 kat (yüksek seviyede dayanıklılık) dayanıklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda sentetik piretroidli insektisitlere karşı dayanıklılığın orta ve yüksek seviyelerde olduğunu ve bu gruptaki insektisitlere karşı belli bir seviyede dayanıklılığın mevcudiyetini ve sürekliliğini göstermektedir. Bu yüzden, *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda sentetik piretroidli insektisitlerle yapılacak mücadelede dayanıklılığın durumunun takip edilmesi ve dayanıklılıkta artışın sürmesi durumunda bunların yerine diğer insektisitlerin kullanılması tercih edilmelidir.

Adana ili ülkemizde pamuk üretiminin en fazla yapıldığı illerin başında olup Türkiye'nin toplam pamuk üretiminin dörtte biri bu ilden sağlanmaktadır (Anonim, 2013). *H. armigera* ise bu bitkinin ülkemizde ve dünyadaki en önemli zararlılarından birisidir. Dolayısıyla, bu zararlı ile o bölgede etkin bir mücadele yapılabilmesi için bu zararlıya karşı kullanılan ruhsatlı insektisitlere karşı dayanıklılık durumunun sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada spinosad ve pyridalyl için *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda ilk kez dayanıklılık oranları belirlenmiş ve düşük seviyede dayanıklılık bulunmuştur. Bunun yanı sıra, karbamatlı (thiodicarb) ve organofosfatlı (profenofos) insektisitler için sırasıyla düşük seviyede dayanıklılık ve hassasiyet durumları belirlenmiştir. Bu bulgular, Ugurlu ve Gürkan (2007) tarafından 1999 yılında Adana'dan toplanan *H. armigera* ile yapılan çalışmadan çıkan sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Sonuç olarak; test edilen farklı insektisit grupları içerisinde düşük seviyede dayanıklılık gösteren karbamat grubundan thiodicarb ile spinosin grubundan spinosad'ın yanısıra herhangi bir grupta sınıflandırılmayan pyridalyl ve dayanıklılık tespit edilemeyen organofosfatlı profenofos'un bu düşük dayanıklılık seviyeleri ile *H. armigera*'nın Adana tarla popülasyonunda bu insektisitlere karşı dayanıklılık probleminin olmadığı anlaşılmaktadır. Buna karşın, sentetik piretroidli bir insektisit olan zeta-cypermethrin'e orta seviyede dayanıklılığın belirlenmiş olması, bu insektistin yoğun olarak kullanımına devam edilmesi durumunda seleksiyon baskısıyla bu insektisit ya da bu gruptan diğer insektisitlere karşı da bu zararlıda dayanıklılık probleminin oluşabilme potansiyeli olduğuna işaret etmektedir. Bundan dolayı dayanıklılık seviyesi olarak hassas grupta bulunan organofosfatlı profenofos ile düşük dayanıklılık seviyesinde yer alan spinosad, pyridalyl ve thiodicarb gibi farklı kimyasal grupta bulunan insektisitler, *H. armigera* ile mücadelede etkili bir şekilde kullanılabilirler. Diğer bir deyişle, özellikle zeta-cypermethrin gibi orta seviyede dayanıklılık gösteren sentetik piretroidli insektisitlere karşı dayanıklılığın daha yüksek seviyelere ulaşması durumunda profenofos, spinosad, pyridalyl ve

thiodicarb insektisitleri ciddi bir alternatif olarak bu zararlının Adana tarla popülasyonuna karşı kimyasal mücadelede etkin olarak kullanılabilirler.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmaların yürütülmesine katkı sağlayan Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve insektisit aktif maddelerinin temininde katkıda bulunan tarımsal ilaç firmalarına teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- Aheer, G.M., Aziz, M.A., Hameed, A., Ali, A. 2009. Evaluation of resistance to different insecticides in field strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Punjab, Pakistan. *Entomological Research*, 39: 159-167.
- Ahmad, M., Iqbal Arif, M., Ahmad, Z. 1995. Monitoring insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Journal of Economic Entomology*, 88(4): 771-776.
- Ahmad, M., Iqbal, Arif M., Attique, M.R. 1997. Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Bulletin of entomological research* 87(4): 343-347.
- Ahmad, M., Iqbal, Arif M., Ahmad, Z. 2001. Resistance to carbamate insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan, *Crop Protection*, 20(5): 427-432.
- Ahmad, M., Iqbal, Arif M., Ahmad, Z. 2003. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pakistan, *Crop Protection*, 22(3): 539-544.
- Anonim, 2010. Ruhsatlı Tarım İlaçları 2010. Hasad Yayıncılık, LTD. Şti. Ocak 2010, İstanbul.
- Anonim, 2010a. <http://www.milliyet.com.tr/default.aspx?aType=SonDakika&ArticleID=1204331>. [Erişim Tarihi: 28.10.2013].
- Anonim, 2012. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=45 (Tekstilde kullanılan bitkiler). [Erişim Tarihi: 04.01.2013].
- Anonim, 2013. <http://www.adana.gov.tr/?sayfa=8&alt=tarim>. [Erişim Tarihi: 08.01.2013].
- Anonymous, 1970. Standard method for detections of insecticide resistance in *Helicoverpa zea* (Boddie) and *H. virescens* (F.). *Bulletin of Entomological Society of America*, 16: 147-153.
- Dhawan, A. K., Singh, K., Singh, R. 2009. Evaluation of new insecticidal combination of pyridalyl with synthetic pyrethroid for the management of bollworm complex on cotton. *Pesticide Research Journal*, 21(1): 61-63.
- Finney, D.J. 1964. *Probit Analysis* (2nd edition), Cambridge University Press, U.K., 318 p.
- Gunning, R.V., Moores, G.D., Devonshire, A.L. 1997. Biochemical resistance detection in *Helicoverpa armigera* in Australia. *Recent Resistance Development in Entomology*, 1: 203-213.
- Gunning, R.V., Moores, G.D., Devonshire, A.L. 1999. Esterase inhibitors synergise the toxicity of pyrethroids in Australian *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pestic. Biochem. and Physiol.*, 63: 50-62.
- Gunning, R.V., Moores, G.D., Jewess, P., Boyes, A.L., Devonshire, A.L., Khambay, B.P.S. 2007. Use of

- pyrethroid analogues to identify key structural features for enhanced-esterase resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Management Science, 63(6): 569-575.
- Karaağaç, S.U., Konuş, M. 2012. *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın hassas popülasyonu üzerinde topikal biyoanaliz yöntemiyle on iki insektisit için lethal doz (LD50) değerlerinin belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 52(3), 289-298.
- Kranthi, K.R. 2005. Insecticide Resistance Monitoring, Mechanism and Management Manual. Central Institute for Cotton Research, Nagpur, India, 113-131.
- LeOra Software, 1994. POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis, LeOra Software, Berkeley, CA., 28 p.
- Nimbalkar, R.K., Shinde, S.S., Tawar, D.S., Muley, S.P. 2009. Response of Cotton Bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) to Different Insecticides in Maharashtra, India. World Journal of Agricultural Sciences, 5(2): 250-255.
- Powell, G.F., Ward, D.A., Prescott, M.C., Spiller, D.G., White, M.R.H., Turner, P.C., Earley, F.G.P., Phillips, J., Rees, H.H. 2011. The molecular action of the novel insecticide, Pyridalyl. Insect Biochem. and Mol. Biol., 41(7): 459-469.
- Ramasubramanian, T., Regupathy, A. 2004. Magnitude and mechanism of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* Hub. population of Tamil Nadu, India, Asian Journal of Plant Sciences, 3(1): 94-100.
- Sakamoto, N., Saito, S., Hirose, T., Suzuki, M., Matsuo, S., Izumi, K., Nagatomi, T., Ikegami, H., Umeda, K., Tsushima, K., Matsuo, N. 2004. The discovery of pyridalyl: a novel insecticidal agent for controlling lepidopterous pests. Pest. Manag. Sci., 60: 25-34.
- Torres-Vila, L.M., Rodriguez Molina, M.C., Lacasa Plasencia, A., Bielza Lino, P., Rodriguez del Rincon, A. 2002. Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective, Agriculture Ecosystems and Environment, 93: 55-66.
- Ugurlu, S., Gurkan, M.O. 2007. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* from cotton growing areas in Turkey. Phytoparasitica, 35(4): 376-379.
- Ugurlu, S., Konus, M., Işgör B., İscan, M. 2007. Pyrethroid Resistance and Possible Involvement of Glutathione S-transferases in *Helicoverpa armigera* from Turkey. Phytoparasitica, 35(1): 23-26.
- Wang, D., Qiu, X., Ren, X., Fang, N., Wang, K. 2009. Resistance selection and biochemical characterization of spinosad resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) Pestic. Biochem. and Physiol., 95: 90-94.
- Yang, Y., Wu, Y., Chen, S., Devine, G.J., Denholm, I., Jewess, P., Moores, G.D. 2004. The involvement of microsomal oxidases in pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* from Asia. Insect Biochem. Mol. Biol. 34: 763-773.