

***Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın hassas popülasyonu üzerinde topikal biyoanaliz yöntemiyle on iki insektisit için lethal doz (LD₅₀) değerlerinin belirlenmesi**

Sakine UGURLU KARAAĞAC¹

Metin KONUŞ²

SUMMARY

Determination of lethal dose values of twelve insecticides by using topical bioassay method in susceptible population of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Cotton is one of the important industrial plants in Turkey and *Helicoverpa armigera* (cotton bollworm) (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is one of the most important pests of cotton in Turkey. This pest causes important loss of production by damaging especially generative organs on cotton. Commonly, chemical control method was used against this pest. Furthermore, high quantity of insecticides was also used to control it in our country. Therefore, resistance problems were seen in *H. armigera* against used insecticides in some years. The purpose of this study is to determine the baseline toxicity (Lethal Dose (LD₅₀)) values in susceptible populations of *H. armigera* for registered active substances on cotton in Turkey. Third instar larvae of *H. armigera* from susceptible populations were used in the experiments. In this study, we were determined the LD₅₀ values for 12 active substances; azinphos-methyl (0.152 µg/larva), bifentrin (0.004 µg/larva), beta-cyfluthrin (0.001 µg/larva), esfenvalerate (0.003 µg/larva), thiodicarb (0.116 µg/larva), indoxacarb (0.043 µg/larva), lambda-cyhalothrin (0.002 µg/larva), methomyl (0.201 µg/larva), profenofos (0.096 µg/larva), pyridalyl (0.011 µg/larva), spinosad (0.015 µg/larva) and zeta-cypermethrin (0.003 µg/larva) by using topical bioassay method. The determined LD₅₀ values in susceptible population of *H. armigera* will be used to detect resistance ratios of *H. armigera* field populations in these insecticides resistance monitoring works.

Key Words: cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, insecticides, insecticide resistance

¹ Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yenimahalle-ANKARA

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyokimya Anabilim Dalı, ANKARA ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-mail: sugurlu@hotmail.com

Yazının Yayın Kuruluna Geliş Tarihi (Received): 20.04.2012

ÖZET

Pamuk Türkiye'nin önemli bir endüstri bitkisidir ve Türkiye'deki pamuğun en önemli zararlılarından birisi *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'dır. Bu zararlı pamukta özellikle generatif organlarda zarar yaparak önemli ürün kayıplarına neden olur. Ülkemizde bu zararlıya karşı kimyasal mücadele yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca, ülkemizde bu zararlıyı kontrol etmek için çok fazla miktarda da ilaç kullanılmaktadır. Bu nedenle, bazı yıllarda *H. armigera*'da kullanılan insektisitlere karşı direnç problemi görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, *H.armigera*'nın hassas popülasyonunda, Türkiye'de pamukta bu zararlıya karşı ruhsatlı etkili maddeler için Lethal Doz (LD₅₀) değerlerinin belirlenmesidir. Denemelerde *H. armigera*'nın hassas popülasyonunun 3. dönem larvaları kullanılmıştır. Bu çalışmada, 12 etkili maddenin LD₅₀ değerleri topikal uygulama yöntemiyle belirlenmiştir; azinphos-methyl (0.152 µg/larva), bifentrin (0.004 µg/larva), beta-cyfluthrin (0.001 µg/larva), esfenvalerate (0.003 µg/larva), thiodicarb (0.116 µg/larva), indoxacarb (0.043 µg/larva), lambda-cyhalothrin (0.002 µg/larva), methomyl (0.201 µg/larva), profenofos (0.096 µg/larva), pyridalyl (0.011 µg/larva), spinosad (0.015 µg/larva) ve zeta-cypermethrin (0.003 µg/larva). Hassas *H. armigera* popülasyonu ile yapılan çalışmalarda elde edilen bu LD₅₀ değerleri, bundan sonra yapılacak olan direnç izleme çalışmalarında, bu insektisitler için *H. armigera*'nın tarla popülasyonlarında direnç oranlarının belirlenmesinde kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yeşilkurt, *Helicoverpa armigera*, insektisitler, insektisit dayanıklılığı

GİRİŞ

Pamuk ülkemizde 2010 yılında 4.806.500 da ekiliş alanı ve 2.150.000 ton üretim miktarıyla en önemli agro-ekosistemlerden birisidir (Anonim 2010). Pamuğun ülkemizde birçok hastalık ve zararlısı bulunmaktadır. *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pamuğun önemli bir zararlısıdır ve dünyanın pamuk ekilen pek çok yerinde bulunduğu ve zarar verdiği bilinmektedir. Larvaları pamukta genellikle taraklar başta olmak üzere generatif organlarda beslenerek, pamuğun koza oluşumuna engel olup önemli oranda ürün kaybına neden olmaktadır. Polifag olan bu zararlı ülkemizde başta pamuk olmak üzere tarımı yapılan birçok kültür bitkisinde zarar yapmaktadır. Özellikle sulu tarıma geçişle birlikte, pamuk alanlarında zararlı böcek popülasyonları hızla artış göstermiştir.

Bu zararlıya karşı ülkemizde uygulanan mücadele yöntemi kimyasal mücadeledir ve yoğun olarak ilaç kullanılmaktadır. Pamukta *H. armigera* ile mücadelede kullanılmak üzere karışımlar hariç 19 adet ruhsatlı insektisit etkili maddesi bulunmaktadır (Anonim 2010a). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü verilerine göre 2010 yılında pamukta *H. armigera* mücadelesi için 1.298.730 da alan mücadele programına alınmıştır. Son yıllarda pamukta kullanım için ruhsat alan aynı etki mekanizmasına sahip insektisitler, farklı ürünlerde de bu zararlıya veya başka zararlılara karşı tavsiye olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle zararlının hem pamukta yapılan ilaçlamalar hem de

sebzelerde yapılan ilaçlamalar nedeniyle aynı insektisite maruz kalma oranı artmaktadır. Dolayısıyla bu şekilde insektisitlere karşı direnç oluşumu hızlanacaktır. Böylece gelecekte birçok insektisite karşı bu zararlıda direnç oluşumu hızlanmaktadır.

Özellikle böceklerin ilaçlara dayanıklı hale gelmesi, ilaçların etkisinin azalmasına neden olarak, tarımsal üretimi tehdit eden en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Knight and Norton 1990). Birçok ülkede *H. armigera* ve diğer *Helicoverpa* spp.'nin farklı gruptan insektisitlere karşı direnç geliştirdiği kaydedilmektedir (Luttrell et al. 1987, Ahmad and McCaffery 1988, Daly 1988, Dayl and Fisk 1993, Elzen et al. 1992, Ahmad et al. 1995, McCaffery 1998, Ugurlu ve ark. 2007, Ugurlu ve Gürkan 2007).

Ancak, aynı gruptan insektisitlerin yoğun olarak ve sürekli kullanılması sonucunda seleksiyon baskısı nedeniyle bu insektisitlere karşı zararlılarda direnç problemi ortaya çıkmaktadır. 2004 yılında Adana ilinde pamuk ekim alanlarında bu zararlıya karşı etkisizlik problemleri olduğu bildirilmiş ve bazı insektisitlerin kullanımı bu bölgede durdurulmuştur. O yıllarda elimizde ruhsatlı tüm insektisitlere karşı yapılan bir dayanak (temel, baseline) ve direnç çalışması olmadığından, sorunun dirençten mi yoksa başka nedenlerden mi kaynaklandığı tespit edilememiştir.

Bu çalışmanın yapıldığı dönemde (2007-2008 yıllarında) pamukta *Helicoverpa armigera*'ya karşı ruhsatlı 12 insektisit etkili maddesi (azinphos-methyl, bifentrin, beta-cyfluthrin, esfenvalerate, thiodicarb, indoxacarb, lambda-cyhalothrin, methomyl, profenofos, pyridalyl, spinosad ve zeta-cypermethrin) için hassas popülasyonda, Lethal Doz (LD₅₀) değerleri topikal biyoanaliz yöntemi ile belirlenmiştir.

Etkili bir direnç yönetimi ve insektisitlerin ekonomik kullanımı için, ilaçlamaya karar verilmeden önce böceklerin direnç durumunun bilinmesi gerekmektedir (Gunning et al. 1997). Bu nedenle direnç oluşumunda rol alan mekanizmalar hakkında bilgi sahibi olmak oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, *H. armigera*'nın hassas popülasyonunda, LD₅₀ değerlerinin belirlenerek daha sonra ülkesel düzeyde yapılacak direnç izleme çalışmalarına temel oluşturacak verileri elde etmektir. Çalışma 2007 ve 2008 yıllarında Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Denemelerde *Helicoverpa armigera*'nın Almanya'dan temin edilen hassas popülasyonu (HELIAR) kullanılmıştır. *H. armigera*'nın hassas (HELIAR) popülasyonunun, laboratuvar ortamında yetiştirilmesi için kullanılan hazır böcek besini Amerika'daki "Southland Product Inc." firmasından temin edilmiştir.

Tralomethrin (97.5%), indoxacarb (99.6%) ve methomyl (99.8%) “Dupont Agricultural Products” firmasından temin edilirken, bifentrin (97%), zeta-cypermethrin (95%), azinphos-methyl (99%) ve esfenvalerate (98%) “Dr. Ehrenstorfer Gmbh” firmasından temin edildi. Ayrıca, beta-cyfluthrin (98.8%) ve thiodicarb (99%) “Bayer CropSciences” firmasından temin edilirken, esfenvalerate (98.5%) ve pyridalyl (100%) “Sumitomo” firmasından temin edildi. Son olarak, spinosad “Dow Agroscience” firmasından, lambda-cyhalothrin (%98.7) ve profenofos (99%) “Syngenta Agrochemicals” firmasından temin edilmiştir. Biyoanaliz (biyoassay) çalışmalarında mikroaplikatör, farklı kapasitelerde mikro pipetler, cam tüpler, mikro şırınga, parafilm, fırça, farklı hacimlerde cam ölçü balonları ve pipet gibi malzemeler kullanılmıştır.

Metot

***H. armigera* ‘nın laboratuarda 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. Laboratuarda *H. armigera* larvalarının beslenmesi için 162 gram besin ile 930 mililitre kaynamış saf su bir blender de 3-4 dakika karıştırılarak 5.5 cm çaplı tek kullanımlık petrilere konulmuş, soğuduktan sonra beslenmeleri için larvalar bu petrilere bırakılmıştır. Larvalar pupa oluncaya kadar bu besinle beslenmişlerdir. Daha sonra oluşan pupalar, 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 silindir kaplarda tutulmuştur. Bu plastik silindirin iç kısmı 3-5 kat filtre kağıdı ile kaplanmıştır. Silindirin üst kısmı kelebeklerin yumurta bırakması için tülbentle kapatılmıştır. Besin olarak %10 bal ve %20’lik şekerli su emdirilmiş pamuk bir petri içinde, bu silindirin iç kısmına yerleştirilmiştir. Bu silindir içine yaklaşık 100 adet değişik yaşlarda ergin bırakılmıştır. Silindirin üst kısmına kapatılan tülbent her gün değiştirilerek, aynı yaşta yumurtalar elde edilmiştir. Tülbent üzerindeki yumurtalar kapalı bir kutu içinde formaldehitli atmosferde 5 saat tutularak sterilize edilmiştir. Daha sonra yumurtalar 30 dakika açık havada tutulduktan sonra, bir kutu içine alınmıştır. Yaklaşık 3 gün sonra yumurtalar açılmıştır.

Biyoanaliz denemeleri

H. armigera’da insektisitlerin LD₅₀ değerlerinin belirlenmesi amacıyla biyoanaliz denemeleri, *Heliothis spp.*’ de standart direnç belirleme metoduna göre yürütülmüştür (Anonymous, 1970). 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. En az 5 seri konsantrasyonda farklı dozlar hazırlanmıştır. Bu seri konsantrasyonlardan bir mikrolitre (1µl) damlacık bir mikro aplikatör yardımıyla her larvanın thoraks bölgesinin dorsoline topikal olarak

uygulanmıştır. Denemelerde 30–40 mg ağırlığındaki 3. dönem *H. armigera* larvaları kullanılmıştır. Larvalar uygulamadan birkaç saat önce 0.0000g hassaslığında olan terazide tartılarak, içinde yeni hazırlanmış besin bulunan 9 cm çaplı tek kullanımlık petri kaplarına, her petriye 5'er adet olmak üzere ayrılmış ve insektisit uygulaması larvalar buldukları besin ortamından alınmadan yapılmıştır. İsektisit verilen larvalar yine yetiştirme ortamı ile aynı koşulları taşıyan iklim dolaplarına bırakılmıştır. Uygulamalara önce kontrol grubundan başlanarak düşük dozdan yüksek doza doğru artırılarak verilmiştir. Kontrol 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.

Denemeler 2007–2008 yıllarında Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsünde yürütülmüştür.

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 ($\mu\text{g e.m./larva}$) olarak ifade edilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, pamukta *Helicoverpa armigera*'ya karşı ruhsatlı 12 insektisit etkili maddesi (azinphos-methyl, bifentrin, beta-cyfluthrin, esfenvalerate, thiodicarb, indoxacarb, lambda-cyhalothrin, methomyl, profenofos, pyridalyl, spinosad ve zeta-cypermethrin) için hassas popülasyonda Lethal Doz (LD₅₀) değerleri topikal biyoanaliz yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucu belirlenen LD₅₀ değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Hassas popülasyonda LD₅₀ değerlerinin belirlenmesi ve bu verilerin elimizde bulunması istenilen zamanda tarla popülasyonlarında direnç durumunun belirlenebilmesi için önemlidir. Çizelge 1'de görüleceği gibi sentetik piretroidli insektisitlerin (beta-cyfluthrin, bifentrin, esfenvalerate, lamda cyhalothrin ve zeta-cypermethrin) LD₅₀ değerleri çok düşük olup 0.001–0.004 $\mu\text{g e.m./larva}$ arasında değişmektedir.

Organik fosforlu insektisitlerden azinphos-methyl ve profenofos için LD₅₀ değerleri sırasıyla 0.152 ve 0.096 µg e.m./larva arasında değişmektedir. Karbamatlı gruba ait insektisitlerin methomyl ve thiodicarb için LD₅₀ değerleri sırasıyla 0.201 ve 0.116 µg e.m./larva olarak belirlenmiştir. Ayrıca, oksadiazin grubundan bir insektisit olan indoxacarb için LD₅₀ değeri ise 0.043 µg e.m./larva olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. *Helicoverpa armigera*'nın (HELIAR) 3. dönem larvalarıyla yapılan topikal biyoanaliz denemelerinden 48 saat sonra elde edilen verilere uygulanan probit analiz sonuçları.

İnsektisitler ve Grupları	Larva sayısı^a	LD₅₀ (µg e.m./larva)^b ve limit değerleri	Eğim	Heterojenlik	G değerleri (%95)
Beta-cyfluthrin/ Sentetik Piretroid	120	0.001 (0.000-0.001)	2.88±0.74	0.29	0.252
Bifenthrin/ Sentetik Piretroid	120	0.004 (0.003-0.006)	1.73±0.35	0.75	0.155
Esfenvalerate/ Sentetik Piretroid	100	0.003 (0.002-0.004)	2.44±0.51	0.68	0.165
Lamda-cyhalothrin/ Sentetik Piretroid	100	0.002 (0.001-0.002)	1.96±0.47	0.11	0.222
Zeta-cypermethrin/ Sentetik Piretroid	140	0.003 (0.002-0.0059)	1.56±0.30	0.73	0.143
Azinphos-methyl/ Organik fosforlu	120	0.152 (0.109-0.221)	1.95±0.37	0.05	0.135
Profenofos/ Organik fosforlu	140	0.096 (0.074-0.120)	2.64±0.43	0.69	0.114
Methomyl/ Karbamat	230	0.201 (0.112-0.312)	0.98±0.17	0.49	0.117
Thiodicarb/ Karbamat	120	0.116 (0.080-0.162)	1.96±0.368	0.35	0.136
Indoxacarb/ Oksadiazin	120	0.043 (0.027-0.065)	1.53±0.34	0.41	0.183
Pyridalyl/ Sınıflandırılmamış	140	0.011 (0.007-0.017)	1.40±0.26	0.01	0.131
Spinosad/ Spinosin	120	0.015 (0.010-0.022)	1.61±0.28	0.26	0.115

^a Denemelerde kullanılan larva sayısı

^b Populasyonun %50 'sini öldüren doz

Son yıllarda *H. armigera*'ya karşı ruhsat alan yeni etkili maddelerden de pyridalyl (gruplandırılmamış) ve spinosad (spinosin) için LD₅₀ değerleri sırasıyla 0.011 ve 0.015 µg e.m./larva olarak bulunmuştur.

TARTIŞMA VE KANI

Bu çalışmada pamukta *H. armigera*'ya karşı kullanılan 12 adet ruhsatlı insektisit *H. armigera*'nın (HELIAR) temel verileri (LD₅₀) elde edilmiştir. Ancak, çalıştığımız dönemde ülkemizde ruhsatlı olan ve denemelerde kullanılan insektisitlerden azinphos-methyl ve profenofos, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından sırasıyla 31.08.2009 ve 31.12.2009 tarihinde yasaklanmış ve son kullanılma tarihleri de 31.08.2011 ve 31.12.2011 olarak bildirilmiştir.

Farklı ülkelerde değişik araştırmacılar tarafından hassas populasyonlarda yapılan temel çalışmalarında aynı insektisit için elde edilen LD₅₀ değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Örneğin, esfenvalerate için bizim çalışmamızda LD₅₀ değeri 0.003 µg/larva bulunmasına rağmen, Gunning et al. (2007) 0.02 µg/larva olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde lambda-cyhalothrin için LD₅₀ değeri, bizim çalışmamızda 0.002 µg/larva bulunduğu halde, Forrester et al. (1993), Torres-Vila et al. (2002), Gunning et al. (2007) ve Avilla and Gonzales-Zamora (2010) sırasıyla 0.011 µg/larva, 0.01 µg/larva, 0.013 µg/larva ve 0.02 µg/larva olarak bulmuşlardır. Bunlara ilave olarak, bu çalışmada zeta-cypermethrin, azinphos-methyl ve profenofos için LD₅₀ değeri 0.003 µg/larva, 0.152 µg/larva ve 0.096 µg/larva olarak bulunmasına rağmen, sırasıyla Gunning et al. (1999 ve 2007) 0.03 µg/larva, Torres-Vila et al. (2002a) 0.76 µg/larva ve Gunning et al. (1999) 0.14 µg/larva olarak bulmuşlardır. Methomyl için bizim çalışmamızda LD₅₀ değerleri 0.201 µg/larva bulunurken, yine Torres-Vila et al. (2002a) 0.15 µg/larva, Bues et al. (2005) 0.431 µg/larva ve Avilla and Gonzales-Zamora, (2010) 0.08 µg/larva olarak bulmuşlardır. Thiodicarb için bizim çalışmamızda 0.116 µg/larva bulunurken, Torres-Vila et al. (2002a) 0.1 µg/larva olarak bulmuşlardır.

Bu farklılığın muhtemel nedenleri olarak hassas populasyonların kökenlerinin farklı olması ve denemelerde kullanıldığı döneme kadar laboratuarda geçen yetiştirme sürelerindeki farklılıkların etkili olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, bu çalışmada kullanılan hassas populasyon Almanya'dan temin edilirken, Gunning et al. (1999 ve 2007) tarafından yapılan çalışmada kullanılan hassas populasyon Queensland, Avustralya'dan elde edilmiştir. Ayrıca Torres-Vila et al. (2002 ve 2002a) İspanya'da hassas populasyon olarak en hassas tarla populasyonunu kullanmışlardır.

H. armigera için ileride yapılacak insektisitlere karşı direnç izleme çalışmalarında kullanılacak insektisitlerin, hassas populasyonda belirlenmiş LD₅₀ temel verileri mevcutsa, bu veriler aynı metodu kullanmak koşuluyla referans olarak kullanılabilir. Örneğin, Gunning et al. (2007) çalışmalarında daha önce hassas populasyonda elde ettikleri LD₅₀ verilerini (Gunning et al. 1999) referans olarak kullanarak direnç oranlarını hesaplamışlardır. Fakat, direnç taraması yapılacağı zaman tarla populasyonları ile hassas populasyonun aynı zaman ve koşullarda tekrar denemeye tabi tutulması daha güvenilir ve tercih edilen bir yol olacaktır.

Ancak, bu çalışmalar uzun zaman gerektirmekte ve her zaman çalışılacak zararlının hassas popülasyonu laboratuarda mevcut olmayabilir. Kısa sürede sorunun çözülmesi gerektiğinde aynı metodun kullanılması koşuluyla mevcut verilerden faydalanmak mümkündür. Tarla popülasyonlarında direnç oranları, araziden toplanan popülasyonların LD₅₀ veya LC₅₀ değerlerinin, hassas popülasyonun LD₅₀ veya LC₅₀ değerlerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Bir zararlıda direnç oranının yüksek olması çalışılan insektisite karşı etkisizliğin başladığını göstermektedir. Ancak, sadece hassas popülasyonun LD₅₀ değerine bölünerek ortaya çıkan direnç oranlarına göre insektisitlerin arazide kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmesi yanıltıcı olabilmektedir. Bu nedenle, direnç çalışmalarında bu direnç oranlarının yanı sıra, laboratuarda elde edilen LD₉₅ değerleri ve LD₅₀ değerleri kullanılarak tarlada tavsiye edilen doz değerlerinin karşılaştırılması gerekir. Karşılaştırma sonucu aşağıdaki gibi değerlendirilir: eğer tavsiye edilen doz > LD₉₅ ise test edilen insektisit o zararlının kontrolü için oldukça etkili; eğer LD₉₅ > önerilen doz > LD₅₀ ise orta derecede etkili; eğer LD₅₀ > önerilen doz ise düşük derecede etkili olarak değerlendirilir (Roditakis 2011). Örneğin, bir insektisitinin laboratuvar testleriyle bir popülasyon üzerinde elde edilen LD₅₀ değeri, aynı insektisitinin arazideki tavsiye dozundan daha yüksek ise bu ilacın söz konusu popülasyonun alındığı yerdeki tarla uygulamalarında etkisiz kalabileceği düşünülmelidir.

Sonuç olarak, ülkemizde ve dünyada önemli bir zararlı olan *Helicoverpa armigera*'nın Almanya'dan temin edilen hassas popülasyonu (HELIAR) üzerinde 12 farklı ilaç için LD₅₀ değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler, ileride söz konusu zararlı üzerinde bir direnç taraması yapılacak olursa, bu zararlının insektisitlere karşı direnç durumunun belirlenmesinde kullanılabilir. Böylece ülkemizde yapılacak direnç izleme çalışmalarında bu temel verilerin referans olarak kullanılmasıyla iş yükü azalacak ve çalışmalar kısa sürede tamamlanabilecektir. Benzer şekilde diğer ülkelerde de referans oluşturup bu referans değerlerini kullanarak direnç izleme çalışmaları yapılmaktadır. Örneğin Gunning et al. 2007 Avustralya'da yaptığı çalışmada 1999 yılındaki çalışmasında (Gunning et al. 1999) elde ettiği referans değerlerini kullanmıştır. Bu çalışmada elde ettiğimiz LD₅₀ sonuçlardan bir kısmı dünyadaki diğer araştırmacıların verilerine benzer veya yakın bulunmasına rağmen (örneğin, thiodicarb ve methomyl gibi), farklı olan sonuçlarda bulunmuştur (örneğin azinphos-methyl, esfenvalerate, lambda-cyhalothrin ve zeta-cypermethrin). Bu nedenle dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmaları referans almak yerine, ülkemizde sorun olan ana zararlıların hassas popülasyonlarında ruhsatlı etkili maddeler için bu referans değerlerin oluşturulması ve bunların daha sonraki direnç çalışmalarında kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaların yürütülmesine katkı sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, insektisit aktif maddelerinin temininde katkıda bulunan Tarımsal İlaç firmalarına ve bu çalışma sırasında her türlü desteği sağlayan Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ahmad M. and McCaffery A.R. 1988. Resistance to insecticides in a Thailand strain of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology, 81 (1), 45-48.
- Ahmad M., Iqbal Arif M. and Ahmad Z. 1995. Monitoring insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. Journal of Economic Entomology, 88 (4), 771-776.
- Anonim 2010. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13 (Tarım İstatistikleri Özeti). Erişim Tarihi: 18.04.2012.
- Anonim 2010a. Ruhsatlı Tarım İlaçları 2010. Hasad Yayıncılık, LTD. Şti. Ocak 2010, İstanbul.
- 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.
- Avilla C. and Gonzales -Zamora J. E. 2010. Monitoring resistance of *Helicoverpa armigera* to different insecticides used in cotton in Spain. Crop Protection, 29, 100-103.
- Bues R., Bouvier J.C., Boudinhon L. 2005. Insecticide resistance and mechanisms of resistance to selected strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the south of France. Crop Protection, 24, 814-820.
- Daly J. C. 1988. Insecticide resistance in *Heliothis armigera* in Australia. Pesticide Science, 23, 165-176.
- Daly J.C., Fisk, J.H. 1993. Expression of pyrethroid resistance in adult *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and selective mortality in field populations. Bulletin of Entomological Research, 83, 23-28.
- Elzen G. W., Leonard B. R., Graves J. B., Burris E. and Micinski S. 1992. Resistance to pyrethroid, carbamate, and organophosphate insecticides in field populations of Tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in 1990. Journal of Economic Entomology, 85 (6), 2064-2072.
- Finney D. J. 1964. Probit Analysis (2nd edition), Cambridge University Press, U.K., 318 p.
- Forrester N. W., Cahill, M., Bird, L. J., Layland, J. K. 1993. Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. Bulletin of Entomological Research, (Suppl.) 1, 1-132.

- 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., and Devonshire A. L. 1999. Esterase inhibitors synergise the toxicity of pyrethroids in Australian *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 63, 50–62.
- Gunning R. V., Moores G. D., Jewess P., Boyes A. L., Devonshire A. L. and 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.
- Knight A.L and Norton, G.W. 1990. Economics of agricultural pesticide resistance in arthropods. *Annual Review of Entomology*, 34, 293-313.
- LeOra Software 1994. POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis, LeOra Software, Berkeley, CA., 28 p.
- Luttrell R. G., Roush R. T., Ali, A., Mink J. S., Reid M. R., Snodgrass G. L. 1987. Pyrethroid resistance in field populations of *Helicoverpa virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi in 1986. *Journal of Economical Entomology*, 80, 5, 985-989.
- McCaffery A.R. 1998. Resistance to insecticides in heliothine Lepidoptera. *Philosophical Transactions of the Royal Society-Series B*, 353, 1735-1750.
- Roditakis E. 2011. Determination of baseline toxicity of insecticides to *Tuta absoluta* in Greece. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer).
- 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, pp. 55-66.
- Torres-Vila L. M., Rodriguez Molina M. C., Lacasa Plasencia A., Bielza Lino P., Rodriguez del Rincon A. 2002a. Insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* to endosulfan, carbamates and organophosphates: the Spanish case. *Crop Protection*, 21, pp.1003-1013.
- Ugurlu S., Konus M., Işgör B. and Işcan M. 2007. Pyrethroid Resistance and Possible Involvement of Glutathione S-transferases in *Helicoverpa armigera* from Turkey. *Phytoparasitica*, 35, 1, 23-26.
- Ugurlu S. and Gurkan M. O. 2007. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* from cotton growing areas in Turkey. *Phytoparasitica*, 35, 4, 376-379.