

Orijinal araştırma (Original article)

***Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae)'nin karanfil popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen'e karşı duyarlılık düzeyleri¹**

Sensitivity levels of *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) against abamectin and spiroadiclofen in clove populations

Sibel YORULMAZ SALMAN^{2*}

Tuğçe KOCAMAN²

Abstract

Tetranychus urticae is a harmful species which causes important economic losses in cut flowers. Sensitivity levels against abamectin and spiroadiclofen has been determined by using petri plate-spray tower method in four *T. urticae* populations which was collected from clove greenhouses. It was determined that there was 43.53-246.23 fold resistance against abamectin and 30.49-118.78 fold resistance against spiroadiclofen in two spotted spider mite populations. Also, polyacrylamide gel electrophoresis and kinetic reading methods have been applied for the purpose of determining the relationship of resistance development with esterase enzyme. The thickest esterase band of two spotted spider mite populations in electrophoresis gels has been determined in K3 population. Also, 4.48 fold esterase enzyme activities has been found in the same population as the result of kinetic reading of esterase enzyme. These findings indicate that esterase enzyme could be effective in abamectin and spiroadiclofen resistance development in clove populations of *T. urticae*.

Keywords: *Tetranychus urticae*, sensitivity, acaricide, esterase

Öz

Tetranychus urticae kesme çiçeklerde önemli ekonomik kayıplara neden olan zararlı bir türdür. Karanfil seralarından toplanan dört adet *T. urticae* popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen'e karşı duyarlılık düzeyleri petri kabı- ilaçlama kulesi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İki noktalı kırmızıörümcek popülasyonlarında abamectine karşı 43.53-246.23 kat ve spiroadiclofen'e karşı 30.49-118.78 kat direnç belirlenmiştir. Ayrıca direnç gelişiminin esteraz enzimi ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla poliakrilamid jel elektroforez ve kinetik okuma yöntemleri uygulanmıştır. İki noktalı kırmızıörümcek popülasyonlarının elektroforez jellerinde en kalın esterazbantı K3 popülasyonunda belirlenmiştir. Ayrıca esteraz enziminin kinetik okuması sonucunda aynı popülasyonda 4.48 kat esteraz enzim aktivitesi bulunmuştur. Bu bulgular *T. urticae*'nin karanfil popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen direnç gelişiminde esteraz enziminin etkisi olabileceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: *Tetranychus urticae*, duyarlılık, akarisit, esteraz

¹Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı tarafından desteklenmiştir

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: sibelyorulmaz@sdu.edu.tr

Alınış (Received): 11.11.2016

Kabul edilmiş (Accepted): 05.04.2017

Çevrimiçi Yayın Tarihi (Published Online):03.10.2017

Giriş

Tetranychus urticae Koch (Acari:Tetranychidae) süs bitkileri ve sera alanlarında ürün kaybına neden olan en önemli tarımsal zararlı akar türlerinden birisidir (Jepson et al., 1975; Bolland et al., 1998). Kırmızıörümcekler emgi sonucunda nekrotik leke oluşumuna, yüksek popülasyonlarda ise yapraklarda kuruma ve dökülmelere neden olurlar. İki noktalı kırmızıörümcek 70 bitki cinsi içerisinde yer alan 1100'den fazla bitki türünde zarar meydana getirmektedir (Grbic et al., 2011). Ülkemizde bu zararlı ile mücadelede genellikle kısa sürede sonuç vermesi sebebiyle akarisitler kullanılmaktadır. Ancak iki noktalı kırmızıörümcek hızlı üreme yeteneği, haplo-diploidseksual üreme özelliği ve kısa yaşam döngüsünden dolayı uygulanan birçok akarosite karşı direnç geliştirmiş durumdadır (Nauen et al., 2000; Van Leeuwen et al., 2010). *T. urticae*, tüm arthropodlar içerisinde pestisit direncinin en yaygın olarak görüldüğü türdür. Kırmızıörümcekler akarisitlere detoksifikasyon metabolizmaları içerisinde yer alan enzimler vasıtasıyla direnç geliştirmektedir (Feyereisen, 1995).

Son yıllarda Isparta ili Merkez ilçede örtü altı kesme çiçek üretim faaliyetleri oldukça yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Isparta ili uygun iklimsel ve ekolojik özellikleri nedeniyle örtü altı üretimde önemli bir yere gelmiştir. Antalya iline alternatif olarak yaz döneminde karanfil dikimi nisan sonunda başlayıp ekim sonuna kadar Isparta ilindeki seralarda yapılmaktadır. Isparta ili Merkez ilçede 2014 yılı verilerine göre yaklaşık 51.900 adet plastik sera bulunmakta ve 500 dekarlık alan üzerinde örtüaltı karanfil (*Dianthus caryophyllus* L.) üretimi yapılmaktadır (Anonymous, 2016). Karanfil üretimi seraları içerisinde ilk sırada kırmızıörümcek olmakla beraber thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)] (Thysanoptera:Thripidae) ve yeşilkurt [*Heliothis armigera* (Hubner)] (Lepidoptera: Noctuidae) önemli zararlara sebep olmaktadır. Bölgedeki üreticiler karanfil üretim seralarında zararlılara karşı ilk sırada kimyasal mücadeleyi tercih etmektedirler. Karanfil seralarında yoğun pestisit uygulamaları sonucunda kırmızıörümceklerin kullanılan akarisitlere karşı direnç geliştirmelerinin olası bir durum olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada *T. urticae*'nin karanfil popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen'e karşı direnç gelişimi ve direncin esteraz enzimi ile olan ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Tetranychus urticae popülasyonlarının toplanması ve üretilmesi

Isparta İli Merkez ilçede bulunan karanfil seralarına 2015 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında survey çalışmaları yapılmış ve 4 adet *T. urticae* popülasyonu toplanmıştır. Üzerinde kırmızıörümcek bulunduğu şüphelenilen yaprak örnekleri toplanarak etiketlenmiş ve laboratuara getirilmiştir. *T. urticae* popülasyonlarının artmasını sağlamak amacıyla yaprak örnekleri temiz barbunya bitkilerine aktararak kültüre alınmıştır. Karanfil seralarından toplanan kırmızıörümcek popülasyonları, toplanma yerleri ve toplanma tarihleri çizelge 1'de verilmiştir. Popülasyonlarda direnç oranlarının belirlenmesi amacıyla karşılaştırma popülasyonu olarak *T.urticae*'nin hassas popülasyonu [German Susceptible Strain (GSS)] kullanılmıştır. Popülasyonlar 26±1 °C sıcaklıkta, % 50-60 oranlı nem ve florasan lambalar ile 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşulların sağlandığı iklim odalarında yetiştirilmiştir.

Çizelge 1. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının adları, toplanma yerleri ve tarihleri

Popülasyon Adı	Toplandığı Yer	Toplandığı Tarih
K1	Karanfil serası	05.07.2015
K2	Karanfil serası	15.07.2015
K3	Karanfil serası	24.07.2015
K4	Karanfil serası	05.08.2015

Akarisitler

Isparta ili Merkez İlçe karanfil seralarında kırmızıörümcek mücadelesinde yaygın olarak kullanılan iki akarisit çalışmalarda kullanılmıştır. Toksikite çalışmalarında kullanılmak üzere abamectin (Agrimec EC, Syngenta) ve spiroadiclofen (Envidor SC 240, Bayer Crop Science) etkili maddeye sahip akarisitler tercih edilmiştir. Esteraz enziminin belirlenmesi için yapılan biyokimyasal çalışmalarda kullanılan α -naphthyl asetat Acros, Bovine Serum Albumine (BSA) ise Amresco firmalarından temin edilmiştir.

Bioassay testi

Karanfil seralarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarında toksisite denemelerinde petri kabı-ilaçlama kulesi yöntemi kullanılmıştır. Kırmızıörümcek popülasyonlarında LC₅₀ değerleri ve direnç oranlarının belirlenmesi için yapılan bioassay çalışmaların tamamında 0-24 saatlik *T. urticae* larvaları kullanılmıştır. *T. urticae* larvalarını elde etmek amacıyla dişi bireyler petri içinde hazırlanan yaprak disklere aktarılmış ve 24 saat sonra bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar denemelerde kullanılmıştır. Popülasyonlarda LC₅₀ denemeleri sonucunda uygun akarisit dozları belirlenmiştir. Her popülasyon için belirlenen akarisit dozları dikkate alınarak, ilaç konsantrasyonları %50 seyreltilerek hazırlanmıştır. Denemeler 1 kontrol+7 doz, 3 tekerrür olacak şekilde kurulmuştur. Petri içerisinde hazırlanan yaprak disk üzerine 25 adet 0-24 saatlik akar larvaları aktarılmıştır. Petrilere ilaçlama kulesinde 1 atm basınç altında yaprak üzerine 2 ml olacak şekilde hazırlanan ilaç konsantrasyonları uygulanmıştır. Kontrol petrilinde bulunan kırmızıörümceklere ise sadece saf su uygulaması yapılmıştır. Petrilere içerisinde bulunan kırmızıörümceklerde LC₅₀ değerinin belirlenebilmesi için ölü-canlı sayımları 7. günde yapılmıştır. Ölü-canlı sayımları dikkate alınarak *T. urticae* popülasyonlarının LC₅₀ değerleri POLO bilgisayar paket programında (LeOra Software, 1994) hesaplanmıştır. Karanfil seralarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarının LC₅₀ değerlerinin hassas popülasyonun LC₅₀ değerine oranlanmasıyla direnç oranları bulunmuştur.

Biyokimyasal testler

Poliakrilamid jel elektroforez (PAGE) yöntemi

Tetranychus urticae popülasyonlarında esteraz enziminin görsel olarak incelenebilmesi için kullanılan elektroforez çalışmalarında Goka&Takafuji (1992) yöntemi kullanılmıştır. Her kırmızıörümcek popülasyonu için 5 adet ergin dişi birey 50 µl homojenizasyon tampon içerisinde plastik ezici yardımı ile ezilmiştir. Ezme işleminden sonra elde edilen homojenat her bir jel hücreesine 10 µl olacak şekilde yüklenmiştir. Elektroforez işleminde elektriksel akım yardımıyla esteraz enzimlerinin jelde tutunmasını sağlamak amacıyla koşturma işlemi 150 V'da yapılmıştır. Elektroforez jelleri %0.02'lik α-naphthyl asetat içeren substrat solüsyonunda esteraz enziminin jel üzerinde tutunabilmesi için 30 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda jeller %0.4 oranında fastblue BB salt boya içeren solüsyonda esteraz enzimlerinin jel üzerinde görünür hale gelebilmesi için 1 saat süreyle bırakılmıştır. Boyama işleminden sonra jeller parlaklık kazanması amacıyla %7'lik asetik asit çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. Elektroforez jelleri 24 saat sonra çözeltiden alınarak görüntüleme cihazında fotoğrafı çekilmiştir.

Esteraz enziminin kinetik olarak incelenmesi

Kırmızıörümcek popülasyonlarında esteraz enzim aktivitelerinin sayısal değerlerini belirlemek amacıyla Stumpf&Nauen (2002) yöntemi uygulanmıştır. *T. urticae* popülasyonlarının her biri için 20 adet ergin dişi birey 100 µl sodyum fosfat buffer içinde plastik ezici yardımıyla homojenize edilmiştir. Esteraz enziminin kinetik okumasının yapılabilmesi için mikropakanın hücrelerine 25 µl homojenat +25 µl fosfat buffer (0.2 M, pH:6) eklenmiştir. Kinetik okuma işlemine geçilmeden önce hücrelere 200 µl substrat solüsyonu (30 mg fast blue RR tuzu içeren 50 ml 0.2 M sodyum fosfat buffer + 500 µl 100 Mm α-naphthylacetate) eklenmiştir. Esteraz enziminin kinetik okuma işlemi 23 °C, 450 nm'de 10 dk süreyle yapılmıştır.

Toplam protein miktarının belirlenmesi ve istatistiki değerlendirme

Esteraz enziminin mikropaka hücrelerinde yapılan kinetik okumaları dört tekerrürlü olacak şekilde uygulanmıştır. Esteraz enziminin toplam protein miktarlarının belirlenmesinde Bradford (1976)'un toplam protein yöntemi kullanılmıştır. Toplam protein yönteminde Bradford standartı olarak Bovine Serum Albumine (BSA) kullanılmış ve kimyasal Amresco firmasından temin edilmiştir. *T. urticae* popülasyonlarında esteraz enzimi ve toplam protein miktarlarının analizleri Softmax PRO software programında yapılmış ve sonuçlar mOD min⁻¹ mg⁻¹ olarak verilmiştir. Enzim sonuçlarından elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi tekniği (One-Way ANOVA) uygulanmış ve popülasyonlar arasındaki esteraz enzim aktivitesi farklılıklarının belirlenebilmesi için Tukey testi kullanılmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bioassay test sonuçları

Tetranychus urticae'nin karanfil seralarından toplanan popülasyonları ve GSS popülasyonunda spiroadiclofen'e karşı belirlenen eğim değerleri, LC₅₀ değerleri, güven aralıkları ve sera popülasyonlarında direnç oranları Çizelge 2'de verilmiştir. *T. urticae* popülasyonlarında spiroadiclofen'e karşı belirlenen direnç oranları 30.49-118.78 kat arasında değişmiştir. LC denemelerinden elde edilen eğim sonuçları popülasyonun homojen ya da heterojen yapısı ile ilgili bilgi vermektedir. Buna göre eğim değeri >2 olan popülasyonların daha homojen yapıda olduğu, <2 olan popülasyonların ise daha heterojen yapıda oldukları bilinmektedir (Yu, 2008). Spiroadiclofen için yapılan deneme sonucunda eğim değerleri incelendiğinde, 118.78 kat ile en yüksek direnç katına sahip olan K3 popülasyonunda eğim değerinin >2 olması nedeniyle popülasyonun diğer popülasyonlara göre daha homojen bir yapıya sahip olduğu değerlendirilmiştir. Oysa ki K1- K2 ve K4 popülasyonlarında eğim değerinin <2 olması sebebiyle popülasyon yapılarının daha heterojen olduğu görülmektedir. Bu durum karanfil seralarında spiroadiclofen baskısına devam edilecek olursa bu üç popülasyonda da direnç oranının artacağını göstermektedir. Rauch&Nauen (2003) ve Van Pottelberge et al. (2009a), *T. urticae*'de seleksiyon baskısı sonucu spiroadiclofene direnç geliştiğini belirtmişlerdir. Van Pottelberge et al. (2009b), spiroadiclofenin iki noktalı kırmızıörümceklerde larva döneminde öldürücü etki yaptığını, ergin dönemde işe dışılarda bırakılan yumurta sayısını azalttığını bildirmişlerdir. Ferreira et al. (2015), gül ve krizantem üzerinden topladıkları abamectin dirençli *T. urticae* popülasyonlarında spiroadiclofen karşı 390 ve 400 kat çapraz direnç bulmuşlardır.

Çizelge 2. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında spiroadiclofen'e için belirlenen eğim değerleri, LC₅₀ değerleri, güven aralıkları ve direnç oranları

Popülasyon	N ^a	Eğim±se ^b	LC ₅₀ (mg a.i. l ⁻¹) (95% CL)	R ^c
K1	601	1.726± 0.145	59.94 48.31 - 72.97	31.74
K2	643	1.871 ±0.165	109.51 87.62- 133.73	58.00
K3	610	2.326 ±0.340	224.27 151.70 - 290.66	118.78
K4	628	1.557 ±0.134	57.57 30.86 - 72.36	30.49
GSS	644	1.654± 0.194	1.88 1.41 - 2.39	-

^aDenemede toplam *Tetranychus urticae* sayısı

^bSatandard hata

^c*Tetranychus urticae* popülasyonlarının direnç katları

Tetranychus urticae'nin karanfil seralarından toplanan popülasyonları ve GSS popülasyonunda abamectine karşı belirlenen eğim değerleri, LC₅₀ değerleri, güven aralıkları ve direnç oranları Çizelge 3'de verilmiştir. *T. urticae* popülasyonlarında abamectine karşı belirlenen direnç oranları 39.76-246.23 kat arasında değişmiştir. İki noktalı kırmızıörümcek popülasyonlarında abamectin için belirlenen eğim değerleri incelendiğinde, K2 popülasyonunun eğim değerinin >2 olması nedeniyle homojen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Ancak K1, K3 ve K4 popülasyonlarının eğim değerlerinin <2 olması popülasyonların daha heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir. Bu durum K1, K3 ve K4 popülasyonları üzerindeki abamectin seleksiyon baskısı devam ettikçe bu popülasyonlarda abamectin direncinin artma olasılığının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. *T. urticae*'de abamectine karşı yüksek oranda direnç gelişimi birçok çalışmada bildirilmiştir (Campos et al., 1995; Nicastro et al., 2010; Khajehali et al., 2011). Campos et al. (1996) hibiskus ve gül bitkilerinden topladıkları iki noktalı kırmızıörümcek popülasyonlarında 47 ve 84 kat abamectin direnci bulmuşlardır. Beers et al. (1998) *T. urticae*'de 27 kat abamectin direnci belirlemişlerdir. Tirello et al. (2012) kesme çiçek olan gül bitkisi üzerinden topladıkları *T. urticae*'de 1294.1 kat abamectin direnci belirlemişlerdir. Çalışmamızda da benzer şekilde kesme çiçek olan karanfil bitkisinden toplanan popülasyonlarda abamectin direnci belirlenmiştir. Ayrıca *T. urticae* popülasyonlarında abamectin direnci spiroadiclofen direncine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun abamectinin daha uzun süre *T. urticae* mücadelesinde kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nauen et al. (2000) spiroadiclofen dirençli *T. urticae*'de abamectine karşı çapraz direnç geliştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda karanfil seralarından toplanan kırmızıörümcek popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen direncinin birlikte oluşması bu durumu açıklamaktadır.

Çizelge 3. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında abamectin için belirlenen eğim değerleri, LC₅₀ değerleri, güven aralıkları ve direnç oranları

Popülasyon	N ^a	Eğim±se ^b	LC ₅₀ (mg a.i l ⁻¹) (95% CL)	R ^c
K1	600	1.857±0.163	85.00 67.57 - 103.92	74.49
K2	640	2.655 ± 0.650	49.67 8.80 - 192.04	43.53
K3	620	1.501± 0.165	280.95 186.46 - 393.13	246.23
K4	618	1.274 ±0.112	45.37 22.35 - 65.75	39.76
GSS	644	1.401 ±0.125	1.14 0.89 - 1.42	-

^aDenemedeki toplam *Tetranychus urticae* sayısı

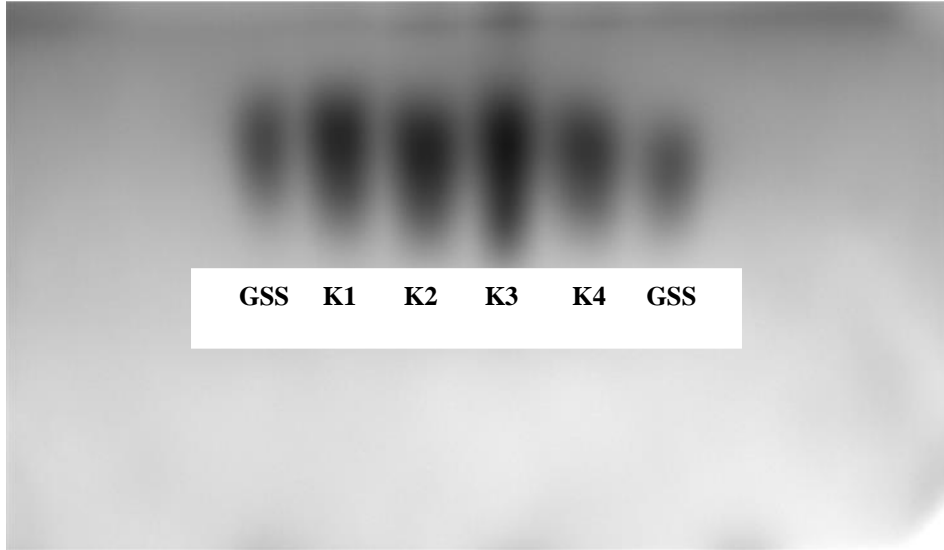
^bSatandart hata

^c*Tetranychus urticae* popülasyonlarının direnç katları

Biyokimyasal sonuçlar

Poliakrilamid jel elektroforez sonuçları

Karanfil seralarından toplanan *T. urticae* popülasyonları ve GSS popülasyonunun elektroforez jelleri üzerinde görüntülenen esteraz enzim bantları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının elektroforez jellerinde görüntülenen esteraz enzim bantları.

Tüm iki noktalı kırmızıörümcek popülasyonlarının elektroforez jelleri üzerinde görüntülenen esteraz bantları incelendiğinde, karanfil seralarından toplanan K1, K2, K3 ve K4 popülasyonlarına ait esteraz bant yoğunluklarının GSS popülasyonuna ait esterazbant yoğunluğuna göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Karanfil seralarından toplanan *T. urticae* popülasyonları arasında ise esteraz özellikle K3 popülasyonuna ait bantın en yoğun olduğu görülmektedir.

Esteraz enzimi kinetik okuma sonuçları

Tetranychus urticae popülasyonlarının mikroplaka hücrelerinde kinetik okuma sonucu belirlenen esteraz enzim aktivitesi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Esteraz enzim aktivitesi sonuçları incelendiğinde, karanfil seralarından toplanan kırmızıörümcek popülasyonlarının esteraz enzim aktivitelerinin sayısal değerlerinin GSS popülasyonuna göre yüksek bulunduğu görülmektedir. *T. urticae* popülasyonlarında esteraz enzim aktivitesinin sayısal değerleri 20.60 - 45.84 mOD min⁻¹ mg⁻¹protein değerleri arasında değişmektedir. Popülasyonlar

içerisinde 45.84 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein değeriyle en yüksek esteraz enzim aktivitesi K3 popülasyonunda belirlenmiştir. K3 popülasyonu diğer popülasyonlarla karşılaştırıldığında istatistiki olarak farklı bir grupta ifade edilmiştir (P<0.05). K1 ve K2 popülasyonlarının esteraz enzimlerinin sayısal değerleri benzer bulunmuş ve iki popülasyon istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almıştır (P<0.05). Kinetik okuma sonucu elde edilen esteraz enzim aktivitesi sayısal değer sonuçları ve elektroforez jellerinde belirlenen esteraz enzim bant görüntüleri birbiri ile uyumaktadır. Çünkü karanfil seralarından toplanan popülasyonlarının tamamında esteraz enziminin hem sayısal değerleri hem de bant yoğunlukları GSS popülasyonuna göre yüksek bulunmuştur.

Tetranychus urtica 'de akarisitlere karşı gelişen dirençle esteraz enzim bağlantısını açıklayan birçok çalışma bulunmaktadır (Van Leeuwen & Tirry, 2007; Yang et al., 2002; Mogdaham et al., 2012). Özellikle iki noktalı kırmızıörümcekte abamectin ve spiroadiclofen direncinin gelişmesinde esteraz enziminin etkili olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Stumpf&Nauen (2002) abamectin dirençli *T. urticae* popülasyonunda 1.6 kat esteraz enzim aktivitesi belirlemişlerdir. Rauch & Nauen (2003) gül bitkisi üzerinden toplanan spiroadiclofen dirençli *T. urticae*'de spiroadiclofen direnç gelişiminde esteraz enziminin rol oynadığını bildirmişlerdir. Pottelberge et al. (2009) 274 kat spiroadiclofen dirençli *T. urticae* popülasyonunda esteraz ve enziminin direnç gelişiminde rol oynadığını belirlemişlerdir. Çalışmamızda da *T. urticae*'nin karanfil seralarından toplanan tarla popülasyonlarında abamectin ve spiroadiclofen akarisitlerine karşı gelişen dirençle esteraz enziminin büyük öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Biyokimyasal çalışmalar içerisinde yer alan hemelektroforez yöntemi hem de kinetik okuma sonuçları da esteraz enziminin karanfil seralarından toplanan kırmızıörümcek popülasyonlarındaki direnç gelişimine etkisi olabileceği kanısını güçlendirmektedir. Özellikle her iki akarisit karşı en yüksek oranda direnç belirlenen 3 numaralı popülasyonda esteraz enzim aktivitesinin diğer popülasyonlara göre en yüksek bulunması da bu görüşü desteklemektedir.

Çizelge 4. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında kinetik okuma sonucu belirlenen esteraz enzim aktiviteleri

Popülasyon	n*	Spesifik aktivite mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ protein	R/S**
GSS	4	10.22 d***	
1	4	32.25 b	3.15
2	4	30.38 b	2.97
3	4	45.84a	4.48
4	4	20.60c	2.01

* Tekerrür sayısı

** Denenen popülasyonun enzim aktivitesi/ hassas popülasyonun enzim aktivitesi

***Aynı harfler istatistiki olarak aynı grubu göstermektedir (P<0.05)

Sonuç olarak, abamectin ve spiroadiclofen akarisitlerine karşı karanfil seralarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarından bazılarında orta düzeyde direnç belirlenirken, özellikle 3 numaralı popülasyonda yüksek oranda direnç bulunmuştur. K3 popülasyonunda yüksek esteraz enzim aktivitesinin bulunması abamectin ve spiroadiclofen direnciyle esteraz enziminin ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma sonucuna göre, Isparta ili Merkez ilçe karanfil seralarında kırmızıörümceklere karşı yaygın olarak kullanılan iki akarisit *T. urticae* popülasyonlarında önemli bir duyarlılık kaybına neden olduğu görülmektedir. Karanfil seralarında *T. urticae*'de gelişen abamectin ve spiroadiclofen akarisit direnç yönetimini sağlayabilmek için farklı etki mekanizmasına sahip akarisitlerle rotasyona sokulmaları gerektiği düşünülmektedir.

Teşekkür

2209-A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK-TOVAG)'a teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Anonymous, 2016. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Ankara. (Web sayfası: <http://www.tuik.gov.tr>) (Erişim tarihi: Haziran, 2014).
- Bolland, H.H., J. Gutierrez & C.H.W. Flechtmann, 1998. World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae). Brill, Leiden.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitiv method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein – dye inding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Campos, F., R.A., Dybas & D.A. Krupa, 1995. Susceptibility of two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) populations in California to abamectin. *Journal of Economic Entomology*, 88: 225-231.
- Campos, F., D.A. Krupa & R.A. Dybas, 1996. Susceptibility of populations of two spotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland, and the Canary Islands to abamectin and characterization of abamectin resistance. *Journalof EconomicEntomology*, 89: 594-601.
- Ferreira, C.B.S., F.H.N. Andrade, A.R.S. Rodrigues, H.A.A. Siqueira & M.G.C. Gondim Jr., 2015. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Protection*, 67: 77-83.
- Feyereisen, R., 1995. Molecular biology of insecticide resistance. *Toxicology Letters*, 82/83: 83-90.
- Goka, K. & A. Takafuji, 1992. Enzyme variations among Japanese populations of the two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. *Applied Entomology Zoology*, 27: 141–150.
- Grbic, M., T. Van Leeuwen, R.M. Clark, S. Rombauts, P. Rouze, V. Grbic, E.J. Osborne, W. Dermauw, P.C.T. Ngoc, F. Ortego, P.H. Crespo, I. Diaz, M. Martinez, M. Navajas, E. Sucena, S. Magalhaes, L. Nagy, R.M. Pace, S. Djuranovic, G. Smagghe, M. Iga, O. Christiaens, J.A. Veenstra, J. Ewer, R.M. Villalobos, J.L. Hutter, S.D. Hudson, M. Velez, S.V. Yi, J. Zeng, A.P. daSilva, F. Roch, M. Cazaux, M. Navarro, V. Zhurov, G. Acevedo, A. Bjelica, J.A. Fawcett, E. Bonnet, C., Martens, G., Baele, L., Wissler, A.S.,Rodriguez, L., Tirry, C., Blais, K., Demeestere, S.R., Henz, T.R., Gregory, J. Mathieu, L. Verdon, L. Farinelli, J. Schmutz, E.E. Lindquist, R. Feyereisen & Y.V. Pee, 2011. Thegenome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature* 479: 487-492.
- Jepson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker, 1975. Mites Injurious to Economic Plants. California. University to California Press, 611 pp.
- Khajehali, J., P. Van Nieuwenhuysse, P. Demaeght, L. Tirry & T. Van Leeuwen, 2011. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouse in the Netherlands. *Pesticide Management Science*, 67: 1424-1433.
- LeOra Software, 1994. Polo-pc: a user' s guide to probit or logit analysis leora software, Berkeley, pp: 28.
- Mogdaham, M.M., M. Ghadamyaria & K. Talebi, 2012. Resistance mechanisms to fenazaquin in Iranian populations of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 38 (2): 138-145.
- Nicastro, R.L., M.E. Sato & M.Z. Silva, 2010. Milbemectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability and cross-resistance to abamectin. *Experimental and Applied Acarology*, 50: 231-241.
- Pottelberge S.V., T.V. Leeuwen, J. Khajeali & L. Tirry, 2009. Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spirodiclofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae). *Pest Management Science*, 65: 358–366.
- Rauch, N & R. Nauen, 2003. Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74: 91-101.
- Nauen, R., N. Stumpf & A. Elbert, 2000. Efficacy of BAJ 2740, a new acaricidal tetrionicacid derivative, against tetranychid spider mite species resistant to conventional acaricides. *Proc Brighton Crop Prot Conf – Pests and Diseases*, Vol. 4. British Crop Protection Council, Alton, Hants, UK, pp. 453–458.
- Stumpf, N & R. Nauen, 2002. Biochemical markers linked to abamaectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemical and Physiology*, 72: 111-121.
- Tirello, P., A. Pozzebon, S. Cassanelli, T. Van Leeuwen & C. Duso, 2012. Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Experimental and Applied Acarology*, 57(1): 53-64.
- Van Leeuwen, T & L. Tirry, 2007. Esterase-mediated bifenthrin resistance in a multiresistant strain of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Pest Mngement Science*, 63:150-156.
- Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw & L. Tirry, 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spottedspider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemical Molecular Biology*, 40: 563-572.

- Van Pottelberge, S., J. Khajehali & T. Van Leeuwen, 2009a. Effects of spiroadiclofen on reproduction in a susceptible and resistant strain of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 47: 301-309.
- Van Pottelberge, S., T. Van Leeuwen & J. Khajehali, 2009b. Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spiroadiclofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Management Science*, 65: 358-366.
- Yang, X., L.L., Buschman, K.Y. Zhu & D.C. Margolies, 2002. Susceptibility and detoxifying enzyme activity in two spider mite species (Acari: Tetranychidae) after selection with three insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 95 (2): 399-406.
- Yu, S.J., 2008. *The toxicology and biochemistry of insecticides*. CRC Pres Taylor- Francis Group, 250 pp.