



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Isparta İli Elma Bahçelerinden Toplanan *Panonychus ulmi* Koch'nin Bazı Akarisitlere Karşı Duyarlılık ve Detoksifikasyon Enzim Düzeyleri

Yasemin YAMAN^a, Sibel YORULMAZ SALMAN^a, Recep AY^a

^aSüleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Recep AY, E-posta: recepay@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 52

Geliş Tarihi: 23 Kasım 2014, Düzeltmelerin Gelişi: 09 Şubat 2015, Kabul: 15 Şubat 2015

ÖZET

Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* Koch popülasyonlarının etoxazole, spirodiclofen, hexythiazox'a karşı duyarlılık ve detoksifikasyon (esteraz, glutation-S-transferaz (GST), sitokrom P450 monoxygenaz (P450) ve asetilkolinesteraz (AChE)) enzim düzeyleri belirlenmiştir. Bu amaçla Isparta ili ve ilçelerinden 2012 ve 2013 yılı üretim sezonunda toplam 13 adet *P. ulmi* popülasyonu toplanmıştır. Akarisiter akarlar ilaçlama kulesi-yaprak biyoassay yöntemi ile uygulanmıştır. Elde edilen veriler POLO PC programı ile analiz edilmiş ve LC₅₀ değerleri elde edilmiştir. Tarla popülasyonlarının LC₅₀ değerleri hassas popülasyonun LC₅₀ değerlerine oranlanarak direnç oranları hesaplanmıştır. *P. ulmi* popülasyonlarının spirodiclofen'e karşı direnç düzeyleri <1-1.95 kat, hexythiazox'a <1-2.36 kat ve etoxazole <1-7.30 kat arasında değişmiştir. Bütün popülasyonlarda detoksifikasyon enzim düzeyleri farklı substratlarla biyokimyasal olarak incelemiştir. Detoksifikasyon enzimlerinin düzeyleri popülasyonlara göre değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Panonychus ulmi*; Direnç; Esteraz; GST; P450; AChE

The Sensitivity Against Some Acaricides and the Detoxification Enzyme Levels of *Panonychus ulmi* Koch Collected from Apple Orchards in Isparta

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Recep AY, E-mail: recepay@sdu.edu.tr, Tel: +90 (246) 211 48 52

Received: 23 November 2014, Received in Revised Form: 09 February 2015, Accepted: 15 February 2015

ABSTRACT

Susceptibility of *Panonychus ulmi* Koch populations collected from apple orchards in Isparta province was studied against etoxazole, spirodiclofen and hexythiazox, and their detoxification enzyme (esterase, glutathione-S-transferase (GST), monoxygenaz cytochrome P450 (P450) and acetylcholinesterase (AChE)) levels were determined. For this purpose, 13 *P. ulmi* populations were collected from Isparta province and its districts during summer periods of 2012-2013. Acaricides were applied to mites by spray tower-leaf bioassay method. The data were analyzed by the program POLO PC and LC₅₀ values were calculated. The resistance ratios are calculated by comparing LC₅₀ values of field

populations with LC₅₀ values of the susceptible population. The resistance ratios in *P. ulmi* populations ranged from <1 to 1.95-fold for spirodiclofen, <1 to 2.36-fold for hexythiazox, and <1-7.30-fold for etoxazole. In all population, detoxification enzymes levels were examined biochemically with different substrates. The levels of detoxification enzymes are changed according to populations.

Keywords: *Panonychus ulmi*; Resistance; Esterase; GST; P450; AChE

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Ülkemizde meyvecilik açısından Isparta ve çevresi önemli bir potansiyele sahiptir. Isparta ili uygun ekolojik koşulları nedeniyle elma yetiştiriciliği bakımından ülkemizde önemli bir yeri vardır. Türkiye’de üretilen toplam elma miktarının yaklaşık 1/5’i Isparta’da üretilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2013 verilerine göre ülkemizin elma üretimi 3.128.450 tondur ve bunun yaklaşık 634.862 tonu Isparta’da üretilmektedir (TÜİK 2014). Elma bahçelerinin ana zararlısı elma içkurdu (*Cydia pomonella* L.) olarak bilinmektedir (GTHB 2011).

Elma bahçelerinde, elma içkurdundan sonra en fazla görülen zararlı tür kırmızı örümceklerdir. Avrupa kırmızı örümceği *Panonychus ulmi* Koch. (Acari: Tetranychidae) ve iki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) elma bahçelerinde önemli zararlara neden olmaktadır. Avrupa kırmızı örümceği, dünyanın meyve yetiştirilen alanlarının çoğunda en önemli zararlılardan biridir. *P. ulmi*, yaprak döken çalılar ve özellikle Rosaceae familyasına ait elma, armut, erik, şeftali gibi ekonomik değeri yüksek olan meyve ağaçlarında bulunmaktadır (Croft 1975).

Isparta ilinde elma üreticileri zararlılara karşı savaşında çoğunlukla kimyasal savaşımı tercih etmektedirler. Bölgede erken uyarı sistemi kurulu olmasına rağmen üreticiler bundan gereği gibi faydalanmamaktadırlar. Demircan & Yılmaz (2005), Isparta ili elma bahçelerinde bir üretim sezonunda ortalama 12-43 ilaçlama yapıldığını belirtmişlerdir. Elma bahçelerinde yapılan yoğun insektisit uygulaması bahçe içerisindeki tüm zararlı ve yararlı faunası üzerine etkili olmaktadır. Aşırı ilaç kullanımı zararlı türlerde direnç gelişimine, yararlı türlerde ise yan etkiye neden olmaktadır.

Direnç, normal bir popülasyondaki bireylerin çoğunu öldürdüğü tespit edilen bir kimyasal maddenin belirli bir dozuna karşı, aynı popülasyondaki bazı bireylerin tolerans kazanma yeteneğidir (Hemingway 1998). Etkili bir kimyasal savaş yapmak için zararlıların ilaçlara gösterdiği duyarlılık düzeylerinin belirli aralıklarla kontrol edilmesinde ve direnç belirleme yöntemlerinin geliştirilmesinde yarar vardır. Elma bahçelerinin önemli bir zararlısı olan *P. ulmi*’nin yetiştirilmesinin zorluğu nedeniyle ilaçlara duyarlılığı konusunda yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır. Ayrıca Isparta ve yöresindeki *P. ulmi* popülasyonlarının duyarlılığının belirlendiği bir çalışmada yoktur.

Bu amaçla, Isparta ili elma bahçelerinden toplanan zararlı akar *P. ulmi*’nin kimyasal savaşımında sık kullanılan etoxazole, spirodiclofen ve hexythiazox’a karşı duyarlılık düzeylerinin saptanması, detoksifikasyon enzim aktivelerinin belirlenmesi çalışmanın konusunu oluşturmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanması ve kültüre alınması

Panonychus ulmi örnekleri Isparta ili elma bahçelerinden 2012 ve 2013 yıllarında toplanmıştır (Çizelge 1). Tesadüfen seçilen elma bahçelerinden toplanan akarlar bulaşık yapraklar naylon poşetlere konarak etiketlenmiş ve buz kapları ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvarına getirilmiştir. Bu amaçla laboratuvara getirilen üzerlerinde *P. ulmi* bulaşık yapraklar Stereo-mikroskop altında kontrol edilmiştir. Akarlı yapraklar, içi su dolu küvetler içerisindeki 2-3 adet elma (*Malus domestica*

Borckhausen) ve erik (*Prunus domestica* Angeleno) fidanına aktararak iklim odalarına alınmıştır. İklim odaları 26±1 °C sıcaklık, % 60-65 nem ve 16:8 aydınlık: karanlık koşullarına ayarlanmıştır. Popülasyonlar yeterli yoğunluğa ulaşınca biyoassay ve biyokimyasal çalışmalara başlanmıştır.

Çalışmalarda karşılaştırma popülasyonu olarak kullanılan ve 1990 yılından bu yana ilaçsız ortamda yetiştirilen *P. ulmi*'nin hassas popülasyonu HS ise Bayer CropScience (Almanya)'den sağlanmıştır ve tarla popülasyonlarında bahsedildiği gibi halen Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde yetiştirilmektedir.

2.2. Akarisitler

Çalışmada hangi akarisitlerin kullanılacağı Isparta Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, ilaç bayileri ve üreticilerle görüşülerek belirlenmiştir. Yapılan bu görüşmeler de Isparta İli elma bahçelerinde kırmızı örümceklere karşı en fazla kullanılan akarisitlerden etoxazole (Zoom 10 SC, 110 g L⁻¹ Sumitomo), spirodiclofen (Envidor SC 240, 240 g L⁻¹ Bayer) ve

hexythiazox (Twister 5 EC, 50 g L⁻¹ Hektaş) aktif maddelerinin ele alınmasına karar verilmiştir.

2.3. LC₅₀ değerlerinin ve direnç oranlarının belirlenmesi

Bu çalışmada, *P. ulmi*'nin yaygın kullanılan ilaçlara karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeyleri incelenmiştir. Biyoassay denemelerinde kullanılan akarisitler larva dönemine etkili olduğu için larval biyoassay yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla Rauch & Nauen (2002)'in yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır.

LC₅₀ belirleme çalışmalarının tamamında 0-24 saatlik larvalar kullanılmıştır. 0-24 saatlik larvalar ıslak pamuk üzerine yerleştirilmiş erik yaprakları üzerine ince uçlu bir fırça yardımı ile aktarılmıştır. Larvaların yaprak dışına kaçmaması için yaprak disklerin kenarı Tangle trap yapışkan ile çevrelenmiştir. Bu işlere paralel olarak yukarıda özellikleri verilen akarisitlerden 6-7 farklı dozlarda konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Çalışmalarda ilaç formülasyonu kullanılmıştır. Hazırlanan akarisit konsantrasyonları, petrielerde bulunan *P. ulmi* larvaları

Çizelge 1- *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanma yerleri ve toplanma tarihleri

Table 1- Collection site and date of *Panonychus ulmi* populations

Tür	Örneğin toplandığı yer	Tarih
<i>Panonychus ulmi</i>	HS (Hassas)	22.02.2012
	Balkırı-Eğirdir	13.06.2012
	Tepeli-Eğirdir	13.06.2012
	Eyüpler-Eğirdir	27.06.2012
	Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	13.06.2012
	Eski Gelendost yolu-Gelendost	13.06.2012
	Harmanören-Atabey	13.06.2012
	Ağlıköy-Eğirdir	30.05.2013
	Büyük Gökçeli-Isparta	30.05.2013
	Yalvaç	10.06.2013
	Gönen	30.05.2013
	Büyük Kabaca-Senirkent	10.06.2013
	Gelendost yeni yol	30.05.2013
	Bağlılı-Gelendost	10.06.2013

üzerine doğrudan 1 bar basınçla 2 mL olacak şekilde ilaçlama kulesi ile uygulanmıştır. Kontrole ise saf su uygulanmıştır. Uygulama yapılan akarlar 20-30 dakika havalandırılarak, 26±1 °C sıcaklık, % 60-65 nem ve 16:8 aydınlık:karanlık koşullarındaki iklim kabinine alınmıştır. Ölü-canlı değerlendirmeleri 7. günde yapılmıştır. Kontroldeki ölümler % 10'u geçmemiştir, kontroldeki ölüm oranları % 10'u geçtiğinde denemeler tekrarlanmıştır. LC₅₀ belirlenmesinde popülasyonlarda yaklaşık % 10 ile % 90 arasında ölüme yol açan ilaç konsantrasyonları kullanılmaya çalışılmıştır. Denemeler en az üç tekerrürlü yapılmıştır. Her petri, bir tekerrür olarak kabul edilmiş ve her petride en az 15 larva olmasına özen gösterilmiştir. Sayım sonuçlarından elde edilen veriler dozlara göre toplanarak POLO paket programında (LeOra Software 1994) probit analiz yöntemiyle popülasyonların LC₅₀ değerleri elde edilmiştir. Direnç oranları, bahçe popülasyonlarının LC₅₀ değerlerinin hassas popülasyonun LC₅₀ değerlerine bölünmesiyle bulunmuştur.

2.4. Biyokimyasal çalışmalar

Biyokimyasal çalışmalarda esteraz, glutation-S-transferaz (GST) ve cytochrome P450 monooksijenaz (P450) enzim aktiviteleri mikropilaka okuyucu cihazlar kullanarak belirlenmiştir. P450 enzimleri iki farklı substratla PNOD (*p*-nitroanisole) ve 7-ECOD (7-Ethoxycoumarin) iki farklı tipteki mikropilaka okuyucuda (fotometrik ve florimetrik) ölçülmüştür.

Panonychus ulmi'nin esteraz enzimlerinin kinetik aktivitesinin incelenmesi: Kinetik esteraz aktivitesinin belirlenmesinde α -naphtylacetate substratı, 96 hücreli düztabanlı mikropilakada Stumpf & Nauen (2002)'in geliştirdikleri yöntemle kullanılmıştır. 20 adet ergin dişi % 0.1 Triton X-100 içeren 100 μ L sodyum fosfat buffer (0.1 M, pH 7.5) içinde plastik pestle yardımıyla eppendorf tüplerde ezilmiştir. Bu homojenat 10000 g ve +4 °C'da 5 dakika santrifüj edildikten sonra supernatant kısmı enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Mikropilaka hücrelerine önce 25 μ L 0.2 M fosfat buffer (pH 6) ve üzerine 10 kez seyreltilen enzim kaynağından 25 μ L konulmuştur. Esteraz enziminin kinetik okuması

200 μ L substrat solüsyonunun eklenmesiyle başlatılmıştır. Substrat solüsyonu 30 mg Fast blue RR tuzunun 50 mL 0.2 M sodyum fosfat buffer (pH 6)'da çözülmesi ve bu karışıma 500 μ L 100 mM α -naphtylacetate'ın ilavesiyle elde edilmiştir. Enzim aktivitesi 23 °C ve 450 nm'de 10 dakika süreyle mikropilaka okuyucuda (Versamax, Molecular Devices) okunmuştur. Kontrol ise homojenatsız olarak okunmuştur. Enzim okumaları en az üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin GST enzimlerinin kinetik olarak incelenmesi: GST enziminin kinetik olarak belirlenmesinde de Stumpf & Nauen (2002)'in geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. 30 ergin dişi 300 μ L Tris HCL buffer (0.05 M, pH 7.5) içinde eppendorf tüplerde plastik pestle kullanılarak ezilmiştir. 100 μ L supernatant 10000 g ve +4 °C'da 5 dakika santrifüj edilmiştir. 100 μ L supernatant, 100 μ L 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ve 100 μ L reduced glutathione (GSH)'dan oluşan toplam hacim mikropilaka hücrelerine koyulmuştur. Son konsantrasyonda CDNB (% 0.1 v v⁻¹ etanolde) 0.4 mM ve GSH (Tris HCL bufferda) ise 4 mM olacak şekilde hazırlanmıştır. Kontrol hücrelerinde ise sadece CDNB ve GSH homojenatsız olarak okunmuştur. Absorbanstaki değişim 340 nm'de 25 °C'de 5 dakikada okunarak belirlenmiştir. Enzim okumaları en az üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin asetilkolinesteraz (AChE) enziminin kinetik olarak incelenmesi: Asetilkolinesteraz belirlenmesinde Stumpf et al (2001) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. *P. ulmi*'nin 50 ergin dişi eppendorf tüp içinde bulunan 500 μ L % 0.1 Triton X-100 içeren 0.1 M fosfat buffer (1 mL, pH 7.5) içinde plastik pestle ile homojenize edilmiştir. Buz içinde 20 dakika dokuların çözülmesi beklendikten sonra, homojenat 10000 g, 4 °C'de 5 dakika santrifüj edilerek elde edilen supernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. AChE aktivitesini ölçmek için mikropilaka hücrelerine 100 μ L acetylcholine iodide (ATChI), 100 μ L 5,5-dithiobis (2-nitrobenzoic acid) (DTNB) ve 100 μ L enzim solüsyonu konulmuştur. 300 μ L'lik son konsantrasyonunda her bir maddenin miktarı 0.5 mM olmuştur. AChE

aktivitesi mikropılaka okuyucuda 23 °C'de 412 nm'de 20 dakikada ölçülmüştür. Kontrol hücreleri ise homojenatsız olarak okunmuştur. Okumalar en az üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Panonychus ulmi'nin P450 enziminin fotometrik aktivitesinin incelenmesi: P450 enzim aktivitesinin belirlenmesinde substrat olarak *p*-nitroanisole (PNOD) kullanılmıştır. Bu enzimin belirlenmesinde Rose et al (1995) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. P450 enzim aktivitesi için popülasyondan yaklaşık 50 adet dişi birey ependorf tüpe alınarak 200 µL homojenizasyon bufferda (0.05 M Tris-HCl+% 1.15 KCl+1 mM EDTA pH 7.7) ezilerek +4 °C'de 20000 g'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası süpernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. PNOD substratı ile enzim okunması için mikropılakanın her kuyucuğuna 90 µL enzim kaynağı+100 µL 2 mM *p*-nitroanisole eklenerek karışım 30 °C'de 3 dakika inkübe edilmiştir. Reaksiyon 10 µL 9.6 mM NADPH eklenerek başlatılmış, kontrol hücreleri ise homojenatsız olarak okunmuştur. Enzim aktivitesi 405 nm'de 30 °C'de 15 dakika 34 saniye aralıklarla mikropılaka okuyucuda (Versamax, Molecular Devices) okunmuş ve 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Panonychus ulmi'nin P450 enziminin florimetrik aktivitesinin incelenmesi: P450 enziminin florimetrik belirlemesinde Rauch ve Nauen (2002) uyguladığı metot uyarlanarak kullanılmıştır. *Panonychus ulmi*'nin 100 adet dişisi, 200 µL sodyum fosfat buffer (0.1 M, pH 7.6) içerisinde homojenize edilmiştir. Bu homojenattan 50 µL alınarak mikropılaka hücresine konulduktan sonra üzerine 40 µL sodyum fosfat buffer eklenmiştir. Sonrasında her bir hücreye 2 µL 7-ethoxycoumarin (7-EC) ve 10 µL NADPH eklenmiş ve final konsantrasyonunda 0.4 mM 7-EC ve 1 mM NADP olması sağlanmıştır. Daha sonra bu karışım 30 °C'de 44 g'de 30 dakika çalkalanarak inkübe edilmiştir. Chauret et al (1998)'ün tanımladığı şekilde NADPH uzaklaştırılmıştır. Bu amaçla 10 µL glutathion oksidaz (100 mM su içerisinde) ve 13 µL glutathion redüktaz (1.3 U) eklenmiştir. Oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra bu reaksiyon % 50'lik 125 µL asetonitril [Trizma-basebuffer (0.05 M, pH 10) içerisinde] kullanılarak durdurulmuştur. Florimetrede

(SpectraMax Gemini XS model; Molecular Devices) enzim okuması 390 nm ve 465 nm'de okunmuş ve 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol ise homojenat koyulmamıştır. Elde edilen veriler 7-hydroxycoumarin (7-HC) ile standardize edilmiştir.

Bütün enzim testlerinde toplam protein miktarının belirlenmesinde Bradford (1976) yöntemi kullanılmıştır. Enzimlerin aktivitesi (mOD dakika⁻¹ mg protein⁻¹ veya ng 30 dakika⁻¹ mg protein⁻¹) değeri olarak Softmax PRO yazılımı ile analiz edilmiştir. Veriler SAS-GLM kullanılarak 0.05 standart sapma değeri esas alınarak analiz edilmiştir (SAS 1999).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Biyoassay çalışmalarının sonuçları

Elma bahçelerinde elma içkurdundan sonra en fazla ekonomik kayba neden olan ve en fazla savaşımlı yapılan zararlılardan biri de *P. ulmi*'dir. *P. ulmi*'nin Isparta popülasyonlarının yaygın kullanılan üç akarisit (Spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole) karşı duyarlılık düzeyleri incelenmiştir. Bu üç akarisit karşı sadece bir popülasyon dışında önemli bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Direnç düzeyleri; LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerine göre sırasıyla spirodiclofen'e <1-1.95 kat ve <1-2.9 kat, hexythiazox'a <1-2.36 kat ve <1-2.17 kat, ve etoxazole'e <1-7.30 kat ve <1-7.25 kat arasında değişmiştir. Etoxazole LC₅₀ ve LC₉₀ değerine sadece bir popülasyonda (Eyüpler-Eğirdir) 7.30 ve 7.25 kat direnç belirlenmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4).

3.2. Biyokimyasal çalışmalarının sonuçları

Panonychus ulmi popülasyonlarının detoksifikasyon enzimleri incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Her yılın popülasyonları ve hassas popülasyon kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. Çizelge 5'de görüldüğü gibi 2012 ve 2013 yılında toplanan *P. ulmi* popülasyonlarının esteraz enzim aktiviteleri popülasyonlara göre değişmiştir. Her iki yılda da en az esteraz enzim düzeyi hassas HS popülasyonunda belirlenmiştir. 2012 yılında bir popülasyonun, 2013 yılında da beş popülasyonun esteraz enzim düzeyi istatistiki olarak hassas HS popülasyonundan önemli derecede yüksek çıkmıştır (P<0.05) (Çizelge 5).

Çizelge 2- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında spiroadiclofen için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*Table 2- LC₅₀ value and resistance ratio for spiroadiclofen in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100 mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	311	1.402±0.213	20.160 13.532-29.071	-	-
Balkırı-Eğirdir	291	1.374±0.220	21.821 14.165-31.778	1.08	1.12
Tepeli-Eğirdir	303	1.178±0.200	39.478 26.420-64.286	1.95	2.9
Eyüpler-Eğirdir	347	1.445±0.206	36.002 24.066-51.078	1.79	1.6
Eğirdir gölü kıyısı- Gelendost	409	1.283±0.175	35.669 15.008-74.555	1.77	2.1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	291	1.614±0.206	11.571 6.211-18.440	<1	<1
Harmanören- Atabey	274	1.912±0.240	12.548 7.146-19.313	<1	<1
Ağilköy	339	2.356±0.298	16.347 12.235-20.690	<1	<1
Büyük Gökçeli	355	2,047±0.249	15.357 11.496-19.606	<1	<1
Gelendost yeni yol	350	1.744±0.248	24.259 17.127-32.670	1.2	<1
Gönen	352	2.145±0.306	19.007 13.853-24.305	<1	<1
Büyük Kabaca	381	1.843±0.212	21.619 15.657-28.373	1.08	<1
Yalvaç	347	2.666±0.316	10.153 7.976-12.465	<1	<1
Bağlılı	329	2.863±0.388	13.816 10.580-17.088	<1	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Çizelge 3- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında hexythiazox için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*
Table 3- LC₅₀ value and resistance ratio for hexythiazox in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100 mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	318	1.383±0.198	28.685 14.823-49.005	-	-
Balkırı-Eğirdir	281	1.829±0.257	21.905 11.370-38.296	<1	<1
Tepeli-Eğirdir	224	1.285±0.314	44.126 24.407-88.484	1.53	1.8
Eyüpler-Eğirdir	241	1.192±0.257	18,345 8.900-31.497	<1	<1
Eğirdir gölü kıyısı- Gelendost	379	1.963±0.352	53.676 25.300-87.240	1.87	<1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	297	1.442±0.432	67.933 40.086-120.704	2.36	2.17
Harmanören- Atabey	250	1.303±0.389	46.162 21.657-83.307	1.61	1.8
Ağılköy	385	2.647±0.350	24.885 18.954-30.711	<1	<1
Büyük Gökçeli	368	2.913±0.386	25.290 19.791-30.698	<1	<1
Gelendost yeni yol	340	1.723±0.234	34.447 25.898-45.475	1.2	<1
Gönen	352	2.235±0.264	26.160 20.251-32.556	<1	<1
Büyük Kabaca	365	2.664±0.382	23.185 17.145-28.941	<1	<1
Yalvaç	338	2.282±0.271	21.887 16.555-27.703	<1	<1
Bağlılı	356	2.398±0.306	18.188 13.607-22.905	<1	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Çizelge 4- *Panonychus ulmi* popülasyonlarında etoxazole için elde edilen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları*
Table 4- LC₅₀ value and resistance ratio for etoxazole in *Panonychus ulmi* populations*

Popülasyon	n**	Eğim±SH	LC ₅₀ µL 100mL ⁻¹ (% 95 güven aralıkları)	LC ₅₀ Direnç oranı***	LC ₉₀ Direnç oranı***
HS (hassas)	241	1.287±0.210	59.944 28.291-118.341	-	-
Balkırı-Eğirdir	209	1.387±0.214	121.409 48.535-247.178	2.03	1.7
Tepeli-Eğirdir	330	1.596±0.183	37.406 27.940-48.276	<1	<1
Eyüpler-Eğirdir	269	1.291±0.209	437.292 188.411-1003.522	7.30	7.25
Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	241	1.882±0.267	115.790 82.270-154.627	1.93	<1
Eski Gelendost yolu-Gelendost	350	1.502±0.175	94.718 70.522-123.508	1.58	1.13
Harmanören- Atabey	341	1.281±0.170	122.091 58.658-219.075	2.04	2.06
Ağilköy	446	2.066±0.316	156.289 109.134-202.685	2.6	1.09
Büyük Gökçeli	406	1.603±0.179	86.330 63.064-113.515	1.4	<1
Gelendost yeni yol	396	1.388±0.178	123.349 83.607-173.037	2.05	1.7
Gönen	452	1.526±0.161	46.353 32.246-62.839	<1	<1
Büyük Kabaca	400	1.914±0.242	74.857 52.796-98.215	1.2	<1
Yalvaç	404	1.576±0.190	105.228 73.554-142.197	1.75	1.1
Bağlılı	420	2.134±0.250	79.976 59.144-102.188	1.3	<1

*, çalışmada verilen dozlar formülasyon üzerindedir; **, n: denemede kullanılan birey sayısı; ***, direnç oranı= bahçe popülasyonlarının LC₅₀ veya LC₉₀ değeri/hassas popülasyonun LC₅₀ veya LC₉₀ değeri

Panonychus ulmi'nin 2012 ve 2013 yılında toplanan popülasyonlarının GST enzim düzeyleri popülasyonlara göre değişmiştir (Çizelge 5). GST enzim düzeyi 2012 yılında 4 popülasyonda, 2013 yılında ise 3 popülasyonda hassas HS popülasyonuna göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Diğer popülasyonların GST aktivitesi ise ya hassas HS popülasyonu ile aynı düzeyde ya da daha düşük düzeyde bulunmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Panonychus ulmi popülasyonlarının AChE aktiviteleri de incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. *P. ulmi*'nin 2012 ve 2013 yılında toplanan popülasyonlarının AChE aktivite düzeyleri popülasyonlara göre değişiklik göstermiştir (Çizelge 5). AChE enzim düzeyi sadece 2012 yılında iki popülasyonda hassas HS popülasyonundan önemli derecede yüksek çıkmıştır, 2012 yılında toplanan diğer popülasyonları ise hassas HS popülasyonu ile aynı düzeyde ya da daha düşük düzeylerde bulunmuştur. 2013 yılında toplanan bütün popülasyonların AChE enzim düzeyleri hassas HS popülasyonunki ile istatistik olarak aynı düzeyde olmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Panonychus ulmi'nin P450 enzimi; PNOD substratı ile mikropalakada okuyucuda kinetik ve 7-Ethoxycoumarin substratı ile florimetre de endpoint olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. *P. ulmi* popülasyonlarının PNOD ile elde edilen sonuçlarına göre popülasyonları P450 enzim aktiviteleri arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır ($P<0.05$) (Çizelge 5). Ancak 7-Ethoxycoumarin ile elde edilen sonuçlara göre popülasyonlar arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. 2012 yılında toplanan bütün popülasyonların P450 aktiviteleri arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. En düşük P450 enzim aktivitesi Eski Gelendost yolu-Gelendost popülasyonunda belirlenirken, en yüksek P450 enzim aktivitesi ise Harmanören-Atabey popülasyonunda belirlenmiştir. *P. ulmi*'nin 2013 yılında toplanan popülasyonlarında da P450 enzimi florimetrik okumalarında popülasyonlar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. En düşük P450 enzim aktivitesi Bağlılı popülasyonunda belirlenirken en yüksek P450 enzim aktivitesi ise Büyük Gökçeli popülasyonunda belirlenmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 5).

Elde edilen bulgulara bağlı olarak uygulanan ilaçlara karşı popülasyonlarda, hassas popülasyona oranla önemli ölçüde bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Thwahite (1991), Avustralya'da 1984-1987 yıllarında *P. ulmi*'ye karşı clofentezine ve hexythiazox kullanıldığını ve 1988 yılında clofentezine'e direnç geliştiğini bildirmiştir. Buna ilaveten aynı araştırmacı Doğu Avustralya'daki elma bahçelerinden toplanan 23 *P. ulmi* popülasyonunun clofentezine'e, bunlardan 19'unun aynı zamanda hexythiazox'a dirençli olduğunu rapor etmişlerdir. Yu et al (2011), *Panonychus citri* McGregor'yi spirodiclofen ile selekte etmişlerdir ve 51.2 kat direnç geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca seleksiyon maruz bırakılan popülasyonun çapraz direnç çalışmalarında spirotramat, abamectin, hexythiazox, pyridaben, fenprothrin, fenbutatinoxide, fenpyroximate, clofentezine, chlorfenapyr, bifenthrin ve amitraz'a sırasıyla; 29.5, 2.3, 1.2, 3.7, 1.6, 0.9, 4.7, 1.8, 2.1, 1.8 ve 2.7 kat direnç belirlenmişlerdir. Yukarıda verilen çalışmalarda da görüldüğü gibi *P. ulmi* popülasyonları birçok akarite direnç geliştirebilmektedir. Ancak bu sonuçlara göre Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *P. ulmi* popülasyonlarında çalışmada kullanılan akarisitlere karşı bir duyarlılık kaybı belirlenmemiştir. Bunun nedenlerinin başında Isparta ilinde bulunan elma bahçelerinde avcı akar *Neoseiulus californicus* (McGregor)'un yaygın olmasıdır. Bu çalışma sırasında ve daha önceki yapmış olduğumuz çalışmalarda topladığımız akar popülasyonlarının % 50'sinden fazlasının bu avcı akar ile bulaşık olduğu belirlenmiştir (Yorulmaz-Salman & Ay 2012; Yorulmaz-Salman & Ay 2013; Yorulmaz-Salman et al 2014). Ayrıca bölgede üreticiler zararlı akar ve diğer böceklerle karşı çok fazla ve farklı etkili maddeye sahip ilaç kullanmaktadır. Buda akarlarda direnç gelişimini önlemiş olabilir.

Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *P. ulmi* popülasyonlarının esterase, GST, AChE ve P450 ve enzimlerinin aktiviteleri farklı yöntemlerle incelenmiştir. *P. ulmi* popülasyonlarının detoksifikasyon enzim düzeylerinde farklılıklar sonuçlar belirlenmiştir. Rauch & Nauen (2002), spirodiclofen ile 37 kez selekte ettikleri *T. urticae* popülasyonunda 13 kat direnç geliştiğini ve spirodiclofenin PBO ile 3.8

Çizelge 5- *Panonychus ulmi* popülasyonlarının detoksifikasyon enzim aktiviteleri**Table 5- Detoxification enzyme activities in *Panonychus ulmi* populations**

Popülasyon	Esteraz		GST		AChE		P450 (PNOD)		P450 (7-ECOD)	
	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg	mOD dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹	mg 30 dakika ⁻¹ mg protein ⁻¹
2012 yılı popülasyonları										
HS (hassas)	16.426±2.09 (4)* b**		4.462±0.36 (4) cd		0.017924±0.0017 (4) bc		0.015635±0.0034 (3) a		0.449938±0.0003 (4) e	
Balkırı-Eğirdir	23.246±2.09 (4) ab		6.238±0.36 (4) b		0.015916±0.0019 (3) c		0.013822±0.0034 (3) a		0.423965±0.0003 (4) f	
Tepeli-Eğirdir	24.313±2.09 (4) a		7.384±0.36 (4) a		0.019379±0.0019 (3) abc		0.017319±0.0034 (3) a		0.47028±0.0003 (4) c	
Eyüpler-Eğirdir	19.252±2.09 (4) ab		5.916±0.36 (4) b		0.024736±0.0019 (3) a		0.013708±0.0034 (3) a		0.451038±0.0003 (4) d	
Eğirdir gölü kıyısı-Gelendost	19.705±2.09 (4) ab		6.258±0.36 (4) b		0.018807±0.0019 (3) abc		0.014671±0.0029 (4) a		0.473831±0.0003 (4) b	
Eski Gelendost yolu-Gelendost	22.947±2.09 (4) ab		5.145±0.36 (4) cb		0.022833±0.0017 (4) b		0.019368±0.0034 (3) a		0.39668±0.0003 (4) g	
Harmanören-Atabey	22.203±2.09 (4) ab		3.979±0.36 (4) d		0.024608±0.0017 (4) a		0.016359±0.0034 (3) a		0.496948 ±0.0003 (4) a	
2013 yılı popülasyonları										
HS (Hassas)	17.78±0.90 (3) c		3.71±0.11 (4) d		0.025031±0.0017 (4) ab		0.015947±0.0029 (4) a		0.5235593±0.0002 (4) c	
Ağilköy	20.93±0.90 (3) b		2.13±0.12 (3) e		0.021127±0.0017 (4) b		0.014723±0.0029 (3) a		0.5667890±0.0002 (4) b	
Büyük Gökçeli	21.64±0.90 (3) b		4.28±0.11 (4) b		0.022123±0.0017 (4) ab		0.014493±0.0025 (4) a		0.5724380±0.0002 (4) a	
Gelendost yeni yol	26.28±0.90 (3) a		3.72±0.11 (4) d		0.025167±0.0019 (4) ab		0.018846±0.0025 (4) a		0.4223370±0.0002 (4) g	
Gönen	24.99±0.78 (4) a		5.15±0.11(4) a		0.025922±0.0017 (4) ab		0.012113±0.0025 (4) a		0.4751326±0.0002 (4) d	
Büyük Kabaca	16.10±0.90 (3) c		4.04±0.12 (3) bcd		0.021037±0.0017 (4) b		0.011595±0.0029 (3) a		0.4227619±0.0002 (4) g	
Yalvaç	17.06±0.78 (4) c		3.89±0.11 (4) cd		0.027629±0.0017 (4) a		0.01121±0.0025 (4) a		0.4349749±0.0002 (4) e	
Bağlılı	22.39±0.78 (4) b		4.25±0.11 (4) bc		0.024015±0.0017 (4) ab		0.010566±0.0025 (4) a		0.4280302±0.0002 (4) f	

*, parentez içindeki değerler tekerrür sayısı; **, istatistikî karşılaştırmalar her enzim için ait olduğu yıla ait popülasyonların karşılaştırmasıdır

kat, prefonos ile 2.1 ve DEM ile 1.4 kat sinerjistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada seleksiyon popülasyonunda esteraz enziminin ve GST enziminin 1.2 kat P450 enziminin ise 2.1 kat arttığı bildirmişlerdir. Van Pottelberge et al (2009), spirodiclofen ile selekte ettiği *T. urticae* popülasyonunun spirodiclofen'e 5 ayda 274 kat direnç geliştirdiği ve spirodiclofen'in PBO ile 3.5 kat DEF ile 3.3 kat ve DEM ile 1 kat sinerjistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Kramer & Nauen (2011), Avrupa'dan topladıkları 63 farklı *P. ulmi* popülasyonlarının bazılarında düşük ve orta düzeyde direnç belirlemişlerdir. Laboratuvarında spirodiclofen'le selekte ettikleri bir popülasyonda 6 ayda 7000 kattan fazla direnç gelişmiştir. Bu popülasyonda spirodiclofenle en iyi sinerjistik etkiyi PBO'nun gösterdiğini bildirmişlerdir. Pree et al (2005), yaptıkları çalışmada etoxazole dirençli *P. ulmi*'nin clofentezine ve hexthizox'a karşı direnç geliştirdiğini belirtmişlerdir. Kumral & Kovancı (2007), Bursa ilinin elma bahçelerinden topladıkları *P. ulmi*'nin LC₅₀ değerine göre amitraz, dicofol, bromopylate ve fenpyroximate karşı sırasıyla 2.2-11.9, 0.8-3.6, 1.0-22.5 ve 0.9-7.9 kat direnç bulmuşlardır. Kumral et al (2009), ise yine aynı bölgeden topladıkları *P. ulmi* popülasyonlarında chlorpyrifos ve lambda-cyhalothrin'e karşı 6.0-35.6 ve 0.7-5.7 kat direnç belirlemişler ve direncin esteraz ve GST ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Elde edilen sonuçlara göre *P. ulmi*'de bu ilaçlara önemli bir ölçüde direnç belirlenmediği ve sinerjistler ile çalışma koşulları oluşmadığı için çalışmada kullanılan ilaçların direnç mekanizmaları hakkında yorum yapmak mümkün değildir. Ancak bazı popülasyonlarda bazı detoksifikasyon enzimlerinin yüksek olması, diğer bazı ilaçlara karşı direnç geliştirmiş olabileceğine işaret etmektedir.

4. Sonuçlar

Zararlılarla savaşmada kimyasalların yoğun kullanımı, birçok probleme neden olmaktadır. Bunlardan bazıları, hedef dışı organizmalar ve faydalıların yok edilmesi, üründe kalıntı, çevre kirliliği ve organizmalarda direnç gelişimidir. Yaprakbiti, kırmızıörümcek gibi zararlılar kısa sürede döl vermesi nedeniyle tarım ilaçlarına

hızlı direnç geliştirebilmektedirler. *P. ulmi*'ye karşı sadece kimyasal mücadelenin tercih edilmesi durumunda direnç problemlerinin ortaya çıkma olasılığı artmaktadır. Auger et al (2003), Fransa'da bazı elma bahçelerinde *P. ulmi*'ye karşı kullanılan METI akarisitlerin etkisiz olduğunu ve laboratuvarında yapılan çalışmalarda *P. ulmi* popülasyonlarının fenazaquine'e karşı 19.8-38.8 kat ve tebufenpyrad'e karşı 16.8-39.8 kat direnç geliştirdiğini belirlemiştir. Elma bahçelerinde kimyasal mücadele yerine diğer mücadele yöntemlerinin üreticilere özendirilmesi gerekmektedir. Özellikle zararlıları baskı altına aldığı bilinen yararlı popülasyonlar üzerinde daha çok çalışılmalıdır. Akarisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki yan etkileri belirlenmelidir, arazideki mücadelelerde faydalı organizmaların direnç gösterdiği, zararlı kırmızıörümceklerin ise duyarlı olduğu akarisitler tercih edilmelidir. Kimyasal mücadele kaçınılmaz ise popülasyonlarda direnç düzeyleri sürekli olarak izlenmeli ve mücadelede hiç yada en düşük direnç gelişen akarisitler tercih edilmelidir. Geniş etki mekanizmasına sahip akarisitler yerine spesifik olanları kullanılmalı, aynı etki mekanizmasına sahip veya aynı grup akarisitler sürekli kullanılmamalı ve ilaç uygulamalarında rotasyon yapılmalıdır.

Teşekkür

P. ulmi'nin hassas popülasyonu HS'yi gönderen Dr. Ralf Nauen (Bayer CropScience, Almanya)'e ve bu çalışmada elma bahçelerinden toplanan kırmızı örümceklerin teşhisini yapan Prof. Dr. Sultan ÇOBANOĞLU (Ankara Üniversitesi)'na teşekkür ederiz. Çalışmamıza maddi katkı sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-TÜBİTAK (TOVAG, 110631 nolu proje) ve Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (3650-YL1-13 nolu proje)'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Auger P, Bonafos R, Guichou S & Kreiter S (2003). Resistance to fenazaquin and tebufenpyrad in *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) populations from South of France apple orchards. *Crop Protection* 22: 1039-1044

- Bradford M M (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* **72**: 248-254
- Chauret N, Gauthier A & Nicoll-Griffith D A (1998). Effect of common organic solvents on in vitro cytochrome P450-mediated metabolic activities in human liver microsomes. *Drug Metabolism and Disposition* **26**: 1-4
- Croft B A (1975). Integrated Control of Apple Mites. Michigan State University Extension Service Bulletin E-825
- Demircan V & Yılmaz H (2005). Isparta ili elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. *Ekoloji* **14**(57): 15-25
- GTİHB (2011). Elma Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı 188, Ankara
- Hamingway J (1998). Techniques to Detect Insecticide Resistance Mechanisms (Field and Laboratory Manual). World Health Organization Department of Disease Prevention and Control WHO Communicable Diseases U.S.A
- Kramer T & Nauen R (2011). Monitoring of spirodiclofen susceptibility in field populations of European red mites, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), and the cross-resistance pattern of a laboratory selected strain. *Pest Management Science* **67**: 1285-1293
- Kumral N A & Kovancı B (2007). Susceptibility of female populations of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari:Tetranychidae) to some acaricides in apple orchards. *Journal of Pest Science* **80**: 131-137
- Kumral N A, Susurluk H, Gençer N S & Gürkan M O (2009). Resistance to chlorpyrifos and lambda-cyhalothrin along with detoxifying enzyme activities in field-collected female populations of European red mite. *Phytoparasitica* **37**: 7-15
- Leora Software (1994). Polo-pc: a User's Guide to Probit or Logit Analysis Leora Software, 28 pp., Berkeley, CA
- Pree D J, Whitty K J & Driel L V (2005). Baseline susceptibility and cross resistances of some new acaricides in the European red mite, *Panonychus ulmi*. *Experimental and Applied Acarology* **37**: 165-171
- Rauch N & Nauen R (2002). Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): A biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **74**(2): 91-101
- Rose R L, Barbhuiya R, Roe G, Rock E & Hodgson E (1995). Cytochrome p-450 associated insecticide resistance and the development of biochemical diagnostic assays in *Heliothis virescens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **51**: 178-191
- SAS (1999). Statistical Analysis Systems User's Guide, 8th Edn. SAS Institute INC, Raleigh
- Stumpf N, Zebitz C P W, Kraus W, Moores G D & Nauen R (2001). Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **69**: 131-142
- Stumpf N & Nauen R (2002). Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* **72**: 111-121
- Thwahite W G (1991). Resistance to clofentezine and hexythiazox in *Panonychus ulmi* from apples in Australia. *Experimental and Applied Acarology* **11**: 73-80
- TÜİK (2014). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 6.5.2014)
- Van Pottelberge S, Van Leeuwen T, Khajehali J & Tirry L (2009). Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spirodiclofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science* **65**(4): 358-366
- Yorulmaz-Salman S & Ay R (2012). Isparta ili elma bahçelerinden toplanan avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının bazı akarisitlere karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmaları. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **16**(2): 122-132
- Yorulmaz-Salman S & Ay R (2013). Avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının üç farklı akarosite karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeylerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi* **37**(1): 105-116
- Yorulmaz-Salman S, Aydın F & Ay R (2014). Predator akar *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)'un dört farklı popülasyonunun spirodiclofen, hexythiazox, etoxazole karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmalarının belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi* **5**(1): 81-98
- Yu D Y, Wang C F, Yu Y, Huang Y Q, Yao J A & Hu J F (2011). Laboratory selection for spirodiclofen resistance and cross-resistance in *Panonychus citri*. *African Journal of Biotechnology* **10**: 3424-3429