

Predator akar *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)'un dört farklı popülasyonunun spirodiclofen, hexythiazox, etoxazole karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmalarının belirlenmesi¹

Sibel YORULMAZ SALMAN², Fatma AYDINLI², Recep AY²

Resistance levels and resistance mechanisms of four different populations of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae) against spirodiclofen, hexythiazox and etoxazole

Abstract: In this study, the sensitivity levels of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) populations collected from apple orchards in Isparta province in 2013 to spirodiclofen, hexythiazox and etoxazole were determined by means of bioassay. The LC₅₀ values of *N. californicus* populations were determined with the leaf disk method and a spray tower. In the populations of *N. californicus* collected from apple orchards in Gönen, Esinyurt, Gelendost and Ağilköy towns, 6.36-, 7.52-, 5.12- and 6.57-fold resistance to spirodiclofen was found, respectively; 7.75-, 8.02-, 5.23- and 8.06-fold resistance to hexythiazox was found, respectively; and 11.47-, 13.31-, 6.59- and 11.75-fold resistance to etoxazole was found, respectively. Furthermore, the effects of the synergists PBO, IBP and DEM were studied in *N. californicus* populations. The results for the synergistic effects of PBO, IBP and DEM were <1-1.37, 1.02-1.35 and <1-fold, respectively, for the Gönen population; <1-1.26, 1.23-1.33 and <1 fold, respectively, for the Esinyurt population; <1, <1-1.01 and <1fold, respectively, for the Gelendost population; and <1-1.05, 1.02-1.72 and <1 fold for the Ağilköy population. In the populations of *N. californicus*, glutathione S-transferase (GST) and monooxygenase (P450) enzymes were identified with the kinetic method and the esterase enzyme was identified through electrophoresis and the kinetic method. The enzyme activities of esterase, glutathione S-transferase (GST) and monooxygenase (P450) were 8.98-11.05, 2.05-2.62 and 0.0239-0.0426 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein, respectively.

Keywords: *Neoseiulus californicus*, acaricide, resistance, synergist, detoxification enzymes

Özet: Bu çalışmada, Isparta ili elma bahçelerinden 2013 yılında toplanan *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı duyarlılık düzeyleri biyoassay yöntemlerle belirlenmiştir. *N.*

¹ Bu çalışma TÜBİTAK-TOVAG 1100631 no lu projenin bir bölümüdür.

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – 32260 Isparta
Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: sibelyorulmaz@sdu.edu.tr

Alınış (Received): 21.03.2014

Kabul ediliş (Accepted): 28.11.2014

californicus popülasyonlarının LC₅₀ değeri ilaçlama kulesi kullanılarak yaprak disk metodu ile bulunmuştur. 2013 yılında elma bahçelerinden toplanan *N. californicus*'un Gönen, Esinyurt, Gelendost ve Ağılıköy beldelerinden toplanan popülasyonlarında spirodiclofen'e karşı sırasıyla 6.36, 7.52, 5.12 ve 6.57 kat; hexythiazox'a karşı 7.75, 8.02, 5.23 ve 8.06 kat ve etoxazole karşı 11.47, 13.31, 6.59 ve 11.75 kat direnç belirlenmiştir. Ayrıca *N. californicus* popülasyonlarında PBO, IBP ve DEM sinerjistlerinin akarisitler ile sinerjistik etkileri incelenmiştir. PBO, IBP ve DEM sinerjistik etki sonuçları Gönen popülasyonu için <1-1.37 kat, 1.02-1.35 kat ve <1 kat; Esinyurt popülasyonu için <1-1.26 kat, 1.23-1.33 kat ve <1 kat; Gelendost popülasyonu için <1, <1-1.01 ve <1 kat; Ağılıköy popülasyonu için <1-1.05 kat, 1.02-1.72 kat ve <1 kat değerleri arasında belirlenmiştir. *N. californicus* popülasyonlarında glutathion S-transferaz (GST) ve monooksijenaz (P450) enzimleri kinetik yöntemle, esteraz enzimi elektroforez ve kinetik yöntemlerle belirlenmiştir. Esteraz, glutathion S-transferaz (GST) ve monooksijenaz (P450) enzim aktiviteleri sırasıyla 8.98-11.05, 2.05-2.62 ve 0.0239-0.0426 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Neoseiulus californicus*, akarisit, direnç, sinerjist, detoksifikasyon enzimleri

Giriş

Phytoseiidae familyası içerisinde yer alan avcı akar türleri de seralarda, bağ alanlarında, meyve ve turuncu bahçelerinde, zararlı akar türlerini baskı altına alabilmektedir (Castagnoli & Falchini 1993; Şekeroğlu & Kazak 1993; Kazak et al. 2002; Gotoh et al. 2006). Bu familya içerisinde bulunan *N. californicus* zararlı kırmızıörümceklerin kontrolünde kullanılan etkin bir avcı akar türüdür (Castagnoli & Simoni 1999; Çakmak et al. 2009; Kuştutan & Çakmak 2009). Phytoseiidae familyası içerisindeki predatör akar türleri habitat ve besin seçiciliğine göre tip I, II, III ve IV olarak sınıflandırılmaktadır (McMurtry & Rodrigues 1987; Luh & Croft 2001; Croft et al. 2004). *N. californicus* *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae) dışında alternatif besin ve pollenle beslenerek yaşamını sürdürebilmesi dolayısıyla tip II sınıfı içerisinde yer almaktadır (McMurtry & Croft 1997) Ayrıca *N. californicus*'un düşük nem ve yüksek sıcaklık gibi iklim şartlarına toleransı diğer predatör akarlar göre daha fazladır (Stenseth 1979; Palevsky et al. 1999; Zhang 2003; Alzoubi & Çobanoğlu 2008). *N. californicus*'un çeşitli ülkelerde ticari ırklarının bulunmasının yanı sıra Avrupa, Güney Afrika, Doğu Asya, Kuzey ve Güney Amerika gibi ülkelerde de doğal popülasyonları bulunmaktadır (Canlas et al. 2006). *N. californicus*'un doğal popülasyonu, Türkiye'de ilk kez Aydın'ın Kuşadası ilçesinde çilek, şeftali, fasulye ve biber üzerinden bulunmuştur (Çakmak & Çobanoğlu 2006). Daha sonraki yıllarda Isparta'da bulunan elma bahçelerinde de *N. californicus* varlığı tespit edilmiştir (Yorulmaz & Ay 2012).

Dünyada tarımsal üretim alanları içerisinde hastalık ve zararlılarla mücadelede pestisit kullanılması kaçınılmazdır (Dekeyser 2005). Ancak zararlı mücadelesi için yoğun pestisit kullanılan alanlarda bulunan Phytoseiidae familyası içerisindeki avcı akar türleri de dolaylı olarak kimyasallardan etkilenmektedir. Uygulanan

pestisitlerin avcı akarlar üzerinde yan etkileri olabileceği gibi, zaman zaman bu türlerin pestisitlere karşı tarla ve laboratuvar koşullarında direnç geliştirdikleri de bilinmektedir (Sato et al. 2000; Auger et al. 2005; Bonafos et al. 2007; Tirello et al. 2012). Bazı pestisitlere karşı direnç geliştiren doğal düşmanların ilerde entegre mücadele programları içerisinde kullanılacakları düşünülmektedir. Çünkü entegre mücadelenin içerisinde yer alan pestisit direnç yönetim programlarında zararlı türlerde direnç gelişimi istenmezken; doğal düşmanların pestisitlere karşı dayanıklı olmaları istenmektedir (Dunley et al. 1991).

Spirodiclofen tetronik asit türevleri içerisinde bulunan selektif, sistemik olmayan son dönemde yaygın olarak kullanılan bir akarisit (Van Pottelberge et al. 2009). Bu akarisit zararlılarda lipid biyosentezini engelleyerek ve karboksilesteraz enzim aktivitesini inhibe ederek etki göstermektedir (Bretschneider et al. 2007). Hexythiazox thiazolidine grubu içerisinde yer alan ve kırmızıörümceklerde ergin öncesi dönemlerde etkili olan bir akarisit (Sanatgar et al. 2011). Bu akarisit zararlıda büyüme ve üreme engelleyici olarak görev yapmasının yanı sıra, entegre mücadele programları içerisinde kullanılabilir (Yamamoto et al. 1996). Etoxazole'un ise deri değiştirmeyi kısıtlayıcı ve zararlıda kitin biyosentezini engelleyici bir etkisi bulunmaktadır (Nauen & Smaghe 2006). Spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole akarisitleri dünyada ve ülkemizde kırmızıörümcek mücadelesinde yaygın olarak kullanılan akaristlerdir. Bu nedenle üretim alanları içerisinde bulunan predatör akarların da yoğun olarak kullanılan bu akarisitlere karşı direnç geliştirmelerinin olası bir durum olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, predatör akar *N. californicus* popülasyonlarında üretim alanları içerisinde zararlı kırmızıörümcek mücadelesinde yaygın kullanılan spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı gelişen direncin bioassay ve biyokimyasal yöntemlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada dirençle ilgili olarak akarisitlerin etkinliklerini artıran sinerjistik çalışmalar ve detoksifikasyon enzimlerinin de etkileri de incelenmiştir.

Materyal ve yöntem

***Neoseiulus californicus* popülasyonlarının toplanması ve üretilmesi**

Çalışmanın ana materyalini 2013 yılında Isparta ili ve ilçelerinde bulunan elma bahçelerinden toplanan dört farklı *N. californicus* popülasyonları oluşturmuştur (Çizelge 1). Laboratuara getirilen popülasyonlar üzerinde avcı akarlar için besin olarak *T. urticae* bireyleri bulunan barbunya bitkileri üzerine aktararak kültüre alınmıştır. Isparta ili Eğirdir ilçesinde bulunan Meyvecilik Araştırma İstasyon Müdürlüğündeki organik elma bahçesinden 2008 yılında toplanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan iklim odasında yetiştirilen *N. californicus* popülasyonu hassas popülasyon olarak kullanılmıştır. Hassas *N. californicus* popülasyonunun 2008 yılından günümüze kadar hiçbir pestisite maruz kalmadan iklim odasında yetiştirilmektedir. *N. californicus* popülasyonları, avcı akarların beslenmesi amacıyla yetiştirilen *T. urticae* ve

barbunya bitkileri 26 ± 1 °C sıcaklıkta, %60-65 nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarının sağlandığı iklim odalarında ve popülasyonların birbirleriyle bulaşmalarını engellemek amacıyla içerisinde su dolu küvetler bulunan kafesler içerisinde yetiştirilmiştir.

Çizelge 1. Elma bahçelerinden toplanan *Neoseiulus californicus* popülasyonları
Table 1. *Neoseiulus californicus* populations collected from the apple orchards

Örneğin toplandığı yer	Tarih
Gönen	12-06-2013
Esinyurt	12-06-2013
Gelendost	12-06-2013
Ağilköy	12-06-2013

Biyoassay çalışmaları

Toksisite testi

Çalışmada kullanılan akarisitlerin kırmızı örümceklerde ergin öncesi dönemde etkili olmaları sebebiyle, biyoassay çalışmalarının tamamında 0-24 saatlik aynı dönem *N. californicus* genç dönemleri kullanılmıştır. Aynı dönem avcı akar genç dönemlerini elde etmek amacıyla, tabanı ıslatılmış pamukla kaplı 9 cm çapındaki petrilere üzerinde hazırlanan 3 cm barbunya yaprak diskleri üzerine 15 adet ergin avcı akar dişi aktarılmıştır. Avcı akarların kaçmasını engellemek amacıyla yaprak disklerin etrafı Tangle Trap yapışkanı ile çevrilmiştir. Bu yaprak diskler üzerine dişiler tarafından 24 saat sonra bırakılan yumurtalar temiz petrilere aktarılmıştır. Yumurtalar açıldıktan sonra genç dönemdeki avcı akarlar tüm biyoassay denemelerde kullanılmıştır. Toksisite denemelerinde ise, nem sağlamak amacıyla tabanı ıslatılmış pamukla kaplı 9 cm. çapındaki petrilere üzerinde yaprak diskler hazırlanmıştır. Yaprak disk üzerine 25 adet 0-24 saatlik avcı akarın genç dönemleri binoküler altında yumuşak uçlu fırça yardımıyla aktarılmıştır. Bu yöntemde seçilen akarisitlerin tarla uygulama dozları dikkate alınarak ilk konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan ilk konsantrasyondan itibaren akarisit konsantrasyonları % 50 seyreltilerek denemeler 1 kontrol+7 doz ve her doz 3 tekrardan oluşacak şekilde kurulmuştur. Petrilere ilaçlama kulesinde 1 atm basınç altında yaprak üzerine 2 ml olacak şekilde akarisit konsantrasyonları püskürtülmüştür. Kontrole sadece saf su uygulanmıştır. Ayrıca yaprak disk üzerine avcı akarın av ihtiyacını karşılamak üzere *T. urticae*'nin tüm yaşam dönemlerini içeren bireyler aktarılmıştır. Toksisite denemelerinde avcı akarlarda ölü-canlı sayımları 7. günde yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanarak farklı *N. californicus* popülasyonlarının LC₅₀ değerleri POLO bilgisayar paket programında (LeOra Software 1994) hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan her akarisit için avcı akar popülasyonlarının belirlenen LC₅₀ değerlerinin hassas popülasyonun LC₅₀ değerine oranlanması ile direnç katları bulunmuştur.

Sinerjist + ilaç çalışmaları

Sinerjistlerin akarisit etkinliği üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla monoksigenaz enzim inhibitörü piperonyl butoxide (PBO) (2000µl/l) (Leeuwen et al. 2004), esteraz enzim inhibitörü S-Benzyl-O,O-diisopropyl phosphorothioate (IBP) (200 µl/l) (Kim et al. 2004) ve GST enzim inhibitörü diethylmaleate (DEM) (2000µl/l) (Leeuwen et al. 2004) sinerjistleri kullanılmıştır. Sinerjist denemeleri yukarıda toksisite çalışmalarda anlatıldığı şekilde yapılmıştır. Sinerjistler 1:1 oranında aseton:saf su içerisinde çözülmüştür. Hazırlanan sinerjist çözeltileri ilaçlama kulesinde petrilere 1 atm basınç altında 1 ml olarak püskürtülmüştür. Kontrol grubuna akarisit uygulaması yapılmamış, yalnızca sadece sinerjist uygulanmıştır. Sinerjist uygulamasından Kontrol grubu dışındaki 7 doz grubuna ise 24 saat sonra hazırlanan akarisit konsantrasyonları ile ilaçlama yapılmıştır. İçerisinde avcı akar bulunan petrilere 26±1 °C sıcaklıkta % 60-65 nem ve 16:8 fotoperiyot koşullarının sağlandığı iklim odalarında 7 gün boyunca bırakılmıştır. Ölü-calı sayımı yapılacak olan 7. günün sonuna kadar avcı akarlara besin olarak *T. urticae* bireyleri verilmiştir.

Sinerjistik etki oranı= Sinerjistsiz LC₅₀ / Sinerjistli LC₅₀ formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Biyokimyasal çalışmalar

Poliakrilamid jel elektroforez (PAGE) ile esteraz enziminin incelenmesi

Elektroforez çalışmalarında Goka & Takafuji (1992), Ay & Gürkan (2005)'in yöntemleri uyarlanarak kullanılmıştır. Elektroforez işlemi için mini kasetli sistemde (Bio-Rad) % 7.5'luk ayırıcı ve % 3.5'luk yükleyici jel içeren kesikli doğal elektroforez metodu kullanılmıştır. 5 adet aynı yaştaki ergin avcı akar dişisi 50 µl homojenizasyon tamponunda (% 0.1 Triton X-100 içeren % 32'lik sukroz) içerisinde plastik ezici ile homojenize edilmiştir. Polimerizasyondan sonra her bir jel hücreğine 10 µl homojenat yüklenmiştir. Elektroforezde koşturma işlemi 150 V'da yaklaşık 1.5 saat'de tamamlanmıştır. 0.2 M fosfat buffer (pH 6.5 ve % 1 aseton içeriyor) ile % 0.02 lik α-naphthyl asetat substrat solüsyonu hazırlanmıştır. Jel bu çözeltide esteraz enzimi inkübasyonu için 30 dk bekletilmiştir. % 0.02'lik α-naphthyl asetat solüsyonu ile % 0.4 oranında fast blue BB salt boya solüsyonu hazırlanmış ve jel bu çözeltide 1 saat boyanmıştır. Boyama işlemi bittikten sonra jel % 7'lik asetik asit çözeltisi içerisine alınmış ve 24 saat sonra görüntüleme cihazında fotoğrafı çekilmiştir.

***Neoseiulus californicus*'un toplam esteraz enziminin kinetik olarak belirlenmesi**

Esteraz aktivitesinin kinetik olarak belirlenmesinde substrat olarak α-naphtyl acetate ve Stumpf & Nauen (2002)'in geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. 20 adet aynı yaştaki ergin avcı akar dişisi 100 µl sodyum fosfat buffer (0.1M, pH 7.5) (% 0.1 Triton X-100 içeren) içinde homojenize edilmiştir. Bu homojenat 10000 g, +4 °C'de ve 5 dk santrifüj edildikten sonra enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Enzim

kaynağı olarak kullanılan supernatant 10 kez seyreltilmiştir. Mikroplaka hücrelerine 25 µl supernatant +25 µl fosfat buffer (0.2 M, pH:6) konulmuştur. Çalışma hücrelere 200 µl substrat solüsyonunun eklenmesiyle başlatılmıştır. Substrat solüsyonu 30 mg fast blue RR tuzunun 50 ml 0.2 M sodyum fosfat buffer'da çözülmesi ve bu karışıma 500 µl 100 Mm α -naphtyl acetate'ın eklenmesiyle elde edilmiştir. Enzim aktivitesi 23 °C, 450 nm'de 10 dk süreyle okunmuştur.

***Neoseiulus californicus*'un glutathion S-transferaz (GST) enziminin kinetik olarak incelenmesi**

GST enziminin kinetik olarak belirlenmesinde substrat olarak 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ve Stumpf & Nauen, (2002)'in geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. 30 adet aynı yaştaki ergin avcı akar dişi 300 µl Tris HCL buffer (0.05M, pH:7.5) içinde homojenize edilmiştir. Supernatant 10000g, +4 °C'de 5 dk santrifüj edilmiştir. 100 µl supernatant, 100 µl 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ve 100 µl reduced glutathione (GSH)'dan oluşan toplam hacim mikroplaka hücrelerine konulmuştur. CDNB %0.1 ethanolde hazırlanmış ve final konsantrasyonda hücrelerde 0.4 mM CDNB bulunmuştur. GSH Tris HCL tamponda hazırlanmış ve final konsantrasyonda hücrelerde 4 mM GSH bulunmuştur. Absorbanstaki değişim 340 nm, 25 °C'de ve 5 dk'da okunmuştur.

***Neoseiulus californicus*'un monooksijenaz (P450) enziminin kinetik olarak incelenmesi**

Sitokrom P450 monooksijenaz enziminin belirlenmesinde substrat olarak *p*-nitroanisole (PNOD) ve Rose et al. (1995) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. 50 adet aynı yaştaki ergin avcı akar dişi birey 100 µl homojenizasyon buffer'da (0.05 M Tris-HCl + %1.15 KCl + 1mM EDTA pH (7.7)) plastik ezici ile ezilerek +4 °C 10000 g'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Mikroplaka hücrelerine 45 µL homojenizasyon buffer + 45 µL supernatant+100 µL 2mM PNOD eklenerek karışım 30 °C'de 5 dk inkübe edilmiştir. Reaksiyon mikroplaka hücrelerine 10 µL 9.6 mM NADPH eklenerek başlatılmıştır. P450 enzim aktivitesi Versamax kinetic microplate reader'da (Molecular Devices) 405 nm 30 °C'de 15 dk süreyle ölçülmüştür.

Biyokimyasal çalışmalarda, kontrol hücreleri ise homojenatsız olarak okunmuştur. Enzim okumaları dört tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Tüm enzim aktiviteleri Softmax PRO software programında analiz edilmiş ve sonuçlar mOD min⁻¹ mg⁻¹ olarak verilmiştir. Örneklerin toplam protein miktarlarının belirlenmesinde Bradford (1976)'un total protein tayin yöntemi kullanılmış ve Bovine Serum Albumine (BSA) standart olarak alınmıştır. Enzim sonuçlarından elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi tekniği ile (One-Way ANOVA) analiz edilmiş ve popülasyonlar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Tukey testi kullanılmıştır (Winer et al. 1991).

Bulgular ve tartışma

Toksosite sonuçları

Gönen, Esinyurt, Gelendost, Ağılıköy ve hassas *N. californicus* popülasyonlarının spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı duyarlılık düzeyleri Çizelge 2'de verilmiştir. *N. californicus* popülasyonlarında spirodiclofen'e karşı 5.12-7.52 kat arasında direnç oranları belirlenmiştir. Spirodiclofen'e karşı en yüksek direnç Esinyurt popülasyonunda (7.52 kat), en az direnç ise Gelendost popülasyonunda (5.12 kat) bulunmuştur. *N. californicus* popülasyonlarında hexythiazox'a karşı 5.23-8.06 kat arasında değişen oranlarda direnç belirlenmiştir (Çizelge 2). Hexythiazox'a karşı en yüksek direnç Ağılıköy popülasyonunda (8.06 kat), en az direnç Gelendost popülasyonunda (5.23 kat) bulunmuştur. *N. californicus* popülasyonlarında etoxazole karşı 6.59-13.31 kat arasında değişen direnç oranları bulunmuştur. Etoxazole karşı en yüksek direnç oranı Esinyurt popülasyonu (13.31 kat), en az direnç oranı ise Gelendost popülasyonunda (6.59) bulunmuştur. Literatürde bazı predatör akar türlerinin de tarla ve laboratuvar popülasyonlarının bazı pestisitlere karşı direnç geliştirdiği görülmektedir. Sato et al. (2000) laboratuvar koşullarında methidathion ile 4 kez selekte ettikleri *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari:Phytoseiidae)'de 311 kat direnç geliştiğini belirlemişlerdir. Nauen et al. (2001) *T. urticae*'de 1000 kat hexythiazox ve clofentezine direnci belirlemişlerdir. Rauch & Nauen (2003) *T. urticae*'de spirodiclofen ile 37 seleksiyon sonrası 13 kat direnç geliştiğini belirlemişlerdir. Özellikle *N. californicus*'un avı olan *T. urticae*'de hexythiazox ve spirodiclofen'e karşı direnç gelişimi yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. *N. californicus* ve *T. urticae*'de akarisitlere karşı gelişen dirençte aynı mekanizmaların etkili olabileceği düşünülmektedir. Auger et al. (2005) *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari:Phytoseiidae)'de mancozeb ile 10 seleksiyon sonrası 73 kat direnç geliştiğini bulmuşlardır. Bonafos et al. (2007) bağ alanlarından topladıkları avcı akarlar *T. pyri* ve *Amblyseius andersoni* (Acari:Phytoseiidae) popülasyonlarının deltamethrin, lamda-cyhalothrin ve chlorpyrifos-ethly'e karşı orta düzeyden yüksek düzeye kadar değişen oranlarda dirençli bulmuşlardır. Mugo et al. (2011), chlorpyrifosa karşı *Euseius kenyae* (Acari: Phytoseiidae)'nin popülasyonlarında 1-10 kat arasında değişen düzeylerde direnç bulmuşlardır. Tirello et al. (2012), bağ alanları ve elma bahçelerinden toplanan dört farklı *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarında 1.85-6.83 arasında değişen katlarda chlorpyrifos direnci belirlemişlerdir. Yorulmaz & Ay (2012) Isparta ili elma bahçelerinden topladıkları *N. californicus*'un 8 popülasyonunda spiromesifen'e karşı 4.35-7.61 kat; hexythiazox'a karşı 3.75-8.01 kat, ve spirodiclofen'e karşı 5.07- 8.60 kat direnç belirlemişlerdir. Spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole zararlı kırmızıörümceklerin mücadelesinde yaygın kullanılan akaristlerdir.

Çizelge 2. *Neoseiulus californicus* popülasyonlarının spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı belirlenen LC₅₀ değerleri ve direnç oranları
 Table 2. Resistance ratio and LC₅₀ levels determined against spirodiclofen, hexythiazox, etoxazole the *Neoseiulus californicus* populations

Popülasyon	n*	spirodiclofen				hexythiazox				etoxazole			
		Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	R**	Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	R**	Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	R**	Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	R**
Gönen	600	1.25±0.12	14.51 11.50-18.07	6.3	1.55±0.14	25.52 19.88-31.98	7.75	1.44±0.13	13.88 10.68-17.58	11.47			
Esişyurt	600	1.21±0.11	17.15 13.41-21.52	7.52	1.48±0.13	26.40 20.97-32.81	8.02	1.46±0.12	16.11 12.96-19.88	13.31			
Gelendost	600	1.52±0.14	11.69 8.05-15.70	5.1	1.71±0.15	17.21 13.57-21.24	5.23	1.86±0.15	7.98 6.52-9.58	6.59			
Ağılköy	600	1.34±0.13	15.00 11.90-18.67	6.5	1.49±0.13	26.52 20.87-33.12	8.06	1.47±0.12	14.22 10.21-17.35	11.75			
Hassas popülasyonu	600	1.74±0.14	2.28 1.82-2.79	-	1.60±0.13	3.29 2.63-4.02	-	1.74±0.14	1.21 0.99-1.45	-			

* n: denemede kullanılan birey sayısı

**R:Direnç oranı

Çizelge 3. *Neosentulus californicus* popülasyonlarında akarisitler ve akarisitler – sinerjistlerin LC₅₀ değerleri ve sinerjist etki oranları
Table 3. LC₅₀ levels and synergist ratio of acaricides with and without a synergist to populations of *Neosentulus californicus*

Popülasyon	n*	Spirodiclofen			Hexythiazox			Fiproazole		
		Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	SR**	Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	SR**	Eğim±se	LC ₅₀ µl/100 ml (Güven aralıkları)	SR**
Gönen (Sinerjistsiz)	600	1.44±0.12	14.5	-	1.55±0.14	25.5	-	1.44±0.13	13.8	-
	600	1.42±0.11	11.5-18.0	-	1.63±0.11	19.8-31.9	-	1.58±0.13	10.6-17.5	-
PBO	600	1.42±0.11	15.5	0.93	1.63±0.11	25.8	0.98	1.58±0.13	10.0	1.37
	600	1.37±0.12	10.3-18.5	-	1.42±0.02	20.6-28.3	-	1.49±0.13	8.1-12.2	-
IBP	600	1.37±0.12	14.2	1.02	1.42±0.02	23.2	1.09	1.49±0.13	10.2	1.35
	600	1.32±0.12	9.4-16.9	-	1.49±0.12	19.1-25.7	-	1.61±0.13	5.1-12.1	-
DEM	600	1.32±0.12	15.8	0.91	1.49±0.12	26.0	0.98	1.61±0.13	14.0	0.98
	600	1.51±0.14	11.4-18.6	-	1.48±0.13	22.4-29.6	-	1.46±0.12	11.2-18.2	-
Esmiyurt (Sinerjistsiz)	600	1.51±0.14	17.1	-	1.48±0.13	26.4	-	1.46±0.12	16.1	-
	600	1.54±0.14	13.4-21.5	-	1.53±0.12	20.9-32.8	-	1.52±0.14	12.9-19.8	-
PBO	600	1.54±0.14	17.3	0.99	1.53±0.12	20.9	1.26	1.52±0.14	14.6	1.10
	600	1.45±0.22	12.5-20.4	-	1.35±0.22	18.4-25.8	-	1.48±0.12	13.9-22.9	-
IBP	600	1.45±0.22	12.8	1.33	1.35±0.22	21.1	1.24	1.48±0.12	13.0	1.23
	600	1.41±0.11	9.7-15.5	-	1.53±0.23	18.4-24.6	-	1.44±0.12	11.8-19.7	-
DEM	600	1.41±0.11	18.0	0.95	1.53±0.23	26.8	0.97	1.44±0.12	16.1	0.99
	600	1.80±0.17	15.4-20.3	-	1.71±0.15	22.4-29.1	-	1.86±0.15	10.2-18.3	-
Gelandöst (Sinerjistsiz)	600	1.80±0.17	11.6	-	1.71±0.15	17.2	-	1.86±0.15	7.9	-
	600	1.67±0.15	8.0-15.7	-	1.48±0.12	13.5-21.2	-	1.78±0.16	6.5-9.5	-
PBO	600	1.67±0.15	12.2	0.95	1.48±0.12	18.1	0.94	1.78±0.16	8.0	0.99
	600	1.61±0.12	7.7-15.1	-	1.59±0.12	15.2-21.4	-	1.64±0.14	6.6-12.3	-
IBP	600	1.61±0.12	12.0	0.97	1.59±0.12	17.1	1.00	1.64±0.14	7.9	1.01
	600	1.40±0.13	10.7-14.2	-	1.44±0.13	15.7-20.3	-	1.49±0.12	5.9-10.5	-
DEM	600	1.40±0.13	11.8	0.98	1.44±0.13	18.0	0.95	1.49±0.12	8.2	0.97
	600	1.45±0.12	8.7-17.4	-	1.45±0.12	15.4-22.2	-	1.47±0.12	7.1-11.2	-
Ağlıköy (Sinerjistsiz)	600	1.45±0.12	15.0	-	1.45±0.12	26.5	-	1.47±0.12	14.2	-
	600	1.30±0.11	11.9-18.6	-	1.76±0.16	20.8-33.1	-	1.63±0.14	10.2-17.3	-
PBO	600	1.30±0.11	15.5	0.96	1.76±0.16	25.1	1.05	1.63±0.14	15.7	0.90
	600	1.42±0.11	9.8-19.6	-	1.86±0.15	21.5-28.7	-	1.40±0.13	12.1-18.4	-
IBP	600	1.42±0.11	8.7	1.72	1.86±0.15	23.4	1.13	1.40±0.13	13.9	1.02
	600	1.63±0.15	6.2-10.9	-	1.37±0.22	19.1-26.7	-	1.29±0.11	10.1-20.5	-
DEM	600	1.63±0.15	15.2	0.98	1.37±0.22	27.1	0.97	1.29±0.11	14.5	0.97
	600	1.63±0.15	10.4-18.8	-	1.37±0.22	24.6-31.1	-	1.29±0.11	11.3-19.3	-

* n: denemede kullanılan birey sayısı

**SR: Sinerjistik etki oranı

Özellikle *N. californicus* popülasyonlarının toplandığı elma bahçelerinde *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) ve *T. urticae* mücadelesinde sıkça bu akarisitler kullanılmaktadır. Bu nedenle *N. californicus* popülasyonlarının da dolaylı olarak bu akarisitlere maruz kaldığı ve direnç geliştirdiği düşünülmektedir. Akarisitler+sinerjistlerin birlikte uygulanması sonucu *N. californicus* popülasyonlarında belirlenen sinerjistik etki oranları Çizelge 3'de verilmiştir. Spirodiclofen+sinerjist uygulamasında, Gönen ve Esinyurt popülasyonlarında IBP sinerjistinde 1.02 ve 1.33 kat sinerjistik etki belirlenmiştir. Bunun dışında spirodiclofen+ sinerjist uygulamaların tamamında *N. californicus* popülasyonlarında sinerjistik etkiler <1 kat olarak belirlenmiştir. Hexythiazox+sinerjist uygulamalarında ise, tüm *N. californicus* popülasyonlarında DEM sinerjistinin etkisi <1 kat olarak bulunmuştur. Ayrıca Gönen ve Gelendost popülasyonlarında hexythiazox+PBO uygulaması sonucunda sinerjistik etki <1 kat belirlenmiştir. Ancak Esinyurt ve Ağılıköy popülasyonlarında PBO sinerjistik etki oranı sırasıyla 1.26 ve 1.05 kat bulunmuştur. Hexythiazox+IBP uygulamasında *N. californicus* popülasyonlarında 1.00-1.24 kat arasında sinerjistik etki belirlenmiştir. Etoazole+DEM uygulamalarında tüm *N. californicus* popülasyonlarında sinerjistik etki oranları <1 kat olarak bulunmuştur. Hexythiazox+PBO uygulamalarında sinerjistik etki oranları Gelendost ve Ağılıköy popülasyonlarında <1 kat olarak belirlenirken, Gönen ve Esinyurt popülasyonlarında ise 1.37 ve 1.10 kat olarak belirlenmiştir. Etoazole+IBP uygulamalarında ise *N. californicus* popülasyonlarında 1.01-1.35 kat arasında değişen oranlarda sinerjistik etki belirlenmiştir.

Biyokimyasal sonuçlar

Biyokimyasal çalışmalar içerisinde *N. californicus* popülasyonlarının esteraz enzimleri hem elektroforetik hem de kinetik olarak incelenmiştir. Ayrıca *N. californicus* popülasyonlarının GST ve sitokrom P450 enzim aktiviteleri de kinetik olarak belirlenmiştir.

Esteraz, glutathion S-transferaz (GST) ve sitokrom P450 monoksijenaz enzim aktivitesi sonuçları

Neoseiulus californicus popülasyonlarının esteraz, GST ve P450 enzim aktivite sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Esteraz enzimi Esinyurt, Gönen ve Ağılıköy popülasyonlarında sırasıyla 11.05, 10.08 ve 10.03 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein olarak belirlenmiş ve bu üç popülasyon istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almıştır (P<0.05). Gelendost ve hassas popülasyonda ise esteraz enzim miktarı farklı bir istatistik grubu içerisinde değerlendirilmiştir. *N. californicus* popülasyonlarında GST enzim miktarı 2.05-2.62 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein değerleri arasında bulunmuştur. GST enzim miktarı bakımından tüm *N. californicus* popülasyonları istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almıştır (P<0.05). *N. californicus* popülasyonları içerisinde P450 enzim miktarı en yüksek olarak Ağılıköy (0,0426 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein) ve Gönen

(0,0423 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein) popülasyonlarında belirlenmiştir. Esinyurt ve hassas popülasyonlarda ise P450 enzim miktarı sırasıyla 0.0392 ve 0.0398 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein belirlenmiş ve bu iki popülasyon farklı bir istatistiki grubu oluşturmuştur (P<0.05). *N. californicus* popülasyonları içerisinde en düşük P450 enzim miktarı 0.0239 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein değeri ile Gelendost popülasyonunda bulunmuştur. Bu nedenle Gelendost popülasyonu diğer popülasyonlardan farklı bir istatistik grup içerisinde yer almıştır (P<0.05).

Çizelge 4. *Neoseiulus californicus* popülasyonlarının esteraz, GST ve P450 enzim aktiviteleri
Table 4. Esterase, GST and P450 enzymes activities in *Neoseiulus californicus* populations

Popülasyon	Esteraz		GST		P450	
	N*	mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ protein	N*	mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ protein	N*	mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ protein
Gönen	4	10,08 A	4	2,55 A	4	0,0423 A
Esinyurt	4	11,05 A	4	2,12 A	4	0,0392 B
Gelendost	4	8,98 B	4	2,05 A	4	0,0239 C
Ağilköy	4	10,03 A	4	2,62 A	4	0,0426 A
Hassas	4	8,71 B	4	2,25 A	4	0,0398 B

popülasyon

*N: tekerrür sayısı

Poliakrilamid jel elektroforez sonuçları

Neoseiulus californicus popülasyonlarının esteraz enzimleri poliakrilamid jel elektroforez yöntemiyle belirlenmiş ve bantlar şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. *Neoseiulus californicus* popülasyonlarının esteraz bantları (1,2: Esinyurt, 3,4: Gönen, 5,6: Ağilköy, 7,8: Gelendost, 9,10: Hassas)

Figure 1. Esterase zones in populations of *Neoseiulus californicus* (1,2: Esinyurt, 3,4: Gonen, 5,6: Agilkoy, 7,8: Gelendost, 9,10: Susceptible)

N. californicus'un tüm popülasyonlarında esteraz enzimlerinin tek banttıan oluştuğu belirlenmiştir. Esinyurt, Gonen ve Ağilköy popülasyonlarına ait olan esteraz enzim bant kalınlıklarının hassas ve Gelendost popülasyonlarına ait olan bant kalınlıklarına göre daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Özellikle hassas ve Gelendost popülasyonlarına ait olan esteraz enzim bant kalınlıklarının birbirine benzer olduğu görölmektedir.

Esteraz enzim inhibitörü IBP sinerjisti ile esteraz enzimi aktivite sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Esinyurt, Gonen ve Ağilköy popülasyonlarında uygulanan tüm akarisitlerde IBP sinerjistik etki oranının > 1 kat olduğu ve esteraz enzim aktivitelerinin hassas popülasyona göre yüksek olduğu görölmektedir. Bunun yanı sıra esteraz enziminin elektroforetik olarak incelenmesi sonucunda Esinyurt, Gonen ve Ağilköy popülasyonlarına ait esteraz bantlarının da hassas popülasyona göre net bir şekilde kalın olduğu belirlenmiştir. Aksine, Gelendost popülasyonunda ise IBP sinerjistik etki oranının diğer popülasyonlara göre düşük olduğu görölmektedir. Hatta spirodiclofen+IBP uygulanmasında sinerjistik etki oranı < 1 bulunmuştur. Bu sonucu esteraz enzim sonuçları da desteklemektedir. Çünkü esteraz enziminin kinetik ve elektroforetik olarak belirlenmesinde Gelendost popülasyonunun hassas popülasyondan farklı olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan tüm akarisitler için Esinyurt, Gonen ve Ağilköy popülasyonlarında belirlenen direnç oranları Gelendost popülasyonuna göre yüksektir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında esteraz enziminin Esinyurt, Gonen ve Ağilköy popülasyonlarında spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı gelişen dirençte etkili olduğu, ancak Gelendost popülasyonunda bu etkinin görölmediği düşünölmektedir. Farklı doğal düşman türlerinde de bazı pestisitlere karşı direnç gelişiminde esteraz enziminin etkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin, Sayyed et al. (2010), 896 kat deltamethrin dirençli *Chrysoperla carnae* (Neuroptera: Chrysopidae) popülasyonunda esteraz ve monoksigenaz enzim seviyelerinin arttığını belirlemişlerdir. Kumral et al. (2011), *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) ve avcısı *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)'da parathion-methyl direnci, karboksilesteraz enzim seviyesi ve AChE hassasiyetini benzer bulmuşlar ve *Stethorus gilvifrons*'un tarla koşullarında ilaçlara karşı direnç geliştirebileceği belirtilmiştir. Yorulmaz Salman & Ay (2013), 64.04 kat hexythiazox dirençli *N. californicus*'da 2.27 kat esteraz enzim aktivitesi belirlemişlerdir.

P450 monoksigenaz enzim inhibitörü PBO sinerjisti ile yapılan çalışmalarda ise, hexythiazox+PBO uygulamasında Esinyurt ve Ağilköy popülasyonlarında 1.26 ve 1.05 kat; etoxazole+PBO uygulamasında ise Gonen ve Esinyurt popülasyonlarında 1.37 ve 1.10 kat sinerjistik etki belirlenmiştir. PBO sinerjistik etki sonuçları P450 enziminin kinetik olarak belirlenmesi sonucunda elde edilen veriler ile uyum göstermektedir. Çünkü P450 enzim miktarı Gonen ve Ağilköy popülasyonlarında yüksek, Esinyurt popülasyonunda ise hassas popülasyonla benzer bulunmuştur. Bu durumda özellikle Gonen popülasyonunda etoxazole karşı gelişen 11.47 ve Ağilköy popülasyonunda

hexythiazox'a karşı gelişen 8.06 katlık dirençte P450 enziminin esteraz enzimiyle birlikte rol oynadığı düşünülmektedir. Esinyurt popülasyonunda ise her iki akarısitede karşı direnç gelişiminde iki enziminde rol oynadığı, ancak esteraz enziminin etkisinin daha fazla olduğu söylenebilir. Sato et al. (2001), monooksijenaz inhibitörleri olan piperonyl butoxide ve 2-propynyl 2,3,6-trichlorophenyl'in methidathion dirençli *A. womersleyi*'de yüksek derecede sinerjistik etki gösterdiğini ve oksidatif metabolizmasının arttığını ortaya koymuşlardır. Sato et al. (2006) 177 kat methidathion dirençli ve hassas *A. womersleyi*'de monooksijenaz aktivitesinin dirençli popülasyonda hassas popülasyona göre 3.60 kat arttığını belirlemişlerdir. Literatür çalışmamızla benzer şekilde P450 enziminin predatör akaralarda bazı pestisitlere karşı direnç gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir.

GST enzim inhibitörü DEM sinerjisti ile yapılan çalışmalarda ise, spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole akarisitleri için *N. californicus* popülasyonlarının tamamında sinerjistik etki oranı <1 kat olarak belirlenmiştir. GST enziminin kinetik olarak belirlenmesi sonucunda Gönen, Esinyurt, Gelendost ve Ağilköy popülasyonlarına ait enzim miktarları hassas popülasyondan farklı bulunmamıştır. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, *N. californicus*'un elma bahçelerinden toplanan popülasyonlarının tamamında spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole karşı direnç gelişiminde GST enziminin bir rolü olmadığı düşünülmektedir. Booth et al. (2007), tarla ve laboratuvar koşullarında, lambda-cyhalothrin ve dimethoate'nin *Rhopalosiphon padi* (L.) (Hemiptera: Aphidoidea) ve afitin predatörü olan *Micromus tasmaniae* Walker (Neuroptera: Hemerobidae)'de GST enziminin lambda-cyhalothrin ve dimethoate direnç gelişimi üzerine etkisi olmadığını belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, elma bahçelerinden toplanan *N. californicus* popülasyonlarında spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole direnç geliştirdiği belirlenmiştir. *N. californicus* popülasyonlarının zararlı kırmızıörümcek mücadelesinde yaygın kullanılan bu akarisitlere dolaylı olarak maruz kaldıkları ve direnç geliştirdikleri olası bir durumdur. Bazı pestisitlere karşı direnç geliştirmiş bu tür doğal düşmanların entegre mücadele programları içerisinde kullanılabilmesi düşünülmektedir. Ancak tarla koşullarında *N. californicus* popülasyonları hastalık ve zararlılara karşı kullanılan birçok pestisite maruz kalmaktadır. Bu durumda avcı akaralarda gelişen dirençte birçok mekanizma etkili olabilir. Bu nedenle *N. californicus* popülasyonlarında spirodiclofen, hexythiazox ve etoxazole direnç mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için laboratuvar koşullarında ayrıntılı seleksiyon çalışmalarının da yapılmasına ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- Alzoubi S. & S. Çobanoğlu 2008. Toxicity of some pesticides against *Tetranychus urticae* and its predatory mites under laboratory conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural&Environmental Science*, 3(1):30–37.
- Ay R. & M.O. Gürkan 2005. Resistance to bifenthrin and resistance mechanisms of different strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) from Turkey. *Phytoparasitica*, 33: 237-244.
- Auger P., R. Bonafos, S.Kreiter & R. Delorme 2005. A genetic analysis of moncozeb resistance in *Typhlodromus pyri* (Acari:Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 37: 83-91.
- Bonafos R., E. Serrano, P. Auger & S. Kreiter 2007. Resistance to deltamethrin, lambda-cyhalothrin and chlorpyrifos-ethyl in some populations of *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari:Phytoseiidae) from vineyards in the south-west of france. *Crop Protection*, 26: 169–172.
- Booth L.H., S.D. Wratten & P. Kehrli 2007. Effects of reduced rates of two insecticides on enzyme activity and mortality of an aphid and its lacewing predator. *Journal Economic Entomology*, 100(1): 11-19.
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitiv method for the quantitation of microgramm quantities of protein utilizing the principle of protein – dye inding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Bretschneider T., R. Fischer & R. Nauen 2007. Inhibitors of Lipid Synthesis (Acetyl-CoA-Carboxylase Inhibitors), in Modern Crop Protection Compounds. Weinheim Germany, 925 pp.
- Canlas L.J., H. Amano, N. Ochiai & M. Takeda 2006. Biology and predation of the japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae). *System Applied Acarology* 11: 141-157.
- Castagnoli M. & L. Falchin 1993. Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari:Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarina:Phytoseiidae). *Redia* 77: 273-279.
- Castagnoli M. & S. Simoni 1999. Effect of long-term feeding history on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari:Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 23: 217-234.
- Croft B.A., J.S. Blackwood & J.A. McMurtry 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. *Experimental Applied Acarology*, 33: 247–260.
- Çakmak İ., A. Janssen, M. W. Sabelis & H. Başpınar 2009. Biological control of an acarine pest by single and multiple natural enemies. *Biological Control*, 50: 60–65.
- Dekeyser A.M. 2005. Review acaricide mode of action. *Pest Management Science*, 61:103–110.
- Dunley J. E., R.H. Messing & B.A. Croft 1991. Levels and genetics of organophosphate resistance in Italian and Oregon biotypes of *Amblyseius andersoni* (Acari:Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology* 84: 750-755

- 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.
- Gotoh T., A. Tsuchiya & Y. Kitashima 2006. Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 40: 189-204.
- Kazak C., K., Karut, I., Kasap, C., Kibritci & E. Sekeroglu 2002. The potential of the Hatay population of *Phytoseiulus persimilis* to control the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* in strawberry in Silifke-Icel, Turkey. *Phytoparasitica*, 30(5) 451- 458.
- Kim Y.J., S.H. Lee, S.W. Lee & Y.J. Ahn 2004. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Management Science*, 60(10): 1001-1006.
- Kumral N.A., N.S. Gencer, H. Susurluk & C. Yalcin 2011. A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gylvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina:Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 137: 255–268.
- Kuşutan O. & İ. Çakmak 2009. Development, fecundity, and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (McGregor) Fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 19-28.
- LeOra Software 1994. Polo-pc: a user's guide to probit or logit analysis leora software. Berkeley, 28 pp.
- Luh H.K. & B.A. Croft 2001. Quantitative classification of life-style types in predaceous phytoseiid mites. *Experimental Applied Acarology*, 25:403–424.
- McMurtry J.A. & J.G. Rodrigues 1987. Nutritional ecology of phytoseiid mites (Editor: Slanski F. & J.G. Rodrigues, Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates). Wiley Interscience, New York, 609–644.
- McMurtry J.A. & B.A. Croft 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their role in biological control. *Annual Review Entomology*, 42: 291–321.
- Mugo H.M. E.M. El-Banhawy, L.W. Irungu, P.N. Ndegwa & D.N. Mburu 2011. Resistance of predacious mite, *Euseius kenya* (Acari: Phytoseiidae) to chlorpyrifos (Dursban) in kenyan coffee farms. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 13: 53- 59.
- Nauen R., N., Stumpf, A., Elbert, C., Zebitz & P.W. Kraus 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science*, 57: 253-261.
- Nauen R. & G. Smaghe 2006. Rapid report mode of action of etoxazole. *Pesticide Management Science*, 62:379–382.
- Palevsky E., H. Reuveny, O. Okonis & U. Gerson 1999 . Comparative behavioural studies of larval and adult stages of the Phytoseiids (Acarina: Mesostigmata) *Typhlodromus athiasae* and *Neoseiulus californicus*. *Experimental Applied Acarology*, 23:467-485.
- Rauch N. & R. Nauen 2003. Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74: 91-101.

- Rose R.L., R. Barbhaya, G. Rock & E. Hodgson 1995. Cytochrome P450-associated insecticide resistance and the development of biochemical diagnostic assays in *Heliothis virescens*. *Pesticide Biochemical Physiology*, 51: 178–191.
- Sanatgar E., R.V. Shoushtari, A.A. Zamani, M. Arbabi & E.S. Nejadian 2011. Effect of frequent application of hexythiazox on predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias - Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Acade Journal of Entomology*, 4: 94-101.
- Sato E.M., T. Miyata, A. Kawai & O. Nakano 2000. Selection for resistance and susceptibility to methidathion and cross resistance in *Amblyseius wormersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Applied Entomology Zoology*, 35(3): 393-399.
- Sato E.M., T. Miyata, A. Kawai & O. Nakano 2001. Methidathion resistance mechanisms in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 69: 1–12.
- Sato E.M., T. Tanaka & T. Miyata 2006. Monooxygenase activity in methidathion resistant and susceptible populations of *Amblyseius wormersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 39: 13-24.
- Sayyed A.H., A.K. Pahtan & U. Faheem 2010. Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pesticide Biochemical and Physiology*, 98: 325–332.
- Sekeroglu E. & C. Kazak 1993. First record of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in Turkey. *Entomophaga*, 38(3) 343-345.
- Stenseth C. 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Entomophaga*, 249: 311-317.
- Stumpf N. & R. Nauen 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 72: 111-121.
- Tirello P., A. Pozzebon & C. Duso 2012. Resistance to chlorpyrifos in the predatory mite *Kampimodromus aberrans*. *Experimental Applied Acarology*, 56: 1–8.
- Winer B.J., D.R. Brown & K.M. Michels 1991. *Statistical Principles in Experimental Design*. ISBN 0-07-070982-3, New York 552 p.
- Van Leeuwen T., V. Stillatus & L. Tirry 2004. Genetic analysis and cross-resistance spectrum of a laboratory-selected chlorfenapyr resistant strain of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 32: 249–261.
- Van Pottelberge S., T. Van Leeuwen, J. Khajehali & L. Tirry 2009. Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spiroticlofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science*, 65: 358–366.
- Yamamoto A., H. Yoneda, R. Hatano & M. Asada 1996. Realized heritability estimates of hexythiazox resistance in the citrus red mite *Panonychus citri* (McGregor). *Journal of Pesticide Science*, 21: 43-47.
- Yorulmaz S. & R. Ay 2012. Isparta ili elma bahçelerinden toplanan avcı akar *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının bazı akarisitlere karşı direnç düzeyleri ve direnç mekanizmaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2): 122-132.

- Yorulmaz Salman S. & R. Ay 2013. Analysis of hexythiazox resistance mechanisms in laboratory selected predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Turkish Journal of Entomology*, 37(4):409-422.
- Zhang Z.Q. 2003. Mites of Greenhouses: Identification, Biology, and Control. CAB Publishing, Wallingford, Oxon, 112pp.