

Farklı Bölgelerden Toplanan *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Popülasyonlarının Bazı Akarisitlere Direnç Oranları, Esteraz ve GST Enzim Aktiviteleri

Ayşegül KARABIYIK¹  Recep AY¹ ¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü ISPARTA -TÜRKİYE

Öz

Tetranychus urticae sebzeler, süs bitkileri, elma, pamuk gibi bitkilerde ekonomik kayıp oluşturan en önemli zararlı türlerden biridir. Üreticiler bu türün mücadelesinde genellikle kimyasal mücadeleyi tercih etmektedirler. *T. urticae* yılda verdiği döl sayısının fazla olması ve yüksek üreme kapasitesi nedeniyle kullanılan akarisitlere karşı direnç geliştirmektedir. Bu tür farklı bölgelerde farklı akarisit uygulamalarına maruz kalmaktadır. Bu nedenle direnç gelişimi ve detoksifikasyon mekanizmaları bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada Isparta, Antalya ve Aydın illerinde bulunan seralardan alınan 3 *T. urticae* popülasyonunun abamectin, bifenazate ve acequinocyl'e direnç oranları ilaçlama kulesi-yaprak disk metodu ile belirlenmiştir. Hassas popülasyon (GSS), Isparta, Antalya ve Aydın illerinden toplanan popülasyonların LC₅₀ değerleri abamectin için sırasıyla 0.07, 0.02, 1.31 ve 2.34 mg a.i./l, bifenazate için 1.35, 1.59, 5.68 ve 6.64 mg a.i./l ve acequinocyl için 2.70, 8.48, 6.81 ve 11.65 mg a.i./l olmuştur. Bu popülasyonların naftil asetat ile esteraz enzim ve 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) ile glutatyon S-transferazlar (GST) enzim aktiviteleri kinetik olarak mikroparka okuyucuda bulunmuştur. Esteraz enzimi GSS, Isparta, Antalya ve Aydın ili popülasyonlarında sırasıyla 5.03, 9.30, 6.90 ve 1047 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein ve GST enzimleri de 7.24, 6.03, 6.54 ve 7.21 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein olmuştur. Popülasyonların LC₅₀ değerleri, esteraz ve GST enzim aktiviteleri bölgelere göre değişiklik göstermiştir.

Article Info

Received:28.03.2025

Accepted:23.05.2025

Anahtar Kelimeler

Akarisit
Esteraz
GST
Tetranychus urticae

Resistance Rates to Some Acaricides, Esterase and GST Enzyme Activities of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) Populations Collected from Different Regions

Abstract

Tetranychus urticae is one of the most important pest species that cause economic losses in vegetables, ornamental plants, apples and cotton. Farmers generally prefer chemical control in the control of this species. *T. urticae* develops resistance to commonly used acaricides due to its high number of offspring per year and high reproductive capacity. This species is also exposed to various acaricide applications in different regions. Therefore, resistance development and detoxification mechanisms vary according to different regions. In this study, resistance ratios of 3 *T. urticae* populations collected from greenhouses in Isparta, Antalya and Aydın provinces to abamectin, bifenazate and acequinocyl were determined by spray tower-leaf disc method. The LC₅₀ values of the populations collected from susceptible population (GSS), Isparta, Antalya and Aydın were 0.07, 0.02, 1.31 and 2.34 mg a.i./l for abamectin, 1.35, 1.59, 5.68 and 6.64 mg a.i./l for bifenazate and 2.70, 8.48, 6.81 and 11.65 mg a.i./l for acequinocyl, respectively. The activities of esterase enzyme with α -naphthyl acetate and glutathione S-transferases (GST) with 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) of these populations were found kinetically in a microplate reader. Esterase enzymes were 5.03, 9.30, 6.90 and 1047 mOD min⁻¹ mg⁻¹ proteins and GST enzymes were 7.24, 6.03, 6.54 and 7.21 mOD min⁻¹ mg⁻¹ proteins in the populations of GSS, Isparta, Antalya and Aydın provinces, respectively. LC₅₀ values, esterase and GST enzyme activities of the populations varied according to the regions.

Keywords

Acaricide
Esterase
GST
Tetranychus urticae

 Corresponding Author
recepay@isparta.edu.tr

Giriş

Tarımsal ürünlerinin üretimi sırasında en önemli sorunlarından birisi ekonomik kayıp oluşturan zararlı türleri ve bunların savaşıdır. *T. urticae* Koch (iki noktalı kırmızı örümcek) (Acari: Tetranychidae) dünyada birçok tarım ürünüde verim ve kalite kaybına neden olan önemli bir zararlıdır (Helle ve Sabelis, 1985). Bugüne kadar, bu zararlı için dünya genelinde sera ve tarlada üretilen ürünlerde 1271 konukçu bitki türü kaydedilmiştir (Migeon ve Dorkeld, 2007). Nimf ve erginleri konukçu bitkilerde bitki özsuğunu emerek önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Sances vd., 1982). Sahip oldukları biyolojileri ve kullanılan akarisitlere kısa sürede direnç geliştirmeleri nedeniyle, tarımsal üretim’de mücadelesi en zor zararlılardan birisidir (Van Leeuwen vd., 2010; Dittmann ve Schausberger, 2017; Chen vd., 2022).

Tetranychus urticae, konukçu bitki ve çevresel koşullar uygun olduğunda yılda birden fazla döl verebilmektedir (Tirello vd., 2012; Sandeepa vd., 2019). *T. urticae* bu özellikleri nedeniyle farklı ekolojik koşullara adapte olabilmekte ve dünya üzerinde dağılım göstermektedir (Migeon ve Dorkeld, 2007). Bu zararlının olduğu agroekosistemlerde farklı zararlılar da bulunmaktadır. Farklı agroekosistemler’de aynı bitkiler yetiştirilse bile ekolojiye göre zararlı tür kompozisyonu ve uygulanan mücadele yöntemleri de değişmektedir. Ülkemizde olduğu gibi dünyada da zararlıların mücadelesinde genellikle kimyasal mücadele yöntemleri tercih edilmektedir (Attia vd., 2013; Ay vd., 2024). Zararlı türlerin yoğunluğu ve zarar oranları bölgelere göre değişmektedir. Dolayısı ile kullanılan pestisitlerin kullanım sıklığı da bölgelere göre değişmektedir.

Çalışmada Isparta, Antalya ve Aydın ilinde bulunan seralardan toplanan birer *T. urticae* popülasyonun abamectin, bifenazate ve acequinocyl’e gösterdikleri direnç oranları, glutatyon S-transferazlar ve esteraz enzim aktivite düzeyleri incelenmiştir. Bu çalışmada kullandığımız *T. urticae* örneklerini topladığımız 2023 yılında Antalya’da kullanılan toplam pestisit miktarı 4 460 580 kg-lt, Aydın’da 1 980 194 kg-lt ve Isparta’da 1 424 769 kg-lt’dir (Anonim, 2023). Bu illerde ekilen tarım alanlarının büyüklükleri ve yetiştirilen kültür bitkileri arasında farklılıklar vardır. Bu nedenle kullanılan pestisit miktarları arasında da önemli farklılıklar görülmektedir.

Çalışmada kullanılan Abamectin avermektin B1a ve B1b’den oluşan ve merkezinde bir makrosiklik lakton bulunan kompleks bir yapıya sahiptir. Nörotoksik mekanizması, gama-aminobütirik asit (GABA) ve glutamat (GluCl) tarafından düzenlenen klorür kanallarını bozar, akar ve böceklerde sinirlerin aşırı uyarımına ve ardından felce neden olur (Quintela vd., 2025). Bifenazate ve acequinocyl kontak etkili akarisitlerdir (Cloyd, 2010). Acequinocyl ve bifenazate böcek ve akarlarda mitokondriyal kompleks III’ü inhibe ederek hücreler tarafında enerji kullanımını engeller (Van Nieuwenhuysse vd., 2009; Van Leuween vd., 2015; IRAC, 2025).

Bu çalışma farklı ekolojik koşullara sahip üç ilden alınan iki noktalı kırmızı örümcek *T. urticae* popülasyonu üç farklı akarisit direnç oranları ve esteraz ve GST enzim aktiviteleri arasındaki fark incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini Isparta, Antalya ve Aydın illerinden toplanan *T. urticae* popülasyonları (Tablo 1) ve acequinocyl, bifenazate, abamectin aktif maddeli akarisitler oluşturmuştur. Çalışmada tarla popülasyonlarının direnç oranlarını belirlemek için uzun süredir akarisit uygulamadan üretimi devam ettirilen hassas *T. urticae* (GSS) popülasyonu kullanılmıştır. Bu popülasyon 2001 yılında Rothamstad Experimental Station (İngiltere)’dan elde edilmiştir ve 1964 yılından bu yana pestisit uygulanmayan bir ortamda yetiştirilmektedir. Çalışmada acequinocyl’in SC formülasyonu (156 g/L, kanemite, Sumi Agro), bifenazate’nin SC formülasyonu (240 g/L, floromite, Hektaş) ve abamectin’in EC formülasyonu (18 g/L, Agrimec, Syngenta) kullanılmıştır.

Tetranychus urticae popülasyonları 26±2 °C sıcaklıkta %60±5 orantılı nem ve 16 saat aydınlık, 8 saatlik karanlık koşullarda barbunya bitkileri üzerinde üretilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan *Tetranychus urticae* popülasyonlarının özellikleri.

Toplanan İl	Toplanan İlçe	Konukçu Bitki	Ortam	Toplandığı Tarih
Antalya	Kumluca	Fasulye	Sera	15.09.2023
Isparta	Merkez	Barbunya	Sera	25.08.2023
Aydın	Germencik	Biber	Sera	29.04.2024

Biyoassay çalışmaları

Acequinocyl, bifenazate ve abamectin aktif maddeli akarisitler kırmızı örümceklerin yumurta, larva, nimf ve ergin evrelerinde etkilidirler. Çalışmada bu akarisitler ergin dişi bireylere uygulanmıştır. *T. urticae*'de akarisitlerin LC değerlerini belirlemek için ön çalışmalarla popülasyonlarda en yüksek ölüm (% 90-99) veren konsantrasyonlar belirlenmiştir. En yüksek konsantrasyon her seferinde ½ oranında saf su ile seyreltilerek en az 6 konsantrasyon serisi elde edilmiştir. Bu konsantrasyonlar popülasyonlarda % 10 ve % 90-99 ölüm verecek şekilde belirlenmiştir. Çalışma üç tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür.

Akarisitlerin uygulanması için deneme petrilere hazırlanmıştır. Bunun için öncelikle 6 cm çapındaki petrilere tabanına pamuk yerleştirilmiştir ve sonra saf su ile pamuk ıslatılmıştır. Petri kabı içindeki ıslak pamuğun üzerine 4 cm çapında barbunya yaprağı diski alt yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Yaprak disklerin üzerine yaklaşık 20-25 ergin dişi birey stereo mikroskop yardımıyla bir fırça ile aktarılmıştır. Bu petrilere ilaçlama kulesi ile akarisitlerin hazırlanan konsantrasyonlarının 2 ml'si (kontrole sadece saf su) 1 bar basınç altında püskürtülmüştür. Akarisit uygulanmış petrilereki yaprak diskler 30 dk. kurutulmaya bırakılmış ve daha sonra 26 ± 2°C sıcaklık, % 60±5 nem ve 16:8 aydınlık: karanlık olan akar üretim odasına bırakılmıştır. Ölü ve canlı bireylerin belirlenmesi akarisit uygulamasından 48 sa. sonra yapılmıştır. POLO bilgisayar paket programın (LeOra Software, 1994) ile ölüm verilerinden yararlanılarak popülasyonların LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri belirlenmiştir. Sera popülasyonlarının LC₅₀ değeri GSS popülasyonun LC₅₀ değerine bölünerek direnç oranları belirlenmiştir. Direnç oranları (RR) Koh et al (2009) 'ye göre şu şekilde sınıflandırılmıştır: düşük direnç, RR≤10; orta direnç, 10<RR≤40; yüksek direnç, 40<RR≤160; çok yüksek direnç, 160<RR.

Biyokimyasal çalışmalar

Tetranychus urticae popülasyonlarında esteraz enzimi aktivitesinin belirlenmesi

Esteraz aktivitesinin incelenmesinde substrat olarak α-naftil asetat (α-NA) kullanılarak, mikrolaka okuyucuda Stumpf ve Nauen, (2002)'in uyguladıkları yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla 20 adet dişi birey 100 µl (0.1M, pH 7.5 ve % 0.1 Triton X-100 içeriyor) sodyum fosfat buffer içinde eppendorf tüplerde ezilerek homojenize edilmiştir ve daha sonra 10 kat sulandırılmıştır. Bu homojenat santrifüj'de + 4 °C' de 5 dk. 10000 g'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen supernatant enzim kaynağı olarak kullanılmıştır. Düz tabanlı 96 hücreli mikrolakanın her bir hücrelerine 25 µl supernatant, 25 µl 0.2 M (pH 6) fosfat buffer eklenmiştir. Reaksiyon başlatmak için 200 µl substrat solüsyonunun eklenmiştir. Substrat solüsyonu 15 mg Fast blue RR'nin 25 ml 0.2 M sodyum fosfat buffer' da çözülmesi ve 250 µl 100 Mm α-NA in ilave edilmesiyle oluşturulmuştur. Enzim aktivitesi mikrolaka okuyucuda (Versamax mikrolaka okuyucu, Molecular Devices) 450 nm' de 23 °C'de 10 dakika kinetik olarak belirlenmiştir. Kontrol hücrelerine homojenat konmadan okuma yapılmıştır. Çalışma dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Tetranychus urticae popülasyonlarında GST enzimi aktivitesinin belirlenmesi

Akar örneklerinde GST enzim aktivitesinin ölçülmesinde Stumpf ve Nauen,(2002)' in kullandıkları yöntem uygulanmıştır. Bunun için 50 *T. urticae* ergin dişisi 500 µl Tris HCL buffer (0.05M, pH 7.5) içeren eppendorf tüplerde homojenize edilmiştir. Ba homojenatlar santrifüjde + 4 °C' de 5 dk. 10000 g'de santrifüj edilmiştir. *T. urticae* popülasyonlarının GST enzim aktivitelerinin belirlenmesi için düz tabanlı 96 hücreli mikrolakanın her bir hücrelerine 100 µl homojenat, 100 µl CDNB ve 100 µl reduced glutathione (GSH) eklenmiştir. CDNB etanolde (% 0.1) çözündürülmüştür ve final konsantrasyonunda 0.4 mM CDNB olması

sağlanmıştır. GSH tris HCL bufferda çözölmüş ve final konsantrasyonunda 4 mM GSH olması sağlamıştır. GST enzim aktivitesi mikropilaka okuyucuda (Versamax mikropilaka okuyucu, Molecular Devices) 340 nm de 25 °C de 5 dk' da fotometrik olarak okunmuştur. Kontrol hücrelerinde homojenat eklenmemiştir, CDNB ve GSH eklenerek okuma yapılmıştır. Denemeler 4 tekerrürlü olarak yürütölmüştür.

Esteraz ve GST enzim aktivitelerinin toplam protein miktarının belirlenmesinde Bradford (1976) yöntemi kullanılmıştır. Her bir popölasyon için enzim aktivitelerinin istatistiksel analizi SPSS versiyon 23.0 paket programı kullanılarak ANOVA ile analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır ($P < 0.05$).

Bulgular ve Tartışma

Biyoassay çalışma sonuçları

Farklı bölgelerden toplanmış *Tetranychus urticae* popölasyonlarının LC₅₀ değeri bölge ve akarisitlere göre değişmiştir (Tablo 2, 3 ve 4).

Tablo 2'de göröldüğü gibi abamectin için *T. urticae*'nin GSS, Isparta, Antalya ve Aydın popölasyonlarının LC₅₀ değeri sırasıyla 0.07, 0.02, 1.31 ve 2.34 mg a.i./l olmuştur. LC₅₀ değeri popölasyonlara göre önemli değişiklikler göstermiştir. GSS popölasyona göre Isparta popölasyonu düşük bir LC₅₀ değerine sahipken, Antalya ve Aydın popölasyonlarının direnç oranları 18.71 ve 33.43 kat bulunmuştur. Abamectin LC₅₀ güven aralıklarına göre popölasyonlar birbirinden önemli derecede farklılık göstermiştir ($P < 0.05$).

Tablo 3 incelendiğinde bifenazate'e *T. urticae*'nin GSS, Isparta, Antalya ve Aydın popölasyonlarının LC₅₀ değeri sırasıyla 1.35 1.59, 5.68 ve 6.64 mg a.i./l olmuştur. Bifenazate LC₅₀ değeri popölasyonlara göre önemli değişiklikler göstermiştir. En küçük LC₅₀ değeri Isparta popölasyonunda gözlemlenirken, onu Antalya ve Aydın popölasyonlarının LC₅₀ değeri izlemiştir. GSS popölasyonuna göre Isparta popölasyonu bifenazate 1.18, Antalya popölasyonu 4.21, Aydın popölasyonu 4.92 kat direnç göstermiştir. Bifenazate LC₅₀ güven aralıklarına göre Antalya ve Aydın popölasyonları arasında önemli bir farklılık yokken, bu popölasyonlar Isparta popölasyonunda önemli derecede farklı olmuştur ($P < 0.05$).

Tablo 4 incelendiğinde acequinocyl'e *T. urticae*'nin GSS, Isparta, Antalya ve Aydın popölasyonlarının acequinocyl LC₅₀ değeri sırasıyla 2.70, 8.48, 6.81 ve 11.65 mg a.i./l olmuştur. GSS popölasyona göre Isparta popölasyonu acequinocyl'e 3.14, Antalya popölasyonu 2.52, Aydın popölasyonu 4.31 kat direnç göstermiştir. Acequinocyl LC₅₀ güven aralıklarına göre sera popölasyonlarının LC₅₀ değeri arasında önemli bir fark yoktur ($P > 0.05$). Ancak Acequinocyl LC₅₀ güven aralıklarına göre bütün sera popölasyonun LC₅₀ değeri, hassas GSS popölasyonun LC₅₀ değerinden önemli derecede farklı olmuştur ($P < 0.05$).

Tablo 2. *Tetranychus urticae* popölasyonlarının abamectin'e göstermiş oldukları biyoassay sonuçları.

Popölasyon	n	Eğim±SD	X ² /SD	LC ₅₀ (mg a.i./l) (GA %95)	LC ₉₀ (mg a.i./l) (GA %95)	RR
GSS	521	1.91±0.18	2.96/4	0.07 0.06-0.09	0.34 0.27-0.47	0.29 18.71 33.43
Isparta	412	2.88±0.36	7.43/4	0.02 0.01-0.03	0.06 0.04-0.14	
Antalya	1097	2.10±0.25	15.09/8	1.31 0.90-1.72	5.38 3.72-11.02	
Aydın	527	2.02±0.25	2.846/4	2.34 1.78-2.91	10.38 7.71-15.56	

n:Denemede kullanılan birey sayısı; X²: ki kare değeri; S.D: serbestlik derecesi; G.A: Güven aralığı; a.i.; aktif madde; RR: Tarla popölasyonlarının LC₅₀ değeri /Hassas GSS popölasyonu LC₅₀ değeri.

Tablo 3. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının bifenazate'e göstermiş oldukları biyoassay sonuçları.

Popülasyon	n	Eğim±SD	X2/SD	LC50 (mg a.i./l) (GA %95)	LC90 (mg a.i./l) (GA %95)	RR
GSS	419	2.70±0.30	1.93/4	1.35 1.07-1.64	4.04 3.26-5.35	
Isparta	480	2.66±0.28	6.12/4	1.59 1.03-2.16	4.81 3.45-8.27	1.18
Antalya	419	3.07±0.35	1.79/3	5.68 4.69-6.69	14.88 12.24-19.46	4.21
Aydın	401	2.64±0.48	2.38/4	6.64 4.75-8.38	20.29 15.21-33.96	4.92

n : Denemede kullanılan birey sayısı; X2: ki kare değeri; S.D: serbestlik derecesi; G.A: Güven aralığı; a.i.; aktif madde; RR: Tarla popülasyonlarının LC50 değeri /Hassas GSS popülasyonu LC50 değeri.

Tablo 4. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının acequinocyl'e göstermiş oldukları biyoassay sonuçları.

Popülasyon	n	Eğim±SD	X2/SD	LC50 (mg a.i./l) (GA %95)	LC90 (mg a.i./l) (GA %95)	RR
GSS	447	2.99±0.39	2.72/4	2.70 2.17-3.20	7.25 5.91-9.77	
Isparta	683	2.49±0.31	10.12/6	8.48 5.26-11.24	27.75 20.72-46.62	3.14
Antalya	485	2.01±0.22	2.95/4	6.81 5.22-8.57	29.66 22.29-43.92	2.52
Aydın	476	3.09±0.48	4.97/4	11.65 6.97-15.44	30.31 22.30-58.62	4.31

n : Denemede kullanılan birey sayısı; X2: ki kare değeri; S.D: serbestlik derecesi; G.A: Güven aralığı; a.i.; aktif madde; RR: Tarla popülasyonlarının LC50 değeri /Hassas GSS popülasyonu LC50 değeri.

Biyokimyasal çalışma sonuçları

Tetranychus urticae GSS, Isparta, Antalya ve Aydın popülasyonlarının esteraz enzim aktiviteleri sırasıyla 5.03, 9.30, 6.90 ve 10.47 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein olmuştur. Esteraz aktivitesi en az Antalya, en fazla ise Aydın popülasyonunda olmuştur. Hassas GSS popülasyonuna göre Antalya popülasyonun esteraz enzim aktivitesi 1.37 kat, Isparta popülasyonunki 1.85 kat ve Aydın popülasyonunki 2.08 kat olmuştur. Her üç tarla popülasyonun esteraz enzim aktivitesi hassas popülasyonun esteraz enzim aktivitesinden istatistiki olarak önemli derecede yüksek çıkmıştır (P<0.05). Isparta ve Aydın illerinden toplanan popülasyonların enzim aktiviteleri de birbiri ile aynı seviyede olurken, Antalya popülasyonundan önemli derecede farklı çıkmıştır (P<0.05)(Tablo 5).

Tetranychus urticae GSS, Isparta, Antalya ve Aydın popülasyonlarının GST enzim aktiviteleri sırasıyla 7.24,6.03,6.54 ve7.21 mOD min⁻¹ mg⁻¹ protein olmuştur. Hassas GSS; Antalya ve Aydın popülasyonların GST enzim aktivitesi hassas popülasyonla istatistiki olarak aynı seviyede çıkarken, Isparta popülasyonun GST aktivitesi hassas GSS ve Aydın popülasyonuna göre daha az olmuştur (P<0.05) (Tablo 5).

Tablo 5. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının esteraz ve GST enzim aktiviteleri.

Popülasyon	Esteraz mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ proteins	R/S	GST mOD min ⁻¹ mg ⁻¹ proteins	R/S
GSS	5.03±0.08 c		7.24±0.21 a	
Isparta	9.30±0.23 a	1.85	6.03±0.16 b	-
Antalya	6.90±0.32 b	1.37	6.54±0.18 ab	-
Aydın	10.47±0.44 a	2.08	7.21±0.19 a	-

R/S: Sera popülasyonlarının enzim aktivitesi/ Hassas GSS popülasyonun enzim aktivitesi, .

Tarımsal üretimde zararlılarla savaşmada en çok tercih edilen savaşım yöntemi hala kimyasal savaşımdır. Bu savaşım yönteminin birçok olumsuz yönleri vardır. Bunlardan birisi de kırmızı örümcekler, yaprakbitleri, beyazsinek ve tripsler gibi yılda çok döl veren zararlı türlerin kullanılan insektisitlere/akarisitlere direnç geliştirmesidir (Ünal Bahşi vd., 2012; Çağatay vd. 2018; Kamış ve Dağlı, 2022; Demiröz ve Atış, 2023). Ancak her bölgede zararlı türlerin maruz kaldığı kimyasal uygulamalar farklı olduğu için seleksiyonları da farklı olabilmektedir. Üç farklı ekolojik koşula sahip ilden toplanan *T. urticae*

popülasyonun abamectine tepkileri birbirinden farklı olmuştur. Tarımsal üretim sırasında yoğun pestisit kullanılan Aydın ve Antalya popülasyonları abamectine orta direnç göstermiştir. Ancak en çok pestisit kullanıldığı Antalya ilinden toplanan *T. urticae* popülasyonu, daha az pestisit kullanılan Aydın ilinden toplanan popülasyonuna göre daha az bir direnç göstermiştir ve LC₅₀ güven aralıklarına göre aradaki fark önemli olmuştur. Diğer illere göre daha az pestisit kullanılan Isparta ilinden toplanan *T. urticae* popülasyonunda ise abamectine hassas GSS popülasyonundan daha duyarlı olmuştur. Ay (2006)'ın Antalya ili örtüaltı sebzelerinde topladığı 5 adet *T. urticae* popülasyonunun direnç oranı 1.07-1.82 kat arasında değişmiştir. Sökeli vd. (2007) Isparta elma bahçelerinden topladıkları 9 adet *T. urticae* popülasyonunda abamectin'e <1-1.4 kat arasında direnç oranı belirlemişlerdir. Yorulmaz Salman ve Kaplan (2014) Isparta'dan domates seralarından topladıkları *T. urticae* popülasyonlarının abamectin'e 8.36-25.26 kat direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Turan vd. (2016) Antalya ili kavun seralarından topladıkları 20 adet *T. urticae* popülasyonunun direnç oranının 8.44-26.56 kat arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu literatür verilerine göre 2000'li yılların başında Isparta ve Antalya popülasyonlarında belirlenen abamectin direnç oranları sonraki çalışmalarda artmıştır. Bizim Antalya ilinden aldığımız popülasyonun sonucu literatür sonuçları ile uyumludur. Ancak Isparta popülasyonu abamectine hassas popülasyondan da daha duyarlı bulunmuştur. Bunun nedeni Isparta popülasyonu daha az akarisit baskısına maruz kalmış olabilir veya farklı bir etki mekanizmasına sahip akarisitler uygulanmış olabilir.

Popülasyonların bifenazate duyarlılık düzeyleri de farklı olmuştur. Isparta ili popülasyonunun bifenazate duyarlılık durumu LC₅₀ güven aralıklarına göre hassas popülasyon ile benzer olmuştur. Aydın ile Antalya ili popülasyonlarının direnç oranları LC₅₀ değeri güven aralığına göre benzer bulunmuştur. Altıok (2012) Antalya ilinden topladığı 10 *T. urticae* popülasyonunun bifenazate direnç oranının <1-1.32 kat arasında değiştiğini bulmuştur. Demirci (2023) Antalya ili örtü altı sebzelerinden topladığı 8 adet *T. urticae* popülasyonunun 4 adedinin bifenazate karşı düşük direnç oranına (1.7-5.5 kat), 2 adedinin orta direnç oranına (21.2-32.7 kat), 3 adedinin 'de çok yüksek direnç oranına sahip olduğunu belirtmiştir.

Her üç ilden de toplanan *T. urticae* popülasyonları acequinocyl'e hassas GSS popülasyonuna göre düşük oranda direnç göstermiştir. Ancak LC₅₀ güven aralığına göre sera popülasyonları acequinocyl'e benzer tepki göstermiştir. Altıok (2012) Antalya ilinden topladığı 10 *T. urticae* popülasyonunun acequinocyl direnç oranının 1.24-2.54 kat arasında değiştiğini belirtmiştir. Demirci (2023) Antalya ili örtü altı sebzelerinden topladığı 8 adet *T. urticae* popülasyonunun 24 saatlik acequinocyl LC₅₀ değerine göre 5 popülasyonunun düşük direnç oranı (1.57-6.5 kat), 1 popülasyonunun orta direnç oranı (10.5 kat), 2 popülasyonunda çok yüksek direnç oranı (153.4-257.2 kat) gösterdiğini belirtmiştir.

Popülasyonların esteraz ve GST enzim aktiviteleri incelendiğinde, esteraz enzimi aktivitesi her üç ilin popülasyonunda da hassas GSS popülasyonuna göre yüksek çıkmıştır. GST enzim aktivitesi ise Aydın, Antalya ve GSS popülasyonu da istatistiki olarak aynı seviyede, Isparta popülasyonunda is daha düşük olmuştur. Bugüne kadar tanımlanan insektisit/akarisit ana direnç mekanizmaları ya insektisit hedefli bölgelerde nokta mutasyonu ve/veya daha etkili detoksifikasyon mekanizmalarını içermektedir (Van Leeuwen vd., 2010; Montella vd., 2012). Metabolik direnç olarak da bilinen ikincisi, temel olarak üç ana enzim ailesinin (esterazlar (EST), glutatyon-S-transferazlar ve sitokrom P450 süper enzim ailesi) ekspresyonu veya aktivitesindeki artış nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Montella vd., 2012). Mutant esterazları, böcekler ve akarlarda organikfosforlu, karbamatlı ve sentetik piretroidli insektisitlere karşı hedef bölge ve/veya metabolik dirençle sıklıkla ilişkilendirilmiştir (Montella vd., 2012). *T. urticae*'de Ay ve Gürkan (2005) bifenthrin direnci ile, Yorulmaz-Salman ve Sarıtaş (2014) acequinocyl direnci ile esteraz enzimi arasında ilişki bulmuştur. Rauch ve Nauen (2003) spirodiclofen ile selekte ettikleri *T. urticae* popülasyonunda esteraz, GST ve P450 enzim aktivitelerinin arttığını bildirmişlerdir. Arthropod'larda GST'ler, kimyasalların doğrudan metabolizması veya sekestrasyonu yoluyla, aynı zamanda insektisit maruziyetinin neden olduğu oksidatif strese karşı koruma sağlayarak dolaylı olarak direnç kazandırır. Bugüne kadar, GST aktivitesi tüm ana insektisit sınıflarına karşı direnç ile ilişkilendirilmiştir (Pavlidis vd., 2018).

Yapılan bu çalışmada farklı bölgelerden toplanan *T. urticae* popülasyonların akarisitlere farklı tepki göstermiştir, esteraz enzimi ve GST enzim aktiviteleride popülasyonlara göre farklı bulunmuştur. Bu sonuçlar farklı ekolojik koşullara sahip ilerde üreticilerin farklı akarisitleri tercih ettiklerini ve farklı sıklıkta akarisit uyguladıklarını göstermektedir. Bu nedenle farklı akarisit uygulamasına maruz kalan popülasyonlarda da farklı detoksifikasyon mekanizmalarının gelişmelerine neden olduğunu işaret etmektedir. Ancak kesin kaniya varmak için daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç

Sonuç olarak *T. urticae* popülasyonlarının aynı bölge toplandıklarında bile akarsitlere gösterdikleri tepkiler ve detoksifikasyon enzim aktiviteleri arasında farklılıklar olmaktadır. Bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre de *T. urticae* popülasyonlarının farklı bölgelerde farklı akarsitlere maruz kalması, akarsitlerin farklı sıklıkta uygulanması nedeniyle akarsitlere duyarlılıkları ve detoksifikasyon enzim aktiviteleri de farklı olmuştur. Direnç yönetim programları oluşturulurken bu durumun dikkate alınmasında yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209 A projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Ayşegül KARABIYIK deneyleri yapmıştır, sonuçları analiz etmiştir, makalenin ilk halini yazmıştır. Recep AY yöntemleri belirlemiştir, makalenin son halini gözden geçirmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada çıkar çatışması yoktur.

Etik Kurul Onayı

Etik Kurul onayına gerek yoktur.

Kaynaklar

- Altıok, Y. (2012). Antalya ili örtü altı sebze üretim alanlarında zararlı olan *Tetranychus urticae* Koch.(Acari: Tetranychidae)'nin bazı akarisitlere karşı duyarlılık düzeylerinin incelenmesi (Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim (2023). İl Düzeyinde Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanım (Zirai Mücadele Uygulamalarında) Miktarları https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Koruma_Urunleri/Istatistik/Il_Duzeyinde_BKU_Kullanim_Miktar_2023.pdf (Erişim Tarihi:03.03.2025)
- Attia, S., Grissa, K. L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., & Mailleux, A. C. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of Pest Science*, 86, 361-386.
- Ay, R. (2006). Antalya İli Örtüaltı Sebze Üretim Alanlarında Zararlı Olan *Tetranychus urticae* Koch Popülasyonlarının Bazı Akarisitlere Karşı Tepkileri. *A.Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (3) 301-306. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000466
- Ay, R., & Gürkan M. O. (2005). *Tetranychus urticae* Koch (Acari Tetranychidae)'nin değişik popülasyonlarının iki selektif akarSITE karşı duyarlılıkları ve duyarlılık mekanizmaları üzerinde araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11, 217-223.
- Ay, R., Çevik, B., & Alsay, S. (2024). The roles of the biochemical and molecular changes in resistance of *Tetranychus urticae* populations selected with spiromesifen+ abamectin mixture. *Systematic and Applied Acarology*, 29(1), 30-44.
- 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.
- Chen, J. C., Ma, Z. Z., Gong, Y. J., Cao, L. J., Wang, J. X., Guo, S. K., Hoffman A. A., & Wei, S. J. (2022). Toxicity and control efficacy of an organosilicone to the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and its crop hosts. *Insects*, 13(4), 341. <https://doi.org/10.3390/insects13040341>

- Cloyd, R. A. (2010). Pesticide mixtures and rotations: Are these viable resistance mitigating strategies. *Pest Technology*, 4(1), 14-18.
- Çağatay, N. S., Menault, P., Riga M., Vontas, J., & Ay, R. (2018). Identification and characterization of abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch populations from greenhouses in Turkey. *Crop Protection*. 112: 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.016>
- Demirci, B. (2023). Bazı *Tetranychus urticae* koch (Acari: Tetranychidae) popülasyonlarında acequinocyl direnci ve direnç mekanizmalarının belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi)
- Demiröz, D., & Atış, A. E. (2023). Resistance status in *Myzus persicae* (Sulzer, 1776)(Hemiptera: Aphididae) populations against single and mixture of neonicotinoid and synthetic pyrethroid insecticides. *Turkish Journal of Entomology*, 47(2), 167-174.
- Dittmann, L., & Schausberge, P. (2017). Adaptive aggregation by spider mites under predation risk, *Scientific Reports* 7, 10609.
- Helle, W., & Sabelis, M. W. (1985). Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam, 545p.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). (2025). The irac mode of action classification online. Erişim: <https://irac-online.org/mode-of-action/classification-online/> (Erişim Tarihi: 3.3.2025)
- Kamış, B., & Dağlı F. (2022). Widespread and high levels of resistance to spinosad and spinetoram in *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) populations of Antalya Province (Türkiye). *Turkish Journal of Entomology*, 46(4), 407-420.
- Migeon, A., & Dorkeld F. (2007). Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Accessed Date: 3.2.2011)
- Montella, I. R., Schama, R., & Valle, D. (2012). The classification of esterases: an important gene family involved in insecticide resistance-A review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 107, 437-449.
- Pavlidis, N., Vontas, J., & Van Leeuwen, T. (2018). The role of glutathione S-transferases (GSTs) in insecticide resistance in crop pests and disease vectors. *Current Opinion in Insect Science*, 27, 97-102.
- Quintela, V., Pereira, D. L., Langa, T. P., de Oliveira, M., & Siqueira, H. A. (2025). Field-evolved resistance in *Phthorimaea absoluta* to abamectin: genetic foundations, female-linked traits, and cross-resistance pattern. *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.8753>
- Rauch, N., & Nauen, R. (2003). Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74(2), 91-101.
- Sances, F. V., Toscano, N. C., LaPre, L. F., Oatman, E. R., & Johnson, M. W. (1982). Spider mites can reduce strawberry yields. *California Agriculture*, 36, 15-16.
- Sandeepa, A. R., Pradeep, S., Thara, K. T., & Sridhara, S. (2019). Biology of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) on carnation under laboratory condition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(1), 1394-1398.
- Sökeli, E., Ay, R., & Karaca, İ. (2007). Isparta ilindeki elma bahçelerinde zararlı olan iki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch popülasyonlarının bazı pestisitlere karşı direnç düzeylerinin incelenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(04), 326-331.
- Stumpf N., & Nauen R. (2002). Biochemical Markers Linked to Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 72 (2): 111-121.
- Tirello, P., Pozzebon, A., Cassanelli, S., Van Leeuwen, T., & Duso, C. (2012). Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 53-64.
- Turan, İ., Salman, S. Y., & Ay, R. (2016). Antalya ili kumluca ilçesi kavun seralarından toplanan *Tetranychus urticae* (Koch)(Acari: Tetranychidae) popülasyonlarının abamectin ve spirodiclofen'e karşı direnç düzeyleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 254-261.
- Ünal Bahşi, Ş. Dağlı, F., İkten, C., & Göçmen, H. (2012). Antalya ve ilçelerinden toplanan *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) popülasyonlarının Acetamiprid, Chlorpyrifos-ethyl ve Cypermethrin'e karşı duyarlılık düzeyleri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 25(1), 17-22.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemistry And Molecular Biology*, 40(8), 563-572.
- Van Leeuwen T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R., & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121:12-21.
- Van Nieuwenhuysse, P., Van Leeuwen, T., Khajehali, J., Vanholme, B., & Tirry, L. (2009). Mutations in the mitochondrial cytochrome b of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) confer cross-resistance between bifenazate and acequinocyl. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 65(4), 404-412.

- Yorulmaz Salman, S., & Kaplan B. (2014). Isparta ili merkez ilçesinde domates seralarından toplanan *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) popülasyonlarının bazı akarisitlere karşı direnç düzeyleri ve detoksifikasyon enzimleri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2014, 4 (3): 185-195. <http://dx.doi.org/10.16969/teb.99216>
- Yorulmaz Salman, S., & Sarıtaş, E. (2014). Acequinocyl resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): inheritance, synergists, cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *International Journal of Acarology*, 40(6), 428-435.