




Burdur İli Fasulye Alanlarından Toplanan *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Popülasyonlarında Spiromesifen ve Tebufenpyrad Çapraz Direnç İlişkisi

Sibel YORULMAZ¹  Hüseyin KAPLAN¹  Orhan KAYA¹ 

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Çünür-İSPARTA-TÜRKİYE

Öz

Bu çalışmada, 2023 yılı fasulye üretim sezonu boyunca Burdur ilinden toplanan *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (yeşil form) popülasyonlarında spiromesifen ve tebufenpyrad çapraz direnci araştırılmıştır. Burdur ilinde yoğun olarak fasulye üretimi yapılan Merkez, Çeltikçi ve Çavdır ilçelerinden sırasıyla 2, 2, 1 olmak üzere 5 adet *Tetranychus urticae* popülasyonu toplanmıştır. Popülasyonların direnç düzeylerinin belirlenmesinde kuru rezidü yöntemi kullanılmıştır. Denemelerde 7 insektisit dozu +1 kontrol grubu kullanılmıştır. Her grup 3 tekrürden oluşmuştur. Her tekrürde ise 25 adet ergin kırmızı örümcek dişi kullanılmıştır. Akarisitler ilaçlama kulesi kullanılarak 1 atm basınçta yaprak yüzeyine 2 ml olarak uygulanmıştır. Uygulama sonrası popülasyonlarda ölü-canlı sayımları 24 saat sonra yapılmıştır. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında spiromesifen ve tebufenpyrad direnç oranları tarla popülasyonlarının LC50 değerlerinin hassas popülasyonun LC50 değerine oranlanması ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda *Tetranychus urticae*'nin fasulye alanlarından toplanan B1, B2, B3, B4 ve B5 popülasyonlarında spiromesifen direnç oranları sırasıyla 98.1, 51.5, 177.1, 130.6 ve 53.6 kat; tebufenpyrad direnç oranları ise 2.3, 1.1, 1.8, 1.8 ve 1.0 kat olarak belirlenmiştir. Kırmızıörümcek popülasyonlarında spiromesifen ve tebufenpyrad arasında çapraz direnç belirlenmemiştir. Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, bu alanlarda *Tetranychus urticae* mücadelesinde spiromesifen kullanılmaması gerektiği, tebufenpyrad kullanımının ise daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Article Info

Received: 03.07.2024

Accepted: 30.07.2024

Anahtar Kelimeler

Tetranychus urticae
Çapraz direnç
Tebufenpyrad
Spiromesifen

Cross-Resistance Relationship between Spiromesifen and Tebufenpyrad in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Populations Collected from Bean Fields in Burdur Province

Abstract

In this study, spiromesifen and tebufenpyrad cross-resistance was investigated in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) populations collected from Burdur province during the 2023 bean production season. In Burdur province, where beans are produce dintensively, 5 *Tetranychus urticae* populations were collected, 2 from the Central district, 2 from Çeltikçi district and 1 from Çavdır district. The dry residue method was used to determine the resistance levels of the populations. 7 insecticide doses + 1 control group were used in the trials. Each group consisted of 3 repetitions. There are 25 adult two spotted spider mite individuals in each replicate. Acaricides were applied to the leaf surface as 2 ml at 1 atm pressure using a spraying tower. After the application, dead and living counts in the populations were made after 24 hours. Spiromesifen and tebufenpyrad resistance ratios in *Tetranychus urticae* populations were determined by ratioing the LC50 values of the field populations to the LC50 value of the susceptible population. As a result of the study, spiromesifen resistance ratios of B1, B2, B3, B4 and B5 populations collected from bean fields of *Tetranychus urticae* were 98.1, 51.5, 177.1, 130.6 and 53.6 folds, respectively; tebufenpyrad resistance ratios were determined as 2.3, 1.1, 1.8, 1.8 and 1.0 folds. Cross-resistance between spiromesifen and tebufenpyrad has not been identified in two spotted spider mite populations. When the results are evaluated together, it is thought that spiromesifen should not be used in the control against *Tetranychus urticae* in these areas, and the use of tebufenpyrad would be more accurate.

Keywords

Cross resistance
Tebufenpyrad
Tetranychus urticae
Spiromesifen

Giriş

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), Leguminosae familyası içerisinde yer alan insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan bir bitkidir (Singh, 1999). Fasulye üretimi ülkemizde birçok ilde yapılmaktadır. Burdur ili, Akdeniz ılıman iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer alması, iklim ve toprak yapısının uygun olması sebebiyle fasulye yetiştiriciliği için uygun bir alandır. Uzun yıllardan beri bu bölgede fasulye yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu bölgede fasulye bitkisinde üretim sezonu boyunca başta kırmızıörümcekler olmak üzere birçok zararlı ile mücadele edilmektedir. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), dünyada tarımsal alanlarda yayılmış, önemli zararlara yol açan polifag arthropod türlerden birini temsil etmektedir (Helle ve Sabelis, 1985). Bu zararlı tropikal ve ılıman bölgelerde 1.100'den de fazla bitki türü ile beslenebilmektedir (Bolland vd., 1998). *T. urticae* sokucu-emici ağız yapısı ile yaprakların mezofil hücrelerini delerek, bitki özsuyla beslenmektedir. Beslenme sonucu hücre ölümleri, doku nekrozları, yaprak dökülmeleri meydana gelmekte ve ürünlerin kalitesi düşmektedir (Jonckheere vd., 2016). Ayrıca bitkinin yaprakları ve gövdeleri arasında ince şeffaf bir ağ oluşturarak zarar derecesini artırmaktadır (Raimqulovich ve Khabibullaevich, 2022).

Tarımsal üretim alanlarında, kırmızı örümcekleri baskı altına almak için birçok akarisit sınıfı kimyasal mücadele kullanılmaktadır (Van Leeuwen vd., 2010). *T. urticae* ile kimyasal savaşta için spesifik dönemleri hedef alan farklı akarisit sınıfları geliştirilmiş ve ticarileştirilmiştir. *T. urticae* kısa yaşam döngüsü, güçlü üreme yeteneği, haploid-diploid cinsiyet belirleme özellikleri ve akarisitlerin sık kullanımları sebepleriyle etken maddelerin birçoğuna karşı direnç geliştirmiştir (Van Leeuwen ve Dermauw, 2016). "Arthropod Pesticide Resistance Database" veri tabanına göre *T. urticae* dünyada en çok direnç kazanan türler içinde 96 farklı kimyasala dirençle birinci sırada, laboratuvar ya da arazi koşullarında yapılan 150 çalışma sonucunda ise bildirilen 558 direnç kaydıyla ise ikinci sırada yer almaktadır (APRD, 2024).

Çapraz direnç, bir zararlı organizmanın bir tür insektisit/akarosite karşı geliştirdiği direncin, farklı insektisit/akarisitlere karşı da geçerli olması anlamına gelmektedir. Bu durum farklı insektisit/akarisit gruplarından bulunan etken maddelerin benzer veya ortak mekanizmaları hedeflediği durumlarda ortaya çıkabilmektedir (Grbic vd., 2011). Çapraz direnç, zararlı kontrolünde birçok etken maddenin etkisiz hale gelmesine yol açmakta ve sürdürülebilir mücadele başarısını azaltmaktadır. Ayrıca aynı etki mekanizmasına sahip akarisitlerin sürekli ve arka arkaya kullanımları, popülasyonda dirençli özelliklere sahip bireylerin artmasına ve bunun sonucunda da kontrol başarısızlığına yol açmaktadır (Adesanya vd., 2021). Zararlılarda çapraz direnç, etken maddelerin enzimlere tarafından detoksifiye edilmesi, etken madde duyarlılığının azalması ve/veya hedef bölge mutasyonları gibi sebeplerden oluşabilmektedir (Yu, 2008).

Spiromesifen; tetronik ve tetramik asit türevleri grubunun içinde yer alan bir akarisit (Öncüer ve Durmuşoğlu, 2008). Bu grup içerisinde yer alan etken maddeler yağ asidi sentezinin gerçekleştiği Krebs döngüsünde, lipid biyosentezini ve Asetilkoenzim A karboksilaz enzimini engelleyerek etki göstermektedir (Balkan, 2022). Lipid sentezi engelleyiciler, akarların tüm biyolojik dönemlerinde etkili olmaktadır. Spiromesifenin de içinde bulunduğu siklik ketoenoller, dünya çapında önemli bir pazar payına sahip, en yaygın kullanılan akarisit sınıflarından biridir (Van Leeuwen vd., 2015). İçerisinde tebufenpyrad etken maddesinin de yer aldığı METI I akarisitleri ise, NADH:ubikinonoksidoredüktaz'ı inhibe ederek mitokondriyal elektron taşıma sistemini bozmaktadır (Tomlin, 1997). METI I akarisitleri dünyada 1990 yılların başından beri tetranychid, tarsonemid ve eriophyd akarların tüm dönemlerine karşı kullanılmaktadır (Tomlin, 2003). Ayrıca ergin akarlar üzerindeki hızlı bir yok etme etkisi ve uzun süre kalıcı aktiviteleri nedeniyle, METI I akarisitleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Stumpf ve Nauen, 2001).

Bu çalışmada Burdur ili fasulye üretim alanlarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarında spiromesifen ve tebufenpyrad etken maddeleri için çapraz direnç ilişkisi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Tetranychus urticae popülasyonları ve üretimleri

Fasulye tarlalarında 2023 yılı üretim sezonunda gözle kontrol yapılarak, *T. urticae* ile bulaşık olduğundan şüphelenilen yapraklar toplanarak plastik poşete konmuştur. Daha sonra bu poşetler örneklerin toplandığı yer adı ile etiketlenerek ve en geç 1 gün içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen *T. urticae* ile bulaşık taze fasulye yaprakları bulunan popülasyonlar iklim odasındaki temiz fasulye bitkileri (*Phaseolus vulgaris* L. var Pinto) üzerine aktarılmıştır. Burdur ilinde fasulye üretiminin en fazla yapıldığı Çeltikçi ve Merkez ilçelerden 2'şer adet, Çavdır ilçesinden ise 1 adet tarla popülasyonu toplanmıştır. Çeltikçi ilçesinden toplanan popülasyonlar B1 ve B2, Merkez ilçeden toplanan popülasyonlar B3 ve B4, Çavdır ilçesinden toplanan popülasyon ise B5 olarak adlandırılmıştır.

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü böcek yetiştirme odalarında 2001 yılından itibaren herhangi bir pestisite maruz kalmadan üretimi yapılan *T. urticae*'nin German Susceptible Strain (GSS) popülasyonu tarla popülasyonlarında direnç oranlarının belirlenmesi için karşılaştırma popülasyonu olarak kullanılmıştır. GSS ve tarla popülasyonları herhangi bir pestisit uygulaması yapılmadan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. var Pinto) bitkisi üzerinde 26±1 °C sıcaklıkta, % 50-60 oranlı nem ve florasan lambalar ile 16:8 saat aydınlık karanlık koşullarda üretilmiştir.

Akarisit

Çalışmada spiromesifen etkili maddeye sahip BİZANTION 240SC (Astronova) ve tebufenpyrad etkili maddeye sahip CROSHE %20 WP (Hektaş) ticari preparatları kullanılmıştır.

Bioassay ve çapraz direnç testi

Akar popülasyonları için tüm LC50 denemelerinde spiromesifen ve tebufenpyrad uygulamaları ergin bireylere yapılmıştır. Bu amaçla denemeler kurulmadan önce Petri içerisine alınan dişi bireylerin bırakmış oldukları yumurtalardan elde edilen aynı yaştaki ergin dişi bireyler kullanılarak denemede homojenlik sağlanmıştır. Toksikite testi için Rauch ve Nauen (2003) yöntemi uyarlanarak kullanılmıştır. Bu yöntemde seçilen akarisit içerisinde yayıcı yapıştırıcı olarak %0.1 oranında Tween içeren saf su içinde çözdürülerek stok hazırlanmış ve bu stoktan uygun seyretmeler (hazırlanan ilk dozdan itibaren ilaç konsantrasyonları %50 seyreltilerek) ile farklı dozlarda ilaç konsantrasyonları oluşturulmuştur. Her iki akarisit içinde tarla popülasyonlarında uygulama dozu belirlenirken ilk dozda %90'dan az kontrol grubunda ise %10'dan fazla ölüm olmaması dikkate alınmıştır. Uygulama öncesi tabanında agar bulunan 9 cm çapındaki Petriler içerisine fasulye yapraklarından hazırlanan 3 cm'lik diskler yerleştirilmiştir. Denemeler 1 kontrol + 7 doz ve her dozda 3 tekrür olacak şekilde kurulmuştur. Her bir Petriye 25 adet ergin dişi birey aktarılmıştır. Deneme ilaçlarından hazırlanan uygun dozlardaki akarisit konsantrasyonları, ilaçlama kulesi (Burkard Scientific) kullanılarak 1 bar basınç altında yaprak yüzeyine 2 ml sıvı düşecek şekilde uygulanmıştır (1.95 ± 0.05 mg akarisit cm⁻²). Kontrole sadece saf su uygulaması yapılmıştır. Canlı-ölü sayımları uygulamadan 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak farklı kırmızı örümcek popülasyonlarının LC50 değerleri POLO bilgisayar paket programında (LeOra Software, 1994) hesaplanmıştır. Popülasyonların direnç oranları tarla popülasyonlarının LC50 değerlerinin, hassas popülasyonunun LC50 değerine oranlanması ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tetranychus urticae tarla popülasyonları

Burdur ili fasulye üretim alanlarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarının adları, toplanma yerleri, toplanma tarihleri ve koordinatları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Tetranychus urticae* popülasyonlarının toplanma yeri, toplanma tarihleri ve koordinatları.

Popülasyon adı	İlçe	Koordinat	Tarih
B1	Çeltikçi	37°31'13.0"N 30°24'51.0"E	20.07.2023
B2	Çeltikçi	37°30'34.0"N 30°25'38.0"E	20.07.2023
B3	Merkez	37°39'54.0"N 30°21'51.0"E	12.08.2023
B4	Merkez	37°40'01.0"N 30°22'09.0"E	12.08.2023
B5	Çavdır	37°09'25.0"N 29°39'00.0"E	15.08.2023

Toksisite sonuçları

Burdur ili fasulye üretim alanlarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarında spiromesifene karşı belirlenen LC50, eğim, df, X^2 değerleri ve direnç oranları Tablo 2'de verilmiştir. Spiromesifene karşı en yüksek direnç oranı B3 popülasyonunda 177.1 kat olarak bulunmuştur (Tablo 2). Spiromesifene karşı en düşük direnç oranı ise B5 popülasyonunda 53.6 kat olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak Burdur ili Çeltikçi, Merkez ve Çavdır ilçelerinden toplanan iki noktalı kırmızı örümcek tarla popülasyonlarının tamamında spiromesifen için yüksek direnç belirlenmiştir. LC denemelerinden elde edilen eğim sonuçları popülasyonun homojen ya da heterojen yapısı ile ilgili bilgi vermektedir. Buna göre eğim değeri >2 olan popülasyonların daha homojen yapıda olduğu, <2 olan popülasyonların ise daha heterojen yapıda oldukları bilinmektedir (Yu, 2008). Heterojen yapıdaki popülasyonlarda tarla koşullarında etken maddeler için seleksiyon baskısı devam ettikçe direncin artma riski de devam etmektedir. Çalışmada *T. urticae*'nin tüm tarla popülasyonlarında spiromesifen için eğim değerlerinin <2 olması nedeniyle tarla koşullarında spiromesifen uygulamaları devam ettikçe direncin artabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında spiromesifene karşı belirlenen LC50, eğim, df, x^2 değerleri ve direnç oranları.

Popülasyon	n*	Eğim±SH	LC ₅₀ (mga.i. L ⁻¹) (95% CL ^c)	df	x ²	Direnç Oranı
GSS	604	1.925±0.147	2.407 1.905–3.002	5	4.85	-
B1	613	1.530±0.133	236.203 159.592–311.841	5	1.89	98.1
B2	615	1.694±0.141	124.029 93.026–160.418	5	1.64	51.5
B3	610	1.729±0.160	414.508 319.017–555.201	5	3.64	177.1
B4	613	1.493±0.124	314.546 237.945–411.864	5	3.98	130.6
B5	614	1.717±0.149	129.004 98.277–167.064	5	3.65	53.6

n*: denemede kullanılan birey sayısı

Burdur ili fasulye üretim alanlarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarında tebufenpyrada karşı belirlenen LC50, eğim, df, X^2 değerleri ve direnç oranları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. *Tetranychus urticae* popülasyonlarında tebufenpyrada karşı belirlenen LC50, eğim, df, x^2 değerleri ve direnç oranları.

Popülasyon	n*	Eğim±SH	LC ₅₀ (mga.i. L ⁻¹) (95% CL ^c)	df	x ²	Direnç Oranı
GSS	600	2.951±0.267	0.002 0.001–0.005	5	15.65	-
B1	610	2.163±0.175	0.006 0.003–0.009	5	14.90	2.3
B2	615	2.708±0.240	0.003 0.002–0.005	5	18.60	1.1
B3	623	2.054 ± 0.162	0.005 0.003–0.008	5	10.23	1.8
B4	610	2.005±0.162	0.005 0.002–0.010	5	15.26	1.8
B5	614	2.350±0.224	0.002 0.001–0.003	5	10.57	1.0

n*: denemede kullanılan birey sayısı

T. urticae'nin tarla popülasyonlarında tebufenpyrad için direnç oranları 1.0 – 2.3 kat arasında değişmiştir. Genel olarak Burdur ili Çeltikçi, Merkez ve Çavdır ilçelerinden toplanan iki noktalı kırmızı örümcek tarla popülasyonlarının tamamında tebufenpyrad için bir direnç gelişimi belirlenmemiştir. Ayrıca *T. urticae*'nin tüm tarla popülasyonlarının tamamında tebufenpyrad için eğim değerleri >2 olarak belirlenmiştir. *Tetranychus urticae*'nin tarla popülasyonlarında homojen bir yapı bulunması nedeniyle tebufenpyrada karşı direnç gelişiminin daha uzun vadede olabileceği düşünülmektedir.

Tetranychus urticae'de spiromesifen ve spirodiklofenin içerisinde yer aldığı siklik ketoenollere karşı direnç belirlenen çalışmalar literatürde yer almaktadır. Rauch ve Nauen (2003), *T. urticae*'de 13 kat spirodiclofen direnci bulduklarını bildirmişlerdir. Demaeht vd. (2013) 680 kat spirodiclofen dirençli *T. urticae* popülasyonunun aynı grupta yer alan spiromesifen ve spirotetramat akarisitlerine karşı da çapraz direnç geliştirebileceğini bildirmişlerdir. Yorulmaz Salman ve Kaplan (2014) domates seralarından topladıkları *T. urticae* popülasyonlarında spiromesifen'e karşı 8.16-22.82 kat direnç belirlemişlerdir. Sato vd. (2016) spiromesifen ile 20 kez selekte ettikleri *T. urticae* popülasyonunda 121 kat direnç belirlemişlerdir. İnak vd. (2023) karanfil seralarından topladıkları *T. urticae*'nin SM popülasyonunda 30 kattan fazla, SD popülasyonunda ise 6 kat spiromesifen direnci bulduklarını bildirmişlerdir. Abubakar vd. (2023) *T. urticae* popülasyonunda spiromesifene karşı 71.70 kat direnç belirlemişlerdir. Han vd. (2024) sebzelerden toplanan *T. urticae*'de spirodiklofen ve spiromesifene karşı sırasıyla 46.5 ve 24.0 kat direnç bulduklarını bildirmişlerdir. Literatürle benzer şekilde bizim çalışmamızda da *T. urticae* popülasyonlarında orta-yüksek seviyede spiromesifen direnci belirlenmiştir. Burdur ili fasulye üretim alanlarında kırmızı örümcek kontrolü için sık aralıklarla yapılan spiromesifen ve spirodiclofen uygulamalarının bu durumu ortaya çıkardığı düşünülmektedir.

Tetranychus urticae'de tebufenpyradın içerisinde yer aldığı METI I akarisitlere karşı direnç belirlenen çalışmalar literatürde yer almaktadır. Elma bahçesinden toplanan *T. urticae* popülasyonunda tebufenpyrad, pyridaben ve fenpyroximate'a karşı sırasıyla 63, 210 ve 25 kat direnç belirlenmiştir (Herron ve Rophail, 1998). Bajda vd. (2017) *T. urticae* popülasyonlarında tebufenpyrad ve pyridaben için 30-60 kata kadar yükselen direnç seviyelerini bulduklarını bildirmişlerdir. Snoeck vd. (2019) çilekten topladıkları *T. urticae* popülasyonlarında tebufenpyrad ve spiromesifen'e karşı sırasıyla 12.47 ve 5.51 kat direnç oranı tespit ettiklerini ve bu iki etken madde arasında bir çapraz direnç gelişmediğini bildirmişlerdir. Son literatürle benzer şekilde bizim çalışmamızda da tebufenpyrad ve spiromesifen arasında bir çapraz direnç belirlenmemiştir. Çalışmamızda belirlenen düşük tebufenpyrad direncinin, Burdur ili fasulye üretim alanlarında kırmızı örümcek kontrolünde tebufenpyradın da içerisinde yer aldığı METI I grubunun az kullanılması ya da akarisit rotasyonuna sokulmaması sebebiyle açıklanabileceği düşünülmektedir.

Sonuç

Tetranychus urticae üretim alanları içerisinde birçok etken maddeye karşı hızlı bir şekilde farklı mekanizmalarla direnç geliştirebilmektedir. Bu durum zararlının yönetimini zorlaştırmakta ve ekonomik kayıpları arttırmaktadır. Bu nedenle tarla koşullarında *T. urticae*'nin kimyasal mücadelesinde etkili bir direnç yönetim programı oluşturulmalıdır. Çalışma sonucunda Burdur ili fasulye üretim alanlarından toplanan *T. urticae* popülasyonlarında yüksek spiromesifen direnci belirlenirken, buna karşılık ise tebufenpyrad direnci tespit edilememiştir. Sonuçlar göz önüne alındığında bu alanlarda iki noktalı kırmızı örümcek popülasyonlarının kontrolü için spiromesifen kullanımına ara verilmesi gerektiği ve akarisit rotasyonları içerisinde tebufenpyrad etken maddesi eklenmesinin önerilebileceği düşünülmektedir.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmada, denemelerin kurulması ve verilerin alınması yazarlardan Orhan KAYA ve Hüseyin KAPLAN tarafından yapılmıştır. Çalışmanın planlanması, elde edilen verilerin analizi, düzenlenmesi, yazılması ve son halinin verilmesi Sibel YORULMAZ tarafından yapılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Makale yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Abubakar, M., Umer, A., Shad, S. A., Sarwar, Z. M., & Kamran, M. (2023). Negative impact of unstable spiromesifen resistance on fitness of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Neotropical Entomology*, 52(4), 772-780.
- Adesanya, A. W., Lavine, M. D., Moural, T. W., Lavine, L. C., Zhu, F., & Walsh, D. B. (2021). Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. *Journal of Pest Science*, 94, 639-663.
- APRD, 2024. Arthropod pesticide resistance database. <https://www.pesticideresistance.org/>, 03-06-2024.
- Bajda, S., Dermauw, W., Panteleri, R., Sugimoto, N., Douris, V., Tirry, L., & Van Leeuwen, T. (2017). A mutation in the PSST homologue of complex I (NADH: ubiquinoneoxidoreductase) from *Tetranychus urticae* is associated with resistanceto METI acaricides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 80, 79-90.
- Balkan, T. (2022). Abamectin, hexythiazox and spiromesifen resistance in populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) collected from cucumber greenhouses in Tokat province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(2), 2888-2891.
- Bolland, H. R., Gutierrez, J., & Flechtmann, C. H. (1998). "World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae)", Springer, Brill.
- Demaeght, P., Dermauw, W., Tsakireli, T., Khajehali, J., Nauen, R., Tirry, L., Vontas, J., Lümmen, P., & Van Leeuwen, T. (2013). Molecular analysis resistance to acaricidal spirocyclic tetranic acids in *Tetranychus urticae*: CYP392E10 metabolizes spirodiclofen, but not its corresponding enol. *Insect Biochemical Molecular Biology*, 43, 544-554.
- Grbić, M., Van Leeuwen, T., Clark, R. M., Rombauts, S., Rouzé, P., Grbić, V., & Van de Peer, Y. (2011). The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, 479 (7374), 487-492.
- Han, Y., Zhang, Y. C., Ye, W. N., Wang, S. M., Wang, X., & Gao, C. F. (2024). Increasing resistance of *Tetranychus urticae* to common acaricides in China and risk assessment to spiromesifen. *Crop Protection*, 176, 106519.
- Helle, W., & Sabelis, M. W. (1985). Spider Mites: Their biology, natural enemies and control, Elsevier, Amsterdam.
- Herron, G. A., & Rophail, J., (1998). Tebufenpyrad (Pyranica®) resistance detected in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) from apples in Western Australia. *Experimental & Applied Acarology*, 22, 633-641.
- İnak, E., Demirci, B., Vandenhole, M., Söylemezoğlu, G., Van Leeuwen, T., & Toprak, U. (2023). Molecular mechanisms of resistance to spirodiclofen and spiromesifen in *Tetranychus urticae*. *Crop Protection*, 172, 106343.
- 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.
- Jonckheere, W., Dermauw, W., Zhurov, V., Wybouw, N., Van den Bulcke, J., Villarroel, C. A., Greenhalgh, R., Grbić, M., Schuurink, R. C., & Tirry, L. (2016). The salivary protein repertoire of the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*: A quest for effectors. *Molecular & Cellular Proteomics*, 15(12), 3594-3613.
- Öncüer, C., & Durmuşoğlu, E., (2008). Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları. Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları, Aydın.
- Raimqulovich, A. A., & Khabibullaevich, R. A. (2022). Biological effectiveness of hamla-550 EC against spider mite (*Tetranychus urticae*) on apple orchard. *International Journal of Phytology Research*, 2(1), 36-37.
- Rauch, N., & Nauen, R. (2003). Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74, 91-101.
- Sato, M. E., Veronez, B., Stocco, R. S., Queiroz, M. C. V., & Gallego, R. (2016). Spiromesifen resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability, and monitoring. *Crop Protection*, 89 (1), 278-283.
- Singh, S. P. (1999). Integrated Genetic Improvement. In: Common Bean Improvement in The Twenty-First Century. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Snoeck, S., Kurlovs, A. H., Bajda, S., Feyereisen, R., Greenhalgh, R., Villacis-Perez, E., & Van Leeuwen, T. (2019). High-resolution QTL mapping in *Tetranychus urticae* reveals acaricide-specific responses and common target-site resistance after selection by different METI-I acaricides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 110, 19-33.
- Stumpf, N., & Nauen, R. (2001). Cross-resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1577-1583.

- Tomlin, C. D. S. (1997). The pesticide manual 11th. British CropProtection Council.
- Tomlin, C. (2003). The pesticide manual, 13th ed. Crop Protection Publications, British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, United Kingdom.
- Van Leeuwen, T., & Dermauw, W. (2016). The molecular evolution of xenobiotic metabolism and resistance in chelicerate mites. *Annual Review of Entomology*, 61(1), 475-498.
- 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 Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, 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.
- Yorulmaz Salman, S., & Kaplan, K. 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*, 4(3), 185-195.
- Yu, S.J. (2008). The Toxicology and Biochemistry of Insecticides. CRC Pres Taylor- Francis Group.