

Derleme (Review)

Akarisitler ve etki mekanizmaları

Acaricides and mode of actions

Emre İNAK^{1*}

Sultan ÇOBANOĞLU¹

Summary

In agricultural fields, main control method of phytophagous mites is acaricides and insecticides/acaricides. Unconscious and intensive use of these chemicals has caused to emergence of the most important factor which limit their application: the resistance. It is not possible to prevent resistance development, but if the mode of actions of pesticides are known, the resistance can be managed and delayed. Therefore, in this review, acaricides which have different mode of actions and their classification are reviewed. Also, more environmentally friendly products such as plant extracts, essential oils and microbial agents are mentioned. It is aimed to give more detailed information to the acaricide applicators and researchers. In this way, the more consciously usage of acaricides is aimed.

Keywords: Acaricides, resistance, acetylcholine, mitochondrial electron transport chain, growth inhibitors

Özet

Tarımsal alanlarda, fitofag akarlar ile ana mücadele yöntemi akarisitler ve insektisit/akarisitlerdir. Bu kimyasalların bilinçsiz ve aşırı kullanımları, uygulamalarını kısıtlayan en önemli faktörün ortaya çıkmasına neden olmuştur: Direnç. Direnç oluşumunu tamamen engellemek mümkün değildir, ancak ilaçların etki mekanizmaları bilinirse direnç yönetilebilir ve geciktirilebilir. Bu nedenle bu derlemede, farklı etki mekanizmalarına sahip akarisitler ve bunların sınıflandırılmaları gözden geçirilmiştir. Ayrıca, daha doğa dostu olan bitkisel ekstraktlar, esansiyel yağlar ve mikrobiyal etmenlerden de bahsedilmiştir. Bu sayede, akarisit uygulayıcılarının ve araştırmacıların daha detaylı bilgi edinmesi ve akarisitlerin daha bilinçli bir şekilde kullanılması amaçlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Akarisit, direnç, asetilkolin, mitokondriyal elektron taşıma zinciri, büyüme engelleyiciler

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara

* Sorumlu yazar (Corresponding author) email: ainak@ankara.edu.tr

Alınış (Received): 14.03.2016

Kabul ediliş (Accepted): 06.06.2016

Çevrimiçi Yayın Tarihi (Published Online): 27.12.2016

Giriş

Akarisitler, Acari alt sınıfına bağlı zararlıların kontrolünü sağlayan pestisitlerdir. Akarisitlerin hayvan sağlığında kene, uyuz gibi zararlılara karşı kullanılmasının yanısıra, en yoğun kullanıldığı yer tarım alanlarıdır. Akarlar tarımsal alanlarda asıl olarak II. Dünya Savaşı'ndan sonra ekonomik zararlılar haline gelmiştir (Van de Vrie et al., 1972; Hoy, 2011). Tarımsal alanda yaşanan gelişmeler; sentetik pestisit ve gübrelerin yoğun kullanımı, sulama ve diğer kültürel uygulamalar nedeniyle, kırmızı örümcek popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin üstüne çıkmasına neden olmuştur (Marcic, 2012).

Benzil benzoate, 1930' lu yıllarda insanlarda zararlı uyuz türlerine karşı ilk kullanılan akarisit (Stepyan, 1944). Özellikle savaş zamanlarında uyuz zararına karşı kıyafetleri ilaçlamak için kullanılmıştır. Daha sonraki yıllarda benzil benzoate ve fenil benzoate türevlerinin fitofag akarlar karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Metcalf, 1955). Ancak bu akarisitlerin fitotoksik etkisi nedeniyle tarlada kullanıma uygun olmadığı görülmüştür. Bu denemelerden sonra ilk spesifik akarisit grubu olan ve DDT'nin türevi olan Difenil bileşikler geliştirilmiştir (March, 1976). Seralarda, zararlı akarlar karşı ilk uygulanan spesifik akarisit, 1945 yılında geliştirilen "azobenzen"dir (Blauvelt, 1946). Daha sonraki yıllarda piyasaya sürülen akarisit aktif maddeleri; bromopropylate, chloropropylate, chlorobenzilate, chlorfenethol, dicofol, tetradifon'dur. Bunlar birinci nesil akarisitler olarak bilinmektedir. Birinci nesil spesifik akarisitlerin çoğunun etki mekanizması tam olarak ortaya konulmadan önce yasaklanmıştır. Türkiye'de kullanılan birinci nesil akarisitlerden son olarak bromopropylate 2011 yılında yasaklanmıştır (Anonymous, 2015b). 1960-1970 yılları arasında ikinci nesil spesifik akarisit grubu geliştirilmiştir. Bunlar propargite, organotin (cyhexatin, fenbutatin oxide), formamidinler (amitraz, chlordimeform)'dur (Jeppson et al., 1975). Üçüncü nesil spesifik akarisitler ise akar büyüme düzenleyicilerdir. Bunlar da 1980-1985 yılları arasında kullanılmaya başlamıştır. Bu grupta ise ilk olarak sentezlenen akarisitler clofentezine, hexythiazox'dur (Marcic, 2012).

A. Akarisitlerin ekonomik önemleri

Akarisitler fitofag akarların mücadelesinde yeni bir çağ açmıştır. Kırmızıörümcekler çok geniş konukçu yelpazesine sahiptir (yaklaşık 800 bitki türü) (Migeon & Dorkeld, 2010). Özellikle seralarda biyolojik mücadele ajanları başarılı olarak kullanılsa da, akarlar karşı başlıca mücadele akarisitler ve insektisit/akarisit ile yapılmaktadır (Van Leuween et al., 2010). Dünyadaki spesifik akarisit marketinin 2013 yılındaki değeri 900 milyon Euro olarak belirlenmiştir. Bu değer yaklaşık 13.3 milyar Euroluk piyasa değeri olan insektisitlerin (Fumigantlar hariç) %7'sine denk gelmektedir (Van Leuween et al., 2015).

Spesifik akarisitlerin dışında insektisit/akarisit veya fungusit/akarisit olarak kullanılan ilaçlar da akar mücadelesi için kullanılmaktadır. Bir fungusit/akarisit olan kükürt yüzyıllardır akarlarla mücadele için kullanılmaktadır. İnsektisit/akarisit olarak ise avermektinler ve sentetik piretroitler sıklıkla akar mücadelesi için kullanılmaktadır. Bunlar da akarisit market değerlerine eklendiğinde ekonomik değeri daha da artmaktadır.

Akarisitlerin %80'inin uygulandığı hedef zararlılar; İki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)), Avrupa kırmızı örümceği (*Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae)) ve Turunçgil kırmızı örümceği (*Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae))'dir (Van Leuween et al., 2015). Dünya çapındaki toplam akarisit kullanımının %74'ü meyveler, bağ ve sebze alanları olmak üzere; turunçgiller (%31), elma ve armut (%23) ve çay (%22) bitkileri oluşturmaktadır (Van Leuween et al., 2015).

Günümüzde aktif madde bazında bakıldığında, en son çıkan, farklı etki mekanizmalı akarisitlerin (spirodiclofen, spiromesifen) pazar payında büyük bir yer kaplamasının yanı sıra, çok eski yıllarda piyasaya sürülmüş bazı aktif maddelerin de hala kullanıldığı görülmektedir. 2010 yılının verilerin göre spirodiclofen ve spiromesifen gibi daha yeni olan aktif maddelerin pazar payı sırasıyla 79 ve 35 milyon euro'dur. Bu pay ise aynı yılın toplam akarisit satış tutarı olan 528 milyon euro'nun %21'ine denk gelmektedir (Van Leuween et al., 2015).

Ülkemizde akarisit kullanımı 2014 yılında 1 513 ton olup, 39 722 tonluk toplam pestisit kullanımının %3,8' ini oluşturmaktadır (TUİK, 2015). Akarisitlerin etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması Çizelge 1' de verilmiştir. Etkisi bilinmeyen akarisitler; benzoximate, chinomethionat, dicofol gibi akarisitler olup, bu gruptaki akarisitlerin hemen hepsi ülkemizde yasaklanmıştır (Anonymous, 2015b).

Çizelge 1. Sentetik akarisitlerin etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması (Anonymous, 2014b)

1) Sinir ve kas sistemi etkililer
1. Asetilkolinesteraz İnhibitörleri
2. Sodyum Kanalı Düzenleyicileri
3. Klorid Kanalı Aktivatörleri
4. Oktopamin Reseptör Agonistleri
2) Büyüme, gelişme düzenleyiciler
1. Akar Büyüme Engelleyiciler
2. Kitin Biyosentezini Engelleyiciler
3. Lipid Biyosentezini Engelleyiciler
3) Solunum etkililer
1. Proton Gradientini Bozma Yoluyla Oksidatif Fosforilasyon Ayırıcılar
2. Mitokondriyal ATP Sentaz Engelleyiciler
3. Mitokondriyal Kompleks I Elektron Taşıma Engelleyiciler
4. Mitokondriyal Kompleks II Elektron Taşıma Engelleyiciler
5. Mitokondriyal Kompleks III Elektron Taşıma Engelleyiciler
4) Etki mekanizması bilinmeyenler

B. Sinir ve kas sistemi etkililer

Asetilkolinesteraz inhibitörleri

Organik fosforlular ve Karbamatlar bu grupta yer almaktadır. Organik fosforlular, 1930'ların başlarında bulunmuştur ve bugün hala en çok kullanılan insektisit gruplarından. Çeşitli düzenlemelerle kullanımı biraz azalsa da, geniş spektrumlu olması, kullanım rahatlığı ve kalıcılığının fazla olması nedeniyle tercih edilmektedir. Organik fosforlular temas, mide ve solunum yoluyla etkili olabilmekle beraber sistemik etkide olanları da bulunmaktadır (Ünal & Gürkan, 2001). Primiphos-methyl, methyl parathion, malathion, chlorpyrifos gibi akarisitler bu grupta bulunmaktadır. Bir organik fosforlu akarisit olan methyl parathion'un, özellikle tarla koşullarında Kırmızıörümcekler in üremesini arttırdığı bildirilmiştir (Maggi & Leigh, 1983).

Karbamatlar ise, ilk olarak *Physostigma venenosum* Balf (Fabales: Fabaceae) bitkisinden elde edilmiştir (Anonymous, 2014a). Güney Nijerya' da bu bitkinin zehri 1840'lı yıllarda fark edilmiş ve daha sonra karbamatların böcek öldürücü etkisi 1947 yılında İsviçre'de saptanmıştır (Anonymous, 2014a). Karbamatlar karbamik asit esterleridir ve hem temas hem de sistemik etkili olanları bulunmaktadır (Ünal & Gürkan, 2001). Methomyl, carbaryl gibi akarisitler bu grupta bulunmaktadır.

Asetilkolin tanımlanan ilk nörotransmitterdir (Sinir iletiminde rol oynayan kimyasal taşıyıcı). Bir sinirsel uyarı bittiğinde asetilkolinesteraz enzimi asetilkolin ile reaksiyona girerek, Asetilkolini; kolin ve asetik asite parçalayarak sinir sistemindeki uyarı iletişimini durdurur (Saritaş et al., 2007). Asetilkolinesteraz enziminin akarisitler tarafından inhibe edilmesiyle birlikte, söz konusu enzim görevini yapamaz. Böylece sinirsel iletim durmaz, sürekli devam eder. Kasılmalarla ve titremelerle birlikte ölüm meydana gelmektedir.

Sodyum kanalı düzenleyicileri

DDT (Dikloro Difenil Trikloroetan) ve türevleri bu grupta yer alır. Ancak DDT ve türevlerinin tamamının ülkemizde kullanımı yasak durumdadır. Dicofol bu grubun en önemli temsilcisidir. IRAC etki mekanizması sınıflandırılmasında etki mekanizması kesin olarak belli olmayanlar grubundadır ve ülkemizde 2011 yılında tam olarak yasaklanmıştır (Anonymous, 2015b).

Ayrıca *Chrysanthemum cinerariifolium* Vis. (Asterales: Asteraceae) çiçeğinin ekstraktından elde edilen piretrin ve bunun analoglarının sentezlenmesiyle elde edilen sentetik piretroitler de bu grupta yer almaktadır. En çok kullanılan aktif maddeleri bifenthrin, acrintrin, cypermethrin ve alpha-cypermethrin'dir. Piretrin doğada kalıcılığı az, çabuk parçalanmış bir maddedir. Bu nedenle de sentetik analogları aranmıştır. Genellikle geniş spektrumlu ilaçlardır.

Piretroitler sinirsel iletimi bozan zehirlerdir ve ana etki yerleri voltaj kapılı sodyum kanallarıdır. Sodyum kanallarının açık kalmasına neden olur. Bu sayede iyon dengesini bozarak sinirsel iletimin sürekliliğine yol açar ve akarlar kısa süre sonra ölür. Piretroitler hızlı knockdown etkisi ile tanınır (Hirano et al., 1979). Knockdown etkide başlangıçta doğrudan ölüm meydana gelmeyebilir ancak akarların uzun süre hareketsiz kalması nedeniyle, kurumadan ya da doğal düşmanlar tarafından avlanmadan dolayı ölüm meydana gelir.

Sentetik pretroidlerden bir aktif madde olan bifenthrine karşı direnç, ilk defa Farnham et al. (1992) tarafından, New York'ta bulunan elma bahçelerindeki *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) türünde bildirilmiştir. Ülkemizde ise Ay & Gurkan (2005), Adana ve Urfa'dan toplanan iki noktalı kırmızı örümcek popülasyonlarında, bifenthrine karşı 669 kata kadar direnç oluşumunu bildirmişlerdir.

Ayrıca fenvalerate, permethrin gibi bazı sentetik piretroitlerin akarlar karşı repellent ve beslenme davranışı bozucu etkileri bildirilmiştir (Iftner & Hall, 1983).

Klorid kanalı aktivatörleri

Abamectin, milbemectin, emamectin benzoate aktif maddeli, avermectinler ve milbemisinler bu grupta yer almaktadır. Kimyasal yapıları makrosiklik laktondur. Bu gruptaki akarisitler kontakt ve mide zehiri etkilidir (Öncüer & Durmuşoğlu, 2008). Abamectin, translaminar etkiye de sahiptir, yani yaprağın üst yüzüne uygulandığında hücreler arasından alt yüzüne geçmektedir (Cloyd, 2010b).

Abamectin, toprak kökenli bir aktinomiset bakterisi olan *Streptomyces avermitilis* (Burg) (Actinomycetales: Streptomycetaceae)'nin fermentasyon ürünü olan bir biyopestisittir (Stumpf & Nauen, 2002). Milbemisinler ise *Streptomyces hygroscopicus* (Jensen) (Actinomycetales: Streptomycetaceae) bakterisinin bir fermentasyon ürünüdür. GABA-kapılı ve glutamat-kapılı klorid kanallarına etki eder (Clark et al., 1995). Klorid kanalları hücrenin uyarı sonrası dinlenme durumuna geçmesinde rol oynar. Bu gruptaki akarisitler, klorid kanallarının yüksek dozda aktivasyonuna neden olarak, sinir iletim dengesini bozar. Sinir sistemi sürekli dinlenme durumunda kalan akar, paralize olur, beslenemez ve ölüm gerçekleşir. Abamectinin, özellikle kırmızı örümceğin larva dönemine karşı çok etkili olduğu bildirilmiştir (Stumpf & Nauen, 2002).

Oktopamin reseptör agonistleri

Amitraz bu grubun tek örneğidir. Amitrazın tarımsal alanda kullanımı ülkemizde yasaklanmıştır (Anonymous, 2015b). Ancak hayvan ve insan sağlığını tehdit eden akar grupları için kullanılmaya devam edilmektedir. Kontakt ve solunum zehiri etkili bir akarisit (Öncüer & Durmuşoğlu, 2008).

Oktopamin akar ve böceklerde 'adrenalin' görevi görmektedir. Merkezi sinir sisteminin işlevini düzenler ve vücut içerisindeki birçok dokuda genel uyarılma seviyesini yükseltmektedir. Amitraz, vücut içerisindeki oktopamini taklit etmektedir. Oktopamin reseptörlerinin aktivasyonu, uyarılmanın çok fazla olmasına neden olur, bunu kasılma ve titremeler takip etmekte ve ölüm meydana gelmektedir. Düşük dozlarda ise beslenme ve üremeyi baskılamaktadır (Anonymous, 2014a).

C. Büyüme, gelişme düzenleyiciler

Akar büyüme engelleyiciler

Clofentezine, hexythiazox ve etoxazole bu grupta bulunmaktadır. Bu grupta bulunan akarisitler kontakt etkilidir. Hexythiazox ise ayrıca mide zehiri etkisine sahiptir (Öncüler & Durmuşoğlu, 2008). Etoxazole aktif maddesinde ise translaminar etki bildirilmiştir (Cloyd, 2010a).

Bu gruptaki ilaçlar, akar vücudunda bulunan hormonlara etki eder. Hormonlar, hemolimfte bulunan fizyolojik süreçleri etkileyen kimyasal maddelerdir. Deri değiştirme hormonu (Ekdizon) ve gençlik hormonu (Juvenil hormon) büyüme ile ilgili temel hormonlardır. Deri değiştirme öncesi juvenil hormon seviyesi azalır, ekdizon hormon seviyesi artmaktadır. Bu dengenin bozulması ise deri değiştirme sürecini bozmaktadır.

Juvenil hormon agonisti olanlar, deri değiştirme döneminde seviyesi inmesi gereken juvenil hormonu taklit ederek, seviyesinin yüksek kalmasına yol açarlar. Bu şekilde deri değiştirme gerçekleşmez ve akar ölür. Ekdizon antagonisti olanlar ise, deri değiştirme döneminde artması gereken ekdizonu engeller ve bu süreci bozarak etkili olur.

Bu gruptaki ilaçlar akarların deri değiştirme sürecine etki ederek ölümüne sebep olmaktadır. Ergin akarlarda deri değiştirme olmadığı için, bu gruptaki ilaçlar yumurta, nimf ve larva dönemine karşı etkilidir ancak ergin öldürücü etkisi yoktur. Bu ilaçların çoğunda, erginlerden transovariyal etki ile yumurtalara geçiş görülmektedir. Bu sayede ilaca maruz kalmış ergin dişilerin meydana getirdiği yumurtalarda da ölüm meydana gelmektedir.

Hexythiazox ve etoxazole etki mekanizmalarına göre aynı sınıfta kabul edilmelerine rağmen, birbirlerine karşı çapraz direnç bildirilmemiştir (Nauen & Smagghe, 2006). Clofentezine ise güçlü bir ovisit olarak kullanılmaktadır (Aveyard et al., 1986). Embriyo döneminde ve genç dönemde (larva ve nimf dönemlerinde) hücre gelişimi engellediği düşünülmektedir.

Kalıcılık süreleri uzun, ekotoksikolojik olarak çevre dostu sınıfına dâhil edilirler. Faydalı böcekler ve predatör akarlara karşı güvenli kabul edilmektedir (Aveyard et al., 1986; Bretschneider & Nauen, 2007).

Kitin biyosentezi engelleyiciler

Flucycloxon ve flufenoxuron gibi benzoyl üreler grubuna dahil edilen aktif maddeler bu grupta bulunmaktadır. Flufenoxuron kontakt etkilidir (Anonymous, 2011). Bu grup ilaçlar genellikle yenilen yapraklardan mideye geçerek zararlıya giriş yapmaktadır (Anonymous, 2014a).

Kitin, akarların derilerinde, trakelerinde ve midelerinde bulunan bir biyopolimerdir. Bu gruptaki akarisitler akarlarda kitin biyosentezini engellerler (Gijswijt et al., 1979) ve böylece deri değiştirme olmaz veya eksik, kusurlu deri meydana gelmektedir (Hammock & Quistad, 1981). Transovariyal etki görülmektedir. Ergin dişilerden meydana gelen yumurtalarda kitin biyosentezi engellenmeye devam etmektedir.

Lipid biyosentezi engelleyiciler

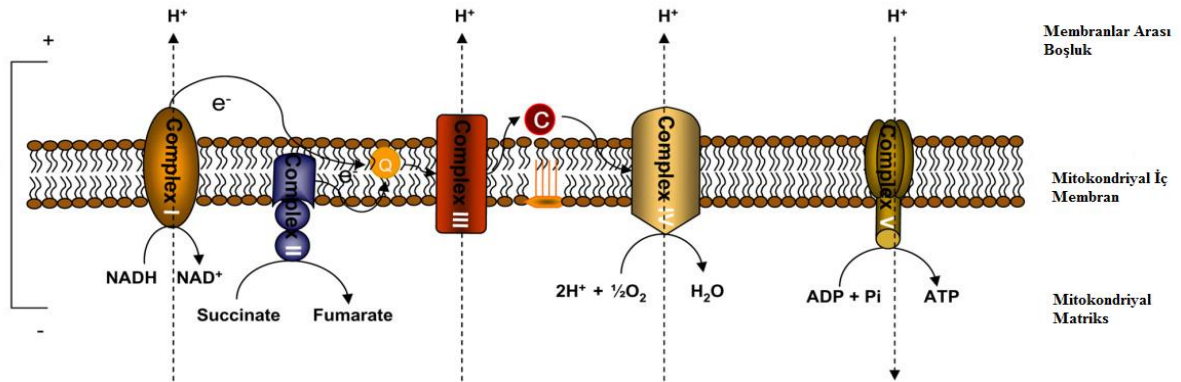
Tetronik ve Tetramik Asit Türevleri bu grubu oluşturmaktadır. Spirodiclofen, spiromesifen bu grupta bulunan akarisit aktif maddeleridir. Kontakt etkili akarisitlerdir (Öncüler & Durmuşoğlu, 2008). Bu grup ilaçlar yağ asidi sentezinin gerçekleştiği Krebs döngüsünde, Asetil KoA Karboksilaz enzimini inhibe etmekte ve lipid biyosentezini engellemektedir. Spirodiclofen özellikle turuncgil zararlılarına karşı kullanılmaktadır.

Lipid sentezi engelleyici akarisitler, akarların daha çok durgun dönemlerinde etkili olmakta, bir sonraki döneme geçerken veya geçtikten hemen sonra ölüme neden olmaktadır. Dişi bireyler, bu grup ilaçlara karşı daha dayanıklıdır ve ilaçlara daha yavaş tepki vermektedirler. Ergin dişide yumurta verimliliği düşer, yumurtalar normal düzeninde olmaz, beklenen sayıdan az olmaktadır. Akarın yumurta koyması engellenebilir, bu nedenle olağan dışı büyük dişi akarlar görülebilmektedir. Yumurta bırakamayan dişilerde kısa zaman içinde ölüm görülmektedir (Marcic et al., 2011).

Yapılan bir denemeye göre İtalya'dan toplanan Kırmızırümcekler de spirodiclofen direnci oldukça geç oluşmuştur, 21 ay ve 37 seleksiyon döngüsünden sonra direnç oluşmuştur. METI, abamectin, hexythiazox gibi akarisitlerle çapraz direnç göstermemektedir (Rauch & Nauen 2002).

D. Solunum etkililer

Bu gruptaki ilaçlar mitokondride gerçekleşen, mitokondriyal elektron taşıma zincirine etki etmektedirler. Bunun sonucunda ATP (adenozin trifosfat) üretilmez ve akarlarda ölüm görülmektedir. Mitokondriyal elektron taşıma zincirinde beş adet kompleks bulunmaktadır (Şekil 1). Krebs döngüsü sonunda oluşan elektronlar mitokondriyal elektron taşıma sistemine aktarılır, dört kompleksten geçerek beşinci komplekste ATP üretimini gerçekleştirirler. Kompleksler arası taşıma çeşitli enzimlerle gerçekleşmektedir. Bu enzimlerin engellenmesiyle ATP oluşumu gerçekleşmemektedir.



Şekil 1. Mitokondriyal elektron taşıma zinciri (Bayır & Kagan, 2008).

Proton gradientini bozma yoluyla oksidatif fosforilasyon ayırıcılar

Chlorfenapyr, bu grubu temsil eden tek aktif maddedir. Kontakt yolla etkilidir ve translaminar etkiye sahiptir (Anonymous, 2014a). Mitokondride elektron transfer enerjisi membran boyunca proton gradienti şeklinde korunur, depolanır. Chlorfenapyr, yüksek enerjili protonları matrikse geri taşıyarak bu gradienti bozar, böylece protonlar ATP sentezine gidemez ve bu yüzden bir süre sonra ölüm görülmektedir.

Mitokondriyal ATP sentaz engelleyiciler

Diaphenhiuron, organotin akarisitler (azocyclotin, fenbutatin oxide), propargite bu grupta yer alan akarisitlerdir. Beşinci komplekste ATP sentazı engelleyerek, ATP oluşumunu engellemektedirler.

Bu gruptaki akarisitlerin tamamı kontakt etkilidir. Fenbutatin oxide ayrıca mide zehiri etkilidir (Öncüer & Durmuşoğlu, 2008).

Mitokondriyal kompleks I elektron taşıma engelleyiciler

Fenazaquin, fenpyroximate, pyrimidifen, pyridaben, tebufenpyrad, tolfenpyrad bu grupta bulunan akarisitlerdir. Pyridaben, fenpyroximate kontakt ilaçlardır (Cloyd, 2010b). Bu gruptaki ilaçlar, NADH: ubikinon oksidoredüktaz' ı inhibe ederek, mitokondriyal elektron transport sistemini bozmaktadırlar.

Mitokondriyal kompleks II elektron taşıma engelleyiciler

Beta-Keto nitril türevleri; cyenopyrafen, cyflumetofen bu grupta bulunan akarisitlerdir. Cyflumetofen kontakt bir akarisittir ve hızlı knockdown etkiye sahiptir (Anonymous, 2013). Cyenopyrafen ve cyflumetofen'nin birer pro-akarisit olduğu bildirilmiştir. Pro-akarisitler hidroliz ile biyo-aktivasyona ihtiyaç duyarlar. Yani akar vücudu içerisindeki enzimler ile parçalanarak, metabolitlerine ayrılmakta ve asıl öldürücü etkiyi bu metabolitler yapmaktadır (Anonymous, 2014a).

Bu gruptaki ilaçlar, süksinat dehidrogenaz veya süksinat: ubikinon oksidoredüktaz'ı inhibe ederek elektron transferini engellemektedir.

Mitokondriyal kompleks III elektron taşıma engelleyiciler

Bifenazate, acequinocyl, fluacrypyrim bu grupta bulunan akarisitlerdir. Bifenazate ve acequinocyl kontakt yolla etkili akarisitlerdir (Cloyd, 2010a). Bu gruptaki ilaçlar, Ubikinon: sitokrom c redüktaz veya sitokrom bc1 kompleksi'ni inhibe ederek elektron transferini bozmaktadır (Van Nieuwenhuysse et al., 2009). Bifenazate aktif maddesinin etki mekanizması yakın zamana kadar bilinmemekteydi, ancak yapılan son çalışmalar, bu aktif maddenin de mitokondride sitokrom bc1 kompleksi'ni inhibe ettiğini göstermektedir (Van Leuween et al., 2015).

E. İnorganik akarisitler

Kükürt

Bağ alanlarında külleme hastalığına karşı sıklıkla kullanılan kükürtün fitofag akarlara olan yan etkisi ilk defa Ewing (1914) tarafından daha sonra ise Goodwin ve Martin (1928) tarafından rapor edilmiştir. Uygulandıktan sonra buharlaşarak akarlara etki etmektedir, yani solunum etkilidir. Buharlaşmanın normal olabilmesi için, dolayısıyla kükürtün akarisit etkisinin görülmesi için minimum olarak 17° sıcaklık gerekmektedir. Sıcaklık yükseldikçe toksisitesi artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda fitotoksite yapmamasına dikkat edilmelidir. Kükürtün akar yumurtalarını öldürücü etkisi yoktur. Faydalı akarlardan Phytoseiidae türlerine yan etkisi vardır (Croft & Brown, 1975).

Kırmızıörümcekler de kükürt direncine dair genetik çalışmalar yürütülmemiş, dolayısıyla kükürt direncinin kalıtım mekanizması bilinmemektedir. Aynı zamanda kükürt direncinin biyokimyasal mekanizması da Kırmızıörümcekler ve phytoseiidler için iyi bilinmemektedir (Hoy, 2011).

F. Bitkisel ekstraktlar ve esansiyel yağlar

Sentetik pestisitlerin insan ve çevre sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı, özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa' da doğal pestisitlerin (mikrobiyaller ve bitkisel orijinliler) pazarlardaki etkisi fazlaşmıştır (İsman, 2000). Akarlar ile mücadelede de bu doğal pestisitlerin kullanımı artmaya başlamıştır. Bitkilerin içindeki ikincil metabolitler ve yağlar önceleri sadece repellent etki gösteriyor sanılırken, günümüzde bunların öldürücü etkilerinin olduğu da bilinmektedir.

Esansiyel yağlardan ilk olarak soya fasulyesi yağı 1959'da inseksit ve akarisit olarak ruhsatlandırılmıştır (Hoy, 2011). Esansiyel yağların fitofag akarların dışında, arılarda ektoparazit olarak yaşayan *Varroa Jacobsoni* Oudemans (Acari: Varroidae)'ye de etkili olduğu bildirilmiştir (Calderone et al., 1997). Esansiyel yağ monoterpenlerinin, in vitro ortamdaki denemelerde nörotoksik olduğu ve asetilkolinesterazi inhibe ettiği bildirilmiştir (Grundy & Still, 1985; Miyazawa et al., 1997).

Azadirachtin, neem ağacının (*Azadirachta indica* A. Juss (Sapindales: Meliaceae)) tohumlarından ekstrakte edilen bir triterpenoittir. Ekstrakt bazı bileşiklerden oluşur ve bu bileşiklerin oranı ağaçtan ağaca değişebilmektedir. Azadirachtin deri değiştirme hormonu olan ekdizonun hareketini bozarak etki eder (Hoy, 2011). Ayrıca beslenmeyi durdurucu, repellent ve yumurta koymayı engelleyici etkisi de bulunmaktadır (Ascher, 1993). Ancak biyolojik aktivitesinden sorumlu olan hedef protein tam olarak bilinmemektedir, bu yüzden IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) tarafından etki mekanizması bilinmeyenler grubuna dâhil edilmektedir.

Ülkemizde de bitkisel ekstraktlar konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır. Madanlar et al. (2002), organik neem yağı, NeemAzal T/S, arap sabunu gibi doğal pestisitleri kırmızıörümcek, yaprak biti ve beyaz sinek gibi sera zararlılarına karşı denemiş ve doğal düşman salımı, kükürt uygulamalarıyla entegre edildiği takdirde başarılı sonuçlar elde edilebileceğini bildirmiştir.

Barış & Çobanoğlu (2009), *Melia azedarach* L.'nin meyve metanol ekstraktı ve NeemAzal T/S'nin *Tetranychus urticae* üzerine etkisini denemişlerdir. Kumral et al. (2010), *Datura stramonium* L. ekstraktının *Tetranychus urticae* üzerindeki öldürücü, kaçırmacı ve yumurta bırakmayı önleyici etkisini araştırmışlardır. Kumral et al. (2013), *Datura stramonium* ekstraktının *Panonychus ulmi* (Koch) ve predatorü *Stethorus gilvifrons* (Muls.) üzerine letal ve sub-letal etkilerini araştırmışlardır.

Bitkisel ekstraktların pratikteki en önemli dezavantajı, tarla koşullarında uygulandıktan sonra çok kısa sürede parçalanmalarıdır. Bu erken parçalanmanın önüne geçebilmek için her türlü pestisitte nanoteknoloji ile üretim umut vaat etmektedir (Kah & Hoffman, 2014).

G. Mikrobiyal etmenler

Akarlarda hastalık yapan 58 tür fungus ve bu türlerin enfekte ettiği en az 73 akar türü bulunduğu belirtilmektedir (Chandler et al., 2000). En çok kullanılan entomopatojen funguslar *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Ascomycota: Hypocreales), *Hirsutella thompsonii* Fisher (Ascomycota: Hypocreales), *Lecanicillium* sp. (Ascomycota: Hypocreales), *Metharizium anisopliae* (Metchinkoff) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales), *Isaria fumosorosea* Wize (Ascomycota: Hypocreales) (= *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith), *Neozygites floridana* (Weiser & Muma) (Zygomycetes: Entomophthorales) (Chandler et al., 2000; Maniania et al., 2008). Konidi ve blastosporları pestisit formülasyonları olarak kullanılmaktadır. Genellikle WP ve yağ dispersiyonu olarak formüle edilmektedir. Entomopatojen funguslar genellikle, konidium tarafından oluşturulan çimlenme tüpü aracılığıyla konukçularının kütikularını parçalayarak giriş yapmaktadırlar (Van der Geest, 2000).

Fitofag akarları hastalandıran virüs hastalıkları ise turunçgil kırmızı örümceği (*Panonychus citri*) ve Avrupa kırmızı örümceğinde (*P. ulmi*) bilinmektedir (Van der Geest, 2000). Şu ana kadar akarlar karşı ruhsatlandırılan virüs bulunmamaktadır. Bunun nedenlerinden bazıları; virüslerin enfeksiyon hızının görece olarak düşük olması ve ultraviyole ışığa karşı hassas olmasıdır. Ultraviyole ışınlar karşı hassas olmasından dolayı, pestisit olarak geliştirilmesinde özel formülasyonlara ihtiyaç vardır. Ancak bu sayede çevre koşullarında viral aktivitesini koruyabilmektedir (Hoy, 2011).

Sonuçlar ve Öneriler

Akarların, döllemli çoğalmalarının yanında partenogenetik olarak da çoğalabilmeleri, çok sayıda yumurta bırakmaları, kısa yaşam süresi ve yıl içinde çok döl vermeleri ilaçlara karşı direnç gelişimini hızlandırmaktadır. Özellikle *T. urticae*, 93 farklı aktif maddeye karşı direnç oluşturmuş ve arthropodlar arasında en çok direnç oluşturan zararlıdır (Anonymous, 2015a). Herhangi bir etki mekanizmasına sahip bir akarite karşı direnç oluşturan bir akar popülasyonu, aynı etki mekanizmalı diğer ilaçlara da direnç oluşturabilmektedir. Farklı etki mekanizmalı ilaçların kullanılması, direnç oluşumunu geciktirecek ve akarisitlerin kullanım süresini uzatacaktır. Dolayısıyla devamlı olarak yeni etki mekanizmalı ilaçların geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Dekeyser, 2005).

Fitofag akarların mücadelesinde sadece sentetik akarisit uygulamalarına dayanan stratejiler sürdürülebilir değildir. Biyolojik mücadele son zamanlarda başarısını arttırsa da, tek başına uygulandığında gösterdiği etki sınırlı olmaktadır. Modern bitki korumada, en etkili mücadele taktiği entegre zararlı mücadelesi (IPM) programlarıdır. Bütün mücadele yöntemlerinin birbiriyle kombine edilerek uygulanması ve zararlıyı ekonomik zarar eşiğinin altında tutmaktır (Hoy, 2011). Akarisitler, IPM programlarına uygun bir şekilde seçilmelidir. Bu akarisitler fitofag akarlara karşı yüksek etkili, ancak bunların predatörlerine ya da diğer faydalılara karşı güvenli olmalıdır. Sürekli olarak bitkilerdeki zararlı ve yararlı akar popülasyonu kontrol edilmeli ve mücadeleye doğru zamanda karar verilmelidir. Pestisitlerin faydalılara yan etkileri çok geniş bir çalışma konusunu oluşturmaktadır. Bu nedenle de ayrı bir konu olarak değerlendirilmesinde yarar vardır.

Günümüzde yeni pestisitlerin geliştirilmesi, maliyetlerin çok yüksek olması, çok uzun ve yoğun araştırmalar gerektirmesi nedeniyle bir düşüş içerisinde (Sparks, 2013). Mevcut pestisitleri dönüşümlü olarak kullanıp, ömürlerini artırmak çok önemlidir. Formülasyon tiplerini iyi anlayıp, etkin kullanabilmek önem kazanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte farklı formülasyonlar da geliştirilmelidir.

Tarlada zararlı bulunan akarlarda mevcut direnç durumlarının belirlenip, entegre savaşım kavramı altında uygun yönetim modellerinde uygulamalar yapılmalıdır. Ülkemizde ilaçların zararlılara etkisi ve faydalılara yan etkisi ile ilgili yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

Alzoubi & Çobanoğlu (2007), sera koşullarında bifenthrin, dimethoate ve hexythiazox aktif maddelerinin sub-lethal dozlarını, iki noktalı kırmızı örümcek ve bunun predatörlerine karşı denemişlerdir. Bifenthrin, *Phytoseiulus persimilis* A.H ' e karşı zararlı bulunurken *Amblyseius californicus* McGregor' a karşı orta derecede zararlı bulunmuştur. Dimethoate predatörlere karşı orta derecede toksik bulunurken, hexythiazox ise zararsız bulunmuştur. Ayrıca dimethoate ve hexythiazoxun tek başlarına kontrol iki noktalı kırmızıörümcekler i kontrol etmekte yetersiz olduğunu bildirmişlerdir. Alzoubi & Çobanoğlu (2008), aynı çalışmayı laboratuvar koşullarında da yürütmüşlerdir. Dimethoate ve bifenthrin predatörlere karşı zararlı bulunurken, hexythiazox ilk 24 saatte zararsız 72. Saatte ise orta derecede zararlı bulunmuştur. Bifenthrin *T. urticae* nimflerine karşı, hexythiazoxa kıyasla çok daha etkili bulunurken, dimethoate ise etkisiz olarak bildirilmiştir. Kumral et al. (2009), Bursa ili elma ağaçlarından toplanmış avrupa kırmızıörümcekler ine karşı chlorpyrifos ve lambda-cyhalothrinin etkilerini denemişlerdir. Popülasyonun sırasıyla, LC₅₀ değerine göre 6 – 35.6 kat ve 0.7 – 5.7 kat dirençli oldukları bildirilmiştir. Yorulmaz et al. (2010), Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *Tetranychus urticae* popülasyonlarının propargite ve cyhexatine karşı duyarlılığını incelemişlerdir. LC₅₀ değerine göre sırasıyla, 1.23–3.18 ve 1.24–3.36 kat direnç gösterdiklerini bildirmişlerdir. Çağatay et al. (2014), Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* popülasyonlarının abamectin, chlorpyrifos ethyl ve bifenthrine karşı direnç düzeylerini belirlemişlerdir. LC₅₀ değerine göre sırasıyla, 0.75–2.25, 0.57–1.76 ve 1.19–3.78 kat direnç oranı bildirmişlerdir. Döker & Kazak (2012), Çukurova bölgesindeki ticari turunçgil bahçelerinden topladıkları *Panonychus citri* popülasyonlarının bazı akarisitlere karşı direnç durumunu araştırmışlardır. 4 farklı köyden toplanan bu popülasyonlarda, *Panonychus citri*' lerin yumurtalarına karşı en yüksek direnç oranı 38.9 bulunurken, ergin dişilerde en yüksek direnç oranı 212.3 olarak bildirilmiştir.

Bu tür çalışmaların artırılması ile daha bilinçli ilaçlama ve zararlı yönetimi uygulamaları yapılmalıdır. Dünyada da bu konu son yıllarda çok önem kazanmış ve artan yoğunlukta yayınlarla desteklenmektedir. Tarımda çok büyük problem olan, kalıntı sorununun önüne geçilmesi için mutlaka son ilaç uygulaması ile hasat arasında geçmesi gereken süreye, uygun doza ve uygun ruhsatlı ilaç kullanımına ve sayısına özen gösterilmelidir. Özellikle sebzelelerde hasat belirli bir dönem süresine yayıldığından, ilaç uygulamalarına karşı çok dikkatli olmak gerekmektedir.

James & Price (2002), dünya genelinde en fazla kullanılan ve bir insektisit olan imidacloprid'in kırmızı örümceğin doğurganlığında artışa yol açtığı bildirilmiştir. Bu gibi çalışmalar artırılarak, zararlı yönetimi programlarına tek bir pencereden değil, daha geniş bir bakış açısıyla yaklaşılmalıdır.

Akarisitlerin çevre, insan sağlığına ve özellikle faydalılara yan etkileri araştırılmalı ve olumsuz etkileri en az olan alternatif mücadele yöntemlerinin kullanılması teşvik edilmelidir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Alzoubi, S. & S. Çobanoğlu, 2007. Effects of sublethal dose of different pesticides on the two-spotted spider mite "*Tetranychus urticae* Koch" and its predatory mites under greenhouse conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3 (6): 764-770.
- Alzoubi, S. & S. Çobanoğlu, 2008. Toxicity of some pesticides against *Tetranychus urticae* and its predatory mites under laboratory conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3 (1): 30-37.
- Anonymous, 2011. Background document to the opinion proposing harmonised classification and labelling at community level of flufenoxuron. (Web Sayfası: http://echa.europa.eu/documents/10162/13641/adopted_annexi_bd_flufenoxuron_en.pdf), (Erişim tarihi: Nisan 2016).
- Anonymous, 2013. Sultan™ Miticide. U.S. technical information brochure. (Web Sayfası: <http://betterplants.basf.us/products/related-documents/sultan-miticide-technical-information-bulletin.pdf>). (Erişim tarihi: Mart 2016).
- Anonymous, 2014a. insecticide mode of action technical training manual. (Web Sayfası: http://www.agro.basf.com/agr/AP-Internet/en/function/conversions:/publish/content/_internal_tools/pdf/BASF_Insecticide_MoA_Manual_2014.pdf), (Erişim tarihi: Temmuz 2015).
- Anonymous, 2014b. acaricide mode of action classification: a key to effective acaricide resistance management. (Web sayfası: <http://www.irac-online.org/documents/mites-moa-poster/?ext=pdf>) , (Erişim tarihi: Ağustos 2015).
- Anonymous, 2015a. APRD–Arthropod Pesticide Resistance Database, Michigan State University, (Web sayfası: <http://www.pesticideresistance.org>), (Erişim tarihi: Temmuz 2015)
- Anonymous, 2015b. Yasaklanan Bitki Koruma Ürünleri Aktif Madde Listesi. (Web sayfası: <http://www.tarim.gov.tr/Konu/934/Yasaklanan-Bitki-Koruma-Urunleri-Aktif-Madde-Listesi>), (Erişim tarihi: Mart 2016).
- Ascher K.R.S., 1993. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Archives of Insect Biochemistry Physiology*, 22 (3-4): 433–449.
- Aveyard, C.S., D.J. Peregrine & K.M.G. Bryan, 1986. Biological activity of clofentezine against egg and motile stages of tetranychid mites. *Experimental & Applied Acarology*, 2 (3): 223-229.
- Ay, R. & M. O. Gürkan, 2005. Resistance to bifenthrin and resistance mechanisms of different strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) from Turkey. *Phytoparasitica*, 33 (3): 237-244.
- Barış, A. & S. Çobanoğlu, 2009. *Melia azedarach* L. meyve metanol ekstraktı ve Neemazal T/S' nin *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae)'ye daldırma yöntemiyle etkileri üzerinde araştırmalar. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23 (49): 10-17.
- Bayır, H. & V.E. Kagan, 2008. Bench-to-bedside review: Mitochondrial injury, oxidative stress and apoptosis – there is nothing more practical than a good theory. *Critical Care* 12(1): 1-11.
- Blauvelt, W.E., 1946. Azobenzene for red spider on roses. *Bulletin of New York State Flower Growers*, 2: 6.
- Bretschneider, V.T. & R. Nauen, 2007. Mite Growth Inhibitors (clofentezine, hexythiazox, etoxazole). 824-840. In: *Modern crop protection compounds* (Eds: W. Kramer & U. Schirmer) , Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 1302pp.
- Calderone, N.W., W. Twilson, & M. Spivak, 1997. Plant extracts used for control of the parasitic mites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 90 (5): 1080-1086.
- Chandler, D., G. Davidson, J.K.Pell, B.V. Ball, K. Shaw & K.D. Sunderland, 2000. Fungal biocontrol of acari. *Biocontrol Science and Technology*, 10 (4): 357-384.
- Clark, J.M., J.G. Scott, F. Campos & J.R. Bloomquist, 1995. Resistance to avermectins extent, mechanisms, and management implications. *Annual Review of Entomology*, 40 (1): 30.
- Cloyd, R.A., 2010a. Miticides and the Life Stages of Two Spotted Spider Mites They Are Most Effective On. (Web sayfası: <http://www.oardc.ohio-state.edu/floriculture/images/FloriBytes0710-Pest-Miticides.pdf>), (Erişim tarihi: Mart 2016).

- Cloyd, R.A., 2010b. Pest management, Broad mites. (Web sayfası: http://www.oardc.ohio-state.edu/floriculture/images/10-10_Mites.pdf), (Erişim tarihi: Mart 2016).
- Croft, B.A. & A.W.A. Brown, 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annual review of entomology, 20 (1): 285-335
- Çağatay, N. S., S.Y. Salman, Y. Yaman, & R. Ay, 2014. Isparta elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) popülasyonlarının abamectin, chlorpyrifos ethyl ve bifenthrin'e karşı direnç düzeylerinin belirlenmesi. Türkiye Entomoloji Bülteni, 4 (4), 203-209.
- Dekeyser, M.A., 2005. Acaricide mode of action. Pest Management Science, 61 (2): 103–110.
- Döker, I. & C. Kazak, 2012. Detecting acaricide resistance in Turkish populations of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae). Systematic and Applied Acarology, 17 (4): 368-377.
- Ewing, H. E., 1914. The common red spider or spider mite. (Web sayfası: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/14447/StationBulletin121.pdf?sequence=1>), (Erişim tarihi: Şubat 2016).
- Farnham, A. W., Dennehy, T. J., Denholm, I., & White, J. C., 1992. The microimmersion assay: a novel method for measuring acaricidal activity and for characterising pesticide resistance in spider mites, 257-262. Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases. British crop protection council, 1277 pp.
- Gijswijt, M.J., D.H. Deul & B.J. de Jong, 1979. inhibition of chitin synthesis by benzoyl-phenylurea insecticides, III. Similarity in action in *Pieris brassicae* (L.) with Polyoxin D. Pesticide Biochemistry and Physiology, 12 (1): 87–94.
- Goodwin, W. & H. Martin, 1928. The action of sulphur as a fungicide and as an acaricide. Part I. Annals of Applied Biology. 15 (4): 623–638.
- Grundy, D.L. & C.C. Still, 1985. Inhibition of acetylcholinesterases by pulegone-1,2-epoxide. Pesticide Biochemistry and Physiology 23 (3): 383-388.
- Hammock, B.D. & G.B. Quistad, 1981. Metabolism and mode of action of juvenile hormone, juvenoids, and other insect growth regulators. Progress in pesticide biochemistry, 1 (1): 1-83.
- Hirano, M., N. Itaya, I. Ohno, Y Fujita & H. Yoshioka, 1979. A new pyrethroid-type ester with strong knockdown activity. Pesticide Science, 10 (4): 291-294.
- Hoy, M.A., 2011. Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management. CRC press, Boca Raton, 410 pp.
- Iftner, D. C., & F.R. Hall, 1983. Effects of fenvalerate and permethrin on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) dispersal behavior. Environmental entomology, 12 (6), 1782-1786.
- Isman, M. B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection, 19 (8): 603-608.
- James D. G. & T. Price, 2002. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. Journal of Economic Entomology 95 (4): 729-732.
- Jeppson, L. R., H.H. Keifer, & E.W. Baker, 1975. Mites injurious to economic plants. Univ of California Press, California, 591 pp.
- Kah M. & T. Hofmann, 2014. Nanopesticide research: Current trends and future priorities. Environment international, 63: 224-235.
- Kumral, N. A., H. Susurluk, N.S. Gençer & M.O. Gürkan, 2009. Resistance to chlorpyrifos and lambda-cyhalothrin along with detoxifying enzyme activities in field-collected female populations of European red mite. Phytoparasitica, 37(1): 7-15.
- Kumral, N.A., S. Çobanoğlu & C. Yalçın, 2010. Acaricidal, repellent and oviposition deterrent activities of *Datura stramonium* L. against adult *Tetranychus urticae* (Koch). Journal of Pest Science, 83 (2): 173-180.
- Kumral N.A., S. Çobanoğlu & C. Yalçın, 2013. Sub-lethal and lethal effects of *Datura stramonium* L. leaf extracts on the European red mite *Panonychus ulmi* (Koch)(Acari: Tetranychidae) and its predator, *Stethorus gilvifrons* (Muls.) (Col.: Coccinellidae). International Journal of Acarology, 39 (6): 494-501.
- Madanlar, N., Z. Yoldaş, E. Durmuşoğlu & A. Gül, 2002. İzmir' de sebze seralarında zararlılara karşı doğal pestisitlerle savaş olanakları. Türkiye Entomoloji Dergisi, 26 (3): 181-195.

- Maggi, V. L. & T.F. Leigh, 1983. Fecundity response of the twospotted spider mite to cotton treated with methyl parathion or phosphoric acid. *Journal of Economic Entomology*, 76(1), 20-25.
- Maniania, N.K., D.M. Bugeme, V.W. Wekesa, I. Delalibera & M. Knapp, 2008. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. *Experimental and Applied Acarology*, 46 (1-4): 259-274.
- March, R.B., 1976. Properties and actions of bridged diphenyl acaricides. *Environmental Health Perspective*, 14: 83–91.
- Marcic, D., Peric, P., Petronijevic, S., Prijovic M. & Drobnjakovic, T., 2011. Cyclic Ketoenols – Acaricides and Insecticides with a Novel Mode of Action. *Pesticides and Phytomedicine*, 26 (3): 185-195.
- Marcic, D., 2012. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. *Journal of Pest Science*, 85 (4): 395–408.
- Metcalf, R. L., 1955. *Organic Insecticides*. Interscience, New York, pp 204.
- Migeon, A. & F. Dorkeld, 2010. Spider Mites Web: a Comprehensive Database for the Tetranychidae. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>, (Erişim tarihi: Ağustos 2015).
- Miyazawa, M., H. Watanabe & H. Kameoka, 1997. Inhibition of acetylcholinesterase activity by monoterpenoids with *ap*-menthane skeleton. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (3): 677-679.
- Rauch N. & R. Nauen, 2002. Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74 (2): 91–101.
- Nauen, R. & G. Smagghe, 2006. Mode of action of etoxazole. *Pest Management Science*, 62 (5): 379–382.
- Öncüer, C & E. Durmuşoğlu, 2008.. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları. Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları No:28. Aydın, 300 s.
- Sarıtaş, A., Z. Çakır & ř. Aslan, 2007. Organofosfat ve karbamat zehirlenmeleri. *The Eurasian Journal of Medicine*, 39: 55-9.
- Sparks, T.C., 2013. Insecticide discovery: An evaluation and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107 (1): 8–17.
- Stepyan, A. H., 1944. A rapid treatment for scabies. *Journal of American Medical Association*, 124 (16): 1127-1128.
- Stumpf, N. & R. Nauen, 2002. Biochemical Markers Linked to Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 72 (2): 111-121.
- TUİK, 2015. Bitkisel üretim istatistikleri. (Web sitesi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), (Erişim tarihi: Mart, 2016).
- Ünal, G., Gürkan, M.O., 2001. İnektisitler. Kimyasal yapıları, toksikolojileri ve ekotoksikolojileri. Ethemöđlu ofset matbacılık, Ankara, 179 s.
- Van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker, 1972. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. III. Biology, ecology and pest status and host-plant relations of tetranychids. *Hilgardia*, 41 (13): 343–432.
- Van der Geest, L. P., S.L. Elliot, J.A.J. Breeuwer & E.A.M. Beerling, 2000. Diseases of mites. *Experimental & applied acarology*, 24 (7): 497-560.
- Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw & L. Tirry, 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., L. Tirry, A. Yamamoto, R. Nauen & W. Dermauw, 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., T. Van Leeuwen, J. Khajehali, B. Vanholme & L. Tirry, 2009. Mutations in the mitochondrial cytochrome b of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) confer cross-resistance between bifentazate and acequinocyl. *Pest Management Science*, 65 (4): 404-412.
- Yorulmaz, S., P. Kaplan, D. Boztürk, S. Çobanoğlu, & R. Ay, 2010. Isparta elma bahçelerinden toplanan *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) popülasyonlarının propargite ve cyhexatin'e karşı duyarlılıklarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (1): 17-23.