



Doğal Düşmanlarda İnsektisit Direnci^{ab}

Duygu DEMİRÖZ^{1*}, Hilal TUNCA²

¹Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye,

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara, Türkiye,

*Sorumlu yazar ORCID: 0000-0001-5987-8932

e-posta (Corresponding author e-mail): duygu.demiroz@tarimorman.gov.tr

Yazar(lar) ORCID: 0000-0003-3073-66-28

e-posta (Author-s e-mail): hilal.tunca@ankara.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 26.09.2017; Kabul Tarihi (Accepted):22.12.2017

Öz: Sentetik kökenli inseksitlerle yapılan kimyasal mücadele, tarımsal ekosistemlerde zararlılara karşı tercih edilen mücadele seçeneklerinin başında gelmektedir. Kimyasal mücadele özellikle üreticiler tarafından etkili, kolay uygulanabilir ve ucuz bir yöntem olarak görülse de beraberinde önemli ciddi sorunlara yol açmaktadır. Zararlı böceklerde görülen direnç, bu problemlerin başlıcaları arasında yer almaktadır. İnsektisitlere direnç gelişimi zararlı türlerin yanında bazı doğal düşmanlarda da belirlenmiştir. Ancak doğal düşmanlarda görülen direnç mekanizmaları, zararlı böceklerde olduğundan biraz daha farklıdır. Zararlılardaki durumun aksine, doğal düşman popülasyonlarında direnç gelişimi bir avantaj olarak görülmektedir ve entegre mücadele stratejisi kapsamında dirençli doğal düşmanların kimyasal mücadele ile birlikte kullanılabilirliği konusuna, bu derlemede yer verilen araştırma sonuçlarıyla bir düzeyde açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal düşman, insektisit direnci, entegre mücadele.

Insecticide Resistance in Natural Enemies

Abstract: Chemical control with synthetic insecticides, the most preferred method against insect pests in agricultural ecosystems. Chemical control is considered effective, easier and relatively inexpensive method for many farmers. However, serious major problems are associated with chemical control. Pest resistance to chemicals is one of the important problems in chemical pest control management programmes. It is common for insect and mite pests to develop resistance against chemical insecticide, whereas as resistance against natural enemies is known. Moreover, the

^a “Doğal Düşmanlarda İnsektisit Direnci” isimli doktora seminerinin bir bölümüdür.

^b Demiröz, D. ve Tunca, H. 2018. Doğal Düşmanlarda İnsektisit Direnci. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32 (2), 131-158.

mechanisms of resistance for natural enemies is also different to insect pest. Unlike insect pest, the development of insecticide resistance in natural enemy populations is seen as an advantage and also valuable in integrated pest management. In the literature review, results of the several studies will clarify to this subject.

Keywords: Natural enemy, insecticide resistance, integrated pest control.

Giriş

Tarımsal ekosistemlerde zararlı mücadelesi için doğal düşmanların ve insektisitlerin bir arada kullanılması, Entegre Zararlı Yönetimi'nin temel bir bileşenidir (Torres 2012). Bu kavramın önemi ilk kez Stern ve ark. (1959) tarafından vurgulanmıştır. Ancak kimyasal ve biyolojik mücadelenin birlikte kullanımında çok fazla başarı elde edilememiştir (Hoy 1990, Johnson ve Tabashnik 1999). Tarım alanlarında hastalık ve zararlıların kontrol altında tutulmasında zorunlu pestisit kullanımı, biyolojik mücadele uygulamalarını sınırlandırmaktadır (Bielza 2008, Torres ve ark. 2010).

Bununla birlikte, üreticilerde insektisit bağımlılığı göz önüne alındığında, kimyasal mücadelenin tek tercih olmasını önlemek için biyolojik ve kimyasal mücadeleyi uygun bir şekilde entegre ederek gerekli çalışmaların yapılması, ayrıca üreticilerin doğal düşmanların kullanımı yönündeki algılarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

Tarımsal ekosistemlerde doğal düşmanların korunması, ilk olarak insektisitlerin doğal düşmanlara olan olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ile ilişkilidir. Bu durumda zararlı böceklerle karşı kullanılan sentetik kökenli insektisitlerin kullanımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Zararlılarda insektisit direnci önemli ölçüde olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Ancak doğal düşmanlar üzerinde görülebilen direnç, iki farklı mücadele yönteminin yani kimyasal ve biyolojik mücadelenin aynı anda birlikte kullanımının geliştirilmesi bakımından bir fırsat olarak değerlendirilebilir. İsektisitler ve doğal düşmanlar üzerindeki birçok çalışmada, doğal düşmanların insektisitlere olan hassasiyeti göz önünde bulundurulmamaktadır.

Faydalı bir türün popülasyonları arasında insektisitlere karşı farklı tepkiler gözlemlenirken, benzer şekilde herhangi bir zararlı türünün de popülasyonları arasında insektisitlere farklı tepkiler gösterdiği bildirilmiştir (Torres 2012, Bielza 2016). Doğal düşmanların insektisit hassasiyetindeki varyasyonun bilinmesi, Entegre Zararlı Yönetimi stratejilerine katkı sağlayacaktır. Bu katkı biyolojik mücadele ve kimyasal mücadelenin birlikte ve uyumlu bir şekilde kullanımı yönünde olacaktır. Doğal düşmanlarda görülen direnç üzerine ülkemizdeki çalışma sayısı sınırlıdır. Bu derleme makalede çok sayıda araştırmaya yer verilmiştir. Ülkemizde bu konuda çalışacak araştırmacılar için önemli bir kaynak olacağı kanısındayız.

İsektisitlerin Doğal Düşmanlara Etkileri

İsektisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki etkileri, kısa ve uzun süreli etkiler olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal düşmanlara doğrudan etkiler; insektisit veya insektisit kalıntılarına direkt temas nedeniyle doğal düşmanlar üzerindeki etkileri içermektedir. Dolaylı etkiler ise, insektisitlerin etkilerinin doğal düşmanların konukçuları veya avları

aracılığıyla maruz kalınan toksik etkilidir. Bu toksik etkilerin, konukçu veya av dağılımında değişikliğe neden olduğu belirtilmiştir (Waage 1989).

Doğrudan Etkiler

Kısa süreli etkiler

İnsektisitlerin doğal düşmanlara en yaygın etkileri kısa sürede gözlenen ölümlerdir. Doğal düşman popülasyonlarındaki bireylerin bir veya daha fazla insektisite maruz bırakılarak akut ölümleri incelenmiştir. İnsektisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki en hızlı etkisi temastan 24 saat sonra ölüme yol açan etkidir (Croft ve Brown 1975, Plapp ve Vinson 1977, Bellows ve ark. 1985, Wright ve Verkerk 1995).

Croft'a (1990) göre, insektisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki ölümcül etkileri, onların biyolojik özellikleri göz önünde bulundularak belirlenmelidir. Bu biyolojik özellikler içerisinde doğal düşmanların; ağırlık, cinsiyet, gelişme dönemi, açlık ve beslenme durumları, diyapoz durumu ve davranışsal özellikleri bulunmaktadır. Doğal düşmanların insektisitlere hassasiyetini belirlemek için biyoassay çalışmaları geliştirilirken, deneme sonuçlarındaki varyasyonu azaltan bu özelliklerin göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir (Busvine 1971, Hassan 1985, Croft 1990). Doğal düşmanların ergin dönemleri üzerinde denemeler yapılmıştır ancak insektisitlerin doğal düşmanları en çok gelişme dönemlerinde etkilediği bildirilmiştir (Hassan ve ark. 1987). Bununla beraber insektisitlerin ergin öncesi dönemdeki parazitoidler üzerindeki etkisinin, erginler üzerindeki etkisinden önemli ölçüde farklılık gösterebileceği ifade edilmiştir (Croft ve Brown 1975).

Trichogramma cinsine ait yumurta parazitoidleri üzerine yapılan araştırmalarda, birçok insektisitlerin parazitoidin Lepidoptera takımına ait konukçularının yumurta koruyucularına nüfuz edemediği belirtilmiştir (Plewka ve ark. 1975, Bull ve Coleman 1985). Bu nedenle konukçu yumurtasında korunan *Trichogramma* türleri insektisit uygulamalarından sonra yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Sera beyazsineği, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae)'nin parazitoidi olan *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) doğrudan biyoresmethrin uygulamasından sonra konukçunun bünyesinde korunduğu belirtilmiştir (Delorme ve ark. 1985). Endoparazitoid *Pediobius foveolatus* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae)'un geç dönem pupalarının *Epilachna varivestis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) larvası içerisinde organik fosfatlı ve karbamatlı insektisitlere karşı korunabildiği ispatlanmıştır (Flanders ve ark. 1984).

Bazı ektoparazitoidlerin ergin öncesi dönemleri konukçularının konukçu bitkide açtığı galeriler sayesinde korunabileceği bildirilmiştir. Galeri sineklerinin ektoparazitoidi olan *Diglyphus* spp. (Hymenoptera: Eulophidae)'nin larva dönemi bu yolla insektisit uygulamalarından korunabildiği söylenmiştir (Chandler 1985). Doğal düşmanların davranışları özellikle de arama davranışı, doğal düşmanların insektisitlere karşı tepkilerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Doğal düşmanlar, arama davranışları nedeniyle insektisit kalıntıları ile temas etme olasılıkları daha yüksektir. Bu durumun bitki üzerinde hareketsiz olarak bulunan zararlı böceğe nazaran doğal düşmanın ölüm oranını arttırabildiği ifade edilmiştir (Croft ve Brown 1975, Flanders ve ark. 1984, Powell ve ark. 1985, Waage ve ark. 1985). Araştırmalarda bazı insektisit kalıntılarının doğal düşmanlara karşı repellent olduğunu ve insektisitlerle muamele edilmiş yüzeylerde doğal düşmanların arama süresinin azaldığını gösterilmiştir

(Campbell ve ark. 1991, Longley ve Jepson 1996). Kalıntıların repellent etkisine bağlı olarak doğal düşmanlarda hareketliliğin artma olasılığının yükselebildiği ifade edilmiştir (Jepson ve ark. 1990).

Zararlılarda olduğu gibi, bazı insektisitler belli bir doğal düşman popülasyonuna karşı oldukça zehirli iken bazı insektisitler zehirli değildir (Hassan ve ark. 1987, Theiling ve Croft 1988). Sharma ve Adlakha (1981), klorlandırılmış hidrokarbonlu, organik fosforlu ve karbamatlı insektisit gruplarından 24 bileşiğe maruz bırakılan predatör, *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae)'nın doz-etki ilişkisini belirlemişlerdir. LC90 sonuçlarına göre organik fosforular (malathion, diazinon) ve karbamatlılar (carbaryl), klorlandırılmış hidrokarbonlulara (endosulfan, toxaphene, DDT) göre daha zehirli bulunmuştur.

Piretroid grubundan permetrin'in *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) erginlerine karşı toksisitesinin, organik fosforlu grubundan metil parathion ve karbamatlılardan methomyl'e göre daha düşük düzeyde olduğu belirtilmiştir. Aynı türün erginleri phosmet ve dimethoate da orta derecede hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir (Bull ve Coleman 1985).

Benzer şekilde galeri sineğinin parazitoiti *Diglyphus begini* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) üzerinde karbamatlı grubundan methomyl ve oxamyl'e göre piretroid grubundan fenvalerate ve permethrin daha toksik bulunmuştur (Rathman ve ark. 1990). Yoğun insektisit kullanılan alanlardan alınan ve hassasiyet dereceleri farklı 5 adet *D. begini* popülasyonunda test edilen kimyasallara karşı yüksek direnç belirlenmiştir. Yapılan denemelerde *Aphytis melinus* (DeBach) (Hymenoptera: Aphelinidae) popülasyonlarının 5 farklı insektisite karşı tepkileri arasında varyasyonlar belirlenmiştir (Rosenheim ve Hoy 1986).

Predatörler genellikle insektisitlere karşı parazitoitlerden daha toleranslıdır (Croft ve Brown 1975, Theiling ve Croft 1988). Piretroid grubundan 5 insektisit (cypermethrin, phenothrin, tralomethrin, fluvalinate, ve flucythrinate) *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae)'ya oranla *Campoletis sonorensis* (Carlson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) üzerinde daha toksik olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Rajakulendran ve Plapp 1982). Bellows ve ark. (1985), turuncgil tripsi *Scirtothrips citri* (Moulton) (Thysanoptera: Thripidae)'nin üç doğal düşmanı üzerinde dimethoate ve formatanate hidroklorürün toksisitesini tespit etmişlerdir. Test edilen doğal düşmanlar *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), *Aphytis melinus* (De Bach) (Hymenoptera: Aphelinidae) ve predatör akar *Eusieus stipulatus* (Athias-Henriot) (Arachnida: Phytoseiidae)'dir. Çalışmada LC₅₀ değerlerine göre insektisit hassasiyeti *E. stipulatus* < *A. melinus* < *C. montrouzieri* olarak bulunmuştur. *C. montrouzieri* formatanate hidroklorüre karşı *A. melinus*'dan yaklaşık 230 kat daha fazla direnç göstermiştir.

Uzun süreli etkiler

İnsektisitlerin doğal düşmanlar üzerindeki sublethal etkilerine ilişkin çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir (Bielza 2016). Doğal düşmanlar üzerinde, insektisit uygulamasından 24 saat sonra ortaya çıkan sublethal etkiler değerlendirilmiştir. İnsektisit kalıntıları, insektisit uygulamaları sonrasında hayatta kalan ergin doğal düşmanları etkileyebilir. İnsektisitlerin sublethal dozları, doğal düşmanlar üzerinde olumlu veya

olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Croft 1977, Elzen 1989, Messing ve Croft 1990, Wright ve Verkerk 1995).

Döl veriminin yükselmesi (Fleschner ve Scriven 1957, Attallah ve Newsom 1966) parazitoit etkinliğinin ve hareket kapasitesinin artması (Irving ve Wyatt 1973, Dempster 1968, Critchley 1972) ve gelişme süresinin azalması olumlu etkiler arasındadır (Adams 1960, Lawrence ve ark. 1973). Olumsuz etkilenen biyolojik parametreler arasında; günlük doğurganlık, meydana gelen toplam birey sayısı, hayatta kalma yeteneği, avlanma ve parazitizm davranışları bulunmaktadır. Bir predatör ve dört parazitoit türünde, ergin yaşam süresinin kısalması yüzünden meydana gelen birey sayısında üretiminde azalma gözlemlenmiştir. Beş predatör ve dört parazitoit türünde de günlük yumurta bırakma oranının azaldığı bildirilmiştir. Parazitoit *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae)' nin üreme sisteminde fizyolojik değişimler nedeniyle günlük döl veriminin azaldığı ifade edilmiştir (Grosch 1970).

Doğal düşmanların çeşitli davranışlarında da olumsuzluklar görüldüğü bildirilmiştir. Bunlar arasında konukçu tanıma kabiliyetinin kaybı (Flanders 1943), koordinasyonda azalma (Grosch 1970), avlanma yeteneğinin azalması (Wiedl 1977), geçici felç olma (Kiritani ve Kawahara 1973, Grafton-Cardwell ve Hoy 1985), beslenememe (Dempster 1968), insektisit uygulanmış konukçu-av veya habitatta doğal düşmana karşı uzaklaştırıcı etkilerin görülmesi bulunmaktadır (Irving ve Wyatt 1973, Jackson ve Ford 1973, Jiu ve Waage 1990, Campbell ve ark. 1991, Longley ve Jepson 1996, Umore ve ark. 1996).

Bir doğal düşmanın avını ya da konukçu popülasyonunu baskı altına alabilmesinde arama davranışının önemli faktör olduğu belirtilmiştir (Huffaker ve ark. 1976). Bu davranışın bozulması doğal düşmanların etkinliğini de engelleyebilmektedir. İnsektisit kalıntısı olan yapraklarda, parazitoitler minimum 80 adet konukçu larvası olması durumunda arama davranışı içerisine girebilmektedir. Oysaki insektisit uygulanmamış yapraklarda parazitoit tarafından arama davranışı daha düşük yoğunluktaki konukçu sayılarında bile görüldüğü ifade edilmiştir. Çalışmalarda insektisit kalıntısının uniform olmadığı yapraklarda, parazitlenme oranı daha yüksek bulunmuştur.

Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Campbell ve ark. 1991), yaprakbiti parazitoitleri *Aphidius rhopalosiphii* (DeStefani-Perez) (Hymenoptera: Braconidae) (Longley ve Jepson 1996, Borgemeister ve ark. 1993) ve *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae) (Jiu ve Waage 1990, Umore ve ark. 1996) ile yaprakbiti predatörü *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) (Wiles ve Jepson 1994) üzerine yapılan çalışmalarda, bu doğal düşmanların bazı insektisitler (deltamethrin, esfenvalerate, malathion, permethrin, pirimicarb) nedeniyle ortamdaki uzaklaştıkları, davranışlarını değiştirdikleri ve ilaç uygulanmış alanlarda konukçu ve/veya av arayışına daha az zaman ayırdıkları belirtilmiştir. Sublethal dozların diğer etkilerinin arasında, gelişme süresinin artması (Wiedl 1977), F1 dişilerinde meydana gelen birey sayısının azalması (O'Brien ve ark. 1985, Rosenheim ve Hoy 1988a), F1 bireylerinin yaşam süresinde azalma (Attallah ve Newsom 1966, Ascerno ve ark. 1980), F1 bireylerinde morfolojik deformasyon bulunduğu bildirilmiştir (Ascerno ve ark. 1980). İnsektisitlerin birçok olası uzun süreli etkileri nedeniyle, ilaç uygulanmış alanlarda doğal düşman ölümlerinin önemli ölçüde olmamasının, doğal düşman popülasyonunda insektisitlerin etkilerini bütünüyle yansıtmadığı ifade edilmiştir (Wright ve Verkerk 1995).

Dolaylı Etkiler

Konukçu popülasyonunun azalması

İnsektistlerden kaynaklanan doğrudan ölümlerden başka doğal düşman popülasyonlarına en büyük olumsuz etki, konukçu-av yoğunluğunun azalması olarak belirtilmiştir (Powell ve ark. 1985). Birçok konvensiyonel insektisit uygulamasıyla ilişkili olarak doğal düşmanlarda görülen akut ölümlere sistemik insektisitler bir çözüm olarak önerilebilmektedir. Ne var ki sistemik insektisitler kullanıldığında bile av ve konukçudaki yüksek ölümlere bağlı olarak doğal düşman popülasyonlarının düşük seviyelere inebildiği ya da sistemik insektisit kullanımının doğal düşmanları göçe zorladığı vurgulanmıştır (Boyce 1936, Bartlett 1964). Konukçuya spesifik olan doğal düşmanların daha ciddi oranlarda olumsuz etkilendikleri ortaya konulmuştur (Heathcote 1963). Bu durum, doğal düşman-zararlı oranında zararlı böceklerin sayısının artışı ile sonuçlanmış ve doğal düşmanların insektisitlere karşı konukçuları kadar hızlı direnç geliştirememesinin nedeni olarak gösterilmiştir (Georghiou 1972, May ve Dobson 1986, Tabashnik 1986).

İnsektisit ile kontamine olmuş konukçuların yenmesi

Malathion ve demeton uygulama dozu ile muamale yaprakbitleri ile beslenen *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius), *Coccinella undecimpunctata* (Linnaeus) ve *Scymnus syriacus* (Le Conte) gibi Coccinellidae predatörlerinin ölüm oranları araştırılmıştır (Ahmed 1955, Satpathy ve ark. 1968). Her üç predatöründe önemli ölçüde hassasiyet göstermedikleri belirtilmiştir. Herbert ve Harper (1986), *Bacillus thuringiensis* (beta-exotoksin) Berliner uygulanmış *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarıyla beslenen predatör *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Geocoridae) dördüncü dönem nimfleri ve erginlerinde ölüm oranını belirlemiştir. Predatör böceğin 4. dönem nimflerinde LD50 değeri 0.250 µg/birey olarak belirlenmiştir. Uygulamadan 0, 24, 48 saat ve devamındaki sürelerde sırasıyla ölüm oranları % 0, 20, 30, 50 olarak bulunmuştur. Beta-exotoksin ergin bireylere toksik olarak bulunmamıştır.

Çeşitli insektisit dozlarıyla muamele edilmiş incir kurdu larvaları *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) 'un dişi bireylerine sunulmuştur. Sonuçlara göre, parazitoitin ölüm oranının uygulanan dozla ilişkili olduğunu ve yüksek dozlarda ölümlerin arttığını bildirmişlerdir (Press ve ark. 1981). Abamectin ile ilaçlanmış buğday tohumlarıyla beslenen üçüncü dönem *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) larvaları, predatör akar *Phidippus audax* (Hentz) (Arachnida: Salticidae) tarafından yenildiğinde, predatör akarın tüm bireylerinde ölüm veya sedasyon meydana geldiği bildirilmiştir (Roach ve Morse 1988). Buna ilaveten çıkış yapan ergin endoparazitoidler konukçunun integümentindeki ve yumurtanın koryonundaki insektisit kalıntısıyla temas ettiklerinde ölümlerin meydana geldiği ifade edilmiştir (Plewka ve ark. 1975, Flanders ve ark. 1984, Delorme ve ark. 1985, Cohen ve ark. 1988).

Doğal Düşmanlarda İnsektisit Direncini Etkileyen Faktörler

Doğal düşmanlarda insektisitlere karşı geliştirilen direnç konusunda farklı görüşler bulunmaktadır.

Adaptasyon Öncesi Farklılık

İnsektisitlerin uzun süreli etkileri sonucunda doğal düşmanlarda direnç geliştiği belirtilmiştir. Zararlılarda direnç, bir zararlıya karşı belirli bir insektisit uzun süre kullanılması sonucunda bu zararlı popülasyonunda insektisite karşı hassasiyet kaybının oluşması durumudur. İnsektisit tavsiye edildiği zararlıların popülasyonlarında hatalı uygulama ve uygun olmayan çevre koşulları gibi sorunların dışında kalan bir hassasiyet azalması olarak da bildirilmiştir (Ünal ve Gürkan 2001).

Zararlı böcekler, doğal düşmanlara göre insektisitlere karşı daha hızlı bir şekilde direnç geliştirmektedir. Bunun nedenlerinden biri, insektisitlere karşı hassasiyette zararlı böcekler ile doğal düşmanlar arasında farklılıklar bulunması durumudur. Zararlı böceklerin, doğal düşmanlara göre daha iyi bir detoksifikasyon kapasitesine, daha güçlü bir tolerans yeteneğine ve daha fazla genetik çeşitliliğe sahip olmaları daha hızlı direnç geliştirmelerinin sebebi olarak gösterilmektedir (Gordon 1961, Georghiou 1972, Croft ve Morse 1979, Croft ve Strickler 1983, Rosenheim ve Hoy, 1986, Tabashnik ve Johnson 1999, Torres ve ark. 2003, Desneux ve ark. 2007, Wäckers ve ark. 2007).

Detoksifikasyon kapasitesi

İnsektisit uygulamasına maruz bırakılmadan önce doğal düşman ve zararlı böceğin hassas popülasyonları karşılaştırılarak, başlangıçtaki detoksifikasyon kapasiteleri belirlenmelidir. İnsektisit uygulamasından önce doğal düşman ırkları arasında daha yüksek detoksifikasyon kapasitesine sahip olanlar, diğerlerine göre daha hızlı direnç geliştirirler. Direnç gelişim oranında, başlangıçtaki detoksifikasyon kapasitesi ilk belirleyici özelliştir.

Zararlı böcekler öncelikle bitkilerdeki sekonder metabolitlere karşı detoksifikasyon enzimleri geliştirmişlerdir. Bu nedenle insektisitlere karşı geliştirilen detoksifikasyon mekanizmasında, bitkiyle beslenmeyen entomofag böcekler göre önceden uyumları söz konusudur. Dolayısıyla; zararlı böceklerde başlangıçta detoksifikasyon enzimleri daha yüksek düzeydedir. Ayrıca zararlı böceklerle entomofag böcekler arasındaki bu farklılığın doğal düşmanlarda daha yavaş bir direnç gelişimine neden olabildiği kanaatine varılmıştır (Croft ve Mullin 1984).

Tolerans

Doğal düşmanlar, az gelişmiş bir detoksifikasyon mekanizmasına sahip oldukları için fitofag böcekler göre insektisitlere karşı daha düşük bir tolerans yeteneğine sahiptirler. Doğal düşmanların daha düşük tolerans yeteneğine sahip olmaları, daha uzun sürede direnç geliştirmelerine neden olmaktadır.

LC₅₀ ya da LD₅₀ değerleri her zaman doğal düşmanların konukçu ve avlarına göre insektisitlere karşı daha hassas olduğunu göstermemektedir. Theiling ve Croft'a (1988) göre LC₅₀ veya LD₅₀ değerlerine göre 87 etkili maddeyi değerlendirmişlerdir. Braconidae, Aphelinidae ve Ichneumonidae familyalarını içeren 12 adet doğal düşman familyası incelenmiştir. Benzer olarak avcı böceklerin avlarından daha toleranslı, parazitoitlerin ise konukçularına göre daha az toleranslı olduğu bildirilmiştir. Phytoseiidae familyasındakilerin avlarına göre aynı tolerans değerine sahip olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak insektisit uygulamaları doğal düşman popülasyonlarını olumsuz etkilemektedir ancak doğal düşmanların toleransı fitofag böceklerinkine yakın bulunduğu ifade edilmiştir (Tabashnik ve Johnson 1999).

Genetik çeşitlilik

Doğal düşmanlar, zararlı böceklerle göre daha az bir genetik çeşitliliğe sahiptir. Bu nedenle doğal düşmanların daha uzun sürede direnç geliştirdikleri bildirilmiştir (Huffaker 1971; Georghiou, 1972). Elektroforezde belirlenen protein ve DNA analizleri sonuçlarında, hymenopterlerin allozomlarında çok düşük bir varyasyon olduğu belirlenmiştir (Hedrick ve Parker 1997). Heterozigotluk indeksi çalışmalarında 13 Hymenopter türünde beklenen heterozigotluk durumu ya da gen çeşitliliği ortalaması 0.044 ± 0.006 iken, Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera ve Diptera'yı kapsayan 158 zararlı türünde bu değer ortalama 0.120 ± 0.006 olarak bulunmuştur (Graur, 1985). Bu sonuçlara göre Hymenopter parazitoitlerin, fitofag türlere göre daha az bir genetik varyasyona sahip olduğu belirtilmiştir. Bazı zararlı böceklerin direnç gelişimi onların heterozigot özellik göstermeleriyle ilişkilendirilmiştir (Graur 1985, Tabashnik ve Johnson 1999, Luff 2002, Torres 2012).

Direnç çalışmalarında laboratuvar seleksiyonları doğal düşmanlar için her zaman uygun olmayabilir. Bunun nedeni olarak sınırlı genetik varyasyona sahip olmaları gösterilmektedir (Hoy 1990, Johnson ve Tabashnik 1994). Laboratuvar seleksiyonlarında insektisitlerin subletal dozlarına oranla, uygulama dozlarında parazitoitlerin %22'sinde direnç belirlenirken, predatörlerin ise %68'inde direnç görülmüştür (Johnson ve Tabashnik 1994).

Popülasyon Ekolojisi

Popülasyon ekolojisi kuramına göre de zararlılarda direnç, doğal düşmanlara göre daha hızlı gelişmektedir. Bunun nedeni zararlıların doğal düşmanlara göre farklı biyolojilerinin olması ve insektisitlere daha fazla maruz kalmalarıdır. Popülasyon ekolojisi çerçevesinde bu konuda farklı araştırmalar yapılmıştır (Huffaker 1971, Georghiou 1972, Croft ve Brown 1975, Croft 1982, Tabashnik ve Croft 1985, Tabashnik ve Johnson 1999, Whalon ve ark. 2011, Torres 2012).

Sınırlı besin kaynağı

Bu konuda yapılan araştırmalar doğal düşmanlar ve zararlı böcekler arasındaki popülasyon dinamiğinin önemli olduğu vurgulanmıştır (Huffaker 1971, Georghiou 1972, Croft ve Brown 1975, Tabashnik 1986, Tabashnik ve Johnson 1999, Lundgren 2009, Torres 2012). İnsektisit uygulamalarına maruz kalan ve canlılığını sürdüren zararlı böceklerin, ortamda beslenebilecekleri besin bulmaları nedeniyle daha kısa sürede direnç geliştirdikleri sonucuna varılmaktadır.

Buna karşın dirençli doğal düşmanların, insektisit uygulamasından sonra sayıları oldukça azalan av ya da konukçu ile beslendikleri ifade edilmiştir. Dolayısıyla doğal düşmanlarda direnç oluşumu açlık, göç ve insektisit uygulaması sonrası üreme oranlarının düşmesi nedeniyle daha yavaş ilerlemektedir. İnsektisit uygulamaları doğal düşman popülasyonlarını doğrudan azalttığı gibi besinlerini sınırladığı için de doğal düşman popülasyonlarında dolaylı bir azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir (Tabashnik 1986, Bellows ve Fisher 1999, Torres ve Ruberson 2007).

Sınırlı besin kaynağının direncin gelişimini yavaşlattığı için doğal düşmanlara yapay seleksiyon programlarında sınırsız besin sağlanması direnç gelişiminin hızlanmasına katkı sağlayabilir. Yapılan çalışmalarda başarılı laboratuvar seleksiyonlarıyla doğal düşmanlarda direnç elde edilmiştir (Croft ve Strickler 1983, Hoy 1985, Hoy 1990, Croft 1990, Johnson ve Tabashnik 1994, Lundgren 2009, Torres 2012, Yorulmaz Salman ve Ay 2013).

Laboratuvar seleksiyonlarıyla doğal düşmanlarda saptanan direnç değeri, zararlı böceklerdeki kadar yüksek değildir. Doğal düşmanlar ve zararlı böcekler arasındaki bu direnç farklılığı, adaptasyon öncesi farklılık, arazi koşullarındaki örnekleme sayısı, laboratuvar ortamında yetiştirme koşulları ve örnek sayısından kaynaklanabildiği belirtilmiştir. İnsektisitlere karşı direnç kazanan av ya da konukçularla beslenen doğal düşmanlardaki direnç gelişimi kısmi ölçüde hızlandığı tespit edilmiştir (Bielza 2016).

Farklı biyolojik özellikler

Doğal düşmanlar ve zararlı böceklerin biyolojik özellikleri, yıllık döl sayısı, ovipozisyon süresi, yaşam süresi, gelişim süresi ve cinsiyet oranını kapsamaktadır. Direnç gelişim oranı, üreme kapasitesini ve özellikle de döl sayısını artırdığı saptanmıştır (Tabashnik ve Croft 1982, Tabashnik ve Croft 1985, Georghiou ve Taylor 1986, May ve Dobson 1986, Tabashnik ve Johnson 1999, Mullin ve ark. 2005, Torres 2012).

Zararlı böceklerin yıllık döl sayısı doğal düşmanlarınkinden (parazitoit ve predatör) çok daha fazladır. Dolayısıyla doğal düşmanlara göre; çok daha kısa sürede direnç geliştirebildiklerini bildirmiştir (Stiling 1990, Wäckers ve ark. 2007, Whalon ve ark. 2011).

İnsektisit uygulamalarına maruz kalma

Direnç gelişiminde seleksiyon baskısı insektisitlere maruz kalma sıklığı ile ilişkilidir. Doğal düşmanlar, zararlılara göre daha az seleksiyon baskısı altındadır. Zararlı böcekler (ana ve sekonder zararlılar) her zaman insektisit uygulamalarına maruz kalırken, faydalı böceklerin ancak konukçu ya da avlarıyla aynı habitatı paylaştığı zaman insektisit etkisi altında kalabildikleri belirtilmiştir (Croft ve Brown 1975, Rosenheim ve Hoy 1986, Torres ve ark. 2003, Wäckers ve ark. 2007).

Bununla birlikte hareket halindeki parazitoit ve predatörlerin, sabit zararlılara göre insektisit kalıntılarında temas ederek insektisitlere daha fazla maruz kaldığı bilinmektedir (Croft ve Brown 1975, Hoy 1990, Tabashnik ve Johnson 1999, Desneux ve ark. 2007, Torres 2012). Bu konuda daha kesin yargılar yürütülebilmesi için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Hedef alınan popülasyonun, insektisit uygulamasından tamamının mı yoksa bir bölümünün mü etkilendiği insektisit uygulama süresi, uygulama yapılan ve yapılmayan alanlarda popülasyonlar arasındaki gen akışı bilinmelidir. İnsektisit uygulaması yapılan bir tarım alanında bu bilgiler eksik kalabildiği için bu konunun doğal düşmanların direnç gelişimi üzerine etkisini tam olarak belirlemek mümkün değildir.

Farklı genetik yapı

Evrimsel süreçte insektisit direnci, organizmaların diploid olması ve seksüel üremesiyle ilişkilendirilmiştir (Horn ve Wadleigh, 1988). Zararlı böcekler ile doğal düşmanlar arasındaki genetik yapısal farklılığın, insektisitlere karşı direnç geliştirmelerinde

etkili olduğu ifade edilmiştir. Örneğin Hymenoptera'ya bağlı türler genellikle haplodiploiddir. (Haplodiploid üreme şeklinde meydana gelen erkek bireyler n sayıda kromozoma sahipken dişi bireyler 2n kromozoma sahiptir.) Yapılan bir çalışmada haplodiploidlerde, diplohaplodilere göre daha hızlı bir direnç gelişimi gözlenmiştir. Bu nedenle haplodiploid hymenopter parazitoidlerde direnç gelişiminin yavaş olmamaktadır (Horn ve Wadleigh 1988, Tabashnik ve Johnson 1999, Leslie ve ark. 2009, Torres 2012).

Predatör akarlar üreme özellikleri nedeniyle farklı genetik yapıya sahiptirler. Thelytoky (Döllemsiz yumurtalardan sadece dişi bireylerin meydana gelmesidir) ya da arrhenotoky (Döllemsiz yumurtalardan sadece erkek bireyler meydana gelirken döllemler yumurtalardan hem erkek hem dişi bireyler meydana gelir) üreme gösterebilmektedirler. Arrhenotoky üremenin görüldüğü *Typhlodromus occidentalis* (Scheuten) (Acari: Phytoseiidae) ve *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) hem haploid hem de diploid bireyleri içermesi nedeniyle avantajlı olduğu belirtilmiştir (Hoy 1985, Dunley ve ark. 1991, Sato ve ark. 2002, Barbar ve ark. 2007, Poletti ve Omoto 2012, Yorulmaz Salman ve ark. 2015). Bu durum diğer doğal düşmanlara göre Phytoseiidae familyasındaki predatör akarların daha hızlı direnç gösterdiğini açıklayabilmektedir. Ancak genel anlamda doğal düşmanlardaki yavaş gelişen direnç tepkisi için tek başına yeterli olmadığı vurgulanmıştır.

Zararlı böceklerde ve doğal düşmanlarda direncin evrimi sosyal olma ile de ilişkilidir. Sosyal böceklerin çok çabuk direnç geliştirememeleri üremeden sorumlu olan çok küçük sayıda bir popülasyona sahip olmalarıyla açıklanabilmektedir. Üremeden sorumlu olan bireyler sınırlı bir insektisit uygulaması altındadırlar. Hymenoptera'ya bağlı sosyal böcekler ve Isoptera takımı bireylerinde daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerektiği ifade edilmiştir (Georghiou 1986, Tabashnik ve Johnson 1999, Bacci ve ark. 2009, Torres 2012).

Direnç Çalışmalarının Yapıldığı Doğal Düşman Grupları

Üzerinde direnç çalışmalarının yapıldığı doğal düşman grupları predatör akarlar, predatör böcekler ve parazitoidler olarak aşağıda sırasıyla ele alınmıştır.

Predatör Akarlar

Doğal düşmanlarda insektisit direnci ile ilgili ilk bulgular, 1970'li yıllarda Phytoseiidae familyasındaki akarlar (Acari: Phytoseiidae) üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. *Neoseiulus (Amblyseius) fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae), ABD'deki elma bahçelerinde organik fosfatlı azinphos-methyl ve parathion'a karşı dirençli olarak tanımlanan ilk predatör olduğu ispatlanmıştır (Motoyama ve ark. 1970).

Devamındaki çalışmalarda da bu predatör akar için organik fosforlu ve karbamatlı bileşiklerde direnç gelişimi ortaya konulmuştur (Croft ve Meyer 1973). 1970'ler, 1980'ler ve 1990' larda *N. fallacis* (Motoyama ve ark. 1970, Croft ve Meyer 1973), *Euseius (Amblyseius) hibisci* (Chant) (Kennett 1970), *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Croft ve ark. 1976, Sato ve ark. 2002, Poletti ve Omoto 2012), *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Roush ve Hoy 1980), *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Avella ve ark. 1985), *Typhlodromus pyri* (Scheuten) (Hadam ve ark. 1986), *Amblyseius nicholsi* (Ehara et Lee) (Tang ve ark. 1988), *Metaseius arboreus* (Chant) (Croft ve Aliniaze 1983), *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Tang ve ark. 1988, Mochizuki 1994, Kawai 1997) ve *Amblyseius*

andersoni (Chant) (Dunley ve ark. 1991)'yi içeren çeşitli predatör akar türlerinde organik fosfatlıların, karbamatlıların ve piretroitlere karşı dirençli ırkları belirlenmiştir. Son yıllarda Fransa'da üzümde bulunan *T. pyri* ve *A. andersoni* popülasyonlarının piretroitlere ve organofosfatlılara karşı yüksek oranda direnç gösterdiği tespit edilmiştir (Bonafos ve ark. 2007). Fransa'da üzüm yetiştirilen bağ alanlarında entegre zararlı yönetimi çerçevesinde bu dirençli popülasyonlar, Tetranychidae familyasına bağlı akarların kontrol altında tutulmasında önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Bofanos ve ark. 2007).

Fransa'daki ilaçlama yapılmış bağ alanlarından ve ilaçlanmamış diğer bir meyve bahçesinden toplanan *Typhlodromus exilarates* (Ragusa) (Acari: Phytoseiidae)'nin iki adet tarla popülasyonunun chlorpyrifos'a karşı direnç denemeleri yapılmıştır (Barbar vd 2007). İki ırk için elde edilen LC₅₀ değerleri arasında bir fark gözlemlenmezken, LC₉₀ değerleri arasında farklılık bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada dirençli dişilerin %20'si hayatta kalmış ve chlorpyrifos'un uygulama dozunda yeniden üreyebildikleri bildirilmiştir. Araştırmacılar tarla koşullarında hayatta kalma oranının muhtemelen daha yüksek olduğuna ve sonuç olarak bu popülasyonun chlorpyrifos uygulamasından sonra yeniden oluşabileceğine dikkat çekmişlerdir. Benzer olarak *N. californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının birçok insektisite karşı düşük hassasiyet gösterdiği ve bu nedenle Brezilya'da çilek üretim alanlarında biyolojik ve kimyasal mücadelenin birlikte kullanıldığı bildirilmiştir (Sato ve ark. 2002, Sato ve ark. 2007). Aynı şekilde, Brezilya'daki süs bitkilerinde *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) popülasyonlarının deltamethrin'e karşı direnç oranlarının 3500 kata kadar çıktığı tespit edilmiştir (Poletti ve Omoto 2012).

Araştırmacılar *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) ile yapılan arazi çalışmalarında bu türde insektisit direnci olabileceğini tahmin etmişlerdir (Posenato 1994) ve son yıllarda İtalya'daki bağlardan ve elma bahçelerinden toplanan popülasyonların laboratuvar koşullarında chlorpyrifosa (145,000 kata varan) yüksek direnç gösterdiği tespit edilmiştir (Tirello ve ark. 2012). Fungisit ve insektisit birlikte kullanıldığı bağ alanlarında *K. aberrans*'in dirençli bir ırkı biyolojik mücadeledeki salım çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Duso ve ark. 2009). Çin'deki sebze üretim alanlarından toplanan predatör *Neoseiulus longispinosus*'un üç popülasyonu, fenprothrin, chlorpyrifos ve abamectine dirençli bulunmuştur (Zhao ve ark. 2013). Phytoseiidae akarlarının beslenme ve üreme şekli gibi bazı biyolojik özellikleri insektisit direncinin gelişiminde etkilidir (Poletti ve Omoto 2012). Zararlı böceklerden farklı olarak, direnç gelişiminin daha geç görüldüğü doğal düşmanların insektisit uygulamaları sonucunda besin yetersizliği nedeniyle açlıktan ölebildiklerine dikkat çekilmiştir (Croft ve Brown 1975, Croft ve Morse 1979, Tabashnik ve Johnson 1999).

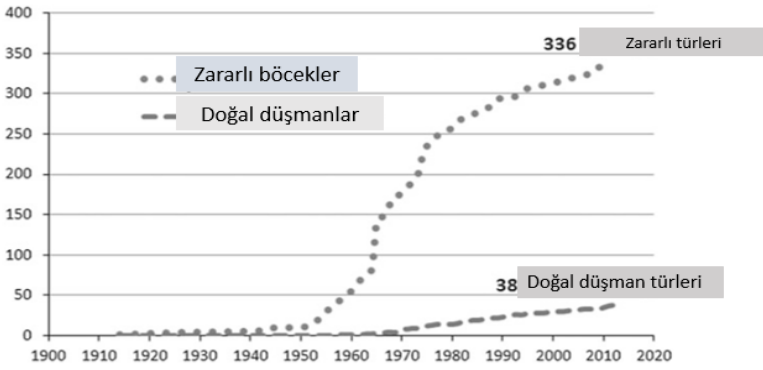
Örneğin, bitkinin polen ve nektarıyla da beslenen Phytoseiidae akarları gibi polifag doğal düşmanların, monofag doğal düşmanlara göre daha çabuk direnç kazandığı bildirilmiştir. Buna ek olarak İspanya'daki turuncgil bahçelerinde yapılan bir çalışmada, beslenme türü omnivor avcı olan *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot)'(Acari: Phytoseiidae)'un, daha az av tercihi olan predatör *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) ve *Phytoseiulus persimilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae)'e göre daha yüksek dirence sahip olduğu belirtilmiştir. Öte yandan Phytoseiidae familyasındaki akarların üreme sistemi, haplodiploidydir ve bu durumun direnç gelişimi için avantajlı olduğu belirtilmiştir. Diploid dişilerde bir rekombinasyon vardır ve resesif dirençli genler haploid erkeklerde seleksiyona maruz kalmaktadır (Argolo ve ark. 2014).

Tetranychus urticae (Koch) (Acari: Tetranychidae) (Van Leeuwen ve ark. 2010), *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) ve *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) gibi bazı haplodiploid zararlı türlerinin daha kolay direnç geliştirildiği ifade edilmiştir (Bielza 2008, Fernandez ve ark. 2009). Bununla beraber Phytoseiidae akarlarının insektisit hassasiyetine karşı türler arasında önemli bir farklılık gözlemlenmektedir. *N. californicus*, *P. macropilis*'e göre deltamethrin'e karşı 3000 kat daha fazla direnç gösterdiği tespit edilmiştir (Poletti ve Omoto 2012). Bu nedenle *N. californicus*'un deltamethrin'in uygulama dozunda birlikte kullanımının uygun olduğu ifade edilmiştir. Diğer çalışmalarda da Phytoseiidae akar türleri arasında bulunan bu insektisit hassasiyet farklılığı ele alınmıştır.

T. pyri, *P. persimilis*'e göre deltamethrin'e (Markwick 1986) 300 kat daha dirençli, *A. andersoni*, *T. pyri*'den sadece beş kat fazla dirençli (Bonafos ve ark. 2007), *Euseius concordis* (Chant), *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark ve Muma) (Poletti ve Omoto 2005) yaklaşık 50 kat daha dirençli, *N. californicus* da *E. concordis*'e göre daha dirençli bulunmuştur (Silva ve ark. 2011). Predatör akarların insektisitlere karşı direnç geliştirmeleri sayesinde Entegre Zararlı mücadele programlarında kullanımının arttığı bildirilmiştir (Croft ve Meyer 1973, Croft ve Van de Baan 1988, Hoy 1990).

Birçok türe ait sayısız direnç gelişiminde, insektisit direncini hızla arttırmak için dirençli ırklarda yapay seleksiyonu başarıyla kullanılmıştır. Deltamethrin seleksiyonuyla yalnızca yedi dölden sonra, *P. persimilis* (Banks)'in laboratuvar popülasyonunda direnci on kat artmıştır (Avella ve ark. 1985). Benzer şekilde, cypermethrin direncinde *P. persimilis*'de 12 ay seleksiyondan sonra direncin on kat arttığı gözlemlenmiştir (Markwick 1986). Hassas bir *P. persimilis* popülasyonunun sadece altı seleksiyondan sonra akarisit acequinocyl'e karşı orta derecede direnç (33 kat) görüldüğü bildirilmiştir (Yorulmaz Salman ve ark. 2015).

A. womersleyi (Schicha) (Acari: Phytoseiidae)'nin önceden dirençli (yedi seleksiyonun ardından) bir tarla popülasyonunun direncinin, methidathion'a karşı 7 kat arttığı bildirilmiştir (Sato ve ark. 2006). Doğal düşman türleri arasında predatör akarlar insektisit direncinde daha fazla bir değişkenlik gösterdiği için direnç seleksiyonuna daha yatkındırlar. Doğal düşmanlar arasında 38 türün 17'sini bulduran (APRD 2015) Phytoseiidae familyası insektisit direnci çalışmalarında ilk sırayı almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Zararlı böcekler-doğal düşmanlar arasında insektisit direncinin karşılaştırılması (APRD 2015).

Predatör Böcekler

Coccinellidae familyasındaki türlerle (Coleoptera: Coccinellidae) insektisit direnci üzerine birkaç çalışma yapılmıştır. Pamuk tarlalarında bulunan *Coleomegilla maculata* (De Geer)' ile yapılan ilk çalışmada DDT'ye (15 kat) methyl parathion'a (11-29 kat) ve monocrotophos'a (12 kat) direnç gösterdiği bildirilmiştir (Head ve ark. 1977; Graves ve ark. 1978). Türkiye'de elma bahçelerinden alınan *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) piretroit bifenthrin'e karşı 11 kat dirençli bulunmuştur (Çizelge 1) (Kumral ve ark. 2011).

Brezilya'daki lahana tarlalarından toplanan *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) popülasyonu hassas popülasyona göre lambdacyhalothrine karşı 20 kat dirençli tespit edilmiştir (Rodrigues ve ark. 2013b). Ayrıca 12 generasyon sonunda bu popülasyon üzerinde ilave seleksiyon, direnç oranını ikiye katlamıştır. Üstelik araştırmacıların bulunduğu doz-ölüm tepkisinin eğrisine göre, lambda-cyhalothrinin uygulama dozu tarladan toplanan dirençli popülasyondaki örneklerin sadece %45'ini öldürürken, laboratuvarında seçilen popülasyonları öldürememiştir.

Benzer biçimde, Georgia'da (ABD) kırmızı üçgüllerden toplanan *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae)' in hassas popülasyona kıyasla lambda-cyhalothrin'e 220 kat daha fazla dirençli olduğu tespit edilmiştir (Rodrigues ve ark. 2013a). Hesaplanan LC₉₀ değerinin lambda-cyhalothrin'in maksimum uygulama dozundan on kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Buna rağmen bu çalışmada elde edilen probit eğrisine göre dirençli popülasyon için uygulanan uygulama dozunda yaklaşık %30 ölüm gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, hassas popülasyon için hayatta kalma oranı %0 olarak gösterilmektedir. İlavenen organikfosforlu dicrotophos'un uygulama dozundan on kat fazla bir doz uygulandığında, dirençli ve hassas popülasyon için sırasıyla %0 ve %100 ölüm gerçekleşmiştir, bu çalışma sonucunda buradaki dirençte çapraz veya çoklu direnç olduğu düşünülmüştür. Bir diğer Coccinellidae türü, *Propylaea japonica* (Thunberg) imidacloprid'e karşı dirençli bulunmuştur (Tang ve ark. 2015). Coccinellidae türleri diğer afit predatörü ve parazitoiti böceklere (Neuropterler, Syrphidaeler, Hemipteralar ve Hymenopterler parazitoitler) göre insektisitlere daha toleranslıdır (Hodek 2014).

Çizelge 1. Coccinellidae ve Chrysopidae familyalarındaki türlerde yapılan direnç çalışmaları (Bielza 2016)

Grup	Türler	İnsektisitler	Ülke	Kaynakça
Coccinellidae	<i>Coleomegilla macukata</i>	DDT *methyl parathion* monocrotophos*	ABD	Head ve ark. (1977), Graves ve ark. (1978)
	<i>Stethorus gilvifrons</i>	Bifenthrin	Türkiye	Kumral ve ark. (2011)
	<i>Eriopis connexa</i>	Lambdacyhalothrin	Brezilya	Rodrigues ve ark. (2013b)
	<i>Hippodamia convergens</i>	Lambdacyhalothrin	ABD	Rodrigues ve ark. (2013a)
	<i>Propylaea japonica</i>	Abamectin	Çin	Tang ve ark. (2015)
Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	Permethrin*	Kanada	Pree ve ark. (1989)
		Fenvalerate*		
		Cypermethrin		
		Deltamethrin		
		DDT*		
		Azinohosmethyl*		
		Phosmet		
		Ethyl parathion		
		Malathion		
		Carbaryl*		
		Methomyl*		
		Chlorpyrifos*	ABD	Pathan ve ark. (2008)
		Profenofos*		
		Lambdacyhalothrin		
		Alphamethrin		
		Deltamethrin	Pakistan	Sayyed ve ark. (2010)
		Alphamethrin		
		Lambdacyhalothrin		
		Chlorpyrifos*		
Profenofos	Pakistan	Mansoor ve ark. (2013)		
Emamectin benzoate				
Spinosad	Pakistan	Abbas ve ark. (2014)		

Coccinellidae türlerinin sık görüldüğü tarım sistemlerinde geçmişten günümüze kadar insektisitlerin yoğun olarak kullanılması, Coccinellidae popülasyonları için önemli seleksiyon baskısı yaratarak daha çok direnç geliştirmesine katkı sağladığı vurgulanmıştır. Coccinellidaeelerde insektisit toleransı değişkenliği ve seleksiyon baskısı, insektisitler ve bu predatörlerin birlikte kullanımına olanak sağlayacaktır. Neuroptera takımına ait bireyler, insektisit direncinin çalışıldığı başka bir predatör böcek grubudur. *Chrysoperla carnea*'nın (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) piretroit, organikfosforular, emamectin benzoate ve spinosad'a karşı direnç geliştirdiği bildirilmiştir (Pree ve ark. 1989, Pathan ve ark. 2008, Sayyed ve ark. 2010, Mansoor ve ark. 2013, Abbas ve ark. 2014).

Düzenli olarak ilaçlanan (Kanada ve ABD) elma ağaçlarından toplanan tarla popülasyonlarının piretroit insektisitlere (permetrin 34-46 kat, fenvalerat 4 kat, cypermethrin 9 kat, deltamethrin 31 kat), DDT (11 kat), organikfosforlu grubu insektisitlere (azinphos-methyl 17-33 kat, phosmet 62 kat, ethyl parathion 19 kat, malathion 5 kat) ve karbamatlı insektisitlere (carbaryl 5 ila 6 kat, methomyl 20 kat) karşı dirençli oldukları bildirilmiştir (Pree ve ark. 1989).

Günümüzde, Pakistan'da pamuk tarlalarında kullanılan başlıca iki insektisit (iki organofosforlu ve üç piretroitli) toksisitesi, üç yıl üst üste beş farklı lokasyondan toplanan *C. carnea* popülasyonlarında incelenmiştir (Pathan ve ark. 2008). Chlorpyrifos (9 ila 166 kat), profenofos (11 ila 69 kat), lambda-cyhalothrin (16 ila 113 kat) ve alpha-methrin'in (11 ila 88 kat) orta derecede dirençli bulunmuştur. Bununla birlikte, deltamethrin direnci kısmen daha düşük bulunmuştur (4 ila 23 kat). Pakistan'da pamuklardan toplanan *C. carnea* 'nın tarla popülasyonu, hassas bir popülasyonla karşılaştırıldığında deltamethrin'e 47 kat, alphamethrin için 86 kat, lambda-cyhalothrine 137 kat, chlorpyrifos'a 76 kat ve profenofos'a 110 kat direnç gösterdiği kaydedilmiştir (Sayyed ve ark. 2010).

Delthamethrin'e karşı (dört döl boyunca yapılan seleksiyon sonrası) fazladan seleksiyon, deltamethrin direncinde 30 kat ve alphamethrin direncinde 5 kat artış sağlarken, lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos ve profenofos direncinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir. Araştırmacıların elde ettiği doz-ölüm eğrisini kullanarak lambda-cyhalothrin'in uygulama dozu hassas popülasyonun yalnızca %38'ini, dirençli tarla popülasyonunun %0.5'ini ve laboratuvarında seçilen popülasyonun %0.05'ini öldürebildiği tespit edilmiştir. Bu verilere göre, dirençli Neuropterlerin çoğu ilaçlama programlarıyla uyum sağlayabileceği sonucuna varılmıştır (Sayyed ve ark. 2010). Pakistan'daki tarım arazilerinden toplanan diğer bir tarla popülasyonu, hassas laboratuvar popülasyonu ile kıyaslandığında emamectin benzoate'a karşı 12 kat direnç gösterdiği belirtilmiştir (Mansoor ve ark. 2013).

Araştırmacılar, emamectin benzoate (15 ppm)'in uygulama dozunda hassas popülasyonun %10'undan daha azının hayatta kalabildiğini, ancak tarla popülasyonunun yaklaşık %70'inin yaşayabildiğini belirtmişlerdir. Bu direncin tarla popülasyonunun 5 döl seleksiyona tabi tutulmasından sonra elde edildiği bildirilmiştir (Mansoor ve ark. 2013). Avermectine karşı 1469.4 ppm'lik LC₅₀ değeri ile hassas popülasyona kıyasla 318 kat direnç gösteren bu tarla popülasyonunun oldukça dirençli olduğu ortaya konulmuştur. Emamectin benzoate'ın önerilen dozunun (15 ppm) uygulanmasıyla laboratuvarında seçilen popülasyonun, tamamen hayatta kalacağı belirtilmiştir. Hassas bir popülasyona kıyasla, Pakistan'daki tarlalardan toplanan başka bir popülasyonda spinosad'a karşı direnç seviyesi (14 kat) düşük bulunmuştur (Abbas ve ark. 2014). Bununla birlikte, spinosad'ın maksimum uygulama dozundaki (120 ppm) ölüm oranı, hassas popülasyondaki bireylerin %73'ünü öldürürken, tarla popülasyonunun sadece %19'unu öldürebilmektedir. Bu çalışmanın üzerine 5 defalık seleksiyon döngüsünden sonra, direnç oranının hassas popülasyona kıyasla 173 kat arttığı ifade edilmiştir (Abbas ve ark. 2014). Bu selekte (spinosad'a dirençli) popülasyonun, spinosadın uygulama dozunda tamamiyle hayatta kalabileceği vurgulanmıştır.

Yapılan çalışmalara dayanarak *C. carnea*'nın tarlada seleksiyon baskısına maruz bırakıldığında insektisitlere karşı kolaylıkla direnç geliştirdiği görülmüştür. Doğal

düşmanlara karşı yapılan 157 direnç çalışmasında bu tür en çok rapor edilen doğal düşman türü olmuştur (APRD 2015) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Doğal düşmanlar üzerinde yapılan direnç çalışma sayısı (APRD 2015).

Türler	Familya	Doğal Düşman Tipi	Çalışma Sayısı
<i>Chysoperla carnea</i>	Neuroptera: Chrysopidae	Predatör böcek	157
<i>Neoseiulus (Amblyseius) fallacis</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	26
<i>Galendromus (Typhiodromus) pyri</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	20
<i>Galendromus (Typhiodromus), Metaseiulus occidentalis</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	10
<i>Neoseiulus (Amblyseius) longispinosus</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	9
<i>Neoseiulus (Amblyseius) womersleyi (Amblyseius pseudolongispinosus)</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	9
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Acarina: Phytoseiidae	Predatör akar	8
<i>Oomyzus sokolowskii</i>	Hymenoptera: Eulophidae	Parazitoit	6
<i>Coleomegilla maculata</i>	Coleoptera: Coccinellidae	Predatör böcek	5
<i>Cotesia plutellae</i>	Hymenoptera: Braconidae	Parazitoit	5
<i>Diglyphus begini</i>	Hymenoptera: Eulophidae	Parazitoit	5

Ayrıca bu doğal düşmanın gösterdiği direnç, insektisitlerin tarla uygulamalarında dirençli popülasyonların hayatta kalabilmesi için yeterince yüksektir. Bu anlamda, uygun tarım ekosistemlerinde doğal düşmanlar arasından seçilmiş dirençli ırklar için, kitle üretiminin ve büyük ölçekli salım çalışmalarında Neuropterlerin en önemli aday olabileceğini bildirmişlerdir (Pathan ve ark. 2008, Sayyed ve ark. 2010). Hemiptera takımına ait predatörlerde insektisit direnci bildirilen tek bir tür bulunmamaktadır. Hemiptera grubuna ait predatörler, tarla ve sebze alanlarında en çok kullanılan ve ticari olarak üretilen avcı böceklerdir.

Avrupa ve Kuzey Afrika'da *Orius laevigatus* (Fieber), Amerika'da *O. insidiosus* (Say) ve Japonya'da *O. strigicollis* (Poppius) gibi bazı özel Anthocoridae familyasına ait Orius türlerinin kitle üretimi yapılmaktadır ve trips, akarlar, böcek yumurtaları, yaprakbitleri ve yeni açılmış larvalar dahil çeşitli avlarla beslenmeleri için salımları yapılmaktadır (Urbaneja ve ark. 2009, Calvo ve ark. 2012).

Çoğu hemipter böcek predatörleri, bir dereceye kadar zoofitofagustur. *Orius* spp. ve *Anthocoris* spp. av olmadığı zaman çiçeklerin polenleriyle de beslenirler. Miridae türleri omnivordur ve gelişim döneminde hem bitkide hem de avda beslenebilirler. Önceden bahsedildiği gibi, doğal düşmanların insektisit uygulaması sonrasında av yoksunluğu nedeniyle direnç geliştirmelerinin zorlaştığı belirtilmiştir (Croft ve Brown 1975, Croft ve Morse 1979, Tabashnik ve Johnson 1999). Bununla birlikte, phytoseiid akarlar ve Hemipterler gibi dirençli polifag doğal düşmanlar bitki ve polenler ile de beslendikleri için besin kaynağı bulabilirler. Bu nedenle, Anthocoridae ve Miridae gibi omnivor predatörler, Coccinelliade ve Neuropteler gibi daha spesifik predatörlere göre daha kolay direnç geliştirebilmektedirler. Bununla birlikte birkaç hipotez, Hemipter predatörlerin daha az

direnç göstermesini açıklayabilmektedir. Bu konuda ekolojik, biyolojik ve biyokimyasal faktörlerin rol oynadığı kanaatine varılmıştır. Önerilen bir hipotezde, aynı popülasyonda seleksiyon baskısının sürekliliğinin olmaması gösterilmektedir. Bu predatörlerin biyolojik mücadele etmeni olarak kullanıldığı sebze alanlarında sezonun kısa olması nedeniyle, potansiyel dirençli doğal düşmanlar diğer tarım alanlarına ya da yabancı otlara göç edebileceği bildirilmiştir. Göç eden bu dirençli doğal düşman popülasyonları ya farklı insektisit baskısına maruz kalacaklar ya da bu insektisit baskısına maruz kalamayacakları belirtilmiştir. Bununla birlikte kitle halinde laboratuvarında üretilen ve salımı yapılan doğal düşmanlar, ortamda var olan dirençli popülasyonların sayısının azalmasına neden olacağı vurgulanmıştır (Tabashnik ve Johnson 1999).

Parazitoitler

Çok az parazitoit grubunda insektisit direnci belirlenmiştir. Bilinen ilk çalışma, DDT'ye dirençli *Macrocentrus ancylicivorus* (Rohw) (Hymenoptera: Braconidae)'dur. Bu parazitoit *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın larva parazitoitidir ve bu dirençli ırkı seleksiyonla elde edilmiştir (Pielou ve Glasser 1952). Birçok parazitoitin tarla popülasyonunda da insektisitlere karşı önemli bir direnç gözlemlenmiştir.

Bunlar *Bracon mellitor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) (Adams ve Cross 1967), *Aphytis lingnanensis* (Compere) (Hymenoptera: Aphelinidae) (Havron ve ark. 1991a), *Ganaspidium utilis* (Beardsley) (Hymenoptera: Eucoilidae) (Rathman ve ark. 1995), *Diglyphus begini* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) (Pollen ve ark. 1995), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Baker ve ark. 1998), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) (Perez-Mendoza ve ark. 2000), *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Xu ve ark. 2001), *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) (Liu ve ark. 2007), *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae) (Wu ve ark. 2009) ve *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae) (Zhuang ve ark. 2014)'dur. Parazitoitler, predatörlere göre insektisitlere karşı daha yüksek hassasiyet göstermektedir.

Yaprakbiti *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) ve onun önemli üç doğal düşmanı predatörler *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) ile parazitoiti Braconid *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae) arasında karşılaştırmalı bir çalışmada yapılmıştır. Bu iki predatörün insektisitlere karşı söz konusu parazitoitten daha toleranslı olduğu belirtilmiştir (Bacci ve ark. 2009). Parazitoitlerde dirence yönelik yapay seleksiyon, predatörlere göre daha düşük bir başarı oranına sahiptir (Johnson ve Tabashnik 1994). Farklı insektisit direnci gösteren, laboratuvarında seçilen ırklara *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) – carbaryl direnci (Rosenheim ve Hoy 1988b), *Trioxys pallidus* (Halliday) (Hymenoptera: Aphidiidae) - azinphos-methyl direnci (Hoy ve ark. 1990), *Aphytis holoxanthus* (DeBach) (Hymenoptera: Aphelinidae)-azinphosmethyl direnci (Havron ve ark. 1991b), *A. lingnanensis* (Compere) (Hymenoptera: Aphelinidae) - azinphos-methyl direnci (Javier ve ark. 1991), *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) – endosulfan direnci (Jalali ve ark. 2006) ve *Cotesia plutellae* (Halliday) (Hymenoptera: Braconidae)– spinosad direnci (Liu ve ark. 2007) örnek verilebilir.

Parazitoitlerin predatörlere oranla insektisitlere karşı daha düşük tolerans göstermesinin nedeninin parazitoitin ilk olarak insektisit uygulaması sonrasında yaşayan konukçu sayısı, daha sonra da doğrudan seleksiyon baskısına maruz kalmamaları olduğu düşünülmektedir. Aslına bakılırsa, insektisitlere karşı direnç geliştirdiği bildirilen 11 parazitoit türü arasında insektisit uygulamalarına doğrudan maruz kalmış 7 ektoparazitoit türü bulunmaktadır (Bielza 2016). Konukçu tarafından vücuda alınan insektisit oranı, endoparazitoitin insektisit direnci gelişiminde önemli bir faktör olabilir (Wu ve ark. 2009). Parazitoitin direnç geliştirmesi için konukçuda da bir direnç gelişmesi şarttır.

Dirençli konukçuların barındırdığı parazitoitlerin, direnç için etkili bir seleksiyon baskısı altında olduğu bildirilmiştir (Liu ve ark. 2007). Bununla birlikte en dirençli ikinci arthropod türü olan *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae)'yı parazitleyen dört endoparazitoitten üçü insektisit direnci göstermektedir (Çizelge 3) (Sparks ve Nauen 2014).

Çizelge 3. İnsektisit direnci gösteren ektoparazitoit ve endoparazitoitler (Bielza 2016).

Familiya	Türler	Ana Konukçu	Ekto/Endo	Kaynakça
Aphelinidae	<i>Aphytis lingnanensis</i>	<i>Aonidiella aurantii</i> <i>Aspidiotus nerii</i>	Ekto	Havron ve ark. (1991a)
Aphidiidae	<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Brevicoryne brassicae</i> ve diğer afitler	Ekto	Wu ve ark. (2009)
Braconidae	<i>Bracon mellitor</i>	<i>Anthonomus grandis</i>	Ekto	Adams ve Cross (1967)
Braconidae	<i>Cotesia plutellae</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Endo	Liu ve ark. (2007)
Braconidae	<i>Habrobracon hebetor</i>	<i>Plodia interpunctella</i> Depolanmış ürünlerde Lepidoptera	Ekto	Perez-Mendez ve ark. (2000)
Braconidae	<i>Macrocentrus ancylivorus</i>	<i>Grapholita molesta</i>	Endo(Ekto)	Pielou ve Glasser (1952)
Eucoilidae	<i>Ganaspidium utilis</i>	<i>Liriomyza spp.</i>	Endo	Rathman ve ark. (1995)
Eulophidae	<i>Diglyphus begini</i>	<i>Liriomyza spp.</i>	Ekto	Pollen ve ark. (1995)
Eulophidae	<i>Oomyzus sokolowskii</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Endo	Zhuang ve ark. (2014)
Ichneumonidae	<i>Diadegma insulare</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Endo	Xu ve ark. (2001)
Pteromalidae	<i>Anisopteromalus calandrae</i>	<i>Sitophilus oryzae</i> Depolanmış ürünlerde Coleoptera	Ekto	Baker ve ark. (1998)

Bu nedenle, insektisit direncinin görüldüğü konukçuların endoparazitoitlerinde de direnç gelişmesi daha olası olduğu belirtilmektedir. Bundan başka, parazitizm konukçunun detoksifikasyon sistemini daha etkili hale getirebildiği ve bu durumun konukçunun

insektisitlere toleransını artırdığı ve böylece hem konukçunun hem de parazitoitin direnç gelişimine katkı sağladığı tespit edilmiştir (Takeda ve ark. 2006, Liu ve ark. 2007).

Doğal Düşman Popülasyonlarında Direnç Tespiti ve Dirençli Irkların Geliştirilmesi

Doğal düşman popülasyonlarında direnç tespiti ve dirençli irkların geliştirilmesinde uygulanması gereken metodlar şu şekildedir (Johnson ve Tabashnik 1994, Li ve Liu 2001, Liu ve ark. 2003).

- ✓ Arazi koşullarında survey çalışmalarıyla çok geniş örnekleme yapılarak
- ✓ Laboratuvar koşullarında yapay seleksiyonlar ile (doğal düşman için av-konukçunun sürekliliği)
- ✓ X ışınları ve kimyasal kullanılarak mutasyon yoluyla (*Drosophila melanogaster*'de ethyl methanesulfonate uygulanarak malathiona dirençli irklar geliştirilmiştir. Benzer çalışmalar doğal düşmanlar için de başlamıştır.)
- ✓ Rekombinant DNA tekniği (rDNA) (Dirençli genin belirlenmesi, klonlanması, doğal düşmana bu genin aktarımı, dirençli genin döllerde devamlılığı sağlanmaktadır.)

Sonuç ve Öneriler

Doğal düşman popülasyonlarının insektisitlere karşı farklı hassasiyete sahip oldukları bilinmektedir. Birçok insektisit-doğal düşman çalışmalarında öncelik insektisit gereklilik uygulama dozu gerekse uygulama dozunun altındaki dozlarda gerçekleştirilen yan-etki araştırmalarına verilmiştir. Yan-etki çalışmalarında parazitoit ve predatörlerin biyolojik ve davranışsal özelliklerine etkiler araştırılmaktadır. Ancak bu çalışmaların çok büyük bir bölümünde parazitoit ve predatörlerde de görülebilen insektisit direnci üzerinde durulmamıştır. Bu konudaki çalışmaların sayısının artması son derece önemlidir. Gerek doğal ve gerekse laboratuvar seleksiyonlarıyla seçilmiş dirençli biyolojik mücadele etmenlerinin kullanımı, biyolojik mücadele uygulamalarını farklı bir yöne götürecektir. Özellikle entegre zararlı yönetimi programlarında dirençli doğal düşman irklarının kullanımı biyolojik ve kimyasal mücadelenin de birlikte kullanılabilirliğini ortaya koyacaktır.

Kaynaklar

- Abbas, N., M.M. Mansoor, S.A. Shad, A.K. Pathan, A.Waheed, M.Ejaz, M. Razaq and M.A. Zulfikar. 2014. Fitness cost and realized heritability of resistance to spinosad in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. Entomol. Res. 104. 707–715.
- Adams, J.B. 1960. Effects of spraying 2,4-D amine on coccinellid larvae. Can. J. Zool. 38. 285-288.
- Adams, C.H., and W.H. Cross. 1967. Insecticide resistance in *Bracon mellitor*, a parasite of the boll weevil. J. Econ. Entomol. 60. 1016–1020.
- Ahmed, M.K. 1955. Comparative effect of systox and schradan on some predators of aphids in Egypt. J. Econ. Entomol. 48. 530-532.
- APRD – Arthropod Pesticide Resistance Database, Michigan State University. <http://www.pesticideresistance.org>.

- Argolo, P.S., J.A. Jacas and A.Urbaneja. 2014. Comparative toxicity of pesticides in three phytoseiid mites with different life-style occurring in citrus: *Euseius stipulatus*, *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. Exp. Appl. Acarol. 62. 33–46.
- Ascerno, M. E., Z. Smilowitz and A.A. Hower. 1980. Effects of the insect growth regulator hydroprene on diapausing *Microctonus aethiopoidea*, a parasite of the alfalfa weevil. Environ. Entomol. 9. 262-264.
- Attalah, Y. H. and L.D. Newsom. 1966. Ecological and nutritional studies on *Coleomegilla maculata* De Geer (Coleoptera: Coccinellidae).III. The effect of DDT, toxaphene, and endrin on the reproductive and survival potentials. J. Econ. Entomol. 59. 1181-1187.
- Avella, M., D. Fournier, M. Pralavorio and J.B. Berge. 1985. Sélection pour la résistance à la deltaméthrine d'une souche de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Agronomie. 5. 177–180.
- Bacci, L., M.C. Picanço, J.F. Rosado, G.A. Silva, A.L.B. Crespo, E.J.G. Pereira and J.C. Martins. 2009. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). Appl. Entomol. Zool. 44. 103–113.
- Baker, J.E., J.A. Fabrick and K.Y. Zhu. 1998. Characterization of esterases in malathion-resistant and susceptible strains of the pteromalid parasitoid *Anisopteromalus calandrae*. Insect Biochem. Mol. Biol. 28. 1039–1050.
- Barbar, Z., M.S. Tixier and S. Kreiter. 2007. Assessment of pesticide susceptibility for *Typhlodromus exilaratus* and *Typhlodromus phialatus* strains (Acari: Phytoseiidae) from vineyards in the south of France. Exp. Appl. Acarol. 42. 95–105.
- Bartlett, B.R. 1964. Integration of chemical and biological control. In P. DeBach (Ed.), Biological control of insect pests and weeds (pp. 489-511). London: Chapman & Hall
- Bellows, T.S., J.G. Jr. Morse, D.G. Hadjidemetriou and Y. Iwata. 1985. Residual toxicity of 4 insecticides used for control of citrus thrips *Scirtothrips cirri* (Thysanoptera: Thripidae) on 3 beneficial species in a citrus agroecosystem. J. Econ. Entomol. 78. 681-686.
- Bellows, T.S. and T.W. Fisher. 1999. Handbook of Biological Control. Principles and Applications of Biological Control. Academic Press 24-28 Oval Road, London NW1 7DX, UK.
- Bielza, P. 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Pest. Manag. Sci. 64. 1131–1138.
- Bielza, P. 2016. Insecticide Resistance in Natural Enemies. Chapter 16.
- Bonafos, R., E.Serrano, P.Auger and S. Kreiter. 2007. Resistance to deltamethrin, lambda-cyhalothrin and chlorpyrifos-ethyl in some populations of *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant)(Acari: Phytoseiidae) from vineyards in the south-west of France. Crop Prot. 26. 169–172.
- Borgemeister, C., H.M. Poehling, A. Dinter and C. Holler, 1993. Effects of insecticides on life history parameters of the aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphii* (Hym: Aphidiidae). Entomophaga. 38. 245-255.
- Boyce, A.M. 1936. The citrus red mite *Paratetranychus citri* McG. In California and its control J. Econ. Entomol. 29. 125-130.
- Bull, D.L. and R.J. Coleman. 1985. Effects of pesticides on *Trichogramma* spp. Southwest. Entomol. 8 (Suppl.). 156-168.
- Busvine, J.R. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides (2nd ed.). Slough, United Kingdom: Commonwealth Agricultural Bureau.

- Calvo, F.J., K. Bolckmans and J.E. Belda. 2012. Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *BioControl*. 57(6). 809–817.
- Campbell, C.D., J.F. Walgenbach and G.G. Kenneday. 1991. Effect of parasitoids on Lepidoptera pests in insecticide-treated and untreated tomatoes in western North Carolina. *J.Econ. Entomol.* 84. 1662-1667.
- Chandler, L.D. 1985. Response of *Liriomyza trifolii* to selected insecticides with notes on hymenopterous parasites. *Southwest. Entomol.* 10. 228-235.
- Cohen, E., H. Podoler and M. El-Hamlaoui. 1988. Effect of malathionbait mixture on two parasitoids of the Florida red scale, *Chrysomphalus aonidium* (L.). *Crop Protect.* 7. 91-95.
- Critchley, B.R. 1972. A laboratory study of the effects of some soil applied organo-phosphorus pesticides on Carabidae (Coleoptera). *Bull. Entomol. Res.* 62. 229-242.
- Croft, B.A. and R.H. Meyer. 1973. Carbamate and organophosphorus resistance patterns in populations of *Amblyseius fallacis*. *Environ. Entomol.* 2. 691–696.
- Croft, B.A. and A.W.A. Brown. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 20. 285–335.
- Croft, B.A., J. Briozzo, and J.B. Carbonell. 1976. Resistance to organophosphorus insecticides in a predaceous mite, *Amblyseius chilensis*. *J. Econ. Entomol.* 69. 563–565.
- Croft, B.A. 1977. Susceptibility surveillance to pesticides among arthropod natural enemies: Modes of uptake and basic responses. *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 84, 140-157.
- Croft, B.A. and J.G. Morse. 1979. Research advances on pesticide resistance in natural enemies. *Entomophaga*. 24. 3-11.
- Croft, B.A. 1982. Developed resistance to insecticides in apple arthropods: A key to pest control failures and successes in North America. *Entomol. Exp. et App.* 31. 88-110.
- Croft, B.A. 1990. Natural enemies and pesticides: An historical overview. In B. A. Croft (Ed.), *Arthropod biological control agents and pesticides* (pp. 3-15). New York: John Wiley & Sons.
- Croft, B.A. and K. Strickler. 1983. Natural enemy resistance to pesticides: Documentation, characterization, theory and application. In G. P. Georghiou & T. Saito (Eds.), *Pest resistance to pesticides* (pp. 669-702). New York: Plenum Press.
- Croft, B.A. and M.T. Aliniaee. 1983. Differential resistance to insecticides in *Typhlodromus arboreus* Chant and associate phytoseiid mites of apple in the Willamette Valley, Oregon. *Environ. Entomol.* 12. 1420–1423.
- Croft, B.A. and C.A. Mullin, 1984. Comparison of detoxification enzyme systems in *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera: Tortricidae) and the ectoparasite, *Oncophanes americanus* (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 13. 1330-1335.
- Delorme, R., A. Berthier and D. Auge. 1985. The toxicity of two pyrethroids to *Encarsia formosa* and its host *Trialetrodes vaporariorum* prospecting for a resistant strain of the parasite. *Pesticide Sci.* 16. 332-336.
- Dempster, J.P. 1968. The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by the ground-beetle *Harpalus rufipes*. *Entomol. Exp. et App.* 11. 51- 54.
- Desneux, N., A. Decourtye and J.M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52. 81-106.

- Dunley, J.E., R.H. Messing and B.A. Croft. 1991. Levels and genetics of organophosphate resistance in Italian and Oregon biotypes of *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 84. 750–755.
- Duso, C., M. Fanti, A. Pozzebon and G. Angeli. 2009. Is the predatory mite *Kampimodromus aberrans* a candidate for the control of phytophagous mites in European apple orchards *BioControl.* 54. 369–382.
- Elzen, G.W. 1989. Sublethal effects of pesticides on beneficial parasitoids. In P. C. Jepson (Ed.), *Pesticides and non-target invertebrates* (pp. 129-150). Wimborne, Dorset, United Kingdom: Intercept.
- Fernández, E., C. Grávalos, P.J. Haro, D. Cifuentes and P. Bielza, 2009. Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* Q-biotype in south-eastern Spain. *Pest Manag. Sci.* 65. 885–891.
- Flanders, R.V., L.W. Bledsoe and C.R. Edwards. 1984. Effects of insecticides on *Pediobius foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 13. 902- 906.
- Flanders, S.E. 1943. The susceptibility of parasitic Hymenoptera to sulfur. *J. Econ. Entomol.* 36. 469.
- Fleshner, C.A. and G.T. Scriven. 1957. Effect of soil-type and DDT on ovipositional responses of *Chrysopa californica* (Coq.) on lemon. *J. Econ. Entomol.* 50. 221-222.
- Georghiou, G.P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Sys.* 3. 133-168.
- Georghiou, G.P. 1986. The magnitude of the resistance problem. In: *Pesticide resistance: strategies and tactics for management*. National Academy Press, Washington, DC
- Georghiou, G.P., and C.E. Taylor. 1986. Factors influencing the evolution of resistance. In *Pesticide resistance: Strategies and tactics for management* (pp. 143-146). Washington, DC: National Academy.
- Gordon, H.T. 1961. Nutritional factors in insect resistance to chemicals. *Annual Review of Entomology*, 6, 27-54.
- Grafton-Cardwell, E.E. and M.A. Hoy. 1985. Short-term effects of permethrin and fenvalerate on oviposition by *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 78. 955-959.
- Graur, D. 1985. Gene diversity in Hymenoptera. *Evolution*, 39, 190- 199.
- Graves, J.B., R.B. Mohamad and D.F. Clower. 1978. Beneficial insects also developing “resistance”. *Louisiana Agric.* 22. 10–11.
- Grosch, D.S. 1970. Reproductive performance of a braconid after heptachlor poisoning. *J. Econ. Entomol.* 63. 1348-1349.
- Hadam, J.J., M.T. AliNiazee and B.A. Croft. 1986. Phytoseiid mites (Parasitiformes: Phytoseiidae) of major crops in Willamette Valley, Oregon, and pesticide resistance in *Typhlodromus pyri* Scheuten. *Environ. Entomol.* 15, 1255–1263.
- Hassan, S.A. 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group Pesticides and Beneficial Organisms. *EPPA Bull.* 15. 214-255.
- Hassan, S.A., R. Albert, F. Bigler, P. Blaisinger, H. Bogenschuetz and E. Boiler. 1987. Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS Working Group Pesticides and Beneficial Arthropods. *J. Appl. Entomol.* 103. 92-107.
- Havron, A., G. Kenan and D. Rosen. 1991a. Selection for pesticide resistance in *Aphytis*. II. *A. lingnanensis*, a parasite of the California red scale. *Entomol. Exp. Appl.* 61. 229–235.

- Havron, A., D. Rosen, H. Prag and Y. Rössler. 1991b. Selection for pesticide resistance in *Aphytis*: I. *A. holoxanthus*, a parasite of the Florida red scale. *Entomol. Exp. Appl.* 61. 221–228.
- Head, R., W.W. Neel, C.F. Sartor and H. Chambers. 1977. Methyl parathion and carbaryl resistance in *Chrysomela scripta* and *Coleomegilla maculata*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 17. 163–164.
- Heathcote, G.D. 1963. The effect of coccinellids on aphids infesting insecticide-treated sugar-beet. *Plant Pathology.* 12. 80-83.
- Herbert, D.A. and J.D. Harper. 1986. Bioassays of a beta-exotoxin of *Bacillus thuringiensis* against *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 79. 592-595.
- Hodek, I. 2014. *Biology of coccinellidae*. Springer, Dordrecht.
- Horn, D.J. and R.W. Wadleigh. 1988. Resistance of aphid natural enemies to insecticides, pp. 337–347. In A. K. Minks and P. Harrewijn (eds.), *Aphids, their biology, natural enemies, and control*, Vol. B. Elsevier, Amsterdam.
- Hoy, M.A. 1985. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. *Ann. Rev. Entomol.* 30. 345-370.
- Hoy, M.A. 1990. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: Variability and selection responses. In R. T Roush & B. E. Tabashnik (Eds.), *Pesticide resistance in arthropods* (pp. 203-236). London: Chapman & Hall.
- Hoy, M.A., F.E.Cave, R.H. Beede, J. Grant, W.H. Krueger. and W.H. Olson. 1990. Release, dispersal and recovery of a laboratory-selected strain of the walnut aphid parasite *Trioxys pallidus* (Hymenoptera: Aphididae) resistant to azinphosmethyl. *J. Econ. Entomol.* 83. 89–96.
- Huffaker, C.B. 1971. The ecology of pesticide interference with insect populations. In J. E. Swift (Ed.), *Agricultural chemicals: Harmony or discord for food, people and the environment* (pp. 92-104). Berkeley: University of California Division of Agricultural Science.
- Huffaker, C.B., F.J. Simmonds and J.E. Laing. 1976. The theoretical and empirical basis of biological control. In C. B. Huffaker & P. S. Messenger (Eds.), *Theory and practice of biological control* (pp. 41- 78). New York: Academic Press.
- Irving, S.N. and I.J. Wyatt. 1973. Effects of sublethal doses of pesticides on the oviposition behavior of *Encarsia formosa*. *Ann. App. Biol.* 75. 57-62.
- Jackson, G.J. and J.B. Ford. 1973. The feeding behavior of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae), particularly as affected by certain pesticides. *Ann. App. Biol.* 75. 165-171.
- Jalali, S.K., S.P. Singh, T. Venkatesan, K.S. Murthy and Y. Lalitha, 2006. Development of endosulfan tolerant strain of an egg parasitoid *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Indian J. Exp. Biol.* 44. 584.
- Javier, P.A., A. Havron, B. Morallo-Rejesus, and D. Rosen. 1991. Selection for pesticide resistance in *Aphytis*: III. Male selection. *Entomol. Exp. Appl.* 61. 237–245.
- Jiu, G. D. and J.K. Waage. 1990. The effect of insecticides on the distribution of foraging parasitoids *Diaeretiella rapae* (Hym: Braconidae) on plants. *Entomophaga.* 35. 49-56.
- Johnson, M.W. and B.E. Tabashnik. 1994. Laboratory selection for pesticide resistance in natural enemies. (pp. 91-105). In S. K. Narang, A. C. Bartlett, & R. M. Faust (Eds.), *Applications of genetics to arthropods of biological control significance*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Johnson, M.W. and B.E. Tabashnik. 1999. Enhanced Biological Control through Pesticide Selectivity *Handbook of Biological Control*. Chapter 13. 297-318.

- Kawai, A. 1997. Prospect for integrated pest management in tea cultivation in Japan. *Jpn. Agric. Res. Q.* 31. 213–218.
- Kennett, C.E. 1970. Resistance to parathion in the phytoseiid mite *Amblyseius hibisci*. *J. Econ. Entomol.* 63. 1999–2001.
- Kiritani, K. and S. Kawahara. 1973. Food-chain toxicity of granular formulations of insecticides to a predator, *Lycosa pseudoannulata*, of *Nephotettix cincticeps*. *Botyu-Kagaku.* 38. 69-75.
- Kumral, N.A., N.S.Gencer, H. Susurluk, and C. Yalçın. 2011. A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Int. J. Acarol.* 37. 255–268.
- Lawrence, P.O., S.H. Kerr and W.H. Whitcomb. 1973. *Chrysopa rufilabris*: Effect of selected pesticides on duration of third larval stadium, pupal stage and adult survival. *Environ. Entomol.* 2. 477-480.
- Leslie, T.W., D.J. Biddinger, C.A. Mullin and S.J. Fleischer. 2009. Carabidae Population Dynamics and temporal partitioning: response to coupled neonicotinoid-transgenic technologies in maize. *Environ. Entomol.* 38. 935-943.
- Li, Y.X. and S.S. Liu. 2001. Insecticide resistance in insect parasitoids. *Chin. J. Biol. Control* 17. 81–85 (in Chinese).
- Liu, S.S., Y. X. Li and Z. H. Tang. 2003. Host resistance to an insecticide favors selection of resistance in the parasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control.* 28. 137–143.
- Liu, S.S., Z.M.Li, Y.Q.Liu, M.G. Feng and Z.H. Tang. 2007. Promoting selection of resistance to spinosad in the parasitoid *Cotesia plutellae* by integrating resistance of hosts to the insecticide into the selection process. *Biol. Control.* 41. 246–255.
- Longley, M. and P.C. Jepson. 1996. Effects of honeydew and insecticide residues on the distribution of foraging aphid parasitoids under glasshouse and field conditions. *Entomol. Exp. et App.* 81. 259- 269.
- Luff, M.L. 2002. Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. In: Holland JM (ed), *The agroecology of carabid beetles*. Intercept, Andover, MD: 41-80.
- Lundgren, J.G. 2009. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biol. Control.* 51. 294-305.
- Mansoor, M.M., N. Abbas, S.A. Shad, A.K Pathan and M. Razaq. 2013. Increased fitness and realized heritability in emamectin benzoate-resistant *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ecotoxicology.* 22. 1232–1240.
- Markwick, N.P.1986. Detecting variability and selecting for pesticide resistance in two species of phytoseiid mites. *Entomophaga* 31. 225–236.
- May, R. M. and A.P. Dobson. 1986. Population dynamics and the rate of evolution of pesticide resistance. In *Pesticide resistance: Strategies and tactics for management* (pp. 170-193). Washington, DC: National Academy of Science Press.
- Messing, R. and B.A. Croft. 1990. Sublethal influences. In B. A. Croft (Ed.), *Arthropod biological control agents and pesticides* (pp. 157- 183). New York: John Wiley & Sons.
- Mochizuki, M. 1994. Variations in insecticide susceptibility of the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae), in the Tea Fields of Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 29. 203–209.

- Motoyama, N., G.C. Rock and W.C. Dauterman. 1970. Organophosphorus resistance in an apple Orchard population of *Typhlodromus (Amblyseius) fallacis*. J. Econ. Entomol. 63. 1439–1442.
- Mullin C.A., M.C. Saunders, T.W. Leslie, D.J. Biddinger and S.J. Fleischer. 2005. Toxic and behavioral effects to Carabidae of seed treatments used on Cry3Bb1- and Cry1Ab/c-protected corn. Environ. Entomol. 34. 1626-1636.
- O'Brien, P.J., G.W. Elzen and S.B. Vinson. 1985. Toxicity of azinphosmethyl and chlordimeform to parasitoid *Bracon mellitor* (Hymenoptera: Braconidae): Lethal and reproductive effects. Environ. Entomol. 14. 891-894.
- Pathan, A.K., A.H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani and M.A. Saleem. 2008. Evidence of field evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 101. 1676–1684.
- Pérez-Mendoza, J., J.A. Fabrick, K.Y. Zhu and J.E. Baker. 2000. Alterations in esterases are associated with malathion resistance in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Entomol. 93. 31–37.
- Pielou, D.P. and R.F. Glasser. 1952. Selection for DDT resistance in a beneficial insect parasite. Science. 115. 117–118.
- Plapp, F.W., Jr., and S.B. Vinson. 1977. Comparative toxicities of some insecticides to the tobacco budworm and its ichneumonid parasite. Environ. Entomol. 6. 381- 384.
- Plewka, T., J. Kot and T. Krukierek. 1975. Effect of insecticides on the longevity and fecundity of *Trichogramma evanescens* Westw. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Polish Ecological Studies (PECTDR). 1. 197-210.
- Poletti, M. and C. Omoto. 2005. Variabilidades inter e intraespecifica na suscetibilidade de ácaros fitoesídeos à deltametrina em citros no Brasil. Man. Integr. Plagas. Agroecol. 75. 32–37.
- Poletti, M. and C. Omoto. 2012. Susceptibility to deltamethrin in the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) populations in protected ornamental crops in Brazil. Exp. Appl. Acarol. 58. 385–393
- Pollen, K.M., M.W. Johnson and B.E. Tabashnik 1995. Stability of fenvalerate resistance in the leaf miner parasitic *Diglyphs begin* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Econ. Entomol. 88. 192–197.
- Powell, W., G.J. Dean and R. Bardner. 1985. Effects of pirimicarb, dimethoate and benomyl on natural enemies of cereal aphids in winter wheat. Ann. App. Biol. 106. 235-242.
- Pree, D.J., D.E. Archibald and R.K. Morrison. 1989. Resistance to insecticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in southern Ontario. J. Econ. Entomol. 82. 29–34
- Press, J. W., B.R. Flaherty and L.L. McDonald. 1981. Survival and reproduction of *Bracon hebetor* on insecticide-treated *Ephestia cautella* larvae. Ji Geogr. Entomol. Soc. 16. 227-231.
- Rajakulendran, S.V. and F.W. Jr Plapp. 1982. Comparative toxicities of 5 synthetic pyrethroids to the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) and ichneumonid parasite *Campoletis sonorensis* and a predator *Chrysopa carnea*. J. Econ. Entomol. 75. 769-772.
- Rathman, R., M. W. Johnson, J.A. Rosenheim and B.E. Tabashnik. 1990. Carbamate and pyrethroid resistance in the leafminer parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Econ. Entomol. 83. 2153-2158.
- Rathman, R.J., M.W. Johnson, B.E. Tabashnik, and K.M. Spollen. 1995. Variation in susceptibility to insecticides in the leafminer parasitoid *Ganaspidium utilis* (Hymenoptera: Eucolidae). J. Econ. Entomol. 88. 475–479.

- Rodrigues, A.R.S., J.R. Ruberson, J.B. Torres, H.Á.A. Siqueira and J.G. Scott, 2013a. Pyrethroid resistance and its inheritance in a field population of *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville)(Coleoptera: Coccinellidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 105.135–143.
- Rodrigues, A.R., J.B.Torres, H.A. Siqueira and D.P. Lacerda. 2013b. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa* (Germar)(Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control.* 64. 217–224.
- Rosenheim, J. A. and M.A. Hoy. 1986. Intraspecific variation in levels of pesticide variation in field populations of a parasitoid, *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae): The role of past selection pressures. *J. Econ. Entomol.* 79. 1161-1173.
- Rosenheim, J. A. and M.A. Hoy. 1988a. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *J. Econ. Entomol.* 81. 476-483.
- Rosenheim, J. A. and Hoy, M.A. 1988b. Genetic improvement of a parasitoid biological control agent: Artificial selection for insecticide resistance in *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *J. Econ. Entomol.* 81. 1539-1550.
- Roush, R.T. and M.A. Hoy. 1980. Selection improves Sevin resistance in spider mite predator. *Calif. Agric.* 34. 11–14.
- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. SouzaFilho, and A. Raga, 2002. Toxicidade diferencial de Agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em Morangueiro. *Neotr. Entomol.* 31. 449–456.
- Sato, M.E., M.Z. Silva, M.F. SouzaFilho, A.L. Matioli, and A. Raga. 2007. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Exp. Appl. Acarol.* 42. 107–120.
- Satpathy, J.M. G.K. Padhi, and D.N. Dutta. 1968. Toxicity of eight insecticides to the coccinellid predator *Chilomenes sexmaculata* F. *Ind. J. Entomol.* 27. 72-75.
- Sayyed, A.H., A.K. Pathan and U. Faheem. 2010. Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pestic. Biochem. Physiol.* 98. 325–332.
- Sharma, H. C. and R.L. Adlakha. 1981. Selective toxicity of some insecticides to the adults of ladybird beetle, *Coccinella septempunctata*, and cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Ind. J. Entomol.* 43. 92- 99.
- Silva, M.Z., M.E. Sato, C.A.L. Oliveira and D.S. Rais. 2011. Toxicidade diferencial de agrotóxicos utilizados em citros para *Neoseiulus californicus*, *Euseius concordis* e *Brevipalpus phoenicis*. *Bragantia.* 70 (1). 87-95
- Sparks, T.C., and R. Nauen. 2014. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pestic. Biochem. Physiol.* 121. 122–128.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R.Van den Bosch and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia.* 29. 81-101.
- Stiling, P. 1990. Calculating the establishment rates of parasitoids in classical biological control. *Am. Entomol.* 36. 225-230.
- Tabashnik, B.E., and B.A. Croft. 1982. Managing pesticide resistance in crop-arthropod complexes: Interactions between biological and operational factors. *Environ. Entomol.* 11. 1137-1144.
- Tabashnik, B.E. and B.A. Croft. 1985. Evolution of pesticide resistance in apple pests and their natural enemies. *Entomophaga.* 30. 37-49.
- Tabashnik, B.E. 1986. Evolution of pesticide resistance in predator/prey systems. *Bulletin of the Entomol. Soc. Am.* 32. 156-161.

- Tabashnik, B.E. and M.W. Johnson. 1999. Evolution of pesticide resistance in natural enemies. In: Fisher TW, Bellows TS, Caltagirone LE, Dahlsten DL, Huffaker CB, Gordh G (eds) Handbook of biological control: principles and applications of biological control. Academic, San Diego, pp 673–689.
- Takeda, T., Y. Nakamatsu and T. Tanaka. 2006. Parasitization by *Cotesia plutellae* enhances detoxifying enzyme activity in *Plutella xylostella*. Pestic. Biochem. Physiol. 86.15–22.
- Tang, Z.H., K.Y. Gong and Z.P. You. 1988. Present status and countermeasures of insecticide resistance in agricultural pests in China. Pestic. Sci. 23. 189–198.
- Tang, L.D., B.L. Qiu, A.G.S. Cuthbertson and S.X. Ren. 2015. Status of insecticide resistance and election for imidacloprid resistance in the ladybird beetle *Propylaea japonica* (Thunberg). Pestic. Biochem. Physiol. 123. 87–92.
- Theiling, K.M. and B.A. Croft. 1988. Pesticide effects on arthropod natural enemies: A database summary. Agric. Ecosyst. Environ. 21. 191- 218.
- Tirello, P., A. Pozzebon and C. Duso. 2012. Resistance to chlorpyrifos in the predatory mite *Kampimodromus aberrans* Exp. Appl. Acarol. 56. 1–8.
- Torres, J.B., C.S. Silva-Torres and R. Barros. 2003. Relative effects of the insecticide thiamethoxam on the predator *Podisus nigrispinus* and the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in nectaried and nectariless cotton. Pest. Manag. Sci. 59. 315-323.
- Torres, J.B. and J.R. Ruberson.2007. Abundance and diversity of ground-dwelling arthropods of pest management importance in commercial Bt and non-Bt cotton fields. Annal. Appl. Biol. 150. 27-39.
- Torres, J.B., E.M. Barros, R.R. Coelho and R.M.M. Pimentel. 2010. Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. Arthrop. Pl. Interac. 4. 219-227.
- Torres, J.B. 2012. Insecticide Resistance in Natural Enemies - Seeking for Integration of Chemical and Biological Controls. J. Biofert. Biopest. 3. e104. doi: 10.4172/2155-6202.1000e104 Brazil.
- Umoru, P. A., W. Powell and S. J. Clark. 1996. Effect of pirimicarb on the foraging behavior of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on host-free and infested oilseed rape plants. Bull. Entomol. Res. 86. 193- 201.
- Urbaneja, A., H. Montón, and O. Molla. 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey or *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. J. Appl. Entomol. 133(4). 292–296.
- Ünal, G. ve M.O. Gürkan. 2001. İnektisitler Kimyasal Yapıları, Toksikolojileri ve Ekotoksikolojileri, Ankara. pp. 159.
- Van Leeuwen, T., J.Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw and L. Tirry. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. Insect Biochem. Mol. Biol. 40. 563–572.
- Waage, J. K., M.P. Hassell and H.C.J. Godfray. 1985. The Dynamics of pest-parasitoid-insecticide interactions. J. App. Ecol. 22. 825-838.
- Waage, J.K. 1989. The population ecology of pest-pesticide-natural enemy interactions. In P. C. Jepson (Ed.), Pesticides and non-target invertebrates (pp. 81-93). Wimborne, Dorset, United Kingdom: Intercept.
- Wäckers, F.L., J. Romeis and P.V. Rijn. 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. Annu. Rev. Entomol. 52. 301-323.
- Whalon, M.E., D. Mota-Sanchez, R.M. Hollingworth and L. Duynslager. 2011. Arthropod pesticide resistance database.

- Wiedl, S.C. 1977. The effects of sublethal concentrations of dieldrin on the predatory efficiency of *Toxorhynchites brevipalpis*. Environ. Entomol. 6. 709- 711.
- Wiles, J. A. and P.C. Jepson. 1994. Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the within-crop behavior and distribution of *Coccinella septempunctata*. Entomol. Exp. et App. 72. 33-45.
- Wright, D. J. and R.H.J. Verkerk. 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: Evaluation in a multitrophic context. Pesticide Sci. 44. 207- 218.
- Wu, G., Y.W. Lin, T. Miyata, S.R. Jiang, and L.H. Xie. 2009. Positive correlation of methamidophos resistance between *Lipaphis erysimi* and *Diaeretiella rapae* and effects of methamidophos ingested by host insect on the parasitoid. Insect Sci. 16. 165–173.
- Xu, J., A.M. Shelton and X. Cheng. 2001. Variation in susceptibility of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) to permethrin. J. Econ. Entomol. 94. 541–546.
- Yorulmaz Salman, S. and R. Ay. 2013. Analysis of hexythiazox resistance mechanisms in laboratory selected predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Turk. entomol. derg.37 (4). 409-422.
- Yorulmaz Salman, S., F. Aydinli and R. Ay. 2015. Selection for resistance: cross-resistance, inheritance, synergists and biochemical mechanisms of resistance to acequinocyl in *Phytoseiulus persimilis* AH (Acari: Phytoseiidae). Crop. Prot. 67. 109–115.
- Zhuang, H.M., C.W. Li and G. Wu. 2014. Identification and characterization of ace2-type acetylcholinesterase in insecticide-resistant and-susceptible parasitoid wasp *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). Mol. Biol. Rep. 41. 7525–7534.