

VEKTÖR MÜCADELESİNDE BİYOPESTİSİTLER

Biopesticides for Vector Control

Ender YARSAN, Alparslan ÇEVİK

Ankara Üniversitesi
Veteriner Fakültesi
Farmakoloji-Toksikoloji Abd
ANKARA

İletişim:
Ender YARSAN
Ankara Üniversitesi
Veteriner Fakültesi
Farmakoloji-Toksikoloji Abd
ANKARA
E-posta:
ender.yarsan@veterinary.
ankara.edu.tr

ÖZET

Biyopestisitler; hayvanlar, bitkiler, bakteriler ve çeşitli mineraller şeklinde özetlenebilecek bir çok doğal maddeden elde edilen ve vektörle mücadelede bu yöntemlerin kullanılması esasına dayanan pestisit çeşitleridir. Biyopestisitler üç ana grupta toplanabilir; mikrobiyolojik pestisitler, bitki pestisitleri ve biyokimyasal pestisitler. Biyopestisit kullanımının bazı avantajları söz konusudur. Geleneksel pestisitlere göre daha az zararlı bileşiklerdir. Bunlar doğrudan hedef zararlıyı ve yakın benzerliği olan canlıları etkilerlerken; geleneksel pestisitler kuşlar, böcekler ve memelileri de kapsayacak şekilde daha geniş bir grubu etkiler. Az miktarlarıyla etkilidirler ve çevreye zararları daha azdır. Bu makale kapsamında biyopestisit kavramı, özellikle vektör mücadelesinde etkili biyolojik kontrol yöntemleri (bakteriler, bazı sivrisinek türleri, böcekler, balıklar ve diğerleri) geniş şekilde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyopestisit, vektör kontrol.

SUMMARY

Biopesticides are certain types of pesticides derived from such natural materials as animals, plants, bacteria, and certain minerals. Biopesticides fall into three major classes; microbial pesticides, plant pesticides, and biochemical pesticides. There are several advantages of using biopesticides. Biopesticides are usefully inherently less harmful than conventional pesticides. Biopesticides generally affect only the target pest and closely related organisms as directly, in contrast to broad spectrum of conventional pesticides those may affect organisms as different as birds, insects, and mammals. Biopesticides are often effective in small quantities and often decompose quickly, thereby resulting in lower exposures and largely avoiding the pollution problems caused by conventional pesticides. In this review biopesticides subject, and biological control methods (bacteria, mosquitoes, dragonflies, fishes and others) especially for vector and pest were evaluated.

Key words: Biopesticide, vector control.

GİRİŞ

Pestisit terimi kısaca pest (zararlı, haşarat) adı verilen zararlı canlıları öldürmek için kullanılan madde anlamına gelir. Genel bir ifade ile insan ve hayvan vücudu ile bitki ve cansız cisimler üzerinde ya da çevresinde bulunan veya yaşayan ayrıca, besin maddelerinin üretimi, hazırlanması, depolanması ve tüketimi sırasında onların besin değerini azaltan veya hasara uğratan zararlıları (böcek, kemirici, yabancı ot, toprak kurdu vb.) öldürmek için kullanılan maddelerdir (1-6).

Tarih öncesi dönemlerden beri kullanılan pestisitlerin ilk uygulananları pretrin ve rotenon gibi bitkisel kaynaklı olanlardır. Nikotin dışındaki bitkisel kaynaklı pestisitler sıcakkanlı hayvanlar için son derece güvenli maddelerdir. 1940'lı yılların başından itibaren kullanılmaya başlanan DDT ve benzeri organik klorlu pestisitler, kalıcı etkileri dışında evcil hayvanlar için fazla zehirli değildir. İkinci dünya savaşı yıllarında bulunup önce savaşta sinir gazı ve daha sonra da pestisit olarak kullanılmaya başlanan organik fosforlu bileşiklerin çoğu ise hayvanlarda kullanılmayacak kadar zehirlidir; ama bunlardan bazıları veteriner hekimlikte oldukça güvenli insektisit ve antelmantik olarak kullanılırlar (1-3,7,8).

Doğrudan çevreye, tarım alanları ve bitki örtüsüne, hayvanların üzeri ve çevresine uygulanan pestisitler, kullanıma amaçlarının bir gereği olmasa da, insan ve hayvanlar ile arı, balık ve bazı yararlı böcekler (ipek böceği gibi) için bireysel ve toplu halde akut, subakut ve kronik nitelikli zehirlenmeler ile mutajenik, karsinojenik ve teratojenik etki tehlikesi taşımasının yanı sıra lipid peroksidasyona, kas ve sinirlerde dejenerasyona, çeşitli doku ve organlarda hasar ve bozukluklara yol açarlar (1,5,6,9,10).

Çevreyle ilgili endişelerin giderek artması ve geleneksel pestisitlerin zararlı etkileri konusunda yükselen bilincin sonucunda doğal pest kontrol metodlarına yönelik hızlanmaktadır. Biyopestisit ve antifungalları içeren fermentasyon çıkışlı ürünler gün geçtikçe artan oranda kimyasal nitelikli

pestisitlerin yerini almaktadır (11).

BİYOPESTİSİTİN TANIMI

Biyopestisitler hayvanlar, bitkiler, bakteriler ve çeşitli mineraller gibi birçok doğal maddeden elde edilen ve zararlılarla mücadelede kullanılan ürünlerdir (12,13).

Biyopestisitler; mikroorganizma, yararlı böcekler, yabancı ot patojenleri ve endopatojenik nematodların kullanılması esasına dayanan maddelerdir (14). Bunlar; patojen mantarlar, bakteriler, virüsler ve protozoaları ihtiva ederler. Biyopestisit olarak yukarıda sıralanan gruplarda olacak şekilde bugüne kadar çok sayıda ürün ruhsat almıştır. 1998 sonunda yaklaşık 185 biyopestisit aktif bileşeni ve 700 ürün tescil edilmiştir (13,15). Bu sayı zamanla artmış, 1999-2002 yılları arasında yaklaşık 131 ürün Çevre Koruma Ajansı (EPA -Environmental Protection Agency) tarafından ruhsatlandırılmıştır.

BİYOPESTİSİTLERİN SINIFLANDIRILMASI

Biyopestisitler üç grupta toplanmaktadır;

a. Mikrobiyal Pestisitler: Mikroorganizmalar (bakteri, mantar, virüs ve protozoa gibi) içerdikleri aktif bileşenlerinden dolayı pestisital etki göstermektedir. Bu maddeler birçok zararlı çeşidini yok etmektedir. Örneğin; yabancı otların kontrolünde ve hamamböceklerinin yok edilmesinde kullanılan mantarlar ve bunun yanı sıra bitki hastalıklarının kontrolünde etkili bakteriler bulunmaktadır. En çok kullanılan mikrobiyal pestisit türü *Bacillus thuringiensis*'dir. Bu mikroorganizma özellikle lahana, patates ve diğer bitkilerdeki haşaratı kontrol edebilmektedir. *B. thuringiensis*'in farklı suşları sivrisinekleri de seçkin şekilde öldürür, etkisini insekt larvalarına karşı özel etkili olan proteinler üreterek göstermektedir (12).

b. Bitki Pestisitleri: Bitkilere ilave edilen genetik materyaller sonucunda ve buna bağlı olarak bitkilerin ürettiği pestisital substratlardır. Örneğin; *B. thuringiensis*'in pestisital etkinlik gösteren geni alınarak, bitkinin genetik materyaline aktarılabileceği ileri sürülmektedir. Bunun

sonucunda şekillenecek ürünün zararlılarla mücadelede etkili olabileceği belirtilmektedir. Bu durum kısmen biyoteknoloji kapsamında da değerlendirilir. Son yıllarda bu bilim dalındaki önemli gelişmeler biyoteknolojinin vektör mücadelesinde kullanımını da gündeme getirmiştir. Bu düşünceyle vektörlerin yaşam sikluslarındaki kritik dönemlere müdahale edebilme konusu üzerinde durulmuştur. Böcekler larva aşamasından sonra belirli dönemlerde gömlek değiştirirler ki bu durum, canlının sahip olduğu çeşitli hormonlar aracılığıyla sağlanır. Yapılan değerlendirmeler bu genlerin etkilenmesi ile bu periyotlara etki edilip edilemeyeceği üzerinde durulmuştur. Bu amaçla *Choristoneuma fumiferana*'nın bu yöndeki etkisi çalışılmış ve etkili birkaç gen grubu tespit edilmiştir (12).

c. Biyokimyasal Pestisitler: Bunlar doğal olarak bulunan pestisitlerdir. Toksik olmayan mekanizmalar ile zararlıları kontrol ederler. Geleneksel pestisitler ve sentetik materyaller zararlıyı genelde doğrudan öldüren ya da inaktif hale getiren sentetik materyallerdir. Biyokimyasal pestisitler ise feromon gibi içerdiği maddelerle zararlının büyümesine veya çoğalmasına engel olurlar (12). Bu madde karınca, hamamböcekleri ve balarısı gibi birçok böcek çeşidinde bulunmaktadır. Feromonlar önceleri hormonlara eş tutulan bir madde idi. Ancak vücut dışına salınmaları bu maddeyi hormonlardan ayrı kılmaktadır. Kimyasal olarak aldehit, ester, alkol gibi gruplardan bir ya da bir kaçını taşıyabilmektedir. Böceklerin iletişimini ve yön tayinini sağlayan bu maddenin kokusu 78 km'ye kadar etkisini göstermektedir. Bu kimyasal madde, özel tuzaklar içerisinde hazırlanmakta ve tarım ürünlerine zarar veren böceklere etki edecek şekilde çeşitli yerlere konulmaktadır (15).

VEKTÖR MÜCADELESİNDE KULLANILAN BİYOPESTİSİTLER

Sivrisinekler başta olmak üzere diğer zararlılarla mücadelede biyolojik kontrol uygulamaları tek başına değerlendirilebileceği gibi diğer yöntemlerle kombine edilerek de uygulanabilir. Biyolojik kontrol

programında bazı organizmalar doğrudan vektör mücadelesinde kullanılırlar. Bunların en önemlileri (16-20);

- Balıklar (Larvivorous balıklar, *Gambusia*); sivrisinek larvalarıyla mücadelede,
- Toxorhynchites cinsine ait sivrisinekler,
- Dragonfiles, (yusufcuk, tayyare böceği)
- Küçük crustasealar (cyclopid copepod), sivrisinek larvalarına hücum ederek etkiler,
- Nematotlar, sivrisinek larvaları için parazit etkilidir,
- Mantarlar, sivrisinek larvalarında gelişir ve büyürler,
- Bakteriyel larvasitler, *Bacillus thuringiensis* ve *Bacillus sphaericus* gibi,
- Neem yağı, neem ağacından (*Azadirachta indica*) elde edilir,
- Azolla; suda serbestçe yüzen ve yüzeyi tamamen kapatarak sivrisineklerin gelişmesini önleyen eğreltiotu benzeri bitki.

Bu sıralanan metotlardan sadece ikisi yaygın şekilde kullanım alanı bulur; Bunlar larvivorous balıklar ve bakteriyel larvasitlerdir (16).

Bakteriyel Larvasitler

***Bacillus thuringiensis*:** Fakültatif, anaerob, gram pozitif bir bakteridir. Genel özellikleriyle *Bacillus cereus*'tan ayırt edilemez; tek fark *B. thuringiensis*'in spor formuna dönüşürken kristalize inklüzyonlar sentezleyebilmesidir. Sentezlenen bu maddeler özellikle *Coleoptera*, *Diptera* ve *Lepidoptera* sınıfı omurgasızlara karşı zehirleyici etki gösterir. Bu inklüzyonlar farklı şekillere (protein kompozisyonuna bağlı olarak piramidal, kübik, yuvarlak) sahip kristalize proteinlerdir (16,17).

B. thuringiensis için yapılan fenotipik sınıflandırma bakterinin flagella antijenlerine göredir; ve ilk kez 1960'lı yıllarda bu yönde sınıflandırma yapılmıştır. 1998 yılında yapılan değerlendirmede 67 alt tipinin olduğu belirlenmiştir (16,17). *B. thuringiensis* ağız yoluyla alındıktan sonra sivrisinek ve karasinek larvalarında son derece etkili olabilen öldürücü bir toksin salgılar. Tercihen

kimyasal maddelere karşı direnç gelişmiş popülasyonlarda kullanılabilir. Çevrede kolaylıkla parçalanabilir, bu nedenle periyodik olarak kullanımı uygundur. Beta endotoksin *B.thuringiensis*'lerce üretilen ısıya dayanıklı bir nükleotittir (adenin, guanin ve allaric asitten oluşur). Beta endotoksinin etkinliği mide ortamındaki çözünürlüğüne bağlıdır, proteolitik enzimler aracılığıyla ön toksin şeklinde alınan madde etkinlik kazanarak toksik forma dönüşür. Epitel hücrelerde yıkımlanmaya neden olur, aynı zamanda dolaşıma geçerek septisemiye yol açar. Etki birbirini takip edecek şekilde farklı aşamalarla gelişir; sporlanmış *B.thuringiensis* insekt larvası tarafından alınır; kristalize yapı midede çözünür; proteazlar tarafından etkin forma dönüştürülür; toksin mide epitel hücresinde özel reseptörlere bağlanır; Hücre zarını geçer buna bağlı olarak epitelde delik ve kanallar açar, sonuçta epitel hücresi yıkımlanır; diğer taraftan dolaşıma geçen toksin septisemiye neden olur ki bu durum ölüm riskini de artırır (16).

Hedef canlı dışında *B.thuringiensis* çeşitli laboratuvar hayvanları ve diğer memelilere farklı uygulama yollarıyla verilmiş ve sonuçta zehirleyici ya da patojenik etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Laboratuvar ve saha çalışmalarında balık ve kuşlar üzerinde de olumsuz etkisi görülmemiştir. Aynı şekilde *B.thuringiensis*'in birkaç istisna dışında insanlar için de zehirleyici olmadığı nadiren göz ve deri irkiltisine yol açabileceği bildirilmiştir. *B.thuringiensis* beta endotoksin dışında farklı bazı maddeler de salgılayabilir; antibiyotik, enzim, metabolit ve toksin gibi söz konusu bu maddeler de hedef ve hedef olmayan canlılarda etki oluşturabilir (17).

B.thuringiensis genellikle suda eriyebilir toz ya da granüller şeklinde kullanılır. Özellikle katı formülasyonları uygulandıkları suyun yüzeyinde kalır ve yaklaşık 30 gün süreyle etken madde salınır. Çevresel şartlardan (yağış, sıcak gibi) fazlaca etkilenmez ve bu nedenle bu tarz formülasyonlar değişen ve sabit çevreler için de uygundur. Bu uygulama şekli küçük ölçekli işletmelerde de

uygulanabilir niteliktedir, aynı şekilde ulaşımı zor yerler için de uygundur. Açık alanlarda rüzgârın etkisi; su yüzeyinden ürünün uzaklaştırılmasına ve dolayısıyla etki kaybına yol açar. Diğer taraftan katı şeklindeki bu ürünler suda çözülme formülasyonlardır, kirli sulardan etkilendiğinden etkisinde azalma oluşur, bu nedenle sadece temiz sularda kullanılabilir (16,17).

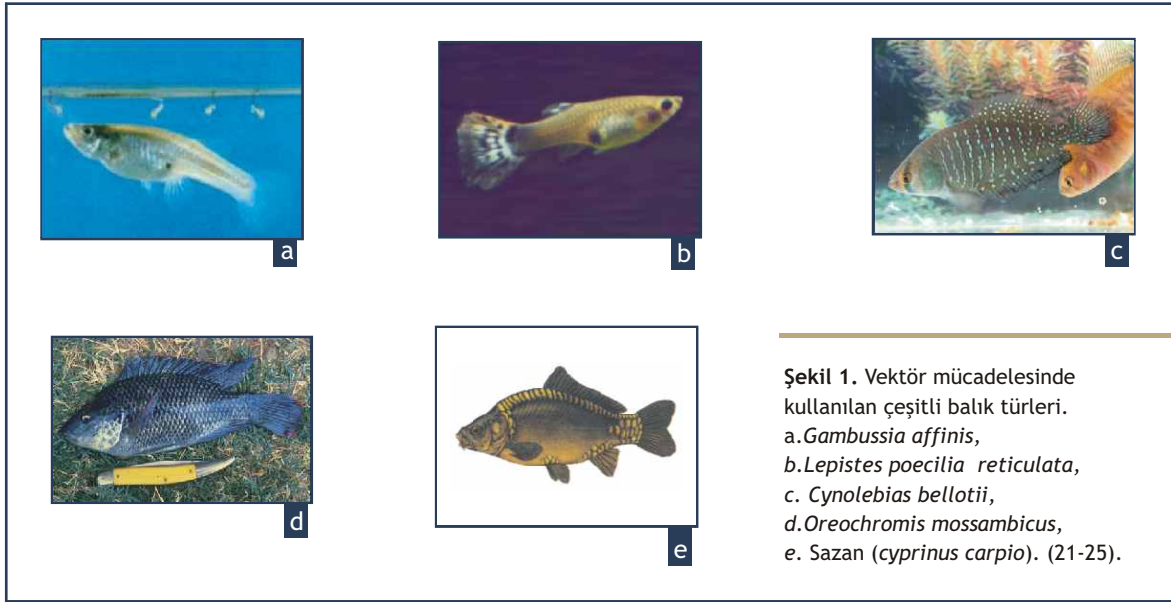
***Bacillus sphaericus*:** Bir başka bakteri de *Bacillus sphaericus*'tur; aynı şekilde toksin üretir. Karakteristik yapısı *B.thuringiensis*'e benzer ancak bu bakteri kirli sularda daha etkili olmasına karşın *B.thuringiensis* temiz sularda daha etkindir. Karasineklerle ya da Aedeslere karşı etkisizdir. *B.sphaericus* genellikle *B.thuringiensis*'den daha uzun etkilidir. *Culex* cinsi sivrisineklerin bulunduğu kirli sular için uygun bir madde olarak düşünülür. Bazı ortamlarda kalıntı riski daha azdır. Bu durum direnç yönüyle ve hedef olmayan canlılara etkisinin az olması yönüyle bir avantajdır. Bu bakteri ile ilgili araştırmalar devam etmekle birlikte bazı ürünler kullanıma da sunulmuştur. Saha denemelerinde pelet ve katı biçimindeki formülasyonlarının sivrisinek larvalarına karşı sekiz hafta üzerinde koruyucu etki sağladığı belirlenmiştir. Granül, suda ıslanabilir toz ve eriyebilir konsantre formülasyonları da vardır (16).

Larva yiyen balıklar

Bunlar sivrisinek larvası yiyerek beslenirler. Dünyada, özellikle sıtmanın kontrolünde ve diğer sivrisinek aracılı hastalıkların önlenmesi ile sivrisinek tehdidinde karşı geniş ölçekte kullanılırlar.

Uygun bir balıkta bulunacak özellikler şu şekildedir;

- Su yüzeyindeki gıdalara oranla sivrisinek larvalarını daha çok tercih etmeli,
- Küçük yapılı olmalı (Bu özellik balıkların suyun sığ kısımlarına ve bitki topluluklarının olduğu kısımlara girişini kolaylaştırır),
- Küçük su ortamlarında bile yüksek üreme kapasitesi olmalı,
- Kirlilik, tuzluluk ısı dalgalanmalarına karşı tolerans gösterebilmelidir.



Şekil 1. Vektör mücadelesinde kullanılan çeşitli balık türleri.
 a. *Gambusia affinis*,
 b. *Lepistes poecilia reticulata*,
 c. *Cynolebias bellotii*,
 d. *Oreochromis mossambicus*,
 e. Sazan (*cyprinus carpio*). (21-25).

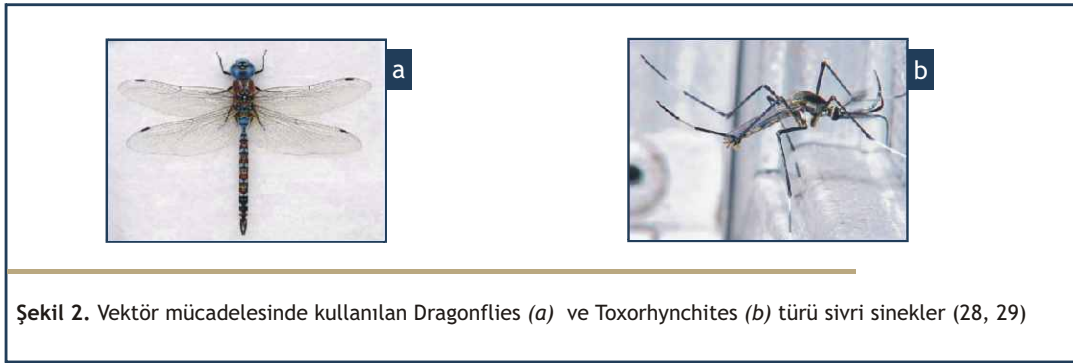
Yerel olarak toplanan balıkların öncelikle sivrisineklere karşı etkinlikleri test edilerek değerlendirilir. Bu tür balıkların büyük çoğunluğu *Poeciliidae* ve *Cyprinodontidae* cinsi dişli sazan balıklarıdır; küçük olanları ise akvaryum balığı niteliğindedir. Farklı ülkelerde olacak şekilde en fazla etkinlik gösteren yararlı balıklar; golyan balığı, sivrisinek balığı (*Gambusia affinis*) ve lepisteslerdir (*Poecilia reticulata*). *Gambusia* temiz sularda, *Poecilia* ise organik olarak kirli sularda başarılı şekilde etkili olabilir. *Poecilia* yüksek sıcaklıkları gambussialara göre daha iyi tolere edebilirken özellikle sıcak alanlarda ve pirinç sahalarında daha etkilidir. Buna karşın *Gambusia*'dan farklı olarak sıcaklık 10°C'nin altına indiğinde *Poecilia* yaşamını devam ettiremez. Diğer taraftan *Cynolebias*, *Nothobranchius* ve *Aphyosemion* cinsi balıklar ise kurak alanlarda etkili şekilde uygulanabilir. Kendi doğal ortamlarında etkili olan balıklar seçilmelidir. Başka bölgelerden getirilen balıklarda zaman zaman uyum bozukluğu ve getirildikleri çevre için zararlı etkiler oluşabilir.

Özellikle bataklık ve havuz gibi yoğun bitki topluluğunun bulunabileceği ortamlarda bu tür balıkların etkinlikleri hedef canlıyı bulma güçlüğü nedeniyle daha sınırlıdır. Sazan (*Cyprinus carpio*), dev gurami (*Osphronemus goramy*) ve tilapia (tilapia

yada *Oreochromis mossambicus*) gibi büyük balıkların bu ortamlardaki etkinlikleri ise son derece zayıftır. Büyük balıklar yerel popülasyonlar için besin kaynağı olarak da değerlendirilebilir. Bazı ülkeler bu balıkları hem besin maddesi hem de sivrisinekle mücadele için yetiştirmektedir. Örneğin; *O. mossambicus*, *Oniloticus* ve *Ospiluru* gibi balıklar Endonezya, Malezya, Somali ve Sudan gibi ülkelerde bu amaçla değerlendirilirler. Yaygın şekilde bulunan sazan, *Cyprinus carpio* ve *Ctenophoryngadon idollo* Güney Hindistan ve Çin'de bu amaçla yetiştirilir (16). Vektörle mücadelede yararlanılan balık türleri Şekil 1'de verilmiştir.

Toxorhynchites cinsi etçil sivrisinekler

Sivrisinekle mücadele programları içerisinde değerlendirilen biyolojik kontrol yöntemlerinden biridir (Şekil 2). *Toxorhynchites* cinsi sivrisinekler larva döneminde iken bu etkinliği gösterirler, buna karşın erişkinler bitki nektarları ve diğer doğal kaynaklar ile beslenirler. Aynı şekilde bu canlıların erişkinleri kan emmezler ve bu nedenle hastalıkların taşınmasında vektör olarak da değerlendirilmezler. *Toxorhynchites*'ler doğada özellikle sivrisineklerin yaygın şekilde barındığı alanlarda, ağaçlarda, bambu toplulukları ve su yüzeyinde bulunurlar. Dünya üzerinde özellikle tropikal bölgelerde olacak şekilde yaklaşık 71 tür *Toxorhynchites* bulunduğu tespit



Şekil 2. Vektör mücadelesinde kullanılan Dragonflies (a) ve Toxorhynchites (b) türü sivri sinekler (28, 29)

edilmiştir. Bunlar genellikle alışılmışın dışında büyük sivrisineklerdir; kanat uzunluğu 12 mm ve vücut uzunluğu da 7 mm'den fazladır. Erişkinleri sedef rengi bir örtü ile kapatılmıştır; larvalar ise genellikle kahverengi ya da kırmızımsı görünüştedir ve karın bölgesinde belirgin tüyler bulunur. Baş kapsülası oldukça kalındır ve güçlü çene yapısına sahiptirler (16).

Erişkinler bitki nektarları ile beslenirler ki bu madde çoğu türde yumurta gelişimi için gereklidir. Birkaç türde ise erişkinler etçil özellik gösterir. Üreme döneminde kullanılan protein çoğunlukla larva dönemindeki beslenme sırasında vücuda alınır; buna karşın bitki nektarlarından da bazı amino asitler alınabilir.

Etkili bir metot olarak görünmekle birlikte bu sivrisinek cinsi kullanılarak yapılan vektör mücadelesi istenilen başarıyı sağlamamıştır;. Bunun nedenlerinden biri pest nitelikli sivrisineklere göre *Toxorhynchites*'lerde gelişme, çoğalma süresi popülasyon artışı oranı çok daha uzun sürede olmaktadır (diğerlerinin yaklaşık 3 katı sürede). Bir diğer neden *Toxorhynchites* cinsi sivrisinekler diğerlerine göre daha farklı aquatik sistemlerde yerleşirler. Bu olumsuz etkilere karşın dişi sivrisineklerin suyun derin kısımlarına yumurtlaması, kimyasal maddelerle erişilemeyecek böyle yerlerle mücadele için önemlidir.

Dünyanın farklı bölgelerinde *Toxorhynchites*'ler ile yapılan mücadele yöntemlerini görmek mümkündür. Biyolojik kontrol yöntemi olarak *Toxorhynchites* cinsi sivrisinekler ilk kez Pasifik adalarında, Hawai'de 1929 yılında uygulanmıştır.

Bunu takiben *T.brevipalpis*, 1950 yılında Afrika'da, *T.theobaldi* 1953 yılında Panama'da ve *T.amboinensis* 1953 yılında Manila'da uygulanmıştır. Bunların dışında diğer *Toxorhynchites* türleri olara; *T.splendens*, *T.brevipalpis conradi*, *T.kaimosa*, *T.rutilus rutilus*, *T.moctezuma*, *T.towadensis*, *T.haemorrhoidalis*'tir. *Toxorhynchites* türleri kullanılarak yapılan mücadelede en başarılı sonuçlar Japonya, Güneydoğu Asya, Karayip Adaları ve Amerika'da alınmıştır.

Toxorhynchites cinsi sivrisineklerle yapılan entegre vektör mücadelesi (Integrated Pest Management) içerisinde değerlendirilen bir metottur ve özellikle *Bacillus* toksinleri ve geleneksel kimyasal maddeler ile yapılan mücadeleyle kombine şekilde değerlendirildiğinde başarılı sonuçlar alınabilir. Bununla birlikte eğer *B.thuringiensis* ve *Bacillus sphaericus* ile birlikte uygulama söz konusu ise her iki maddenin yüksek miktarları *Toxorhynchites*'ler üzerinde de öldürücü etki oluşturabilir. *T.amboinensis* ile birlikte düşük hacimli malatyon uygulamasının kombine edildiği bir çalışmada(26) *A.aegypti* yoğunluğu %96 oranında azaltılabildiği; buna karşın malatyon tek başına uygulandığında bu oran %29 oranında kalmıştır. Organik fosforlu insektisitlerden temefos da kombinasyon için uygundur (27).

Dragonflies (yusufcuk, tayyare böceği)

Bu grup böcekler en yaygın böcek türünü oluşturur (Şekil 2). Dünya üzerinde 6000'den fazla türü olduğu bilinmektedir. Dragonflies'ler su ortamında yaşayan canlılardır; Odonata sınıfındadırlar. Üç alt grupta incelenirler;

Anisoptera, Zygoptera ve bazı bölgelerde lokalize olan (Japonya ve Nepal'de) Anisozygoptera. Avrupa'da 128 Odonata türü vardır ki bunlardan 45'i Zygoptera ve 83'ü de Anisoptera türüne aittir. Avrupa'daki en küçük tür *Sympetrum danae*'dir, 32 mm'dir. Buna karşın en uzun tür ise *Cordulegaster heros*'tur; 97 mm.

Yaşam siklusları uzun süreli bir larva dönemi (8-10 hafta) ve kısa süreli (46 hafta) erişkin fazı içerir. Yumurtalarını su bitkileri ya da su yüzeyine bırakırlar. Avrupa'da rastlanan birkaç tür dışında diğer bütün türler gelişme dönemlerini su ortamlarında geçirirler. *Odonata*'larda pupa aşaması yoktur. Tüm *Odonata* türlerinde larva ve erişkinler etçil canlılardır ve küçük omurgasızlarla beslenirler. Gelişme aşamasında deri üzerinde bölünmeler oluşur; önce baş, sonra gövde, ayaklar ve son olarak da kanatlar belirginleşir. Bu süre yaklaşık 2 saat içinde gerçekleşir.

Dragonflies'ler insanlarda pest olarak yerleşen birçok sivrisinek ve sinek türüne karşı etkilidir. Özellikle manevra yeteneklerin fazla olması onları iyi bir avcı olarak nitelendirir. Aynı zamanda mükemmel bir görüş yeteneğine de sahiptirler (18-20).

Eklembacaklılar (*Cyclopoïd copepod*)

Biyolojik kontrol programı içerisinde değerlendirilen eklembacaklılar bazı ülkelerde *Aedes* larvalarına karşı etkin şekilde kullanılırlar. Eklem bacaklılar içerisinde 3 tür özellikle önemlidir; *Macrocylops albidus*, *Mesocyclops aspericornis* ve *Mesocyclops longisetus*. Bunlar etçil nitelikteki canlılardır. Tek başlarına kullanılabilecekleri gibi vektör mücadelesi programı içerisinde diğer yöntemlerle kombine de edilebilirler. *M. longisetus*, *B. thuringiensis* ve *Bacillus sphaericus* ve metoprenin kombine edildiği bir çalışmada hedef canlıda %90'ın üzerinde azalma sağlanmıştır (30,31).

Parazitler

Vektör mücadelesinde çeşitli parazitler de kullanılabilir. Bu amaçla özellikle Microsporidia'lardan yararlanır. Bu tür protozoonlar *Aedes camptorhynchus* larvalarını enfekte ederek bu

dönemde sivrisinekler üzerinde etkili olur ve bunları öldürürler. Bu dönemde larvaların vücudunda yaygın nitelikli bir renklenme görülür. *Mikromonosporidae* ile enfekte edilen bir başka vektör *Culex sitiens*'lerdir. Parazit enfeksiyon sonucunda karın bölgesinde beyaz renkte şişkinlik oluşur ve buna bağlı olarak ölüm görülür (18,19).

Diğerleri

Vektör mücadelesinde yararlanılan diflubenzuran, metopren gibi insekt gelişme düzenleyicileri bazı kaynaklarda biyolojik kontrol programları içerisinde de değerlendirilmektedir.

Biyolojik kontrol programında değerlendirilen bir başka grup omurgalı canlılar içerisinde kurbağalardır. Porto-Rico, Hawaii, Filipinler ve Pasifik adalarında bazı kurbağa türleri *Bufo marinus* (dev kurbağa) ve *Bufo bufo* (yer kurbağası) bahçelerde ve yetiştirme evlerinde üretilmektedir. Bunlar balıklara karşı etkili olmakla birlikte köpek ve diğer evcil hayvanlara karşı zehirli bir madde de salgırlar.

Yılan ve kertenkele türleri de çoğunlukla böcek tüketirler bu amaçla Kıbrıs'ta Afrika ülkelerinden getirilen zehirsiz bir yılan türü biyolojik kontrol amacıyla kullanılmıştır. Özellikle ormanlık alanlarda zararlı böceklerin erginleri, pupaları, larva ve yumurtalarını yiyen ve bu şekilde doğal dengenin sağlanmasında etkili kuş türleri de bulunmaktadır. Bu türler arasında Baştankaralar (*Parus spp*), Sıvacı kuşu (*Sitta emopaca*), Sığırcık (*Sturnus vulgaris*) sayılabilir. Yapılan araştırmalarda bir kuşun kendi ağırlığının birkaç misli kadar böcek tükettiği ortaya konmuştur. Dolayısıyla bu durum kuşların vektör mücadelesinde kullanımı yönüyle bir avantaj sağlamaktadır (32).

BİYOPESTİSİT KULLANIMININ AVANTAJLARI

Biyopestisitler, geleneksel pestisit risklerini azaltabilen doğal pestisit grubudur. Biyopestisitler genellikle dar bir etki alanına ve çok özel bir hareket şekline sahiptirler. Yavaş hareket ederler, nispeten kritik uygulama zamanları vardır, kalıntı problemleri yoktur, zararlı popülasyonu elimine etmekten çok

Tablo 1. Ülkemizde kullanılmakta olan ruhsatlı biyopestisitler (37)

İsmi	Cinsi
Altosid Liquid Larvasit	<i>Methopren 5</i>
Aquabac xt	<i>Bacillus thuringiensis 1.2</i>
Bactoculicide	<i>Bacillus thuringiensis 1.2</i>
Bio-Quito	<i>Bacillus thuringiensis 1.2</i>
Diflox tablet	<i>Diflubenzuron 1</i>
Du-Dim 25 G	<i>Diflubenzuron 4</i>
Du-Dim 25 WP	<i>Diflubenzuron 25</i>
Skeletal	<i>Bacillus thuringiensis 0.6</i>
Teknar G	<i>Bacillus thuringiensis 1.7</i>
Teknar HP-D Sıvı	<i>Bacillus thuringiensis 1.2</i>
Vectobac G	<i>Bacillus thuringiensis 0.2</i>
Vectobac 12 AS	<i>Bacillus thuringiensis 1.2</i>

zararlı etkilerini engellerler, sınırlı dirençlilik durumu ve kısa raf ömürleri vardır, geleneksel pestisitlere göre insanlar ve çevre için daha emniyetlidirler. Biyopestisitler genellikle sadece hedeflenen zararlıyı ve yakın ilişkili organizmaları etkilerler. Buna karşın geleneksel pestisitler daha geniş spektrumludurlar; ki bu şekliyle kuşlar, balıklar ve memeliler gibi diğer organizmaları da etkilerler (33).

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kimyasal pestisitlerin uygun olmayan kullanımı çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaya devam etmektedir. Son yıllarda bu pestisit türlerinin kullanımında yoğun bir artış meydana gelmiştir; kullanımının artması ve sık sık yanlış kullanımı insektisitlere karşı direnç problemlerine de neden olmaktadır. Buna ilave olarak yararlı böceklerin ve diğer hedef olmayan organizmaların yok olması tarımsal ürünlerde toksik kalıntıların oluşması, elden çıkarılması gerekli olan çok büyük miktardaki depolanmış ve kullanılmayan pestisit riski ile insanlardaki zehirlenme problemleri de geleneksel pestisitlerin olumsuz sayılabilecek etkilerindedir (34,35).

Biyopestisitler üretildikleri, formüle edildikleri ve kullanıldıkları taktirde pestlere karşı ekolojik ve etkili, güvenli çözümler sağlayabilirler. Biyopestisitlerin, kimyasal pestisitlere karşı direnç geliştirmiş olan zararlıların kontrolünde de etkili oldukları çok az veya hiç toksik kalıntı bırakmadıkları ve genellikle yararlı böceklerle ve diğer hedef olmayan organizmalara karşı zararsız oldukları gözlemlenmiştir. Biyopestisitlerin asıl yararları insanlar tarafından kullanılmalarının emniyetli olması; bununla birlikte elden çıkarılmaları, ambalajlanmaları ve kullanılmaları konularında kimyasal pestisitlerden daha az zararlı olmalarıdır (36).

Biyopestisit kullanımının en avantajlı yönlerinden birisi de kimyasal pestisitlere nazaran daha az masraflı olmalarıdır (37).

ÜLKEMİZDE KULLANILAN BİYOPESTİSİTLER

Biyolojik kontrol amacıyla ülkemizde *Bacillus thuringiensis* ile hazırlanan müstahzarlar öncelikle ruhsat almış ve kullanıma sunulmuştur. Farklı firmalar tarafından vektör mücadelesi amacıyla kullanılan bu ürünler Tablo 1'de verilmiştir (37). Bazı kaynaklarda böcek gelişme düzenleyicilerinin de biyolojik kontrol yöntemleri içerisinde değerlendirilmesi nedeniyle diflubenzuron, metopren de bu listeye katılarak sunulmuştur.

SONUÇ

Bu derleme kapsamında, vektör mücadelesinde yararlanılan metotlardan birisi olan biyopestisitlere ilişkin ayrıntılı bir değerlendirme yapılmıştır. Geleneksel pestisitlerin olumsuz etkilerine karşın söz konusu bu uygulamaların çevre ve diğer canlılar yönüyle daha güvenli olduğu söylenebilir. Ancak ekolojik dengenin bir türün lehine olacak şekilde değiştirilmesi beraberinde bazı olumsuzlukları da getirecektir. Dolayısıyla bu türden bir uygulamadan yararlanırken bu kar zarar ilişkisinin göz önüne alınması son derece önemlidir.

KAYNAKLAR:

1. Kaya, S. Pestisitler. Alınmıştır: S. Kaya, İ.Pirinççi, A. Bilgili (Ed). Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. Medisan Yayın Serisi: 35. Ankara. 1998; 211-339.
2. Kaya, S., Bilgili, A. Dış parazitleri etkileyen ilaçlar. Alınmıştır. S.Kaya, İ.Pirinççi, A.Bilgili (Ed). Veteriner Uygulamalı Farmakoloji. Medisan Yayın Serisi: 42. Ankara. 2000; 507-608.
3. Murphy, S.D. Pesticides, In: Doull J, Klassen C.D., Amdur M.O., Casseret and Doull's Toxicology, Macmillan publishing Co., Inc, New York. 1980; 357-408.
4. Roberson, E.L., Nolan, M.P. External parasite control. In: Booth, N.H., McDonald L.E., (ed) Veterinary Pharmacology and Therapeutics. 6th edition, Iowa State Universty Press, Ames. 1988; 892-925.
5. Şanlı, Y. Türkiye'de pestisit kullanımından kaynaklanan çevre ve besin kirlenmesi sorunları. Türkiye'de Veteriner ilaçları üretimi, pazarlanması, güvenli kullanımı ve kalıntı sorunları sempozyumu. 13-14 Ekim 1994, Ankara. 1994.
6. Şanlı, Y. Veteriner Klinik Toksikoloji. Medipres Yayıncılık. Malatya. 2002; 351-486.
7. Brander, G.C. Pestisitler. In: Brander G.G., Pugh D.M., Bywater R.J. (Ed). Veterinary Applied pharmacology and Therapeutics. 4th edition. Bailliere Tindall, London. 1982; 457-469.
8. Matsumara, F. Toxicology of insecticides. 2nd Ed. Planum Press, New York. 1985.
9. Dikshith, T.S.S. Toxicology of pesticides in animals. Crc Press, Boca Raton, Boston. 1991.
10. Yarsan, E., Tanyüksel, M., Çelik, S., Aydın, A. Effects of Aldicarb and Malathion on lipid peroxidation. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. 1999; 63:575-581.
11. Mycoferm. Erişim : (http://www.mycoferm.com/mkt_pest.html). Erişim Tarihi: 21.06.2001.
12. EPA. Erişim: (http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/what_are_biopesticides) Erişim Tarihi: 26.10.2000.
13. Sesan, E.T., Oprea, M. Invitro action of fungicides and insecto-fungicides on the antagonistic fungi used as biocontrol agents. *Bulletin of the Academy of Sciences*. 1999; 47(2-4):183-195.
14. Biopesticide. Erişim: (<http://www.biopesticide.org/Regulatory/Links.htm>). Erişim Tarihi: 21.06.2001.
15. Özer, Z. Feromonlar. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*. 1996; 345:44-47
16. Rozendaal, J.A. Vector Control. Methods for Use by Individuals and Communities. 1997; 122-137. WHO. Geneva.
17. WHO. Environmental Health Criteria 217. Microbial Pest Control Agent. *Bacillus Thuringiensis*. Geneva. 1999.
18. Rose, R.I. Pesticides and Public Health. *Integrated Methods of Mosquito Management. Emerging Infectious Disases*. 2001; 7(1):17-23.
19. Collins, L.E. ve Blackwell, A. The Biology of toxorhynchites mosquitoes and their potential as biocontrol agents. Erişim: (<http://pest.cabweb.org/journals/BNI/BHI27-4/Bniaps.asb>.) Erişim Tarihi: 20.12.2002.
20. Nelso, B., Thomson, R. ve Morrow, C. Introduction to dragonflies. Erişim: (<http://www.ulstermuseum.org.uk/dragonflyireland>) Erişim Tarihi: 20.12.2002.
21. Anon. Erişim: <http://www.salonhogar.com/ciencias/animales/peces/gambussiaaffinis.html>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
22. Anon. Erişim: <http://www.aquarist.gen.tr/lepistes.htm>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
23. Anon. Erişim: <http://www.elacuarista.com/atlas/A/austrolebiasbellottii.htm>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
24. Anon. Erişim: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
25. Anon. Erişim: http://www.kkgm.gov.tr/birim/su_urn/icsu1/aynali_sazan.html. Erişim tarihi: 9.06.2007.
26. Focks, D.A., Sackett, S.R., Kloter, K.D., Carmichael, G.T. The integrated use of Toxorhynchites amboinensis and ground level ULV insecticide application to suppress Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 1986; 23:513-519.
27. Jones, C. ve Shreber, E. The carnivores, Toxorhynchites. Erişim: (<http://pherec.org/EntGuide3.PDF>.) Erişim Tarihi: 20.12.2002
28. Anon. Erişim: <http://www.dragonflies.org/>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
29. Anon. Erişim: <http://www.arbovirus.health.nsw.gov.au/areas/arbovirus/mosquit/photos/mosquitphotos.htm>. Erişim tarihi: 9.06.2007.
30. Thietze, N.S., Hester, P.G.; Olson, M.A., Shaffer, K.R., Prescott, S.J., ve Gaffeny, M.J. Pesticide Environmental Impact Section Annual Report, 1993. Erişim: (<http://www.geocities.com/Paris/Gaclery/9542/PEIS93.html>). Erişim Tarihi: 23.12.2002.
31. Santos, L.U., Andrea, C.F., Carvalho, G.A. Biological control of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) Larvae in Trap tyres by Mesocyclops Longisetus (Copepoda: Cyclopidae) in Two Field Trials. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz On-line*. 1996; 91(2):161-162.

32. Oğurlu, İ. Biyolojik mücadele. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 8, Orman Fakültesi Yayın No:1. Isparta. 2000.
33. Berlinger, R.G. Organic Pesticides and Biopesticides. Erişim: (<http://hgic.clemson.edu/fachtsheets/HGIC2756.htm>). Erişim Tarihi: 23.08.2001.
34. Harris, J., Dent, D. Priorities in biopesticide R&D in Developing Countries. Erişim: (<http://www.biopesticide.org>). Erişim Tarihi: 03.10.2002.
35. Jeyaratnam, J. World Health Statistich Quarterly No:43. WHO. Erişim : (<http://www.biopesticide.org>). Erişim Tarihi: 03.10.2001.
36. Lisansky, S. Microbial Biopesticides. Erişim : (<http://www.biopesticide.org>). Erişim Tarihi: 03.10.2001.
37. Sağlık. Erişim: (<http://www.tcsaglik.gov.tr>) Erişim tarihi: 22.06.2002.