

Sulak Alanlarda Ekolojik Sivrisinek Mücadelesi

Sivrisinekle Mücadele Uygulamaları,
Riskler, Faydalar ve Hedef Dışı Etkilere Genel Bir Bakış ve
Sulak Alanları Koruyarak
Sivrisinekleri Kontrol Altında Tutan ve Pestisit Kullanımını Azaltan
Etkili Uygulamalara İlişkin Öneriler

Celeste Mazzacano ve Scott Hoffman Black

OMURGASIZLARIN KORUNMASI için
XERCES SOCIETY

Sulak Alanlarda Ekolojik Sivrisinek Mücadelesi

Sivrisinekle Mücadele Uygulamaları,
Riskler, Faydalar ve Hedef Dışı Etkilere Genel Bir Bakış ve
Sulak Alanları Koruyarak
Sivrisinekleri Kontrol Altında Tutan ve Pestisit Kullanımını Azaltan
Etkili Uygulamalara İlişkin Öneriler

Celeste Mazzacano
Scott Hoffman Black

Omurgasızların Korunması için Xerces Society

Oregon, California, Minnesota, Michigan,
New Jersey, Kuzey Carolina

www.xerces.org

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ	5
Pestisitlerin Hedef Dışı Hayvanlar Üzerindeki Etkileri	6
Pestisit Kullanımını Azaltan veya Ortadan Kaldıran, Etkili Sivrisinek Mücadelesi	7
Ekolojik Sivrisinek Mücadelesi için Öneriler	9
1. SIVRISINEKLERİN ÇEŞİTLİLİĞİ VE EKOLOJİK ÖNEMİ	11
Sivrisinek Çeşitliliği	11
Sulak Alan Ekolojisinde Sivrisineklerin Önemi	11
2. SIVRISINEK MÜCADELESİNİN GEÇMİŞİ VE BUGÜNÜ	12
Amerika Birleşik Devletleri'nde Sivrisinek Mücadelesinin Tarihi	12
Günümüzde Sivrisinek Mücadelesi	14
3. SIVRISINEK MÜCADELESİNİ ETKİLEYEN YASAL DÜZENLEMELER	16
Ulusal Düzenlemeler:	16
Federal İnkisistit, Fungisit ve Rodentisit Yasası	16
Temiz Su Yasası	16
Eyalet ve Bölge Mevzuatı	18
4. SIVRISINEK MÜCADELE YÖNTEMLERİ	18
Kimyasal Mücadele	18
Organofosfatlar	18
Piretroidler	19
Yüzey Yağları ve Tabakalar	19
Biyolojik Mücadele	20
Böcek Büyüme Düzenleyiciler (BBD'ler)	20
Bacillus thuringiensis var. israelensis	20
Bacillus sphaericus	21
Entomopatojen Funguslar	22
Gambusia	22
Genetiği Değiştirilmiş Sivrisinekler	23
Tablo 1	24
5. SIVRISINEKLE MÜCADELE AJANLARININ HEDEF DIŞI CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	26
Sucul ve Karasal Yaban Hayat Üzerindeki Doğrudan Etkiler	26
Hedef Dışı Sucul Omurgasızlar	28
Hedef Dışı Kara Canlıları	33
Balıklar	34
Kuşlar	35
İkiyaşamlılar	36
Dolaylı Etkiler: Eko-toksikoloji, Topluluk Etkileşimleri ve Besin Ağı	36
Besin Ağı Etkilerinin Önemi	37
Kimyasal Pestisitlerin Etkileri	39
Biyolojik Mücadelenin Etkileri	40
6. ETKİN BİR SIVRISINEK MÜCADELESİNDE İNSAN UNSURU	42
Halk Sağlığının Anahtarı Halk Eğitimidir	42
Halk Eğitimi, İnsan Davranışını ve Vaka Oranlarını Değiştirir	44
Sulak Alanlara Dair Algı	46

Bilgi ve Uygulama	46
Kurumlar Arası İşbirliği	49
7. Ek Sivrisinek Mücadele Yaklaşımları ve Araçları	50
Alanın Kendine Özgü Özelliklerine Dair Bilgi	50
Doğal Düşmanlar	50
Sivrisinek Avcıları	50
Doğal Düşmanların Diğer Mücadele Ajanlarıyla Uyumu	51
Doğal Düşmanların Etkinliği	52
Sağlıklı Sulak Alanlar, Doğal Düşmanları Barındırır	55
Tuz Bataklıklarında Doğal Düşmanların Geri Getirilmesi	57
Avcı Canlıların Dolaylı Etkileri	58
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Takibi	59
Yapay veya Yüksek Düzeyde Gözetimli Doğal Sulak Alanlarda	60
Bitki Örtüsü Yönetimi	60
Yem Tuzakları	62
Halk Eğitimi	65
8. Sivrisinek Mücadelesinde İdeal Bir Yaklaşım İçin Öneriler	66
Halkı Bilgilendirin	66
İstikrarlı ve Kapsamlı Takip Çalışmaları Yürütün	68
İşbirlikçi Ortaklıklar Kurun	68
Mevcut Yerel Sivrisinekle Mücadele Yöntemlerini Belirleyin	70
Bilgilendirici Haritalar Oluşturun	70
Alana Özel Bir Mücadele Planı Geliştirin ve Uygulayın	70
9. SONUÇLAR	71
KAYNAKLAR	73
Ek A. Sivrisineklerin Doğal Tarihi ve Vektör Kapasitesi	97
KISALTMALAR VE SÖZLÜK	98

Yönetici Özeti

İnsanlar ve sivrisineklerin uzun ve mücadeleli bir geçmişi vardır. İnsanlar kendilerini, evcil hayvanlarını ve besi hayvanlarını sivrisineklerin can sıkıcı ısırıklarından ve bazı türlerin taşıdığı hastalıklardan yüzlerce yıldır korumaya çalışmaktadır. Örgütlü mücadele çalışmalarının ilk günlerinde bir yakıp yıkma politikasıyla sulak alanların kurutulması, yağlanması ve geniş spektrumlu toksik pestisitler ile sivrisinekleri yok etme yaklaşımı hakimdi. Bunun etkilerini günümüzde hâlâ görmekteyiz.

Günümüzde kullanılan sivrisinek mücadele araçlarının çoğu, eski ürünlere kıyasla daha dar spektrumlu ve daha az zehirlidir, fakat birçok sucul omurgasız canlının yanı sıra, sulak alanlarda yaşayan ve beslenen kuşlar, balıklar ve ikiyaşamlılar (amfibilere) üzerinde ciddi olumsuz etkileri vardır. Sulak alan ekolojisi, biyoçeşitlilik ve besin ağları ile birlikte sivrisineklerin yaşam döngüleri hakkında daha fazla bilgi sahibi oldukça ve bu bilgiyi mümkün olan en zehirsiz pestisitlerin yalnızca son çare olarak kullanıldığı mücadele yöntemleriyle birleştiren, ekolojik ve bütüncül sivrisinek mücadelesi mümkün hâle gelmektedir.

Bu rapor, ABD'deki güncel sivrisinek mücadele uygulamalarını incelemekte, farklı yöntemlerin sunduğu faydaları ve teşkil ettiği riskleri açıklamakta (kimyasal ve biyolojik mücadelenin hedef dışı canlılar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri de dahil olmak üzere), ve sivrisinek popülasyonlarını azaltırken pestisit kullanımını da düşüren ve sulak alanları koruyan etkili uygulamalar geliştirmeye ilişkin önerilen sunmaktadır.

Sivrisinek mücadelesinde, yetişkin böceği öldüren (adultisit) veya henüz olgunlaşmamış böceği öldüren (larvasit) ajanlar kullanılır. Yetişkinleri hedef alan en yaygın maddeler organofosfat (ör. malathion, naled) ve piretroid (pyrethrin, permethrin, resmethrin, sumithrin, prallethrin) insektisitlerdir. Bu bileşiklerin toksisitesi geniş spektrumludur ve hedef dışı canlılar üzerinde çok ciddi etkileri vardır. Hem sucul hem de karada (uygulama yapılan yerlerin yakınında) yaşayan ve bazılarının nesli tehlikede olan yaban canlılarının sayısında düşüşe yol açtıkları düşünülmektedir.

Sivrisinek larvaları üzerinde ise larva gelişimini etkileyen methoprene ve diflubenzuron gibi larvasitler; *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) ve *Bacillus sphaericus* gibi larvalar yediğinde onları zehirleyen mikrobik ajanlar; ve larvanın solunum becerisini sekteye uğratarak öldüren Golden Bear gibi yüzey yağları kullanılmaktadır. Bu larvasitler hedef dışı canlılara karşı nispeten zehirsiz olsa da (kaldı ki methoprene ve diflubenzuron larvasitlerin hedef dışı omurgasızlar üzerinde doğrudan etkileri belgelenmiştir), yürütülen doğrudan toksisite çalışmaları dolaylı etkileri ya görmezden gelir ya da nadiren göz önüne alır. Örneğin, Golden Bear adlı yüzey yağının formülasyonlarında, ördek yumurtalarının gelişimini etkileyen ve malformasyona (şekil bozukluğuna) yol açan özellikler tespit edilmiştir. Bti gibi biyo-pestisitler, sulak alanlardaki önemli besin canlılarından tatarcıklar, kıyı sinekleri (Ephydriidae) ve meyve sinekleri gibi gerçek sinekler (Diptera) için yüksek düzeyde toksiktir. Dolayısıyla, yaygın ve sık yapılan Bti uygulamalarının yerel besin ağlarını ciddi oranda bozma ve sulak alan topluluk yapılarını değiştirme olasılığı bulunmaktadır. Kimyasal ve biyolojik pestisitlerin üretiminde, sucul sistemler ve hedef dışı canlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilen adjuvanlar ve taşıyıcı maddeler de kullanılmaktadır. Fakat bu maddeler "inert" (etkisiz) içerik kabul edildiğinden, akut toksisite testlerinde incelenmemektedir.

Sucul sinekler, birçok kuş, balık ve ikiyaşamlı (amfibi) için önemli bir besin kaynağı olmakla beraber, sucul böceklerin kanatlı yetişkinleri, yarasa, kertenkele ve kuş gibi çeşitli kara canlılarının enerji veya karbon ihtiyacının %25-100'ünü karşılamaktadır. Pestisitlere boğulmuş sulara yaşayan sucul makro-omurgasızlar, kirletici madde "biyo-taşıyıcılarıdır" çünkü bünyelerinde biriken pestisit yükü, onları yiyen avcı canlıların bedenine geçer. Pestisit etkileri nedeniyle sucul omurgasızların popülasyonlarındaki azalma da sucul ve çevreleyen

kara ekosistemlerinin enerji bütçesini ciddi ölçüde etkiler. Sucul böcek baz sayısındaki düşüş, hem dişi ördeklerin yuva yeri seçimini hem de yavru ördekler ile göçmen su kuşlarının besin kaynaklarını etkiler.

Bu rapor, hem sucul sucul ekosistemlere daha zararsız hem de daha etkili sivrisinek çözümleri sunarak, arazi yöneticilerine yardımcı olmayı hedeflemektedir.



ABD'de milyonlarca insan sulak alanların yakınında yaşamaktadır. Bu alanların yönetimi yalnızca komşu yerleşimleri değil, içinde ve etrafında yaşayan çok sayıda yaban canlısını da etkiler. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/The Xerces Society)

Pestisitlerin Hedef Dışı Hayvanlar Üzerindeki Etkileri

Modern sivrisinek mücadele ajanlarının, hedef dışı hayvanlar üzerinde çok ciddi olumsuz etkileri vardır. Bu etkiler, doğrudan toksisite kaynaklı olabileceği gibi (akut veya öldürücü olmayan dozlar nedeniyle), dolaylı da olabilmektedir (sulak alan topluluğunun yapısını değiştirerek veya balıklar ile kuşların besin maddelerini etkileyen besin ağı tesirleri nedeniyle). Belgelenmiş olan etkiler şunları kapsamaktadır:

Organofosfatlar: temephos (Abate), malathion ve naled.

- Organofosfatların toksisitesi geniş spektrumludur ve balıklar, yusufçuklar ve kız böceklerinin nimfleri, mayıs sineklerinin nimfleri, su böcekleri (Corixidae), mikro-kabuklular ve ısırmayan tatarcıklar gibi sucul canlıları olumsuz yönde etkileyebilir. Yetişkin sivrisineklerle mücadele için yapılan ultra-düşük hacimli püskürtme uygulamaları, çevredeki tozlaştırıcıları ve kelebekleri, uçakla yapılan alçak uçuş püskürtme uygulamaları ise yuvalayan kuşları etkileyebilir.

Piretroidler: permethrin, resmethrin, d-phenothrin (sumithrin) ve bifenthrin.

- Piretroidler, mayıs sinekleri, taş sinekleri (Plecoptera), caddis sinekleri (Trichoptera) ve kabuklular gibi çeşitli sucul canlıya yüksek düzeyde toksiktir. Yetişkin sivrisineklerle mücadele için yapılan ultra-düşük hacimli püskürtme uygulamaları, çevredeki

tozlaştırıcıları ve kelebekleri, uçakla yapılan alçak uçuş püskürtme uygulamaları ise yuvalayan kuşları etkileyebilir.

Yüzey yağları ve tabakalar: monomoleküler tabakalar (Arosurf, Agnique), mineral yağlar (BVA2) ve petrol bazlı yağlar (Golden Bear).

- Monomoleküler yağlar ve tabakalar, hava/su yüzeyinde bir bariyer oluşturur ve su yüzeyine çıkarak atmosfer oksijeni soluyan omurgasızları boğar (birçok mayıs sineği, mikro-kabuklular, sucul böcekler). Bu canlıların birçoğu aynı zamanda sivrisinek larvası avcılarıdır dolayısıyla bu yöntem, doğal düşmanlarla yürütülen sivrisinek mücadelesinin etkisini azaltır. Yağlar, kuşların yumurtadan çıkma oranını azaltabilir, ördek yavrularında ısıl düzenleme (termo-regülasyon) ve yiyecek arama becerilerini bozabilir.

Böcek büyüme düzenleyiciler: juvenil hormon taklitçileri (methoprene [Altosid]) ve çitin sentezi baskılayıcılar (diflubenzuron [Dimilin]).

- Böcek büyüme düzenleyiciler, böcekler ve diğer omurgasızlar için, özellikle de kabuklulara karşı genel anlamda toksiktir. Methoprene büyüme düzenleyicilerin yusuftuk nimfleri, mayıs sinekleri, böcekler, kabuklular ve ısırmayan tatarcıklar üzerindeki kronik etkileri arasında gelişim bozuklukları, morfolojik kusurlar ve üreme sistemi bozuklukları vardır. Methoprene, ikiyaşamlıların metamorfoz sürecinde bozukluk (abnormalite) ile de ilişkilendirilmiştir.

Bakteriler: *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti; Vectobac, Aquabac, Bactimos, Summit, Teknar), *Bacillus sphaericus* (Bs; Vectolex) ve *Saccharopolyspora spinosa* (Spinosa; NATULAR).

Bti, sulak alanlardaki hayvan biyo-kütlesinin büyük bir kısmını oluşturan ve omurgasızlar, balıklar, ikiyaşamlılar, yarasalar, su kuşları, sığ su kuşları (wading birds) ve bazı tüneyen ötücü (passerine) kuşların önemli bir gıda kaynağı olan ısırmayan tatarcıklara zehirlidir.

Kurtçul (larvivore) balıklar: *Gambusia* (sivrisinek balığı)

- *Gambusia*'nın ait olmadığı habitatlara yaygın olarak bırakılması, yerel balık ve ikiyaşamlı türleri üzerinde yıkıcı etkilere yol açmıştır. Seçici olmayan beslenme alışkanlıkları, habitatta bulunan doğal sivrisinek düşmanlarının sayısını azaltabilir ve sivrisinek sayılarının artmasına yol açabilir.

Pestisit Kullanımını Azaltan veya Ortadan Kaldıran, Etkili Sivrisinek Mücadelesi

Halk Eğitimi

Sulak alanların çoğu ya hiç sivrisinek yapmaz ya da çok az yapar, fakat arka bahçelerdeki durgun sular, kuş banyoları, tıkanmış oluklar, bakımsız havuzlar ve bir köşede unutulmuş evcil hayvan mama kabı gibi çeşitli insan yapımı habitatlar, sivrisinekler için iyi üreme alanlarıdır. Dolayısıyla, bu tip üreme alanlarını ortadan kaldırmaya yönelik, bireysel eylemlere odaklı halk eğitimi ve topluluk temelli, katılımcı sivrisinek mücadele programlarının etkin bir sivrisinek ve hastalık kontrolü için en iyi yöntem olduğu belirlenmiştir. Halk eğitimi programlarının genel başarısını ölçmek amacıyla takip anketleri yürütmenin yanı sıra, özel

gereksinimleri olan veya alternatif yaklaşımlar gerektiren topluluklar veya toplumların ihtiyaçlarına odaklanmak, başarılı bir mücadelede kritiktir.

Kurumlar-arası İşbirliği

Federal, eyalet, bölge veya şehir düzeyinde kurumların birbirinden farklı sulak alan yönetim hedefleri olabilir. Bazı sulak alan yöneticileri, sivrisinek mücadele uygulamalarının yaban hayat sağlığı ve biyoçeşitliliği üzerindeki olumsuz etkilerinden endişe duyarken, kimileri de sulak alanlar doğal alan biçiminde yönetildiği takdirde ortaya çıkacak sivrisinek üreme ihtimalinden endişe duyar. Bir doğal alan yönetim biriminin biyoçeşitliliği koruma hedefleri ile, haşere mücadele biriminin sivrisinekleri engelleme hedeflerinin birbiriyle uyumlu olmadığını ve ihtiyaç duyulduğunda gerekli mücadeleyi habitatlar üzerinde mümkün olan en düşük olumsuz etkiyle gerçekleştirecek yöntemleri ancak bir arada çalışarak uygulayabileceklerini unutmamak, kurumlar-arası bir yaklaşımın başarısı için önemlidir.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Temelli Tarama

Sivrisinek gelişimini önemli düzeyde etkileyen su, bitki örtüsü, arazi kullanımı gibi faktörler, uzaktan algılama sistemlerinin sunduğu mevcut verilerle belirlenebilir ve farklı sivrisinek türlerine yönelik, lokal veya bölgesel ölçekte mücadele planları oluşturmakta kullanılabilir. CBS taramaları, özellikle personel ve kaynakların yetersiz olduğu durumlarda sahada yapılabileceğinden daha kapsamlı bir haritalandırma sağlarken, sivrisineklerin gerçek bir sorun teşkil ettiği “hassas noktaların” belirlenmesi ve hedefe yönelik iyileştirme çalışmalarının başarısı için kullanılabilir.

Alana Özel Bilgiler

İnsanlar genelde bütün sulak alanlarda sinir bozucu veya hastalık taşıyan sivrisineklerin ürediğini düşünür, fakat sivrisinek larvalarıyla beslenen çeşitli sucul omurgasızlar, balıklar, ikiyaşamlılar (amfibiler) ve kuşların bir arada bulunduğu sağlıklı sulak alanlarda ya hiç sivrisinek üremez ya da çok az ürer. Bir alanda sivrisineklerin çoğaldığını tespit etmek için düzenli tarama yapmak ve eğer böyle bir durum varsa belirlenen türün insanları ısırıp ısırmadığını bilmek, yalnızca basit bir kaşıntı sorununa mı yol açtığını, yoksa bir halk sağlığı tehdidi mi oluşturduğunu saptamak ve üredikleri alandan insan yerleşimlerine ulaşmalarını sağlayacak uçuş kapasitesine sahip olup olmadıklarını bilmek çok önemlidir. Sahanın topoğrafyası, hidrolojisi, yağış oranı ve bitki örtüsünün detaylı bilgileri sayesinde, ihtiyaç doğrultusunda habitatın büyük bir kısmına müdahale etmeksizin yoğun sivrisinek popülasyonunu azaltan fiziksel veya kimyasal yöntemlerle noktasal mücadele için en yoğun üreme noktaları ve mikro-habitatları belirlenebilir.

Doğal Düşmanları Korumak

Sivrisinek larvasıyla beslenen omurgasızlar arasında yusufçuklar ve kız böcekleri, kın kanatlılar, yarım kanatlılar, avcı yassı solucanlar (planarya) ve iribaş karidesi ile *copepoda* gibi sucul kabuklular vardır. Bu avcılar sulak alanlarda doğal olarak bulunur ve birçoğunun yaşam döngüsü, su altında yeni kalmış alanları hızla kolonize etmelerine olanak tanır. Örümcekler, yarasalar, ikiyaşamlılar (amfibiler), balıklar ve kuşlar da sivrisineklerle beslenebilir. Bu hayvanların tümü genel avcıdır; özellikle sivrisinekleri hedef almazlar ama araştırmalara göre bir sulak alandaki varlıkları sivrisinek popülasyonlarını azaltabilir ve hatta tamamen kontrol altına alabilir. Doğal düşmanları koruyan sivrisinek mücadele uygulamaları sivrisinek sayısını azaltırken besin zincirini korur, bozulmamış ve çeşitliliğe sahip canlı topluluğunun devamını sağlar ve habitatteki nadir veya endemik türleri de gözetir.

Bitki Örtüsü Yönetimi

Yağmur suyu yönetiminde de kullanılan yapay sulak alanlar, bir alanın sivrisinek üretme potansiyelini ciddi ölçüde düşürecek biçimde tasarlanıp inşa edilebilir. Kıyıları dik, havzanın en fazla %20'si bitkilendirilmiş, farklı su seviyeleri ve debileri, doğal düşmanların hayatta kalabileceği daha derin yüzeyleri de olan yapay sulak alanlar, sivrisinek üremesinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir ve ek bir sivrisinek mücadelesine nadiren ihtiyaç duyulan alanlar bu şekilde oluşturulabilir. Ayrıca, su kuşlarının habitatını iyileştirmek için yapılan bitki örtüsü yönetimi, sivrisinek sayılarını azaltırken su kuşlarının beslendiği diğer omurgasızların sayısını artıracak biçimde de düzenlenebilir.

Yem Tuzakları

Yem-temelli “atraktisit” (çek ve öldür) tipi sivrisinek mücadelesi, üzerine hâlâ çalışılan bir yöntemdir. Başarı oranı konuma, habitata, sivrisinek türüne göre epeyce değişmektedir, fakat özellikle bir türün baskın olduğu alanlarda veya yetişkin sivrisineklerin larva habitatından fazla uzaklaşmadığı durumlarda, popülasyon azaltma potansiyeli vardır.

Ekolojik Sivrisinek Mücadelesi için Öneriler

Ekolojik sivrisinek mücadelesine en ideal yaklaşım, birbiriyle ilişkili bazı anahtar öğeleri göz önüne almayı gerektirir. Herhangi bir sivrisinek mücadele planı her yerde aynı etkiyi sağlamayacaktır, ama aşağıdaki öneriler, bir alanın özellikleri ve ihtiyaçlarına uygun, insanlarla çevrenin ihtiyaçlarını da dengeleyen bir sivrisinek mücadele planı oluşturmanızı sağlayacaktır.

1. Halkı bilgilendirin

Sivrisinek mücadelesinde halkın bilinçlenmesi çok önemlidir. Civarda yaşayan vatandaşlar, bir sulak alanın sivrisinek üretip üretmediğini, eğer üretiyorsa sivrisineklerin yayılma kapasitesini, insanları ısırma tercihlerini, hastalık bulaştırma riskini ve ısırılmayı önlemek için almaları gereken bireysel tedbirleri bilmelidir. Hastalık bulaştıran sivrisinek türlerinin üreyebileceği insan kaynaklı ortamları kentsel ve meskûn alanlarda ortadan kaldırmaya yönelik sürekli eğitim çalışmalarının halk sağlığı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Belirli bir alana yönelik sivrisinek mücadele eylemlerini insanlara anlatmak, sulak alanın sağlığını, biyoçeşitliliğini ve besin ağlarını korurken, pestisit kullanımını da asgari düzeye indirmenin veya ortadan kaldırmanın önemini açıklamak, sivrisineklere karşı “sıfır tolerans” yaklaşımının benimsenmemesi gerektiğine dair daha geniş bir bilinç yaratacaktır.

2. Tutarlı ve kapsamlı takip çalışmaları

Bir alanın kayda değer sayıda sivrisinek üretip üretmediğini belirlemek, üreyen türleri tanımlamak, mevsimsel farkları değerlendirmek ve yoğun üreme alanı olan mikro-habitatları tespit etmek için izleme çalışmaları yürütmek çok önemlidir. Sivrisinekler belirli bir sayıya ulaştığında pestisit kullanmayı öngören bir mücadele planı varsa, bu eşiğin ne zaman aşıldığını anlamak ve herhangi bir uygulamanın etkinliğini değerlendirmek için de izleme çalışmaları elzemdir. Ayrıca, bir alandaki doğal düşmanların çeşitliliğini ve bunların mevsimsel sivrisinek sayısı ile ilişkisini değerlendirmek ve insektisit kullanımından etkilenebilecek hassas türlerin ortamda olup olmadığını belirlemek için de takip çalışmaları yapılmalıdır.

3. İşbirlikçi ortaklıklar oluşturun

Ekolojik sivrisinek mücadelesi, sulak alanlar ve barındırdıkları yaban hayat toplulukları, sivrisinek türleri ve geçmişi ile halk sağlığına ilişkin geniş bir bilgi dağarcığı ile beraber sürekli

eğitim, izleme ve takip çalışmaları da gerektirmektedir. Bütün bu uzmanlığa tek bir kişi veya kurumun sahip olması mümkün değildir ve bu durumda ihtiyaç duyulan beceriler ile kaynaklara ulaşmak için birkaç kuruluşun bir arada çalışması gerekir. Bir alana yönelik mücadele uygulamaları, daha kapsamlı bir yerel sivrisinek mücadele planı çerçevesinde gerçekleştirilebileceği için, bölgesel vektör kontrol kurumlarıyla kapsamlı bir iletişim kurulması ve işbirliği yapılması da gerekecektir.

4. Mevcut yerel sivrisinek mücadele yöntemlerini belirleyin

Bir alanda zaten yürütülmekte olan sivrisinek kontrol çalışmaları ile, belirli bir alana yönelik özel bir mücadele planı oluşturulacaksa bu ikisinin birbiriyle uyumu değerlendirilmelidir.

5. Bilgilendirici haritalar oluşturun

CBS-temelli, çoklu veri katmanlarını ilişkilendirerek gösteren tutarlı haritalar, sivrisinek mücadelesinde güçlü bir araçtır. Mevcut izleme çalışmalarından edinilen verileri habitat özellikleri, bitki örtüsü, topoğrafya, yağış miktarı ve sıcaklıklarla birleştirerek haritalandırmak, hedefli uygulama yapmak amacıyla potansiyel sivrisinek üreme noktalarını tanımlamayı, sivrisinek popülasyonlarının mevsimsel dalgalanmasını, doğal düşmanların ve hassas türlerin nerede yaşadığını ve (mümkünse) sivrisinek üreme hızını azaltmak için değerliymeye uygun habitat alanlarını belirlemeyi kolaylaştırır.

6. Alana yönelik bir mücadele planı uygulayın

Belirli bir alana yönelik etkili bir sivrisinek mücadele planı, bütüncül yönetim, sürekli izleme, alanda üreyen sivrisinek türlerinin yaşam geçmişi ve sivrisineklerin doğal düşmanları da dahil olmak üzere o alanın kalitesini yükseltmek ve biyoçeşitlilik artışını sürdürmek için gerekli mücadele uygulamaları hakkında detaylı bilgi sahibi olmaya dayanır. Bir toplumsal eğitim kampanyası tamamlandıktan sonra, sinir bozucu sivrisinek problemini zmek için siyasi ve/veya sosyal iklimin istenilen "uygulamasız" yaklaşıma elverişli olup olmadığını belirlemek, hastalık taşıyan vektör türlerin belgelenmiş bir kamu sağlığı tehlikesi yarattığı hükmünü oluşturacak popülasyon miktarına ve uygulama şartsa, en zehirsiz alternatif uygulama yöntemlerine karar vermek gerekecektir.

7. İzin Gerektiren Düzenlemeler Getirin

EPA (Amerikan evre Koruma Ajansı), sulak alanlar ve diğer su kaynakları içinde ve çevresinde kimyasal ve biyolojik pestisit kullanmak için *National Pollutant Discharge Elimination System* (Ulusal Kirletici Madde Boşaltımını Engelleme Sistemi) kapsamında gerekli izinleri almayı gerektiren yeni ulusal düzenlemeleri bütünüyle uygulamalıdır. Ulusal çapta, sivrisinek mücadele programlarının çoğunu yürüten şehir, bölge, eyalet ve federal hkmet kurumları da dahil 350.000 pestisit uygulayıcısının, bundan böyle pestisit kullanımını azaltmak ve Entegre Zararlı Yönetimi uygulamalarına geçmek için çeşitli yöntemler bulması zorunludur.

1. Sivrisineklerin Çeşitliliği ve Ekolojik Önemi

Sivrisinek Çeşitliliği

Dünya’da bilinen yaklaşık 3.500 sivrisinek türünün neredeyse 170’i, doğal türler ve dışarıdan getirilenler dahil, ABD’de görülmektedir (Wallace & Walker 2008). Sivrisineklerin birçoğu insanlarla beslenmez, beslenen bazıları ise yalnızca kaşıntı yapar, birkaçı ise yaban canlılara, insanlara, besi hayvanlarına veya evcil hayvanlara hastalık patojenleri bulaştıran vektör (taşıyıcı) canlılardır. Kimse aç bir sivrisinek tarafından ısırılmak istemese de sivrisinek türlerinin çok azı zararlı kabul edilir. İnsan sağlığına olumsuz etkileri açısından bilinen en meşhur cinsler *Aedes*, *Anopheles* ve *Culex*’tir. Bu cinslerin her biri kendine has yaşam döngülerine, habitat tercihlerine ve yayılma becerilerine sahiptir. Yani, sivrisinek mücadelesinde tek bir “sihirli” yöntem yoktur.

Sulak Alan Ekolojisinde Sivrisineklerin Önemi

İnsanlar ve sivrisinekler arasındaki çatışmanın uzun geçmişini düşününce, bu böceklerin sulak alan ekolojisinde ne kadar önemli bir role sahip olduklarını unutmak kolay olabilir. Sivrisinek larvalarının sudaki mikro-organizmaları, fitoplanktonları ve organik madde parçacıklarını süzerek beslenme alışkanlığı (Merritt ve diğerleri 1992’de incelenmiştir), sulak alan habitatlarındaki besin döngüsünde önemli bir rol oynar ve geçici birikintilerdeki larva bolluğunun birincil üretim ve besin döngüsü gibi ekosistem yapısı ve süreçleri üzerinde güçlü bir etkisi olduğu düşünülmektedir (Mokany 2007). Sivrisinek larvaları ve yetişkinleri, çeşitli sucul böcekler ve diğer omurgasızların yanı sıra balıklar, ikiyaşamlılar, kertenkeleler ve hem göçmen hem de yerleşik su kuşları için önemi birer besin kaynağıdır. Sivrisinekler, küt yapraklı orkidenin (*Habenaria (Platanthera) obtusata*) (Kevan ve diğerleri 1993’te incelenmiştir) tozlaştırıcılarındandır, fakat bitki özümüyle beslenme alışkanlığı sayesinde diğer bitkileri tozlaştırıp tozlaştırmadıkları belli değildir.

Sivrisinek mücadelesi üzerine çok çeşitli araştırmalar yürütülmüş olsa da, bunların yalnızca birkaçı sivrisineklerin sulak alan biyoçeşitliliğindeki önemine değinmektedir. Yakın zaman önce yürütülen bir literatür taraması (Dale & Knight 2008), sivrisineklerin sulak alan ekolojisindeki rolüne ve sivrisinek larvalarıyla mücadelenin hedef dışı canlılar üzerindeki uzun vadeli etkilerine dair büyük bir bilgi eksikliği tespit etmiştir. Ayrıca, sivrisineklerin genel sulak alan biyoçeşitliliğine olumlu etki etme potansiyelinin henüz yeni ve üzerine pek düşünülmemiş bir kavram olduğunun altı çizilmiştir (fakat, bkz. Schafer ve diğerleri 2004).

Belirli bir bölgedeki sulak alanların ıslak dönemleri ve sulak alanlarda bulunan omurgasız canlı topluluklarının yapısı ciddi farklar gösterebileceğinden, bazı sulak alanların hiç veya çok az vektör sivrisinek üretebileceğini göz önüne almak önemlidir. Wisconsin Eyaleti’nin Madison kentinde *Culex* sivrisineklerinin hastalık riskini değerlendiren bir çalışma, iki yıl boyunca takip edilen 521 adet doğal ve yapay kentsel sulak alanın yalnızca %25’inde *Culex* larvası saptamış (Irwin ve diğerleri 2008), ve az sayıda yağmur suyu birikintisinin “süper-üretim” noktası olduğunu belirlemiştir. Iowa’daki büyük bir sulak alan yerleşkesinde incelenen mikro-habitatlarda çok az sayıda sivrisinek larvası tespit edilmiş, ısırıcı ve hastalık taşıyan türlerin genelde aralıklarla su altında kalan bitki örtülerinde ürediği belirlenmiştir (Mercer ve diğerleri 2005). Bazı araştırmacılar, yıllık popülasyon dalgalanmalarının nedenini daha iyi anlamak ve önceden tahmin edebilmek istiyorsak, sivrisinekleri, sayılarını etkileyen birçok canlı ve cansız etmeni kapsayan daha büyük bir kavramsal çerçevede ele almanın önemi üzerinde durmaktadır (Chase & Knight 2003; Knight ve diğerleri 2004; Juliano 2007).



Sivrisinekler, daha büyük ve birçok insana göre daha çekici hayvanların biyoçeşitliliğini destekleyen besin ağının temelini oluşturur. (Fotoğraf: Michel Bordelau)

2. Sivrisinek Mücadelesinin Geçmişi ve Bugünü

Amerika Birleşik Devletleri'nde Sivrisinek Mücadelesinin Tarihi

Sivrisineklerin insanlar ve besi hayvanları üzerindeki olumsuz etkileri yüzlerce yıldır kayıt altındadır. Sivrisineklerin insanlara hastalık bulaştırma becerisi keşfedilmeden önce bile, sulak alanların hastalık üreten yerler olduğu bilinmekteydi (bol miktarda böceğe ev sahipliği yaptıkları da). Hipokrat kadar eski yazarlar, örneğin, sıtmanın durgun suları içmekten kaynaklandığını belirtmiştir (McNeill 1976) ve Lewis ile Clark'ın günlükleri de sivrisineklere dair pek de övgü dolu olmayan atıflarla doludur. Bazıları daha da ileriye giderek, Meriwether Lewis'in keşif seferinden üç yıl sonra intihar etmesini, kronik sıtma ile bu hastalığı tedavi etmek için aldığı ilaçların bileşik etkisine bağlamaktadır (Danisi & Jackson 2009).

Sivrisinekler, ABD'de yüzlerce yıl boyunca tarım, ticaret, emlak ve eğlence sektörünü de etkileyen dermansız bir sefalet kaynağı olarak görülmüştür. 1900'lerin başlarında ortaya çıkan topluluk düzeyinde sivrisinek mücadelesi fikri, Florida, Kaliforniya ve Yeni Jersey'de halk sağlığı programları geliştirilmesini sağlamıştır. New Jersey Sivrisinek İmha Derneği ve Florida Anti-Sivrisinek Derneği (Patterson 2004) gibi isimler verilen örgütler, sivrisinekleri tamamen yok etme arzusunu yansıtmaktadır. Gerçekten de, şimdiki adıyla Amerikan Sivrisinek Mücadele Derneği, 1903'te Ulusal Sivrisinek İmha Birliği olarak ortaya çıkmıştır. 1894 ile 1927 yılları arasında USDA (ABD Tarım Bakanlığı) Entomoloji Birimi'ni yöneten ve ABD'de sivrisinek ve sıtma mücadelesinde öncü çalışmalar yapmış olan Leland Howard,

“sivrisineklerin imhası geçici bir çıkar değil, büyük ve ustaca bir cihadın başlangıcıdır” demiştir (Patterson 2009).

Erken dönem mücadele tedbirleri çoğunlukla geniş çaplı ve çarpıcı sonuçlar doğuran şiddetli yöntemlerdi. Bu savaşta, su kütlelerinin yüzeyine ham petrol, gazyağı veya mazot dökerek larvaları boğmak gibi yöntemler ve bakır asetoarsenit ile yapılan Paris yeşili gibi geniş spektrumlu, ölümcül zehirler kullanılmaktaydı (Dale & Hulsman 1990; Patterson 2004, 2009; Floore 2006). Kasımpatı (*Chrysanthemum*) çiçeklerinden elde edilen doğal bir pestisit olan pyrethrum yağı da sivrisinek öldürücü olarak kullanılıyordu. Yağ dökmenin mümkün olmadığı, sahil tuzlaları gibi çok büyük sulak alanlarda ise muazzam kurutma ve drenaj sistemleri inşa ediliyordu. Atlas Okyanusu kıyısındaki tuz bataklıklarının %95'i, yirminci yüzyılın ilk yarısında kurutulmuştur (Clarke ve diğerleri 1984; Crain ve diğerleri 2009) ve etkileri günümüzde hala düzeltilmeye çalışılan kalıcı habitat değişikliklerine yol açmıştır. Fakat insanlar, bu tip kimyasal ve fiziksel mücadele yöntemlerinin yaban hayat ve bitkiler üzerinde ciddi etkilere yol açtığını, yalnızca semptomları giderdiğini ve sorunun kaynağını çözmediğini fark etti. Aynı zamanda, tarımsal sulama projeleri ve baraj inşaatları yüzünden yeni sivrisinek üreme habitatları oluşuyordu. ABD'deki sivrisinek türlerinin incelenmeye devam etmesi ve ortaya çıkan çeşitli yayınlar, örneğin *New Jersey'nin Sivrisinekleri* (Smith 1904), *Florida'nın Sivrisinekleri* (Byrd 1905) ve *Sivrisinek Yaşamı* (Mitchell & Dupree 1907), sıtma ve sarı humma gibi hastalıklar üzerinde yürütülen bilimsel çalışmalarla bir araya geldiğinde, farklı sivrisinek türlerinin farklı larva habitatı tercihleri, yayılma becerileri ve hastalık taşıma potansiyeli olduğu fark edilmiş ve sivrisinek mücadelesi daha hedefe yönelik bir yaklaşım kazanmaya başlamıştır.



Works Progress Administration'ın erken dönem sivrisinek mücadelesini ve yöntemlerin zaman içinde nasıl değiştiğini gösteren bir fotoğraf. 1941'de çekilen bu fotoğrafta, Louisiana'daki WPA çalışanları bir kanala akaryakıt uygularken görülüyor. (Fotoğraf: WPA arşivi, <http://nutrias.org/photos/wpa/images/35/350210.jpg>)

1900'lerin ortaları, sivrisinek mücadelesinde çok ciddi çevre etkileri nedeniyle birçoğu artık ABD'de yasak olan çeşitli sentetik pestisitlerin yükselişi ve düşüşüne tanık oldu. Sivrisineklerin ısırmasını engellemek için yoğunlaştırılan çalışmalarla da devamlı yeni

bileşikler ortaya çıkmaktaydı (Floore 2006; Patterson 2009). DDT (dichloro-diphenyl-trichloroethane), lindane, chlorpyrifos ve dieldrin gibi güçlü ve kalıcı organoklor (OC) pestisitler, hem larva hem de yetişkin sivrisinekler üzerinde kullanıldı. Sivrisineklerin bu bileşiklere hızla direnç göstermesiyle kullanımı durdurulsa da, bu kimyasallar toprakta ve sulara kalıntı bırakmıştır. OC'lerden sonra, malathion, temephos, fenthion, methyl parathion ve methoxychlor gibi organofosfat insektisitlere (OP'ler) geçilmiş, sivrisinekler, birçok diğer yaban canlıya da zehirli olan bu insektisitlere karşı da hızla direnç göstermiştir (Rathburn & Boike 1967). Sivrisineklerin OC'ler ve OP'lere direnç gösterdiği anlaşılınca, kasımpatlarında (chrysanthemum) doğal olarak bulunan pyrethrin pestisitler keşfedilmiş ve bunların sentetik benzeri pyrethroidler geliştirilmiştir. Ayrıca 1900'lerde sivrisineklerin doğal düşmanları da mücadele amaçlı kullanılmaya başlamış, sivrisinek balığı olarak bilinen *Gambusia affinis*'in çok sayıda sivrisinek tüketebildiği tespit edilmiştir. 1905 ile 1920 yılları arasında Florida, Hawaii, New Jersey, Mississippi ve Kaliforniya gibi eyaletlerde sivrisinek mücadelesi amacıyla doğaya bırakılmıştır (Pyke 2008; Patterson 2009). 1920'lere gelindiğinde oturmuş bir vektör kontrol aracı hâlini almış olsa da, birçok durumda yerel balık türlerinin daha başarılı bir mücadele sağladığını belirleyen çeşitli incelemeler de yapılmıştır (Pyke 2008).

Günümüzde Sivrisinek Mücadelesi

Amerikan Sivrisinekle Mücadele Derneği tarafından yürütülen bir araştırma, ABD'de 1997 yılına kadar 97 milyondan fazla insanı etkileyen 345 sivrisinek mücadele bölgesi veya programı olduğunu ve bunların yıllık giderinin 231 milyon USD'yi aştığını tespit etmiştir (ASTHO 2005). Sivrisinek mücadelesinde kullanılan modern insektisitlerin çoğu çevreye eskisi kadar zarar vermemektedir, fakat hangi pestisit kullanılırsa kullanılsın hedef dışı canlılar ve sucul ekosistemler bundan olumsuz etkilenir. Sivrisinek popülasyonları ve tarım zararlıları kimyasal uygulamalara yaygın biçimde direnç göstermeye başladıkça ve pestisitlerin çevre etkileri de gün yüzüne çıktıkça, entomologlar tarafından Entegre Zararlı Yönetimi (EZY) doğrultusunda çok yönlü mücadele planları oluşturulmaya başlanmıştır. EZY, hedefli mücadele tekniklerinden oluşan bir dizi farklı yaklaşımı bir arada kullanarak, kimyasal mücadeleye bağımlılığı ciddi ölçüde azaltmayı amaçlar. EZY'nin temelinde yatan hedef, istenmeyen bir canlıyı tamamen yok etmek değildir. Daha ziyade, düzenli gözetim çalışmaları sırasında istenmeyen canlı popülasyonlarının ekonomik zarar düzeyine çıktığı (veya sivrisinekler söz konusuysa halk sağlığının tehdit edecek düzeye ulaştığı) belirlenirse ancak o zaman mücadele uygulamaları başlar ve bu uygulamalar doğal sisteme mümkün olduğu kadar zarar vermeden yürütülür. Bir EZY programı, kültürel, fiziksel, biyolojik ve en zehirsiz kimyasal mücadele stratejilerini bir araya getiren sürdürülebilir bir yaklaşım olarak düşünülür. Sivrisinek mücadele örgütleri tarafından kullanılan benzer planlara Entegre Sivrisinek Yönetimi (ESY) veya Entegre Vektör Yönetimi (EVY) adı verilebilir. Amerikan Sivrisinekle Mücadele Derneği, ESY'yi "mevcut tüm sivrisinek mücadele yöntemlerini tek tek veya bir arada kullanarak sivrisineklerin bilinen zaafalarını hedef alan, sayılarını katlanılabilir düzeye düşürürken çevre niteliğini koruyan kapsamlı bir sivrisinek önleme/mücadele stratejisi" olarak tanımlamakta (AMCA 2009) ve ESY kavramı ile uygulamalarının sivrisinekleri tamamen yok etmeyi hedeflemediğini onaylamaktadır. Xerces ve diğer çevre örgütleri, sivrisineklerin birçok sucul ekosistemin doğal ve önemli bir parçası olduğunu vurgulamaktadır. Yok edilmeleri çevre için ne gerekli ne de faydalıdır ve pek gerçekçi bir hedef de değildir. (Not: Kafa karışıklığını gidermek açısından, metinde bundan sonra geçen tüm EZY, ESY ve EVY atıfları, entegre yönetim/mücadele olarak anılacaktır.)

Entegre yönetimin sağladığı sivrisinek kontrolü, teoride, yerel türlere ve habitat koşullarına hassas olmakla birlikte, ideal gelişim zamanlarında uygulanmakta ve bilinen sivrisinek üreme noktalarını hedef almaktadır (Lacey ve Orr 1994'te incelenmiştir). Bütün bölgelerdeki bütün türlere karşı etkili tek bir yöntem olmadığı için, yerel türler, yaşam döngüleri ve habitat tercihleri hakkında detaylı bilgiye sahip olmak gerekir. Diğer bir kritik konu da, sayıları takip

etmek için düzenli gözlem yapılması, önceden belirli bir eylem için karar verilen eşığın aşılmadığının belirlenmesi ve yapılan uygulamanın veriminin değerlendirilmesidir. Aktif bir entegre mücadele programı genelde pestisitleri de kapsar, fakat ancak kesinlikle gerektiğinde ve uygulanan birçok yöntemden yalnızca biri olarak, hedef dışı canlılara asgari düzeyde zarar verecek biçimde en zehirsiz alternatifin kullanılmasıyla. Önceden programlanmış bir takvimde, ister kimyasal ister biyolojik araçlarla düzenli insektisit uygulamak, entegre yönetim ilkelerine ters düşmektedir. Bazı çalışanlar tarafından, entegre yönetimin gerçekten başarılı olabilmesi için yerel düzeyde paydaşlarla ortak kararlar alınması gerektiği, çünkü sivrisinek popülasyonları ve hastalıklarının yerel koşullara göre değiştiği ve yerel koşullardan etkilendiği iddia edilmektedir (van den Berg & Takken 2007). Dünya Sağlık Örgütü'nün entegre yönetim hakkında yaptığı bir açıklama, farklı uygulamaların birbirini ya desteklediği ya da kösteklediğini, hangi entegre yönetim uygulamalarının bir arada kullanılacağı konusunda çok dikkatli olunması ve yönetim planlarının etkisi, uygunluğu ve sürdürülebilirliğinin sürekli değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (WHO 2008). Uygulamada, gerçek bir entegre yönetim programı birçok mücadele örgütünün sahip olmadığı bir entomoloji uzmanlığı ve/veya maddi kaynak gerektirebilir. Bu nedenle, en yoğun sivrisinek üreme mevsiminde entegre yönetim ilkelerine ters düşecek biçimde düzenli aralıklarla pestisit uygulama alışkanlığı görülmektedir.

Sulak Alan Bilim İnsanları Birliği'nin yayınladığı bir makale (SWS 2009), güncel sivrisinek mücadele uygulamalarının bir incelemesini sunmakta, fakat SWS'nin orada açıkladığı herhangi bir özel mücadele tekniğinin kullanımı konusunda sorumluluk kabul etmeyeceği belirtilmekte ve şöyle bir itiraf göze çarpmaktadır: "...sivrisinek mücadelesine dayalı sulak alan yönetimi ile, biyoçeşitliliği korumak gibi başka bir önemli hedefe dayalı sulak alan yönetimi birbiriyle çelişebilir." ABD'deki sivrisinek mücadele örgütlerinin çoğu, sucul larvaları veya kanatlı yetişkinleri kontrol altında tutmak amacıyla nispeten standart bir pestisit paleti kullanır. Larvaları hedef alan pestisitler (larvasitler), sucul habitata uygulanır ve pelet, granül, briket ve sıvı gibi formlarda olabilir. Yetişkinleri hedef alan pestisitler ise (adultisit), genelde ultra-düşük hacimli (ultra-low volume – ULV) püskürtme cihazlarıyla karada uygulanır ve temas ettiğinde yetişkinleri öldüren havada asılı çok küçük damlacıklar saçar. Yetişkin mücadelesinin larva mücadelesine kıyasla daha etkisiz olduğu kabul edilmiştir, çünkü yetişkin sivrisinekler üredikleri noktadan çok uzağa uçabilir ve yerel bir üreme noktasında birkaç günden itibaren yeniden çoğalmaya başlayabilir. Dolayısıyla, yetişkin müdahalesi sorunun kaynağını ortadan kaldırmayan geçici bir çözümdür.

Sivrisinekle mücadelede yaygın olarak kullanılan pestisitler, aşağıda verilen mücadele yöntemleri listesine eklenmiştir (ve 4. Bölüm'de daha detaylı ele alınmıştır.)

- Organofosfat'lar: malathion, naled, temephos (Abate).
- Pyrethroid'ler (doğal pyrethrin'lerin sentetik türevleri): bifenthrin, d-phenothrin (Sumithrin), permethrin, resmethrin; bunlar genelde sivrisineğin pyrethroid maddeyi zehirsizleştirme becerisini engelleyen piperonyl butoksit (PBO) adlı sinerjist ile bir arada kullanılır.
- Yüzey yağları ve tabakalar:
 - o Monomoleküler filmler (Agnique, Arosurf gibi);
 - o Mineral yağlar (BVA2 gibi);
 - o Petrol bazlı yağlar (Golden Bear gibi);
- Böcek büyüme düzenleyiciler:
 - o Juvenil hormon taklitçileri (methoprene (Altosid) gibi);
 - o çitin sentezi inhibitörleri (diflubenzuron (Dimilin) gibi);

- Biyolojik mücadele:
 - o *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Vectobac, Aquabac, Bactimos, Summit, Teknar), *Bacillus sphaericus* (Vectolex) ve *Saccharopolyspora spinosa* (Spinosa; NATULAR) gibi bakteriler;
 - o *Lagenidium giganteum* gibi mantarlar;
 - o *Gambusia* gibi larvacıl balıklar.

3. Sivrisinek Mücadelesini Etkileyen Yasal Düzenlemeler

Ulusal Düzenlemeler:

Federal İnsektisit, Fungisit ve Rodentisit Yasası

ABD'de kabul edilen en eski pestisit yasaları, çiftçilere düşük kalitede ürün satılmasını engellemek (Federal İnsektisit Yasası 1910) ve tüketicileri gıdalardaki kalıntılardan korumak amacıyla (The Pure Food Law, 1938'de yeniden düzenlenmiştir) çıkarılmıştır (Ware 2004). 1947'de onaylanan Federal İnsektisit, Fungisit ve Rodentisit Yasası (FIFRA), 1910 tarihli Federal İnsektisit Yasası'nı hükümsüz kılmış ve temel olarak pestisit etiketlerini düzenlemiştir (FIFRA, 7 U.S.C. §136 ve devamı, 1947). 1959 yılında yeni pestisit kategorilerini de kapsayacak biçimde yeniden düzenlenmiş, uyarı kelimeleri eklenmiş ("Dikkat" "Çocukların erişemeyeceği yerde saklayınız" vb.) ve 1964 yılında pestisit etiketlerine federal ruhsat numarasının yazılma zorunluluğu gelmiştir. FIFRA, 1972 tarihli Federal Çevresel Pestisit Denetimi Yasası (FEPCA, 1972) ile birlikte ciddi ölçüde yenilenmiş, ABD'de satılan veya dağıtımı yapılan pestisitlerin Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından ruhsatlandırılma zorunluluğu gibi çeşitli maddeler eklenmiş, böylece pestisit dağıtımı, satışı ve kullanımının "genelde çevre üzerinde makul olmayan ölçülerde olumsuz etki yaratmaması" hedeflenmiştir. EPA, FIFRA kapsamında, pestisit kullanımının federal Nesli Tehlikedeki Türler Yasası (1973) ile korunan canlılara zarar vermemesi için de çalışmalıdır.

Temiz Su Yasası

1972'de yeniden düzenlenen 1948 tarihli Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası, artık Temiz Su Yasası (CWA) olarak da bilinmektedir. Bu düzenleme, ABD'deki yüzey suları için su kalitesi ve pestisitler dahil çeşitli kirlenici maddelerin su kütlelerine boşaltımına yönelik hedefler oluşturmuştur. CWA, Ulusal Kirlenici Maddelerin Giderilmesi Sistemi (NPDES) kapsamında ülkenin sularına her türlü noktasal kirlilik boşaltımının izne tabi olduğunu belirtmektedir. Sularda ve suların çevresinde sivrisinek mücadelesi amaçlı pestisit kullanımı yakın zaman öncesine kadar istisna kabul edilmekteydi. 2006 tarihli, "Amerika Birleşik Devletleri'nin Sularında FIFRA'ya Uygun Pestisit Kullanımı" adlı hüküm, EPA'nın yorumunu açıklığa kavuşturmuş, FIFRA kapsamında ruhsat alan herhangi bir pestisit sularda veya su kütlelerinin çevresinde FIFRA etiket kısıtlamalarına uygun biçimde kullanılmasının CWA kapsamında kirlenici sayılmadığını ve bu nedenle NPDES iznine tabi olmadığını belirtmektedir. Bu, pestisit kalıntıları veya ayrışmayla ortaya çıkan ikincil ürünleri de kapsamaktadır.

Fakat, Altıncı Gezici Mahkeme 2009 yılında, uygulama sırasında ve sonrasında sulara aşırı miktarda giren biyolojik ve kimyasal pestisitler ve ikincil ürünlerin federal yasa kapsamında kirletici olduğuna ve CWA kapsamında düzenlenmesi gerektiğine hükmetmiştir (National Cotton Council ve diğerleri v. EPA). Böylece, FIFRA onaylı pestisitlerin ABD sularında ve çevresinde kullanımı artık NPDES izni gerektirmektedir. Tam olarak açıklamak gerekirse, kalıntı bırakan FIFRA onaylı pestisitleri ABD suları için dört farklı kategoride belirlenmiş yıllık boşaltım limitinden daha fazla kullanmak isteyen bir uygulamacı, NPDES izni almak zorundadır: (1) sivrisinek veya diğer kanatlılarla mücadele; (2) sucul bitkiler ve alg mücadelesi; (3) istenmeyen sucul hayvan mücadelesi (istilacı bufa balığı, zebra midyesi, balık, su maymunu); (4) orman tepe örtüsü zararlılarıyla mücadele.

Bu hükmün genel amacı, sulara bırakılan pestisit miktarını azaltarak su kalitesini iyileştirmek ve hem çevre hem de insan sağlığını korumaktır. Muhalifler, FIFRA'nın zaten gerekli tüm korumayı sağladığını ve yeni izin zorunluluklarının uygulamacılar üzerinde gereksiz bir yük oluşturacağını savunmaktadır. Yeni hükmün taraftarları ise, sağlık-temelli standardın (maksimum kirlenme düzeyi) ve CWA kapsamında ülkenin sularını iyileştirmek ve korumak için en güvenli alternatiflerin kullanılması koşulunun, pestisit etkilerini en aza indirerek çevreyi FIFRA'nın kısıtlı risk değerlendirme sisteminden daha iyi koruyacağını iddia etmektedir. Ayrıca, FIFRA bölgesel koşullara veya yerel suların ihtiyaçlarına karşı hassas değildir. FIFRA tedbirlerinin kısıtlamaları, ABD Jeoloji Araştırmaları Merkezi (USGS) tarafından yürütülen ulusal bir araştırmanın sonuçlarında da kendini göstermektedir; numune alınan her akarsuda bir veya daha fazla pestisit veya ikincil ürünü tespit edilmiş (Gilliom ve diğerleri 2006), incelenen akarsuların yarısında, EPA tarafından sucul yaşamın korunması için hazırlanan kılavuzdaki yoğunluk limitlerini aşan en az bir pestisite rastlanmıştır. Altıncı Gezici Mahkeme'nin hükmü Ekim 2011'de yürürlüğe girmiştir. EPA'ya göre, 350.000'in üzerinde uygulayıcının bu yeni yasadaki etkileneceği tahmin edilmektedir; birçok sivrisinekle mücadele programı pestisit uygulama düzeyini azaltmanın yollarını aramak zorunda kalacak, entegre yönetim uygulamaları başlatacak veya çoğaltacak ve sivrisinek mücadelesi ile sulak alan yönetimi için En İyi Yönetim Uygulamaları (Best Management Practices – BMP) belirlemek zorunda kalacaktır.

Altıncı Gezici Mahkeme Hükmünü geçersiz kılmak amacıyla ABD Kongresi'nin Mart 2011 toplantısında "Düzenleme Yükünü Azaltma Yasası 2011" (H.R. 872) önerilmiş ve Nisan 2011'de Temsilciler Meclisi'nden geçmiştir. Amerikan Sivrisinekle Mücadele Derneği H.R. 872'yi resmen desteklediğini açıklamış, "bu gereksiz izinler, anti-pestisit aktivistleri (çevreyi korumayan) yasal mücadeleler başlatmak için motive edecektir" (AMCA 2011) ve zorunlu yıllık pestisit kullanım raporu "uygulayıcıların ihtiyati tedbirlerini sömürmek amacıyla aktivistler, sağlık düzenbazları ve dolandırıcılar tarafından şüphesiz kullanılacaktır" (AMCA, tarihsiz). Birçok tarım ve tarım ticareti örgütü de H.R. 872'yi desteklemiştir. Fakat, Senato'ya getirilen benzer bir düzenlemenin yanı sıra, düzenlemeyi 2012 yılında Senato'nun Çiftlik Yasası'na dahil etme denemesi de başarısız olmuştur. Ocak 2013'te, yeni yürürlüğe giren NPDES zorunluluklarını ortadan kaldırmayı amaçlayan yeni bir yasa tasarısı Senato'ya getirilmiş (S.175, 113.Kongre) ve Tarım, Beslenme ve Ormancılık Komitesi'ne sunulmuş, FIFRA kapsamında ruhsatlı hiçbir pestisit ayrıca izne tabi olmaması gerektiğini önermiştir.

Xerces ve diğer çevre örgütleri bu yasa tasarısına karşı çıkmakta ve yeni NPDES kurallarını desteklemektedir. Sularda ve çevresinde uygulanan söz konusu pestisitler tabii ki FIFRA kapsamında EPA tarafından onaylanmıştır, fakat FIFRA su kalitesini CWA gibi koruyamamaktadır. FIFRA onayı, kullanılan pestisit "genelde çevre üzerinde makul olmayan ölçülerde olumsuz etki yaratmaması" üzerine verilmektedir, fakat ABD'de iyi belgelenmiş birden fazla su kirliliği örneği, FIFRA etiket zorunluluklarının sularımızı korumakta yetersiz kaldığını göstermektedir. ABD'de 1900'den fazla akarsuyun pestisitler nedeniyle zarar gördüğü bilinmektedir ve incelenmeyen daha birçoğu da kirlenmiş olabilir (ABD EPA. Suların Zarar Görme Nedenleri 303(d) Tablosu, http://iaspub.epa.gov/waters10/attains_nation_cy.control?p_report_type=T#causes_303d)

EPA'nın önerdiği genel pestisit izni, nehirleri, dereleri ve sulak alanları daha iyi koruyacaktır, çünkü pestisit uygulayıcılarının önce daha güvenli alternatifleri incelemesi ve uygulama sonrası çevre etkilerini izlemesi gerekecek, böylece insanların yanı sıra çevrenin de sağlığını güvence altına alacak, pestisit uygulayıcıları arasında daha sağlam bir tutarlılık oluşturacaktır.

Eyalet ve Bölge Mevzuatı

Sivrisinek mücadele birimlerinin oluşumu, çalışma şekli, uygulaması ve finansmanı eyaletten eyalete değişmektedir. Bazı durumlarda sivrisinek mücadelesi için eyalet düzeyinde bir kurum yetkilendirilebilir; örneğin, Sivrisinek Mücadelesine İlişkin Delaware Yasası, eyaletin esas sivrisinek mücadele yetkilisini olarak Doğal Kaynaklar ve Çevre Kontrolü Birimi'ni tayin etmiştir (Delaware Eyaleti, tarihsiz). Diğer durumlarda bölgesel veya yerel kurumlar (genelde ilçe (county) düzeyinde) sorumludur ve eyalet kurumları ancak yerel kaynakların yetersiz kaldığı acil durumlarda devreye girmektedir.

Sivrisinek mücadelesi büyük ölçüde il veya ilçe düzeyinde birimler tarafından yürütülür. Birçok eyalet, seçmen onaylı sivrisinek azaltım bölgeleri oluşturmaya müsaade eden kurallar getirmiştir ve bunlar tek bir il, tek bir ilçenin tümü veya bir kısmı ya da birden fazla ilçe düzeyinde hareket edebilir. Sivrisinek azaltım bölgeleri oluşturan kurallara genelde bölgenin özel işlevleri, yaptırım yetkilisi ve finans mekanizması gibi ek bilgiler de eklenir. Maddi kaynaklar çok çeşitlidir ve eyaletin kendisinden, seçmen onaylı özel vergi bölgelerinden (vergi hacizleri), il veya ilçe umumi fonlarından, faturalara ek vergi yansıtarak, yerel ticaret vergilerinden, özel fonlardan ve hizmet bedeli iadelerinden sağlanabilir. 2003'te kabul edilen Sağlık ve Güvenlik için Sivrisinek Azaltım Yasası (MASH Yasası, 108. Kongre, Kamu Yasası 108-75), sivrisinekle mücadele programlarına destek olmak amacıyla Hastalıkla Mücadele ve Önleme Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention – CDC) tarafından eyaletlere ve yerel yönetimlere hibe sağlama yetkisi vermiştir, fakat bu şimdiki kadar istikrarlı biçimde desteklenmemiştir. CDC, bir salgın hastalık durumunda acil müdahale için de fon sağlamaktadır.

Fon kaynakları ve algılanan ihtiyaç doğrultusunda, bu sivrisinek azaltım bölgeleri ve ilgili vektör kontrol kurumları sürekli çalışabilir veya yalnızca bir halk sağlığı tehdidi oluştuğunda ve/veya sivrisinekle bulaşan hastalık vakaları arttığında dönemsel olarak da çalışabilir. Yerel sivrisinek mücadele programlarına ilişkin kararlar, genelde kamu sağlığı birimlerine, epidemiyologlara ve entomologlara danışarak görüş alan belediye meclisi üyeleri ve ilçe yetkilileri tarafından verilebilir. Yerel sivrisinek mücadele yöntemleri, federal toprakların (balık ve yaban hayat koruma alanları, Savunma Bakanlığı arazileri) yanı sıra, eyalet, ilçe ve bir sivrisinek azaltım bölgesi kapsamında kalan yerel parklar ve doğal alanlarda kullanılan yöntemlerden farklı olabileceği için, bu kurumlarda çalışan personel sivrisinek mücadelesi yöntemleri ve gerekliliği konusunda kendini sürekli bir belirsizlik içinde bulabilir. Kendi bölgenizdeki durum hakkında daha fazla bilgi edinmek isterseniz, il veya ilçe sağlık müdürlüğüyle iletişime geçebilirsiniz.

4. Sivrisinek Mücadele Yöntemleri

Kimyasal Mücadele

Organofosfatlar

ARTILARI: kirlenmiş sularda Bti gibi biyo-mücadele yöntemlerinden daha etkilidir; güneşe maruz kaldığında diğer pestisitlere kıyasla ortamda çok daha hızlı parçalanır (toprağa veya tortu tabakasına tutunmazsa).

EKSİLERİ: arılar gibi faydalılar da dahil olmak üzere, böceklerle karşı yüksek derecede toksik; balıklara orta düzeyde toksik; sucul omurgasızlara yüksek ile akut düzeyde toksik; omurgalılara orta ile akut düzeyde toksik; hedef popülasyonlarda direnç geliştirme olasılığı vardır; toprağa ve tortu tabakalarına güçlü biçimde tutunabilir ve böylece ortamdaki kalıcılığı artar; yetişkinlerle mücadele, larvalarla mücadeleden daha etkisizdir; bir mevsimde birden fazla uygulamaya izin verilir.

Fosforik asitten elde edilen organofosfat pestisitler (OF'ler), çok çeşitli omurgasız canlı üzerinde etkilidir. Asetilkolin (Ach) adlı sinir sistemi iletkenlerini (nörotransmitter) düzenleyen kolinesteraz (ChE) adlı enzimlerin faaliyetine müdahale ederek kas seğirmelerine, felce ve ölüme yol açar (Ware 2004). ChE ve Ach, omurgalı canlıların sinir sisteminde de bulunduğu için OF'ler omurgalılara da orta ile yüksek düzeyde zehirlidir, fakat ortam koşullarında hızla parçalanır. Malathion ve naled (ABD'de sırasıyla 1956 ve 1959 yıllarından beri ruhsatlı ürünler) yetişkin böcekler üzerinde kullanılır (adultisit); temephos (1965'te ruhsat almış olan ürün) ise larvasittir, yani larvalar üzerinde kullanılır. Temephos (Abate), direnç gelişimini geciktirmek amacıyla mikrobik pestisitler veya Böcek Büyüme Düzenleyiciler ile (BBD'ler) dönüşümlü kullanılabilir.

Piretroidler

ARTILAR: nispeten düşük maliyet; güçlü tesir; sahada direnç oluşum düzeyi düşük; OF gibi diğer kimyasallara kıyasla memeliler ve kuşlara düşük toksisite.

EKSİLER: sucul omurgasızlar, kabuklular, balıklar ve arılar gibi faydalı böceklerle toksik; formülasyonlarda sıkça kullanılan piperonil butoksit adlı sinerjist, balıklara, ikiyaşamlılara (amfibiler) ve diğer sucul canlılara orta ile yüksek düzeyde toksiktir ve olası insan kanserojenidir; yarı ömrü uzundur, toprakta ve tortul tabakada kalıcıdır; yetişkinlerle mücadele, larvalarla mücadeleden daha etkisizdir.

Piretroidler, kasımpatı çiçeklerinden doğal yolla elde edilen piretrin pestisitlerinin sentetik biçimleridir. Böceklerin sinir sistemini etkiler ve hızla "devirir", fakat genelde böceğin piretroidi bünyesinde etkisizleştirmesini engelleyerek pestisiti daha güçlü hale getiren piperonil butoksit (PBO) gibi sinerjistlerle bir arada kullanılır. Böceğin sinir sistemini OF'lerden farklı bir yolla etkilediği için memeliler ve kuşlar üzerindeki toksisitesi çok yüksek değildir, ama balıklara ve iribaşlara (kurbağa yavruları) toksiktir (NPTN 1998; EPA 2009). EPA tarafından 1979'da ruhsatlandırılmış permetrin, ABD'de en yaygın kullanılan yetişkin sivrisinek insektisitidir; her yıl uygulama yapılan toplam 128-156 milyon dekar alanın 36-40 milyon dekarında permetrin kullanıldığı tahmin edilmektedir EPA 2009).

Yüzey Yağları ve Tabakalar

ARTILAR: sivrisinek pupaları ve pupadan yeni çıkmış yetişkinler üzerinde etkilidir.

EKSİLER: yüzeye çıkıp nefes alan ve birçoğu sivrisinek larvasıyla beslenen sucul böceklerle toksiktir; kuş yumurtaları ve civcivler üzerinde olumsuz etkileri vardır; su yüzeyinde istenmeyen bir tabaka oluşturur.

Yüzey yağları (Golden Bear) ve monomoleküler tabakalar (Agnique, Arosurf), suyun yüzey gerilimini azaltıp larvalar, pupalar ve yetişkinlerin nefes almak, yüzeye çıkmak veya yumurta bırakmak amacıyla yüzeye tutunmasını engelleyerek boğulmalarına yol açan ince bir tabaka oluşturur (Floore 2006). Yüzey yağları uzun bir süre dayanmaz (~ 12 saat), ama monomoleküler tabakalar iki haftaya kadar su yüzeyinde kalabilir. Saatte 16 km ve üzerinde uzun süreli rüzgâr, yüzey akışı, yağmur veya gel-git hareketleri bu tabakaları bozabilir ve sivrisinek mücadelesini etkisizleştirebilir. Ortamdaki bitkiler veya çeşitli yüzen malzemeler de yüzey tabakası oluşumunu bozabilir.

Biyolojik Mücadele

Böcek Büyüme Düzenleyiciler (BBD'ler)

ARTILAR: yalnızca eklembacaklılar üzerinde etkilidir; memeli toksisitesi düşüktür.

EKSİLER: sucul böcekler ve kabuklulara toksiktir; metopren direnci gözlemlenmiştir; dış iskeleti çitin içeren tüm omurgasızları etkilediği için hedef dışı birçok canlıyı da etkiler.

Bir sivrisinek larvasiti ve pupasiti olan Metopren, böcek gelişimini ve olgunlaşmasını düzenleyen doğal böcek büyüme (juvenile) hormonunu (JH) taklit eden bir terpenoid bileşimidir (Wright 1976). Böceğin JH düzeyi yükseldiğinde, bir juvenil aşamadan diğerine geçer. JH düzeyindeki doğal düşüş ise, böceklerin juvenil aşamadan pupa veya yetişkin aşamaya geçmesini tetikler. Eğer JH düzeyi yüksek seyrederse böcekler yetişkinliğe geçemez ve pupa aşamasına geçerken ölür (Hendrick 2007'de yeniden incelenmiştir). Ortamda metopren bulunursa, JH benzeri bileşikler yüksek seviyede seyreder ve yetişkin gelişimi baskılanır. Bu, sivrisinek ve tatarcık gibi tam gelişim gösteren (larva-pupa-yetişkin) böceklerde pupalaşma ve yetişkin oranlarını düşürür, yetişkinler pupadan çıksa bile morfolojik bozukluklarla doğar. Metopren, bir larvasit olarak EPA tarafından 1975'te onaylanmış ve 30 yılı aşkın bir süredir kullanılıyor olsa dahi sahada sivrisinek direnci çok nadir gözlemlenmiştir (Dame ve diğerleri 1998; Cornel ve diğerleri 2002).

Diflubenzuron [1-(4-chlorophenyl)-3-(2, 6-difluorobenzoyl)-urea] adlı kimyasal madde, böcekler ve diğer eklembacaklıların dış iskeletindeki temel yapısal bileşen olan çitin sentezlenmesine müdahale ettiği için bir BBD'dir. Diflubenzuron hem bir larvasit hem de pupasittir; bir böcek, bir aşamadan diğerine geçmeye başladığında çitin sentezinin inhibisyonu nedeniyle ölür. Tüm eklembacaklıların dış iskeleti çitinden oluştuğu için, bu geniş spektrumlu pestisit, böcekleri, örümcekleri, akarları, zooplanktonları ve kabukluları etkiler (Eisler 1992'de yeniden incelenmiştir). Diflubenzuron, ABD'de ilk defa 1979 yılında kır tırtılına (*Lymantria dispar*) karşı onaylı olarak kullanılmıştır, fakat daha sonra, 1989 yılına kadar sivrisinekler de dahil olmak üzere diğer zararlı böcekler için de onaylanmıştır (Eisler 1992; EPA 1997).

Bacillus thuringiensis var. *israelensis*

ARTILAR: yalnızca ilkel Diptera (Nematocera) türleri üzerinde, özellikle erken aşamadayken (ör. genç larvalar) hızlı etki eder, dolayısıyla hedef dışı canlılar üzerindeki doğrudan toksisitesi küçük bir takson grubuyla sınırlıdır; toksin, birden fazla farklı proteinden oluştuğu için hedef popülasyonlarda direnç oluşturma riski düşüktür.

EKSİLER: yaşlı ve daha büyük (ör. geç aşama) sivrisinek larvaları üzerinde etkisi düşer; kirlenmiş sularda etkisi azalır; besin ağındaki yeri önemli olan çoklu sucul Diptera gruplarına toksiktir; sivrisinek larvalarını kontrol altında tutmak için yapılan tekrarlı uygulamalar

nedeniyle su ve kara besin ağlarındaki Nematocera türleri istikrarlı biçimde azalır veya yok olur.



Culex cinsine ait olanlar dâhil birçok sivrisinek türünün larvası, su yüzeyinde nefes alabilmek için tüp biçiminde bir sifon mekanizması kullanır. (Fotoğraf: Wikimedia Commons; James Gathany, CDC)

Bacillus thuringiensis var. *israelensis* (Bti), ilk defa 1976'da izole edilmiş doğal bir bakteridir (Goldberg & Margalit 1977). 1983 yılında EPA tarafından sivrisinek larvasiti olarak onaylanmıştır (EPA 1998) ve sivrisinek mücadelesinde yaygın olarak kullanılır (Lacey 2007 incelemesine bakınız). Bu bakteriler, sporlanma aşamasında birçok farklı proteinden oluşan (Cyt1A, Cry11A, Cry4A, Cry4B) bir ek yapı (parasporal kristal) üretir (Ibarra & Federici 1986). Bu proteinler, sivrisinek larvaları tarafından tüketilene ve larvanın orta bağırsağındaki yüksek (alkali) pH tarafından çözülene kadar inert/etkisizdir; aktifleşen toksinler mide hücrelerine zarar vererek beslenmeyi engeller ve ölüm gerçekleşir. Bti, geleneksel kimyasal pestisitlerden daha spesifik yani hedefe yöneliktir ve bütün böcekleri etkilemez, fakat birçok Diptera (gerçek sinek) türüne, özellikle de ilkel Diptera olarak da bilinen Nematocera alt takımına karşı aktiftir. Bu takım altındaki Culicidae (sivrisinekler), Simuliidae (kara sinekler) ve Chironomidae (ısırmayan tatarcıklar) aileleri en hassas olanlardır ve Bti, ABD'de bu üç ailenin bireyleriyle mücadelede yaygınca kullanılmaktadır. Bti'nin etkinliği sivrisinek türüne, larva aşamasına, larva yoğunluğuna, sıcaklığa ve habitatteki organik madde miktarı ile bitki örtüsüne göre ciddi oranda değişmektedir (Boisvert & Boisvert 2000; Lacey 2007'de incelenmiştir).

Bacillus sphaericus

ARTILAR: yalnızca sivrisinekleri etkiler; kirli sularda Bti'den daha etkilidir; ortamda geri dönüşebilir.

EKSİLER: Bti'ye kıyasla bazı sivrisinek türlerinde etkinliği kısıtlıdır; kabuklulara biraz toksiktir; tek bir protein kaynaklı toksisite nedeniyle direnç oluşma potansiyeli yüksektir.

1991 yılında larvasit olarak onaylanan *Bacillus sphaericus* (Bs) da sivrisinek larvalarına toksik bir protein üreten sporlara sahip bir bakteridir. Bs, Bti'den farklı olarak tek bir ikili insektisit protein üretir (Charles ve diğerleri 1996); yalnızca tek bir insektisit protein nedeniyle larvaların Bs'ye karşı direnç geliştirdiği (Rodcharoen & Mulla 1994; Rodcharoen & Mulla 1996, Lacey 2007'de incelenmiştir) ve aynı zamanda daha kısıtlı bir etki alanına sahip olduğu

gözlemlenmiştir (Federici ve diğerleri 2003). Bs, yalnızca Culicidae (sivrisinek) ailesine karşı etkili olsa da bu aile içindeki farklı cinslerin hassasiyeti de birbirinden farklıdır; en hassas olanlar *Culex*, *Psorophora* ve bazı *Anopheles* türleridir ve *Aedes* ise nispeten etkilenmez (Lacey & Siegel 2000; Federici ve diğerleri 2003; Lacey & Merritt 2004; Lacey 2007). Ayrıca, bu bakterinin sivrisinekler üzerinde öldürücü olmayan, pupalaşmanın gecikmesi, hayatta kalma oranının düşmesi ve besin rezervleri düşük yetişkinlerin pupadan çıkması gibi etkileri de vardır (Lacey ve diğerleri 1987). Sporlanma sayesinde ortamda geri dönüşebildiğine dair göstergeler de bulunmaktadır (Floore 2006). Kirlenmiş sularda özellikle tercih edilen bir larvasittir ve direnç gelişimini yavaşlatmak amacıyla Bti ile dönüşümlü kullanılması da mümkündür (Zahiri & Mulla 2003).

Entomopatojen Funguslar (Böceklerle hastalık bulaştıran mantarlar)

ARTILAR: yalnızca sivrisinekleri etkiler; çevrede geri dönüşebilir.

EKSİLER: seri üretimi zordur; raf ömrü kısadır; etkinliği değişkendir.

Lagenidium giganteum gibi fungal hastalık ajanları laboratuvar ortamında incelenmiş olsa da sivrisinek larvalarıyla mücadelede kullanımı ve etkinliği kısıtlıdır (Lacey & Orr 1994'te incelenmiştir; Scholte ve diğerleri 2004). *Lagenidium*'um ilginç yaşam döngüsü, zoosporların olası konakçılara aktif olarak yaklaşmasıyla kendini gösterir. Sporlar konakçıya temas ettikten sonra larvanın üst derisini delip bedenine giren bir sürgün verir ve zamanla tüm bedenini kaplayarak sivrisineği öldürür. Ölü beden üzerinde yeni sporlar oluşur ve böylece döngü yeniden başlar. Ayrıca, kurumaya karşı dayanıklı olduğu için ortamda birkaç yıl kalabilen oosporlar da üretir. Fakat, *L. giganteum*'un biyo-mücadele ajanı olarak vaadettikleri, fungusu yapay ortamda kültüre almanın zorluğu ve pahalılığı, bulaşıcı zoosporların ömrünün kısa olması gibi etkenler ve tuzlu veya kirlili sularda, ayrıca 15-35°C arası ideal sıcaklıklar dışında etkisinin azalmasına yol açan çevresel kısıtlamalarıdır.

Gambusia (Sivrisinek Balığı)

ARTILAR: bakımı ve taşınması kolaydır; hızlı ürer; obur avcılardır.

EKSİLER: yalnızca sivrisinek larvalarıyla beslenmez, genel tüketicidir; sucul ekosistemler ve doğal yaban hayata zarar verecek kadar istilacıdır; mücadele verimi değişkendir, çünkü sivrisineklerin doğal düşmanı olan sucul omurgasızlarla da beslendiği için sivrisinek popülasyonu artabilir.

Gambusia affinis ve *G. Holbrooki*, genelde sivrisinek balığı olarak adlandırılrsa da aslında genel bir avcıdır ve yalnızca sivrisinek larvası tüketmez. Bu türlerin ikisi de ABD'nin güneydoğusuna hastır, fakat bakım kolaylığı, iştahı, muazzam üreme hızı ve çok çeşitli çevresel koşullara uyum sağlayabilmesiyle bir sivrisinek mücadele aracı olarak tüm dünyaya yayılmıştır (Garcia 1983; Walton 2007; Pyke 2008). *Gambusia*'yı tercih edilen bir biyo-mücadele ajanı yapan hızlı üreme ve yoğun beslenme oranları, gittiği birçok yerdeki doğal balık türleri ve diğer sulak alan faunası üzerinde olumsuz etkilere yol açmıştır (Garcia 1983; Rupp 1996). *Gambusia*, su yüzeyinde beslendiği, yoğun bitki örtüsü arasında iyi avlanmadığı ve sivrisinek larvasıyla beslenen avcı sucul böcekleri de tükettiği için tam ters bir etki de yarattığı bilindiğinden, bütün habitatlardaki bütün sivrisinek türlerini kontrol altında tutamaz. Sivrisinek balıkları akarsulardan ziyade durgun sularda, yüzeyde nefes alan türlerin larvalarına karşı ve bitkisiz habitatlarda daha etkilidir (Meisch 1985). 1920'lerde yürütülen araştırmalar, bir bölgedeki doğal balık türlerinin sivrisinek mücadelesi için daha iyi bir seçim olduğunu göstermiş (International Health Board 1924; Pyke 2008), fakat *Gambusia* bir sivrisinek kontrol ajanı olarak zaten yayılmış olduğundan bu araştırmalar etkisiz kalmıştır. Son yıllarda, doğal balık türlerinin sivrisinek sayılarını azaltma potansiyeli üzerine ilgi artmaktadır (Walters & Legner 1980; Ahmed ve diğerleri 1988; Van Dam & Walton 2007;

Pyke 2008; Irwin & Paskewitz 2009). *Gambusia*, talep doğrultusunda sivrisinek mücadele kurumları tarafından özel mülklerde kullanılmak üzere yaygın biçimde dağıtılmaya devam etmektedir.

Genetiği Değiştirilmiş Sivrisinekler

ARTILAR: doğrudan vektör türlerini hedefler; pestisit kullanmayı gerektirmez.

EKSİLER: değişken sonuçlar; az sayıda saha denemesi; bilinmeyen ekolojik ve epidemiyolojik etkiler; sivrisinek popülasyonlarında geri dönüşü olmayan kalıcı değişimlere yol açabilir; genetiği değiştirilmiş bazı sivrisineklerin düşük düzeyde tetracycline ile kirlenmiş sularda yetişkinliğe erişme olasılığı vardır.

Genetiği değiştirilmiş (transjenik) sivrisineklerin vektör mücadelesinde kullanımı uzun yıllardır araştırılrsa da pratik uygulama ve başarı oranı kısıtlıdır. Hedeflenen genetik sistemler genelde dişi sivrisineklerin hastalık vektörü olabilme potansiyeli veya steril böcek tekniğidir (SIT). SIT tekniğinde, üretilen ve doğaya bırakılan steril erkek bireyler, lokal popülasyonların doğurganlık oranını düşürür, çünkü steril erkeklerle çiftleşen dişiler başarıyla döllenmiş yumurta bırakamaz (Crampton ve diğerleri 1990; Benedict & Robinson 2003; Franz ve diğerleri 2006; Raghavendra ve diğerleri 2011). Bütün genetiği değiştirilmiş sistemlerde olduğu gibi, bu sivrisineklerin doğal ortamlara bırakılmasıyla ilgili tartışmalar yalnızca sistemin verimli çalışması üzerine değildir. Doğal sivrisinek türleri üzerinde beklenmedik genetik değişimler yaşanma olasılığı, taşıdıkları hastalıklarda epidemiyolojik değişim ihtimali ve yok edilen türün geride bıraktığı ekolojik boşluğun daha kötü bir vektör ile dolma ihtimali de endişe yaratmaktadır (Spielman 1994; Enserink 2002).

İngiliz Oxitec adlı firmanın ürettiği *Aedes aegypti* türünün deng ateşini kontrol altına almak amacıyla yürüttüğü büyük ölçekli saha çalışmaları nedeniyle, genetiği değiştirilmiş sivrisineklerin doğaya bırakılmasıyla ilgili tartışmalar son yıllarda iyice alevlenmiştir. RIDL (*Release of Insects carrying a Dominant Lethal*) adını verdikleri bir yaklaşım ile, suni bir koşullu öldürücü gen sistemi, sivrisinek eşey hücre öncülüne (germline) tanıtılır. “Koşullu öldürücü” demek, larvalar belirli koşullar altında büyütüldüğünde ölümcül gen ifadesinin baskılandığı anlamına gelmektedir. Bu durumda, *tetracycline* adlı antibiyotik, ortama getirilen öldürücü gen ifadesini baskılar, yani genetiği değiştirilmiş sivrisinekler, içinde tetracycline olan suda yetiştirildiği zaman bu gen aktifleşmez ve sivrisinekler yetişkinliğe erişebilir, fakat ortamda tetracycline yoksa gen ifadesi gerçekleşir ve genetiği değiştirilmiş larva ölür.

Oxitec’in saha çalışmalarının temeli, ortama yerel erkek bireylerden fazla sayıda genetiği değiştirilmiş erkek sivrisinek bırakmaya dayanır. Genetiği değiştirilmiş erkekler yabancı dişilerle çiftleştiğinde ortaya çıkan yavrular, erkeğin koşullu öldürücü gen sistemine sahip olduğu ve tetracycline olmayan bir ortamda doğdukları için ölür. 2009 yılında Cayman Adaları’nda yürütülen ilk saha denemesiyle yabancı sivrisinek sayılarında %80 oranında düşüş sağlanmış, fakat firma önce kontrollü kafes denemeleri yürütmediği için eleştirilmiş, yerel halk ile yeterli iletişim ve şeffaflık kurmadığı için de tenkit edilmiştir (Subbaraman 2011). Oxitec sivrisinekleri Florida Keys’de denemek için önerilmiş olsa da ABD’de henüz saha çalışması yürütülmemiştir. (Ç.n. Bildiğimiz kadarıyla bu deneme 2021’de yürütüldü.)

2009 yılında, Keys bölgesinde deng salgını 1934’ten beri ilk defa yeniden başlamış ve 93 vaka görülmüştür. Evlerin etrafındaki larva üreme noktalarının azaltılmasına yönelik yoğun bir halk eğitim kampanyası yürütüldükten sonra, Kasım 2010’dan bu yana yeni vaka görülmemiştir. Fakat Oxitec, olası deng salgınlarına karşı yerel vektör mücadele kurumları ile birlikte çalışarak, sahada genetiği değiştirilmiş sivrisinek denemelerine 2012 yılında başlamıştır. Kamuoyu tepkisiyle beraber ABD Gıda ve İlaç Kurumu’nun detaylı bir risk analizi yürütme ihtiyacı nedeniyle Florida denemeleri gecikmiş olsa da, Oxitec, Brezilya’nın

İtaberaba Bölgesi'nde çıkan bir deng salgınına durdurmak amacıyla büyük ölçekli bir deneme yapmayı başarmıştır.

Tablo 1

Tür	Pestisit	Ticari İsim	Hedeflenen sivrisinek aşaması	Sivrisinek mücadelesi için onaylanan maksimum kullanım oranları ^{1,2}	Etkilenen hedef dışı sucul canlılar
Organofosfatlar	Chlorpyrifos	Dursban, Mosquito-Mist, Pyrofos	Yetişkin	Formülasyona göre: 7.5-75 ml/dk. (sıvı) 0.5-11 g/em/daa (sisleme)	Sucul omurgasızlar, balıklar ve su kuşları için orta ile çok yüksek düzeyde toksik.
Organofosfatlar	Malathion	Fyfanon	Yetişkin	12.5-25 g/em/daa	Tatlı su balıkları, tatlı su ve nehir ağızı/tuzlu su omurgasızları için yüksek ile çok yüksek düzeyde toksik.
Organofosfatlar	Naled	Dibrom, Trumpet	Yetişkin	2.5-112.5 g/em/daa	Sucul omurgasızlar ve balıklar için yüksek düzeyde toksik.
Organofosfatlar	Temephos	Abate	Larva	Formülasyona göre: 5.5-50 g/em/daa (granül) 1.75-5 g/em/daa (sıvı) 17.5-45 g/em/daa (pelet)	Sucul omurgasızlar ve balıklara toksik.
Pyrethroid	Permethrin	Ambush, Aqua-Reslin, Biomist, Permanone, Punce	Yetişkin	0.75 g/em/daa	Balıklar ve sucul omurgasızlara yüksek düzeyde toksik.
Pyrethroid	Resmethrin	Scourge	Yetişkin	0.4-0.75 g/em/daa	Tatlı su ve nehir ağızı balıkları ile omurgasızlarına yüksek düzeyde toksik.
Pyrethroid	Sumithrin (d-phenothrin)	Anvil	Yetişkin	0.4-0.75 g/em/daa	Tatlı su ve nehir ağızı omurgasızlarına çok yüksek düzeyde toksik. Tatlı su ve nehir ağızı balıklarına yüksek düzeyde toksik. İkiyaşamlılara (amfibiler) toksik.
Pyrethrum türevleri	Pyrethrinler	Pyrenone, Pyrocide	Yetişkin	0.9 g/em/daa	Balıklar ve sucul omurgasızlara

					yüksek düzeyde toksik.
Yüzey yağları ve tabakalar	Petrol-bazlı mineral yağlar	Bonide, BVA, GB-1111, Golden Bear	Larva, pupa	0.69 – 1.19 Lt / daa	Balıklar ve yüzeyden nefes alan böceklere (corixid, belostomatid, dytiscid, notonectid) toksik.
Yüzey yağları ve tabakalar	Monomoleküler yağlar	Agnique, Arosurf	Larva, pupa, yeni yetişkinler	190 -945 ml/daa (tatlı ve tuzlu su) 330-945 ml/daa (kirli sular)	Yüzeyden nefes alan böceklere (corixid, belostomatid, dytiscid, notonectid) toksik.
Böcek büyüme düzenleyiciler (çiftin sentez inhibitörü)	Diflubenzuron	Dimilin	Larva/pupa	5.5 gr/em/daa (geniş yayımlı uygulama) 2.75-4.5 g/em/daa (su basmış meralar)	Deniz ve tatlı su omurgasızlarına toksik.
Böcek büyüme düzenleyiciler (büyüme hormonu taklitçisi)	Methoprene	Altosid	Larva/pupa	Formülasyona göre: 8-1.5 g/em/daa (sıvı) 0.5-1.95 g/em/daa (kumla karışık) 1.125-6.75 g/em/daa (granül) 0.0026 kg/em/daa (briket) 0.65 g/em/daa (yavaş salımlı briket)	Tatlı su omurgasızlarına çok yüksek düzeyde toksik. Nehir ağzı ve deniz omurgasızlarına hafif ile çok yüksek düzeyde toksik. Tatlı su balıklarına hafif ile orta düzeyde toksik.
Mikrobik (bakteri)	<i>Bacillus thuringiensis var. israelensis</i>	AquaBac, Bactimos, LarvX, Teknar, Vectobac	Larva	Formülasyona göre: sıvı = 29.5-118 ml/daa (erken aşama larvalar, temiz suda), 118-236.5 ml/daa (geç aşama larvalar, kirli suda) toz = 14.75-44.25 ml/daa (temiz suda), 88.75 ml/daa (kirli suda) tane granül = 18.5-73.75 ml/daa (temiz suda), 73.75-147.75 ml/daa (kirlenmiş suda) briket = 1 adet / 0.09 m ² (temiz suda), 4 adet / 0.09 m ² ye kadar (kirli suda).	Diptera (gerçek sinekler), özellikle ısırmayan tatarcıklar için çok yüksek düzeyde toksik.
Mikrobik (bakteri)	<i>Bacillus sphaericus</i>	Spheratax, VectoLex	Larva	Formülasyona göre: 0.56-2.27 kg/daa (havadan veya yerden püskürtme) 55-170 g/daa	Hedef dışı etki gözlenmemiştir.

				(granül)	
Mikrobik (fungus)	<i>Lagenidium giganteum</i>	Laginex AS	Larva	66-1330 sıvı ml/daa	Hedef dışı etki gözlenmemiştir.

¹ Kaynaklar: National Pesticide Information Center (<http://npic.orst.edu>) Teknik Veri Belgeleri; ABD EPA Sivrisinek Mücadelesi (<http://www.epa.gov/mosquitocontrol/>); Yeniden Ruhsatlandırma Uygunluk Kararı (<http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>) Veri Belgeleri.

² kg/em/daa = bir dekar başına kilogram bazlı etken madde
g/em/daa = bir dekar başına gram bazlı etken madde
Lt/em/daa = bir dekar başına litre bazlı etken madde
ml/em/daa = bir dekar başına mililitre bazlı etken madde

5. Sivrisinekle Mücadele Ajanlarının Hedef Dışı Canlılar Üzerindeki Etkileri

Sucul ve Karasal Yaban Hayat Üzerindeki Doğrudan Etkiler

Günümüzde yaygın olarak kullanılan sivrisinek mücadele ajanlarının çoğu artık eskisinden daha zehirsiz ve daha hedefli olmakla beraber, sivrisineklerin yanı sıra sucul omurgasızlar üzerinde hâlâ ciddi olumsuz etkiler bırakmaktadır (Mulla ve diğerleri 1979'da incelemiştir.) Temephos gibi OP'ler birçok böceği olumsuz etkilemektedir ve piretroidler ise birçok sucul canlıya yüksek düzeyde zehirlidir (Hill 1989). Methoprene ve diflubenzuron gibi BBD'ler, benzer hormon düzenleyicilere ve çitin sentezleyicilere sahip böcekler ile kabukluları etkilemektedir. Bti, sivrisineklere benzer fizyolojiye sahip ısırmayan tatarcık (chironomid) ve alt Diptera gibi böcek gruplarına zehirlidir. Bu maddelerin sivrisinek mücadelesi için sulak alanlarda devamlı kullanılması, biyoçeşitliliği tehdit etmekte ve omurgasız canlı topluluklarının yapısındaki değişim nedeniyle habitattaki ekolojik etkileşimleri ciddi ölçüde etkilemektedir.

Ruhsat alınırken, LD₅₀ (test canlılarının %50'sini öldüren doz) düzeyinin belirlenmesi için kısa vadeli akut toksisite testleri yürütülür. Bu testlerde denekler, suda çözünmüş tek bir kimyasal maddeye farklı konsantrasyonlarda maruz bırakılır. Fakat, testler genelde az sayıda sucul canlı üzerinde yürütülür ve öldürücü olmayan etkiler veya düşük dozlarda kronik maruz kalma etkileri incelenmediği gibi, ticari pestisit formülasyonlarda bulunan diğer içerik maddelerinin etkileri (ki bu maddelerin çoğu üretici firmanın fikri mülkiyeti sayılır ve ticaret sırası olarak gizli tutulur) veya ortamda bulunan birden fazla pestisit olası etkileşimleri araştırılmaz (Clark 1991; Relyea 2009; Cothran ve diğerleri 2011). Bu değişkenler doğrudan test edilmediği için, EPA akut toksisite testlerini temel alan veriler doğrultusunda sonuçları tahmin etmek için çeşitli modelleme teknikleri kullanılmaktadır (Hoff ve diğerleri 2010).

Dahası, akut toksisite testleri mecburen, ortama verilen pestisitler hariç deneklere en uygun koşullarda yürütülmektedir ve gerçek saha koşullarını göz önüne almaz veya yansıtmaz. Her bir pestisit ayrı ayrı test edilir ve ortamda bir arada bulunması muhtemel birden fazla pestisit sinerjik etkileri incelenmez. Ayrıca, gerçek ortamda pestisite maruz kalma yolları ve süreleri, test edilen pestisit yapısı gereği test koşullarından farklı olabilir. Örneğin, kısa yarı-ömrü (hızlı bozunması) nedeniyle methoprene'in hedef dışı sucul omurgasızlar üzerinde ciddi bir tehlike oluşturmadığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar kısa vadeli toksisite çalışmalarına dayanmaktadır ve habitattaki methoprene konsantrasyonlarını etkili düzeyde tutmak için tekrar edilen uygulamaların veya methoprene'in kısa yarı-ömrü nedeniyle karşı tedbir olarak 150 güne kadar etkisini koruma özelliğine sahip yavaş salımlı briket, pelet veya granüllerin olası etkilerini göz önüne almaz.



Pestisitler, böcek büyüme düzenleyiciler, yüzey yağları ve bakterilerin yıllar boyunca yaygın olarak kullanılması, sulak alanlar ve sulak alanlara ihtiyaç duyan canlılar üzerinde ciddi etkiler bırakmıştır. (Fotoğraf istockphoto/isgoodmyfrnds)

Bir önceki bölümde anlatılan EPA tarafından ruhsatlandırılmış sivrisinek mücadele ajanlarının onay sürecinde (genetiği değiştirilmiş sivrisinekler istisnası ile), bu ajanların uygulanması sırasında etiketlerde önerilen dozlar aşılmadığı müddetçe hedef dışı canlılar üzerinde “makul olmayan” bir tehlike oluşturmayacağı düşünülür. Bu pestisitler çoğu zaman gerçek hayat koşullarında test edilmediği için, hedef dışı canlılar ve trofik [beslenme ile ilgili] işlevler üzerindeki gerçek olumsuz etkileri bilinmemektedir. Ayrıca, uygulamayı yapan insanlar hata yapabilir, yanlışlıkla fazladan püskürtme, sızıntı ve öngörülemeyen yayılma gibi durumlar yaşanabilir. Önerilen uygulama dozları takip edilse bile, tek bir sulak alanda dahi su derinlikleri ciddi ölçüde farklılık gösterebildiği için, özellikle de alanın kuruduğu dönemlerde, saha konsantrasyonları da değişmektedir. Minnesota’da 150 günlük yavaş salımlı methoprene formülasyonu kullanılan geçici sulak alanlarda, aynı sulak alanın farklı noktalarından alınan su numunelerindeki yoğunluklar ciddi değişkenlik göstermiştir (Hershey ve diğerleri 1995); mevsim boyunca alınan numunelerin yarısındaki yoğunluklar tespit edilebilir düzeyin altındayken, geri kalanında $<2.5 \mu\text{g/L}$ (günlük salım oranı ve ortalama su derinliğine göre beklenen yoğunluk) ile $510 \mu\text{g/L}$ arasındadır; bu değerler, önerilen düzeylerin çok üzerindedir. Sığ yağmur suyu toplama havzalarında kullanılan yavaş salımlı methoprene bazlı Altosid briketler yağış sırasında yıkanarak doğrudan yüzey sularına karışabilir ve bu sular yüksek methopren yoğunluğu taşıyabilir (Kuo ve diğerleri 2010). Ayrıca, farklı derinliklere sahip sucul habitatlardaki sıcaklık farkları nedeniyle pestisitlerin suda çözünme oranları değişebilir, habitatın farklı kısımlarında farklı yoğunluklarda bulunmasına yol açabilir (Sudo ve diğerleri 2004; Jones ve diğerleri 2010; Cothran ve diğerleri 2011).

Pestisit püskürtme uygulamalarının kasıtsız veya öngörülemeyen biçimde etrafa yayılması da çevre üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilmektedir. ULV pestisit püskürtme cihazları, etkin bir uygulama için küçük damlacıklar oluşturur ve bu damlacıklar rüzgâr, nem veya sıcaklık gibi etkenler yüzünden beklenmedik biçimde hareket edebilir. Hassas alanlar genelde püskürtme yasaklarıyla korunabilse dahi, diğer püskürtme uygulamaları sırasında ortam koşulları nedeniyle bu korunan alanlardaki pestisit kirliliği kabul edilemez düzeylere çıkabilir. Florida Keys’de yürütülen bir çalışma, rutin adultisit uygulamasından altı saat sonra, rüzgâr altı yöndeki yaban hayat koruma alanlarında naled (750 m. ileride) ve fenthion (50 m. ileride)

kalıntıları tespit etmiştir (Hennessee ve diğerleri 1992). Bu “püskürtmesiz alanlar” tehlike altında veya nesli tükenmekte olan bazı kelebek türlerine ve diğer tozlaştırıcılara ev sahipliği yaptığı için ayrılmıştır ve alanda istenmeyen pestisitler nedeniyle hayatta kalamayabilirler.

Pestisitlerin ortamdaki kalıcılığı da kimyasal yapılarına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Piretroidler, kimyasal özellikleri nedeniyle serbest suda birkaç gün ile birkaç hafta arasında kalabilirken, sucul çökeltilerde çok daha uzun bir süre tutunabilmektedir (Laskowski 2002; Gan ve diğerleri 2005). Dolayısıyla, serbest suda yaşayan bir canlı için yapılan LD₅₀ testleri, tekrarlanan piretroid uygulamalarına maruz kalan çökeltiler için geçerli olmayacaktır. Yüksek miktarda tarım yapılan ve permethrin dahil birden fazla piretroid kullanılan Kaliforniya Central Valley’de yürütülen bir çalışmaya göre, *Hyalella azteca* adlı sucul omurgasızın büyümesini engelleyen ve ölümüne yol açan çökelti konsantrasyonları, piretroidlerin çökeltilerdeki analitik tespit limitlerinin yalnızca biraz üzerindedir (Amweg ve diğerleri 2005). Dolayısıyla, hedef dışı canlılar piretroid ile kirlenmiş çökeltiler nedeniyle öldürücü dozda pestisite sürekli maruz kalabilmektedir. Ayrıca, piretroid formülasyonları genelde böceğin kendisini zehirden arındırma enzimlerini etkisizleştirerek piretroidlerin etkisi güçlendiren piperonyl butoksit (PBO) adlı sinerjist maddeyi de içerir. Metropolitan bölgesinde Batı Nil virüsüne karşı başlatılan bir pestisit püskürtme programının etkilerini inceleyen bir araştırma, ortamdaki piretroid ve PBO yoğunluğunun sucul canlıları doğrudan etkilemeyecek düzeyde olduğunu, fakat uygulama sonrasında çökeltilerde biriken PBO konsantrasyonunun (2-4 µg/L) genel kentsel pestisit kullanımı nedeniyle çökeltilerde zaten bulunan piretroid toksisitesini iki katına çıkardığını tespit etmiştir (Weston ve diğerleri 2006). Sıcaklık, besin miktarı, avcı canlılar veya çözülmüş oksijen seviyesi gibi değişken saha koşulları da pestisitlere maruz kalmanın etkilerini değiştiren etkileşimlere yol açabilmektedir.

Hedef Dışı Sucul Omurgasızlar

Yüzey Yağları ve Tabakalar

Larvasit yağlar ve tabakalar, hava/su yüzeyinde ince bir bariyer oluşturur ve suyun yüzey gerilimini azaltır. Solungaçlar veya deri difüzyonu aracılığıyla doğrudan sudaki oksijeni soluyan sucul omurgasızların bu maddelerden etkilenmediği belirlenmiştir. Aerosurf ve Agnique adlı monomoleküler tabakaların hava/su yüzeyinde işi olmayan sümüklü böcekler, kerevitler, ikiyaşamlılar, balıklar, izopodlar ve amfipodlar üzerinde kayda değer bir etkisi olmadığı bilinmektedir (Nayar & Ali 2003’te incelenmiştir). Fakat bu tabakalar, su yüzeyine çıkarak atmosfer oksijeni soluyan su böcekleri, sırtüstü yüzenler, dalgıç böcekler (*Dytiscus*), ostracoda, copopoda ve bazı mayıs sineği nimfleri gibi canlılar için ölümcüldür (Mulla ve diğerleri 1983). Golden Bear yağı uygulanmış sulara yerleştirilen su böceği gözlem kafeslerinde, uygulamadan sonraki 1-3 gün içinde neredeyse yüzde yüz ölüm oranı tespit edilmiş (Miles ve diğerleri 2002) ve saha uygulaması yapıldıktan sonraki 3 ile 15 gün içinde belirlenen sayıların, uygulama yapılmayan alanlara kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Sivrisinek mücadelesinde kullanılan yüzey yağlarının, chironomid tatarcık larvaları ile pupalarının sayısını da ciddi ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Mulla ve diğerleri 2003). Bu durumun sucul besin ağı üzerinde olumsuz etkileri olabilir (bkz. “Dolaylı Etkiler”). Copepodalar, dalgıç böcekler ve sırtüstü yüzenler önemli birer sivrisinek larvası avcısıdır, dolayısıyla bu tabakalar doğal düşmanların sayısını azaltarak genel sivrisinek mücadelesini zayıflatabilir.

Organofosfatlar

Organofosfatlar, birçok omurgasız türünü etkileyen geniş spektrumlu insektisitlerdir. 0.11 kg/ha veya 28.01 kg/ha temephos uygulaması, Delaware bataklığındaki chironomid tatarcık larva sayısını 20-200 kat azaltmış (Laskowski ve diğerleri 1999) ve Florida’daki bir yerleşim bölgesinde bulunan bir göle yapılan uygulama, chironomid sayılarını bir ay içinde %87-97 oranında düşürmüştür (Xue ve diğerleri 1993). Deneysel göletler üzerindeki fenthion

uygulaması, bazı cladoceran ve conchostracan kabukluları ile birlikte mayıs sinekleri nimfleri ve su böceklerini tamamen yok etmiş veya bastırmıştır (Mulla ve diğerleri 1984a). Temephos'un akut toksisite testlerinde, tatlı su copepoda türleri için LD₅₀ değeri (0.0059 ppm), *Ae. albopictus* için LD₅₀ değerinden (0.0077 ppm) daha düşük çıkmıştır (Marten ve diğerleri 1993). Delaware'deki yaban hayat sığınma alanlarında kullanılan sivrisinek mücadele pestisitlerinin zararını araştıran bir çalışmaya göre, temephos saha oranları uygulanan göletlerde (Abate, 0.054 kg etken madde/ha) sucul omurgasızların genel çeşitliliği ve sayısında ciddi bir düşüş yaşanmış, Ephemeroptera (mayıs sinekleri), Odonata (yusufluklar ve kız böcekleri) ve Chironomidae (ısırmayan tatarcıklar) büyük darbe almıştır (Pinckney ve diğerleri 2000).

Piretroidler

Pyrethroid insektisitlerin hedef dışı sucul canlılar üzerinde ciddi etkileri olabilmektedir. Bazı mayıs sinekleri, taş sinekleri ve caddis sineklerinin pyrethroid'e karşı neredeyse sivrisinekler kadar hassas olduğu gözlenmiş ve su böcekleri ile sırt üstü yüzen böceklerin de daha düşük düzeyde hassas olduğu belirlenmiştir (Mian & Mulla 1992'de incelenmiştir). Özellikle kabuklular çok hassastır; akut toksisite testlerine göre, pyrethroid LC₅₀ değerleri sivrisinek ve kara sinek larvaları ile neredeyse eş düzeydedir (Mian & Mulla 1992). Louisiana'da sivrisinek mücadelesi yürütülen alanlarda gıda amaçlı kültürü yapılan kızıl bataklık kerevitleri (*Procambarus clarkii*) üzerinde yürütülen çalışmalar, resmethrin adlı adultisitinin LC₅₀ değerini 0.00082 olarak belirlemiştir (Holck & Meek 1987). Bu değer, aynı araştırmada teste edilen uç sivrisinek türüne ait değerlerden birkaç merteye daha düşüktür. (*An. Quadrimaculatus* - 0.0023, *Psorophora columbiae* - 0.0056 ve *Cx. salinarius* - 0.012) Daphnia ve Ceriodaphnia gibi zooplanktonlar üzerinde permethrin ve resmethrin için yürütülen 48-saat toksisite testlerinde tespit edilen bulgular, *An. Quadrimaculatus* değerlerinden bir merteye daha düşüktür (Milam ve diğerleri 2000).



Organofosfatlar, yusuflukların sucul nimfleri de dahil olmak üzere birçok omurgasız olumsuz etkiler ve besin ağını bozar. Yusuflukların hem yetişkinleri hem de nimfleri sivrisinek avcısıdır. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/Xerces Society)

Bacillus thuringiensis var. israelensis

Bacillus thuringiensis var. *israelensis* (Bti), yalnızca Diptera türlerini etkilediği için geniş spektrumlu insektisitlere tercih edilir. Etiket oranları uygulandığında gerçek sinekler hariç hedef dışı canlılara, kabuklulara, su böceklerine, mayıs sineklerine, caddis sineklerine, yusuçuk nimflerine ve taş sineklerine doğrudan toksik etki etmediğini gösteren birçok çalışma vardır (Mulla ve diğerleri. 1982; Gibbs ve diğerleri 1986; Holck & Meek 1987; Roberts 1995; Gharib & Hilsenhoff 1988; Merritt ve diğerleri 1989; Molloy 1992; Wipfli ve diğerleri 1994a; Painter ve diğerleri 1996; Dritz ve diğerleri 2001; Eder & Schönbrunner 2010). Fakat, yalnızca Diptera türlerini ekiliyor olması, sivrisinekler dışında diğer gerçek sinekleri de etkilediği anlamına gelmektedir. Bti, hareketli sularda kara sinek (Simuliidae) mücadelesi için etkili bir yöntemdir (Molloy 1990) ve ısırmayan tatarcık (Chironomidae) mücadelesinde de kullanılır (Ali 1991). Sivrisinekler ile chironomid tatarcıkların fizyolojisi birbirine benzediği için, Bti tatarcıklarda da mide zehri olarak çalışır Yiallourous ve diğerleri 1991). Bazı araştırmalar ise, chironomid'lerin Bti'ye sivrisinekler kadar hassas olmadığını ve sivrisinek veya karasinek mücadelesi için önerilen dozlarda fazla etkilenmeyeceklerini belirtmekte olsa da (Ali ve diğerleri 2010a; Yiallourous 1999; Lundström, Schafer ve diğerleri 2010a), chironomid'lerin aynı düzeyde hatta daha da hassas olabileceğini gösteren birçok çalışma da bulunmaktadır ve bu etkiler chironomid cinsine ve sınıfına göre değişmektedir (Ali 1981; Mulligan & Schaefer 1981; Back ve diğerleri 1985; Merritt ve diğerleri 1989; Mulla ve diğerleri 1990; Tozer & Garcia 1990; Rodcharoen ve diğerleri 1991; Molloy 1992; McCracken & Matthews 1997; Pont ve diğerleri 1999; Yiallourous ve diğerleri 1999; Ali ve diğerleri 2008).

Bti uygulamasından etkilenebilecek diğer hedef dışı Diptera türleri Blephariceridae (ağ kanatlı tatarcık) Ceratopogonidae (ısıran tatarcık), Dixidae (dixid tatarcığı), Psychodidae (güve sineği) ve Tipulidae'dir (çayır sineği) (Back ve diğerleri 1985, Boisvert & Boisvert 2000'de özetlenmiştir). Boisvert & Boisvert, Bti ürünleri kapsayan 75 araştırma üzerinde yaptıkları bir incelemede (2000) Bti'nin hedef dışı canlıları etkilediğini gözlemleyen 37 araştırma ortaya koymuştur. Ayrıca, Bti'nin hedef ve hedef dışı canlılar üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmaların tasarım, metodoloji ve Bti formülasyonu ile dozajına göre ciddi ölçüde değişkenlik gösterdiğini, hatta hatalı veya çelişkili sonuçlara ulaşılabilirdiğini belirlemiştir.

Bacillus sphaericus

Hedef dışı canlılara etki etmediği düşünülen *Bacillus sphaericus* (Bs), bu anlamda Bti'ye benzemektedir. Sivrisinek dışındaki Nematocera türlerini etkilemediği, kirli sularda daha etkili olduğu ve çevrede parçalanabildiği için bazı durumlarda Bti'ye tercih edilmektedir (Lacey 2007'de incelenmiştir). Saha çalışmaları, sivrisinek mücadelesi için yapılan Bs uygulamalarının birçok hedef dışı canlı üzerinde etkisi olmadığını teyit etmiştir (Mulla ve diğerleri 1984a; Merritt ve diğerleri 2005; Lacey 2007'de incelenmiştir), fakat bazı kabukluları ölçülebilir düzeyde zehirlediği de görülmüştür. Çim karidesi (*Palaemonetes pugio*) Bs sporlarına karşı hassastır (96 saat LC₅₀ değeri 39.25 mg/L) (Key & Scott 1992). Bu, sivrisinek mücadelesinde kullanılan doz aralığında bir değerdir, çünkü Bs için LC₅₀ değerleri sivrisinek türü ve habitatına göre değişmektedir. Mulla, geç aşama *Cx. quinquefasciatus* larvaları için LC₅₀ değerini 48 saat testlerinde 0.044 mg/L olarak belirlemiştir (1995), aynı koşullar altında test edilen *Ae. aegypti* larvalarının LC₅₀ değeri ise 58.6 mg/L ölçülmüştür. Fakat, aynı deneyde incelenen mummichog balığının (*Fundulus heteroclitus*) Bs dirençli, LC₅₀ değerinin bir merteye daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Key & Scott 1992).

Gambusia

Gambusia balığını sivrisinek mücadelesinde çekici kılan şeyler dayanıklılığı, üreme hızı ve iştahıdır. Fakat pek seçici avcılar olmadıklarından, birçok farklı sucul omurgasızla beslenirler ve bu da sivrisinek mücadelesinde öngörülemeyen sonuçlara yol açar. (Ahmed ve diğerleri 1970; Hoy ve diğerleri 1970; Farley & Younce 1977; Hurlbert & Mulla 1981; Blaustein & Karban 1990; Blaustein 1992). *Gambusia*, sivrisinek larvalarının ve habitatındaki diğer av

canlılarının sayısına ve boyutuna göre sivrisineklerden ziyade diğer omurgasızlarla beslenmeyi tercih edebilir. Bazı durumlarda, sivrisineklerin tüm avcılarını tükettiği için durumu daha da kötüleştirdiği görülmüştür (Pyke 2008'de incelenmiştir). Bs ve *Gambusia*'nın bir arada kullanıldığı ve deneyde, Bs'nin hedef dışı canlılar üzerinde olumsuz bir etkisi gözlemlenmezken *Gambusia*'nın dalgıç böcekler, hayalet tatarcık larvaları ve sırtüstü yüzenler gibi önemli sivrisinek avcılarının sayısını ciddi oranda düşürdüğü tespit edilmiştir (Walton & Mulla 1991). Benzer şekilde, sivrisinek balığı atılan açık hava göletlerinde daha az sayıda yusufçuk larvası bulunduğu ve sırtüstü yüzen böceklerin hiç olmadığı belirlenmiştir (Lawler ve diğerleri 1999).



Böcek büyüme düzenleyicilerin (BBD) kimyasal pestisitlerden daha zararsız olduğu düşünüşe de omurgasız canlı toplulukları üzerinde büyük etkilere yol açmaktadır. Fiddler yengeci gibi kabuklular, BBD'lere özellikle hassastır. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/Xerces Society)

Böcek Büyüme Düzenleyiciler

Böcek büyüme düzenleyicilerin (BBD'ler), besin ağı üzerinde diğer pestisitlerden daha az etkili olduğu düşünülmektedir çünkü hedef böcekleri hemen öldürmez, habitatta daha uzun süre kalmalarını sağlar (Mulla 1991). Fakat hem methoprene hem de diflubenzuron'un hedef dışı omurgasızlar üzerinde ciddi bir toksik etkisi vardır ve ortamdaki omurgasız canlı topluluğunun yapısını değiştirir. Dış iskeleti çitinden oluşan canlılara karşı geniş çaplı bir

etkisi olduğu için, sivrisinekleri başarıyla bastırarak dozlarda kullanıldığında chironomid tatarcıklar, kabuklular (cladocera, copepoda, amphipod, karides, yengeç, kerevit), Hemiptera (su böceği, sırtüstü yüzenler) Coleoptera (yırtıcı dalgıç böcekler), örümcekler, caddis sineği lavaları, yusufçuk ve kızböceği nimfleri ve mayıs sineği nimfleri gibi hedef dışı canlıları da etkilemektedir (Miura & Takahashi 1974; Cunningham 1976; Christiansen ve diğerleri 1978; Farlow ve diğerleri 1978; Julin & Sanders 1978; Ali & Lord 1980; Rodrigues & Kaushik 1986; Wilson & Costlow 1986; Cunningham & Myers 1987; Yasuno & Satake 1990; Eisler 1992; O'Halloran ve diğerleri 1996). Bazı araştırmalar, methoprene uygulamasının hedef dışı sucul omurgasızlar üzerinde çok düşük düzeyde olumsuz etkiye yol açtığını iddia etse de (Creekmur ve diğerleri 1981; Lawler ve diğerleri 2000), bunların çoğu kısa süreli veya kısıtlı biyoçeşitliliğe sahip habitatlarda yürütülmüş deneylerdir ve tekrarlanan uygulamalara kronik düzeyde uzun vadeli maruz kalma etkilerini göz önüne almıyor olabilir.

Methoprene'in çok ciddi akut toksisite ve/veya kronik etkileri olduğu (gelişim bozuklukları, morfolojik kusurlar, üreme sistemi bozuklukları), sivrisinekler ve tatarcıklar dışındaki Diptera türleri ve çeşitli kabuklular, yusufçuk larvaları ile yırtıcı böcekler de dahil olmak üzere çeşitli hedef dışı canlılarda gözlemlenmiştir (Norland & Mulla 1975; Gradoni ve diğerleri 1976; Mulla 1991; Gelbić ve diğerleri 1994; Chu ve diğerleri 1997; Glare & O'Callaghan 1999; Olmstead & Le-Blanc 2001; Cothran ve diğerleri 2011). Methoprene, hem laboratuvar araştırmalarında hem de saha deneylerinde ısırmayan tatarcık popülasyonlarını azaltmış veya yok etmiştir (Miura & Takahashi 1974; Norland & Mulla 1975; Mulla ve diğerleri 1979, 1982; Norland & Mulla 1975; Creekmur ve diğerleri 1981; Yasuno & Satake 1990; Ali 1991, 1995a). Louisiana kıyı bataklıklarında havadan yapılan methoprene uygulamalarını (28 gr etken madde/ha) on sekiz ay boyunca takip eden saha incelemelerinde, birkaç kabuklu türü (scud, mysid karidesi ve tatlısu karidesi) ile birlikte yusufçuklar, kızböcekleri, mayıs sinekleri, çöpçü su böcekleri, oynak sinekler ve ısırmayan tatarcıkları da kapsayan on dört sucul taksona ait popülasyonları ciddi ölçüde azalttığı görülmüştür (Breaud ve diğerleri 1977).

Kabuklular, BBD'lere karşı özellikle hassastır. Batı Nil virüsü vektörlerini kontrol altına almak için yapılan pestisit uygulamalarından sonra Batı Long Island Sound bölgesindeki mevsimsel istakoz (*Homarus americanus*) miktarındaki azalma methoprene ile ilişkilendirilmiştir, çünkü düşük methopren düzeylerinin (genç larvalar için 1 ppb) larva ve juvenil istakozlar üzerinde birden fazla olumsuz etkiye yol açtığı tespit edilmiştir (Walker ve diğerleri 2005). Methoprene, 1.39 ppm Altosid'e 12-15 gün maruz kalan dişi ve erkek çamur yengeçleri (*Rhithropanepus harrisii*) üzerinde kemosterilant etki göstermiştir (Payen & Costlow 1977). Yavaş salımlı formülasyonlara (0.1-1.0 µg/L) kronik düzeyde maruz kalmanın, kabul değiştirme sonrası kilo alımını azalttığı ve erkek *Uca pugnax* fiddler yengeçlerinin uzuv rejenerasyonunda bozulma oranını artırdığı düşünülmektedir (Stueckle 2008). Kaliforniya'daki bir yaban hayat sığınağında sivrisinek mücadelesi için standart oranlarda yapılan methoprene uygulaması, cladocera, copepoda ve ostracoda türlerinin büyüme hızını ciddi oranda yavaşlatmıştır (Meyer 1994). 0.1 nM'ye kadar düşük methopren konsantrasyonlarına kronik düzeyde maruz kalmak, *Daphnia magna* su pirelerinin büyüme hızını ve kabuk değiştirme sıklığını azaltmış, üreme olgunluğuna ulaşmalarını geciktirmiş ve birkaç nesil boyunca boylarının küçük kalmasına yol açmıştır (Olmstead & Le-Blanc 2001). Methoprene'in tuzla bataklıklarında yaşayan bir copepoda türü (*Apocyclops spartinus*) üzerinde yürütülen akut toksisite çalışmaları, yumurtalar ve erken juvenis aşama (nauplii) bireylerin 0.8-2 ppm Altosid yoğunluklarına hassas olduğunu belirlemiştir (Bircher & Ruber 1998). Yazarlar, bu yoğunlukların standart sivrisinek uygulama yoğunluklarından bir merteye daha yüksek olduğunu düşünmektedir. Öldürücü olmayan düzeylerde methoprene konsantrasyonlarının, nehir ağızı çim karidesi (*Palaemonetes pugio*) ve çamur yengeci (*Rhithropanopeus harrisii*) larva gelişimi ve metamorfozuna müdahale ettiği, mysid'lerde (*Americamysis bahia*) kuluçkayı geciktirdiği belirlenmiştir (McKenney 2005). *Moina macrocarpa* (cladocera) için methoprene LD₅₀ değeri saha uygulamalarına kıyasla nispeten yüksek bulunmuş olsa da (0.34-0.51 mg/L) kronik maruz kalma dozları bundan on kat daha düşüktür (0.05 mg/L) ve uygulama sonrası hayatta kalma ve doğurganlık oranını saha uygulamalarındaki ölçüde

azaltmaktadır (Chu ve diğerleri 1997). Benzer şekilde, bazı tatlı su copepoda türleri için Altosid LD₅₀ değeri, Aedes sivrisineklerine kıyasla yalnızca 13 ile 30 kat yüksektir ve yine üreme bozuklukları görülmektedir (Marten ve diğerleri 1993).

Hedef Dışı Kara Canlıları

Sivrisinek larvaları veya yetişkinleriyle mücadelede püskürtülen insektisitler, karacıl böcek topluluklarını da olumsuz etkileyebilir. Yetişkin insektisitlerinin püskürtüldüğü alanlarda yürütülen bazı araştırmalar, genel böcek biyoçeşitliliğindeki azalmanın çeşitli canlı takımları ve ailelerini etkilediğini gözlemlenmiştir (Emmel 1991; Kwan ve diğerleri 2009). Sivrisinek uygulamalarının özellikle kelebek popülasyonları üzerindeki olumsuz etkileri de birçok araştırmayla ortaya çıkmıştır. Pestisit ULV yöntemiyle bitki örtüsüne püskürtülerek, temas ettiğinde yetişkinleri öldüren bir “bariyer” amacıyla kullanılması hem yetişkin hem de erken aşama kelebekler üzerinde öldürücü ve öldürücü olmayan etkiler yaratır. Sivrisinekle mücadele ekipleri tarafından rutin olarak permethrin bariyeri uygulanan alanlardan toplanan ipek otu (*Asclepias spp.*) yaprakları üzerinde yetiştirilen kral kelebeği (*Danaus plexippus*) tırtıllarında, yapraklar permethrin uygulamasından 21 gün sonra toplanmış olsa dahi, hayatta kalma oranı oldukça düşüktür (Oberhauser ve diğerleri 2006). Permethrin uygulanmış ipek otu yapraklarıyla laboratuvar ortamında beslenen tırtılların da gelişim ciddi ölçüde yavaştır. Resmethrin püskürtme rotasından 120 metre mesafeye kadar bırakılan yetişkinler ve tırtıllarda da yüksek ölüm oranları gözlemlenmiştir (Oberhauser ve diğerleri 2009).

Güney Florida'ya endemik ve federal düzeyde nesli tehlikede kabul edilen Schaus kırlangıç kuyruklu kelebek (*Heraclides aristodemus ponceanus*) sayılarındaki azalma, sivrisinek mücadelesi amaçlı pestisit uygulamalarıyla ilişkilendirilmiştir (Emmel 1991; Eliazar & Emmel 1991). Bu kelebeğin Key Largo'daki popülasyonları, sivrisinekle mücadele bölge yönetiminin malathion püskürtmeyi bırakarak Dibrom (naled) ve Baytex (fenthion) kullanmaya başladığı 1972 yılına kadar istikrarlı görünmekteydi. Popülasyonlar 1985 yılına kadar keskin biçimde azalmaya devam etmiş, püskürtme uygulamalarının geçici olarak durdurulduğu dönemlerde biraz toparlanmış, fakat larvalar için bol miktarda konakçı bitki olsa da püskürtme uygulamaları yeniden başlayınca popülasyonlar yine düşmüştür (Emmel 1991).

Sivrisinekle mücadelede kullanılan püskürtme uygulamalarının, Güney Florida kıyı bölgelerine endemik ve yine federal düzeyde nesli tehlikede kabul edilen Miami mavi kelebeğinin (*Cyclargus thomasi bethunebakeri*) sayılarında da düşüşe yol açtığı belirlenmiştir (Carroll & Loye 2006; FWS 2012). Miami mavisini larvaları, karıncalarla karşılıklı fayda sağladıkları bir ilişki içindedir (mutualizm); tırtıllar, konakçı bitkinin saplarında ve tohum keselerinde olgunlaşır ve girdikleri delikleri kapatmayarak larvalarla ilgilenen karıncalara da yol açar (Carroll & Loye 2006). Florida Key'de yaşayan bu aileye ait (Lycaenidae) diğer cinsler, karıncalar ile böyle bir ilişki kurmamıştır ve avcı canlılardan korunmak için bitkiye girdikleri delikleri kapatırlar. Dolayısıyla, delikler açık olduğu için yol kenarlarında yapılan pestisit püskürtme uygulamaları Miami Mavisini daha fazla etkileyebilmektedir; nitekim, sivrisinek püskürtmeleri sonrası hem Miami mavisini larvalarının hem de karıncaları öldüğü gözlemlenmiştir (FWS 2002; Carroll & Loye 2006). Kuzey Key Largo'da *Ae. taeniorhynchus* sivrisinekleri ile mücadele amacıyla yalnızca bir sefer yapılan Trumpet EC ULV püskürtme uygulaması (%78 naled çözeltisinin 22 ml/ha miktarında kullanımı), geç aşama Miami mavi kelebeği larvalarının test popülasyonlarını ciddi ölçüde azaltmıştır (Zhong ve diğerleri 2010). Naled, omurgasızlara yüksek düzeyde toksik olsa da normal çevre koşullarında çok hızlı parçalandığı için fazla tehlikeli olmadığı düşünülmektedir. Fakat, sivrisinek mücadelesi için peş peşe günlerde yapılan çoklu püskürtme uygulamaları, bölgedeki larvaların pestisite maruz kalma süresini uzatmakta ve hem öldürücü hem de öldürücü olmayan etkilerin tehlikesini artırmaktadır.

Florida ve Keys Bölgeleri'nde geniş bir tarihi yayılım gösteren Bartram's hairstreak (*Strymon acis bartrami*), Florida yaprak kanat kelebeği (*Anaea troglodyta floridalis*) ve rockland skipper

(*Hesperia meskei*) gibi diğer yerel kelebek türlerinin popülasyonlarında görülen azalma da, naled ve malathion gibi OP'ler ve permethrin gibi piretroidlerin rutin sivrisinek mücadele püskürtmeleri ile ilişkili olabilir (Salvato 2001). Nadir ve endemik taciturn wood cricket türünün (*Gryllus cayensis* – sessiz ağaç çekirgesi) 1970'li yıllarda Key Largo'da yok olmasının bölgede geniş çaplı yürütülen sisleme ve ULV püskürtme uygulamalarından kaynaklandığı varsayılmış, ama kanıtlanmamıştır (Walker 2001). Havadan yapılan sivrisinekle mücadele püskürtme uygulamalarının da Aşağı Florida Keys'deki tozlaştırıcı eksikliğinde bir etken olabileceği düşünülmektedir (Liu & Koptur 2003).



Shaus kırlangıç kuyruk kelebeği, ABD Tehlike Altındaki Türler Yasası ile korumaya alınan ilk kelebek türlerindedir. Sayılarının devamlı azalması, Florida'da yaygın kullanılan sivrisinekle mücadele pestisitleri ile ilişkilendirilmiştir. (Fotoğraf: Bill Bouton)

Balıklar

Temephos, omurgasızlar da dahil olmak üzere hedef dışı fauna üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Potansiyel bir biyo-mücadele canlısı olan sivrisinek avcısı, Avustralya kökenli kırmızı benekli gökkuşağı balığının (*Melanotaenia duboulayi*), temephos'a Tahmini Çevresel Yoğunluk (TÇY - *Estimated Environmental Concentration – EEC*) değerlerinin %40'ı düzeyinde maruz kaldığında hassasiyet gösterdiği göstermiştir (EÇY eşiği 67 ppb olarak belirlenmiştir) (Brown ve diğerleri 2002). Aynı cinsin başka bir türü üzerinde yürütülen daha eski araştırmalar, piretroidlere karşı daha da büyük bir hassasiyet göstermiştir (Holdway ve diğerleri 1994). Atlas Okyanusu ve [Meksika] Körfezi kıyılarında sivrisinek mücadelesi için muhtemelen çeşitli pestisitlerin uygulandığı nehir ağızları suların hakim balık türü olan mummichog (*Fundulus heteroclitus*), akut toksisite testlerinde 0.04 mg/L LC₅₀ hassasiyeti göstermiştir. Bunun iki katından daha düşük yoğunluklarda (0.018 mg/L) kısmen öldürücü olduğu ve görünür cilt lezyonlarına yol açtığı tespit edilmiştir (Lee & Scott 1989).

Gambusia adlı sivrisinek balığı bazı yerel balık türlerini olumsuz etkilemiştir ve biyo-mücadele ajanı olarak geçmiş, ekosistem üzerindeki etkileri nedeniyle balık biyologlarının uyarılarıyla doludur (Rupp 1996'da incelenmiştir). *Gambusia*'nı yol açtığı habitat veya gıda rekabetinin yanı sıra, çeşitli yerel balık türlerini doğrudan avladığı için popülasyon azalması veya tümden imhası ile ilişkilendirilmiştir (Myers 1965; Schoenherr 1981; Blaustein 1991; Schaefer ve diğerleri 1994; Rupp 1996; Mills ve diğerleri 2004; Ayala ve diğerleri 2007).

Kuşlar

Kızıl kanatlı karatavuk (*Agelais phoeniceus*) yumurtaları, önerilen maksimum uygulama oranı olan 4.75 L/da kullanıldığında sahada bir yumurtayla temas edeceği öngörülen miktarın üç ile on katı Golden Bear uygulamasına maruz kaldığında, çatlama başarısının düştüğü gözlemlenmiştir (Albers ve diğerleri 2003). Araştırmanın yazarlarına göre, etiketteki kullanım oranları aşılmadığı takdirde embriyo ölümlerinde artış olmayacaksa da, partikül püskürtme gibi uygulamalar veya ebeveynlerin ayaklarına ve tüylerine diğer pestisitlerin bulaşması nedeniyle yavrular üzerinde görülebilecek olası etkilerin incelenmediğini belirtmektedir. Hoffman ve diğerlerinin yürüttüğü çalışmalar (2004), Golden Bear yağı etiket önerilerinin üç ile on katı düzeyinde uygulandığında, yeşilbaş (*Anas platyrhynchos*) ve bobwhite bıldırcın (*Colinus virginianus*) yumurtalarında olumsuz etkilere yol açabileceğini, yumurtadan çıkma oranının düşebileceğini, abnormal civciv ve embriyo vakalarına rastlanabileceğini, uygulamaların üst üste binmesi veya püskürtülen pestisitlerin kontrolsüz yayılması durumlarında kuşların risk altında kalabileceğini göstermektedir. Önerilen dozlarda Golden Bear yağı püskürtülen göletlerdeki ördek yavrularının tüylerinde keçeleşme, devamlı tüy temizleme davranışı ve ajitasyon görülmüş, bu sebeple genç bireylerin ısı düzenleme (termoregülasyon) problemi yaşayabileceği ve dolayısıyla hipotermi riskinin artacağı ve besin toplama süresinin azalacağı gibi etkiler belirlenmiştir (Miles ve diğerleri 2002).

Howe ve diğerleri (1996), beş gün arayla yapılan iki malathion ULV uygulamasının Brewer's serçesi (*Spizella breweri*) ve sage thrasher (*Oreoscoptes montanus*) yavruları üzerindeki tesirini incelemiş, doğrudan bir etki tespit edememiş, fakat iki yıllık çalışma süresince değişken sonuçlar elde etmiştir. Ayrıca, temel böcek besinlerinde ciddi bir azalma görmüş ve besin bolluğu olmayan yıllarda yapılacak malathion uygulamalarından sonra böcekçil kuşların hayatta kalma oranında düşme yaşanabileceğini öngörmüştür.

Sivrisinek mücadelesinde kullanılan pestisitlerin diğer bir doğrudan etkisi, kullanılan teçhizat ile ilişkilidir. Havadan ULV uygulamaları, alçak uçuş yapan uçaklarla gerçekleştirilir ve kuş yuvalarına yakınlığı nedeniyle sorun yaratabilir. 1918 tarihli Göçmen Kuşlar Anlaşması Yasası (16 U.S.C. §§ 703-712), "herhangi bir göçmen kuşu, yumurtasını, uzuvlarını ve yuvalarını, geçerli bir izin olmadan almayı, sahiplenmeyi, ithal ve ihraç etmeyi, taşımayı, almayı, satmayı, takası veya almayı, satmayı ve takasını teklif etmeyi" yasaklayarak koruma altına almıştır (50 CFR 21.11), fakat "almak" tanımı, tacizi kapsamamaktadır. 1940'ta yürürlüğe giren Kel Kartal ve Kaya Kartalı Koruma Yasası (Kartal Yasası) (16 U.S.C. 668-668c), kartalların avlanma, tüneme, yuva yapma veya üreme becerilerine müdahale edecek her türlü insan faaliyetini yasaklamış, rahatsız edilmelerini de bu kapsama dahil etmiştir. Rahatsız etme olasılığına yol açan sekiz faaliyet kategorisinden biri (G Kategorisi), "helikopterler ve kanatlı uçuş araçları"dır. ABD Balıkçılık ve Yaban Hayat Hizmetleri, arazi sahipleri ve yöneticilerinin Kartal Yasası'na uygun davranabilmeleri için ayrıca bir Kel Kartal Yönetimi Rehberi yayınlamıştır (FWS 2007) ve bazı durumlarda ULV uygulamasının yapılamayacağı alanları belirlemek için yine Kartal Yasası'na başvurulmaktadır. Örneğin, Oregon'daki Columbia Nehri üzerinde aktif kel kartal yuvalarına ev sahipliği yapan bir adada vektör kontrol birimi tarafından havadan sivrisinek uygulaması önerildiğinde, ABD Balıkçılık ve Yaban Hayat Hizmetleri tarafından üreme dönemi içinde (1 Ocak - 15 Ağustos) yapılacak her türlü faaliyet için özel izin gerektiği belirtilmiş ve 300 metre çekme mesafesi zorunlu kılınmıştır (Dana Green, Doğal Varlıklar/Havacılık Yöneticisi, Portland Limanı, pers comm. Ekim 2012). Yırtıcılar ve su kuşları üzerinde yürütülen çalışmalar, hava aracı uçuşlarının

çeşitli etkilerini tespit etmiştir. Kanat çırpma davranışında saptanabilir herhangi bir olumsuz etki yaratmamaktan, bir bölgeyi geçici olarak terk etmeye veya yuvaların tamamen terk edilmesine kadar farklı etkiler gözlemlenmiştir (NPS 1994'te incelenmiştir). Bunun üreme başarısı üzerinde olumsuz etkileri olabilir, çünkü yumurtalar ve civcivler ısı değişimine, beslenme faaliyetinin durmasına ve ebeveynler panikleyip yuvayı terk ettiğinde diğer hayvanlar tarafından avlanmaya karşı hassastır. Ötücü kuşlar bu açıdan çok daha az incelenmiştir ve hava araçlarının etkileri iyi bilinmemektedir.

İkiyaşamlılar (Amfibiler)

Ortama bırakılan *Gambusia* balıklarının ikiyaşamlı sayısı ve çeşitliliğini azalttığı düşünülmektedir (Pyke 2008'de incelenmiştir). Hem laboratuvar hem de saha çalışmaları, çevrede sivrisinek larvası ve diğer alternatif av canlıları olsa bile *Gambusia*'nın California newt (*Taricha torosa*; Gamradt & Kats 1996) ve Pasifik chorus kurbağası gibi (*Hyla regilla*; Goodsell & Kts 1999) ikiyaşamlıların larvaları veya yavruları (iribaş) ile beslendiğini göstermiştir. Kalifornia kırmızı bacaklı kurbağası (*Rana aurora draytonii*) sayılarındaki azalmadan da kısmen *Gambusia* sorumlu olabilir. Lawler ve diğerlerinin yürüttüğü bir çalışma (1999), *Gambusia*'nın açık hava göletlerindeki kırmızı bacaklı kurbağa yavrularının sayısını azaltmadığı, fakat yüksek oranda yaralanmaya ve metamorfozun gecikmesine yol açtığı, metamorfoz sırasında vücut ağırlığının %35'e düştüğü gözlemlenmiştir.

Sahadan toplanan ikiyaşamlı numunelerinde gözlenen şekil bozukluklarının methoprene ile ilişkisi olup olmadığı halen tartışılmaktadır. Methopren ve methoprene'in parçalanmasıyla ortaya çıkan ikincil ürünler, omurgalıların gelişiminde önemli bir işaretçi molekül olan retinoik asit ile benzer bir yapıya sahiptir ve bu maddeler, kültüre alınmış omurgalı hücrelerinde retinoik asit yolunu kullanarak gen ifadesini uyarabilmektedir (Harmon ve diğerleri 1995). La Clair ve diğerlerinin yaptığı bir araştırmada (1998), methopren ve ikincil ürünlerinin Afrika pençeli kurbağasında (*Zenopus laevis*) ciddi şekil bozukluklarına yol açtığı iddia edilmiştir. Bu sonuçlar, normal uygulama oranları (0.004-0.006 µL/L) takip edildiğinde ortamda beklenen normal konsantrasyonlardan çok daha yüksek oranlarda (1 µL/L) gözlemlenmiştir, fakat araştırmacılar, çoklu uygulama veya yavaş salımlı formülasyonlar ile birlikte diğer çevresel baskı unsurlarıyla ortaya çıkabilecek sinerjistik etkilerden ötürü, beklenenden yüksek yoğunluklarla karşılaşılabilirliğini de belirtmektedir. Sparling (2000), methoprene uygulanan (32 g etken madde µ/L) sulak alanlardan toplanan güney leopar kurbağasında, kontrol alanlarından toplananlara kıyasla daha fazla uzuv kusuru tespit etmiş, fakat bu tip kusurların methopren geçmişi olmayan sulak alanlardaki kurbağalarda da görüldüğünü eklemiştir. Konu hakkında yürütülen başka çalışmalarda çelişkili sonuçlarla karşılaşmıştır: methoprene'in yalnızca çok yüksek yoğunluklarda şekil bozukluklarına yol açtığı, trematod parazitleri veya morötesi ışık gibi diğer baskı unsurlarının etkisi, veya diğer çevresel kirlenmeler ve patojenler nedeniyle sağlığı zaten çok iyi durumda olmayan popülasyonlarda methoprene'in yalnızca bir başka baskı ögesi olduğu gibi (Sessions & Ruth 1990; Ankley ve diğerleri 1998; Sessions ve diğerleri 1999; Degitz ve diğerleri 2003). Çevresel methoprene yoğunluklarının ikiyaşamlılar üzerindeki etkilerine ilişkin sonuçlar henüz net olmasa da, çalışmaların edeceği söylenebilir.

Dolaylı Etkiler: Eko-toksikoloji, Topluluk Etkileşimleri ve Besin Ağı

Sivrisinek mücadele ajanlarının çevrede kronik kullanımı veya ortamda sürekli bulunmaları nedeniyle hedef dışı canlılar üzerinde yol açtığı ikincil etkileri ve popülasyon düzeyi tepkilerini inceleyen fazla sayıda araştırma yoktur. Söz konusu tepkiler, beslenme oranında düşüş, aktivitelerde değişim, eş arama veya avcılardan kaçma davranışlarında değişim, büyüme oranında azalma, yetişkinlerin boyunda küçülme, doğurganlık oranında azalma veya kısırılığı kapsamaktadır. Saha testlerinin çoğu, sivrisinekle mücadelede kullanılan pestisitlerin hedef dışı canlılar üzerindeki etkilerini gerçek hayat koşullarında belirlemek gibi övgüye değer bir hedefle yürütülse de, zaman ve finans kısıtlamaları bu saha çalışmalarının genelde

laboratuvarında yürütülen akut toksisite testleriyle aynı çizgiyi izlemesine yol açmaktadır. Pestisitler, etiketlerde önerilen oranlarda uygulansa dahi, bu denemeler genelde kısa sürelidir ve yalnızca bir tane veya kısıtlı bir sayıda saha uygulamasının küçük bir grup canlı üzerindeki etkilerini incelemektedir (ör. Jensen ve diğerleri 1999). Saha denemelerinin sonuçları, kullanılan pestisitlerin kombinasyonu, uygulama sıklığı ve yoğunluğu, habitat tipi, çevresel etkenler ve araştırma için seçilen hedef dışı canlıların türüne göre ciddi ölçüde değişkenlik göstermektedir (Lacey & Merritt 2004). Birçoğu, vektörle mücadele birimlerinin pestisit uygulama sıklığı ve zamanlamasını doğru yansıtmamaktadır ve birçok yıl boyunca yapılan tekrarlı uygulamaların tehlikelerini doğru değerlendirememektedir. Pestisitlerin, doğal koşullar altında ve çoklu etkileşim içinde birçok tür üzerindeki etkilerini inceleyen eko-toksikoloji, ortamda pestisitler ile diğer biyotik ve abiyotik baskı unsurları arasındaki sinerjik etkileri de göz önüne aldığından, geleneksel toksikolojiden farklıdır (Relyea & Hoverman 2006). Ayrıca, yalnızca akut toksisiteyi değerlendirmekle kalmayan eko-toksisite modelleri, pestisitlere öldürücü olmayan dozlarda ve kronik düzeyde maruz kalmanın ekosistemler üzerindeki etkilerini de hesaba katmaya çalışır.

Eko-toksikoloji incelemeleri, topluluk etkileşimleri ve ilişkilerini daha geniş, daha karmaşık bir düzlemde araştırır. Belirli canlı gruplarının yerel ortamda yok olmasında pestisitlerin doğrudan etkileri, topluluklar düzeyinde çok daha büyük dolaylı sonuçlara yol açabilir (Relyea & Hoverman 2006), fakat bu değişimleri tahmin veya tespit etmek, ekosistemler içinde birçoğu çok iyi bilinmeyen çoklu ve karmaşık etkileşimler nedeniyle zordur. Örneğin, Kaliforniya'da sivrisinek mücadelesi için yapılan tekrarlı adultsit püskürtme uygulamaları, doğal düşmanların sürekli baskılanması nedeniyle muhtemelen çam iğnesi kabuklu bitlerinin istilasıyla sonuçlanmıştır (Dahlsten ve diğerleri 1969). Benzer bir durum, Batı Nil virüsü ile mücadele için Tennessee'de yürütülen geniş çaplı püskürtme uygulamaları nedeniyle Kermes kabuklu bit popülasyonlarını doğal yollarla kontrol altında tutan parazit arılar yok olduğu için, dolaylı ve beklenmedik bir sonuç olarak bu bitlerin istilasına yol açmıştır (Hale 2003). Aşağı Florida Keys'de havadan ve karadan yürütülen tekrarlı mücadele uygulamaları yüzünden tozlaştırıcıların yok olması, big pine partridge pea (*Chamaecrista keyensis*) adlı nadir ve endemik bitkinin de sayısında azalmaya sonuçlanmış olabilir (Liu & Koptur 2003). Pestisit kaynaklı davranış değişimlerinin öldürücü olmayan etkilerini test ve tespit etmek daha da zordur ve etkilerin boyutu, ancak yıllarca süren uygulamalardan sonra ortaya çıkabilir. Ne olursa olsun, bu değişimler gerçekten yaşanmaktadır ve hem sulak alan ekosistemleri hem de biyotik toplulukların yapısı ve sağlığı üzerinde zararlı etkilere yol açmaktadır.

Besin Ağı Etkilerinin Önemi

Sivrisineklerin ve diğer Nematocera türlerinin, özellikle de chironomid tatarcıkların larvaları, sucul sistemlerin muazzam bir besin temelidir. Fakat, tatlı su habitatlarının çok önemli bir bileşenidir (Ferrington ve diğerleri 2008) ve sulak alanlardaki hayvan biyokütlesinin de çok büyük bir kısmını oluşturur. Bol sayıda, çeşitlilikte ve her yerde bulunmaları hem av hem de avcı olarak besin ağının hayati bir parçası olmalarını sağlar. Askıda ve çökeltideki artık maddeler, algler, bitkiler, fungal sporlar ve bazen de diğer chironomid larvaları gibi çok çeşitli organik maddeyle beslenirler (Berg 1995). Bununla birlikte, balıklar, ikiyaşamlılar, yarasalar, su kuşları, sıç su kuşları ve bazı tüneyen ötücü kuşların yanı sıra çeşitli sucul ve karacıl omurgasızlar için değerli bir besin kaynağıdır. Bir sulak alanda yerleşik yabancı canlılar ve göçmen kuşlar, genelde o sulak alandaki sucul omurgasızların yoğunluğuyla ilişkilendirilir (Ali 1991; Armitage 1995; Weber & Haig 1996) ve yeşilbaş dişilerinin yavru büyütme yerini seçerken yüksek sayıda chironomid larvası olan noktaları tercih ettiği düşünülmektedir (Talent ve diğerleri 1982). Dolayısıyla, sivrisinek ve chironomid larvalarının kimyasal veya biyolojik pestisitlerle ortadan kaldırılması, besin ağı için ciddi sonuçlar doğurmaktadır.

Eko-toksikoloji yaklaşımı, sivrisinek mücadelesi penceresinden bakarsak, sulak alanlardaki temel besin canlılarının büyük bir kısmını habitatından çıkardığınız zaman ekosistem düzeyinde görülecek etkileri inceler. Bu tip besin ağı etkileri sucul habitatı da aşar, çünkü sucul

böceklerin kanatlı yetişkinleri, karalardaki besin ağlarının da kritik bir halkasıdır. Nehir kenarında yaşayan kuşlar, yarasalar ve kertenkelelerin enerji veya karbon ihtiyacının %25-100'ünü derelerde olgunlaşan yetişkin böcekler oluşturur (Baxter ve diğerleri 2005), dolayısıyla, süregelen pestisit uygulamalarının toplu etkileri nedeniyle sucul omurgasızların sayısında görülen düşüş, civardaki tüm kara sistemlerinin enerji bütçesi için de ciddi sonuçlar doğurur. Dahası, kullanılan kimyasal maddenin özelliklerine göre, pestisit uygulanmış sularda yetişen sucul omurgasızların bedenlerinde biriken kirlilik yükü, kara avcılarına da taşınabilir (Walters ve diğerleri 2008).

Sivrisinek mücadelesinin hedef dışı omurgasız nüfusu üzerindeki olumsuz besin ağı etkileri, birden fazla grup için belgelenmiştir. İçinden derelerin geçtiği alanlardaki orman zararlılarıyla mücadelede tepe örtüsü üzerinden yapılan piretroid püskürtme uygulamaları sucul omurgasızları da yok ettiği için, bu canlılarla beslenen çiftlik somonları ve yerel alabalıkların gelişimini yavaşlatmaktadır (Kingsbury & Kreutzweiser 1987a, 1987b). Ayrıca, tekrarlanan pestisit uygulamaları nedeniyle üreme ve göç dönemlerinde sucul omurgasızlarla beslenen su kuşları ve diğer sucul kuşların besin kaynaklarındaki kronik azalma, uzun vadeli olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Anne ördeklerin yeterli besine ulaşamaması nedeniyle hem yumurta gelişimi sırasında hem de yumurtadan çıktıktan sonra, ördek yavrular bundan iki kat daha fazla etkilenebilir (Brown ve diğerleri 1985). Kuzey Dakota'da yürütülen bir çalışmada, blu-winged teal (*Anas discors*) %19'unun, northern shovelers (*Anas clypeata*) %13'ünün ve gadwall (*Anas strepera*) %7'sinin özofagusunda sivrisinek larvası ve pupasına rastlanmış, ayrıca dişi ördeklerin erkek ördeklerden 3 ile 5 kat daha fazla sivrisinek tükettiği tespit edilmiştir (Meyer & Swanson 1982).



Bir kır kırlangıcının yavrusunu beslemek için yuvaya ağzında bir mayıs sineğiyle geldiğini gösteren bu fotoğraf, sucul omurgasızların daha geniş çevre üzerindeki önemini ortaya koymaktadır. (Fotoğraf: Alistair Fraser)



Yeşilbaş gibi dalıcı ördek yavrularının hayatta kalması ve büyümesi için bol miktarda omurgasız canlıyla beslenmesi önemlidir. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/Xerces Society)

Dalıcı ördeklerin de yumurtadan çıktığı ilk birkaç hafta boyunca bol miktarda omurgasız canlıyla beslenebilmesi çok önemlidir (Sugden 1973; Reinecke 1979) ve genç ördek yavrularının gelişim hızı, habitattaki sucul omurgasız yoğunluğuyla doğru orantılıdır (Street 1978; Hunter ve diğerleri 1984; Cox ve diğerleri 1998). Sivrisinekle mücadele ajanlarının tatarcık gibi hedef dışı omurgasızlar üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, tek bir uygulama sonrasında popülasyonların birkaç hafta içinde kendini toparladığını, fakat uygulama(lar)ın ne zaman yapıldığına göre bu haftaların bol miktarda böceklerle beslenmeye ihtiyaç duyan canlılar için kritik bir döneme denk gelebileceğini göstermektedir.

Kimyasal Pestisitlerin Etkileri

Sulak alanların, methoprene ve malathion gibi yaygın kullanılan sivrisinek mücadele ürünlerine devamlı maruz bırakılması, yerel besin ağlarının bozulmasına yol açmaktadır. Kaliforniya'daki pirinç tarlalarında kullanılan (11.25 gr etken madde/da) methoprene'in hedef dışı canlılar üzerindeki etkilerini inceleyen bir araştırma, yusufçuk, dev su böceği ve çöpçü su böceği gibi birden fazla avcı türün sayısında azalma tespit etmiştir (Case & Washino 1978). Bu değişim, uygulamadan ancak bir hafta sonra kendini gösterdiği için dolaylı bir besin ağı etkisinden söz edilebilir. Nispeten daha düşük dozda (0.13-0.46 mg/L) malathion uygulaması ise, çeşitli fitoplanktonlar, perifitonlar ve yirmi yedi hayvan türü barındıran yapay habitatlardaki leopar kurbağası (*Rana pipiens*) iribaşları üzerinde bir dizi dolaylı etkiye yol açmıştır (Relyea & Hoverman 2008). Malathion'un zooplankton sayısını azaltan doğrudan etkileri ise fitoplanktonlar üzerindeki baskıyı azaltarak hızla çoğalmalarına, bu sebeple suyun ışık geçirgenliğini düşürerek perifiton miktarında azalmaya, bu da perifiton ile beslenen leopar kurbağasının gelişiminde yavaşlamaya yol açmıştır. Laboratuvar ortamında üç farklı beslenme düzeyinden canlı türleri (üreticiler, birincil tüketiciler ve ikincil tüketiciler) kullanarak oluşturulan mezokozmos örneklerinde daha düşük malathion konsantrasyonlarının dahi (20 ve 100 µg/L) cladocera bireylerini öldürdüğü, bu birincil tüketici gruba ait otçullardaki azalmanın fitoplankton patlamasına yol açtığı belirlenmiştir (Cthran ve diğerleri 2011). Bu

deneyde, bir diğerk birincil tüketici olan kurbağai iribaşlarının hayatta kalma oranı daha dolaylı biçimde etkilenmiş, malathion uygulamasının avcı yusufçuk nimflerini doğrudan yok etmesi ve bu sebeple yusufçukların beslenme alışkanlıklarındaki azalmanın, iribaşların ölüm oranında azalmaya yol açabileceğii görülmüştür.

Biyolojik Mücadelenin Etkileri

Bti gibi biyolojik mücadele araçlarının yalnızca alt Diptera (Nematocera) türlerini etkilediğii düşünöldüğü için, bunlar daha zararsız sanılmaktadır. Fakat, daha geniş bir ekolojik perspektiften bakarsak, Bti'nin Nematocera bireylerini çok hızlı ve büyük oranda yok etmesi, sucul besin ağı ve bu ağın şekillendirdiğii topluluklar için önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Bti, Nematocera larvalarının sayısını genel anlamda düşürmekle kalmaz, uygulamadan sonra çok sayıda larvayı neredeyse aynı anda öldürdüğü için sisteme bir anda çok fazla artık madde eklenir ve bu ani değıişim farklı besin (trofik) düzeylerinde canlıları etkiler. Michigan nehirlerinde Bti uygulamasından sonra yok edilen kara sineklerin besin ağı üzerindeki etkilerini değıerlendiren Merritt ve diğerkleri (1991), avcı bir corydalid türünün (hellgrammite; *Nigronia serricornis*) besin kaynağı olarak ölü veya canlı larvalar arasında ayırım yapmadığını ve muhtemelen Bti uygulamasından bu nedenle etkilenmediğini, fakat avcı bir taş sineğinin (*Acroneuria lycorias*) canlı larvaları tercih ettiğini, artık maddelerle beslenen bir taş sineğinin ise (*Prostoia completa*) ölü kara sinek larvalarıyla beslendiğini gözlemlenmiştir. Benzer başka bir çalışma, *Ceratopsyche sparna* adlı caddis sineğinin canlı larvalardan ziyade Bti ile öldürölen kara sinek larvalarını tercih ettiğini belirlemiştir (Wipfli & Merritt 1994a). Bunun aksine, *A. lycorias* avcı taş sineğı nimfleri Bti ile öldürölen kara sinek larvalarından kaçınmış, av canlılarının %95'ini Nematocera'ların oluşturduğu bir derede Bti uygulamasından sonra çok daha az besin tükettiği, alternatif besinlere (av canlılarına) yönelme becerisi gösteremediği tespit edilmiştir (Wipfli & Merritt 1994b). Dolayısıyla, Bti uygulamasından sonra Nematocera türüne ait bir av canlısı topluluğunun yok olması, sucul topluluklar için çeşitli sonuçlar doğurabilir, genel ve özel avcıların beslenme becerilerini etkileyebilir, alternatif av canlılarının sayısını ve yapısını değıştirerek avcıların beslenme alışkanlıklarını değıştirmesine yol açabilir. Farklı beslenme stratejileri olan canlılar (ör. avcılar, çöpçöler, süzöcöler), Bti uygulamasından sonra besinlerinin tümünü kaybedebilir veya muazzam miktarda besin biyokütlesine sahip olabilir, bu da değıişimlerini ve sayılarını etkileyerek habitat içindeki rekabet ilişkilerini değıştirebilir.

Art arda yapılan Bti bazlı sivrisinek uygulamalarının uzun vadeli etkilerini ve av canlılarının yok olmasıyla sahadaki sulak alan omurgasız topluluklarının nasıl değıiştiğini inceleyen çok az sayıda çalışma yürütölmüştür ve bunların sonuçları da değıişkendir. Almanya'nın Ren Vadisi'nde devam eden Bti temelli sivrisinek mücadelesinin, hedef dış canlı topluluklarının yapısında uzun vadeli bir değıişime yol açmadığı belirtilmiştir (Becker 1997). İsveç'te taşkın kaynaklı sivrisineklerle mücadele amacıyla altı yıl boyunca Bti uygulanan geçici sulak alanlardaki chironomid sayılarının genel olarak bundan etkilenmediği (Lundström & Schafer ve diğerkleri 2010), fakat chironomid tür zenginliğı ve yenilenme hızının Bti uygulanan alanlarda çok daha yüksek olduğu belirlenmiş (Lundström, Brodin ve diğerkleri 2010), bazıları zaman içinde yok olan farklı chironomid gruplarının, müdahale edilen sistemlerde rastgele ve sürekli yeniden yerleştiği düşünölmüştür. Sivrisinek larvalarının oluşturduğu rekabetin azalmasıyla, chironomidler üzerinde başka ekolojik etkilerin de görölebileceğii varsayılmaktadır. Minnesota'da normal saha dozlarında Bti (Vectobac-G, 11.72 kg/ha) veya methoprene (Altosid 3 hafta salımlı granöl, 5.82 kg/ha) uygulanan geçici sulak alanlarda ilk yılın sonunda belirgin bir hedef dış etki görölmemiş, fakat ikinci ve üçüncü yıllarda böcek çeşitliliğı ve miktarı düşmüştür (Hershey ve diğerkleri 1998; Niemi ve diğerkleri 1999). Bu düşüşün esas nedeni, chironomid'ler başta olmak üzere Nematocera sayılarındaki azalmadır. Fakat, araştırmanın üçüncü yılında toplam avcı yoğunluğu da düşmüş, avcı dalıcı böceklerin (Dytiscidae) ve çöpçö su böceklerinin (Hydrophilidae) sayıları ciddi olarak azalmıştır. Bunda chironomid'ler ve sivrisineklerin ölüm oranı nedeniyle besin ağında yaşanan değıişimlerin etkili olduğu düşünölmektedir. Zooplankton popölasyonlarında bir düşüş gözlemlenmemiş,

bazı ötücü kuşlar ve su kuşlarının üreme başarısında da olumsuz bir etki tespit edilmemiştir (Hanowski ve diğerleri 1997a, 1997b, 1997c; Niemi ve diğerleri 1999), fakat araştırmacılara göre sivrisinek mücadelesi uygulamaları nedeniyle sucul böcek sayıları azaldığında kuşların üreme döngülerini zaten tamamladığı, ve devam eden yaz aylarında genç kuşların hayatta kalma oranı ve dağılımının yanı sıra, uygulama yapılan sulak alanları durak olarak kullanan göçmen kuşların da bundan etkilenebileceği düşünülmektedir. Buna karşın, Fransa'nın sürekli Bti uygulanan bir bölgesindeki ev kırlangıçları (*Delichon urbicum*), Bti'nin trofik etkileri nedeniyle beslenme alışkanlıkları değişimi ve üreme başarısında düşüş göstermiştir (Poulin ve diğerleri 2010). Uygulama yapılan alanlardaki kırlangıçların tatarcık ve sivrisinek tüketimiyle birlikte, bu türlerle beslenen diğer canlıların (örümcekler ve yusufçuklar) sayısında ciddi bir düşüş tespit edilmiş, kırlangıçların üreme başarısı bu canlıları tüketmeleriyle ilişkilendirilmiştir.

Biyolojik mücadele ajanı olarak yıllardır kullanılan *Gambusia affinis*, ABD'nin güneydoğusuna özgü olmakla birlikte muhtemelen şu anda dünya üzerindeki en yaygın tatlı su balığıdır (Gerberich & Laird 1965; Pyke 2008). Birçok durumda başarıyla kullanılmıştır (Hoy ve diğerleri 1971, ve Pyke 2008'de incelenmiştir), fakat literatürde *Gambusia*'nın sivrisinek popülasyonları üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı veya larva sayısında artışa yol açtığına ilişkin durumlar da vardır (Ahmed ve diğerleri 1970; Hoy ve diğerleri 1972; Farley & Younce 1977; Hurlbert & Mulla 1981; Blaustein & Karban 1990; Blaustein 1992). *Gambusia*'nın seçici olmayan ve iştahlı beslenme alışkanlıkları, sivrisinek mücadelesinde farklı sonuçlara yol açabilen, doğrudan ve dolaylı, karmaşık ekolojik etkileşimler yaratabilir. *Gambusia*, Kaliforniya'daki pirinç tarlalarında bulunan avcı böcekleri ve kız böceklerini tüketerek (Bence 1982, 1988), sivrisinek larvaları üzerindeki genel av baskısını azaltmıştır. Ayrıca, hem diğer balıklar hem de böcek avcılarının alternatif besin kaynağı olan zooplanktonları (copepoda, ostracoda, cladocera), ortamda sivrisinek larvası olsa dahi avlamış ve ancak zooplankton sayıları azaldığında besin kaynağı olarak sivrisinek larvalarını tüketmeye başlamıştır (Bence 1988).

Gambusia bırakılan yerlerde yerel balık, ikiyaşamlı ve copepoda popülasyonlarının yanı sıra yüksek düzeyde endemik peri karidesi sayısının da azaldığı gözlemlenmiştir (Mulla ve diğerleri 1979'da incelenmiştir; Pyke 2008). Gölet çalışmalarında *Gambusia*'nın zooplanktonları tamamen yok etmesi, genç gölet topluluklarının biyoçeşitliliğini değiştirerek yeniden yapılandırmıştır (Gamradt & Kats 1996; Leyse ve diğerleri 2004), ve nesli tehlike altındaki Sonora topminnow (*Poeciliopsis occidentalis*) türünün ciddi oranda azalmasına yol açtığı düşünülmektedir (Meffe ve diğerleri, 1983). *Gambusia*, mevcut zooplanktonları yoğun biçimde tükettiği için zooplanktonların sağladığı baskıdan kurtulan alglerin sayısında patlamaya yol açmış ve yapay göletlerde ötrofikasyona neden olmuştur (Hurlbert ve diğerleri 1972; Hurlbert & Mulla 1981). Ayrıca, göletlerdeki böcek türleri *Gambusia* nedeniyle tamamen yok olabilirken, balıksız göletlerde çok sayıda chironomid tatarcık, mayıs sineği (Ephemeroptera: Baetidae), kıyı sineği (Diptera: Ephydriidae) veya iribaş ve avcı sırtüstü yüzen böcekler görülebilmektedir (Hurlbert & Mulla 1982). Dolayısıyla, *Gambusia*'nın avlanma alışkanlıkları ve güçlü iştahı nedeniyle ortaya çıkan rekabetin, sucul ekosistemlerin yapısını değiştirebileceği ve sivrisinek larvalarının önemli düşmanlarını yok edebileceği söylenebilir.

6. Etkin Bir Sivrisinek Mücadelesinde İnsan Unsuru

Halk Sağlığının Anahtarı Halk Eğitimidir

Sivrisinek mücadelesi söz konusu olduğunda halk sağlığı öncelik taşır, fakat müdahale doğru ve etkili olmalıdır. Sivrisineklerin taşıdığı St. Louis Ensefaliti (SLE), Batı Amerika At Ensefaliti (BAE) ve Doğu Amerika At Ensefaliti (DAE) gibi hastalıklar, Amerika Birleşik Devletleri'nde uzun süredir görülmektedir. 1999 yılında Batı Nil virüsünün de (BNV) görülmesi, böceklerin taşıdığı hastalıklara karşı ne kadar savunmasız olduğumuzu bize acı biçimde yeniden hatırlatarak, insanlarda görülen ilk vakalarla birlikte belediyelerin havadan geniş çaplı yetişkin sivrisinek mücadele programları başlatmasına yol açmıştır. Fakat, halk eğitimi, toplulukların katılımı ve sivrisinek popülasyonlarına dair verilere dayalı topluluk-temelli bir sivrisinek mücadele programı, en iyi mücadeleye yöntemlerine ilişkin bilimsel yaklaşımlarla birleştiğinde EZY uygulamalarını terk etmeden ve geniş çaplı püskürtme uygulamalarına gerek kalmadan etkin bir sivrisinek ve hastalık mücadelesi sağlayabilmektedir. Hastalıkla Mücadele Merkezleri (CDC) desteğiyle oluşturulan Sivrisinekle Mücadele İşbirliği örgütü, başarılı bir sivrisinek ve hastalık mücadelesinde halk eğitiminin oynadığı hayati rolü vurgulayarak, "sivrisineklerin üremesini engelleyen ve bireysel korunma tedbirleriyle birlikte ilgili örgütlerin faaliyetleri ve başarısını da kapsayan bir iletişim planı oluşturmanın, başarılı bir mücadele programında kritik olduğunu" belirtmektedir (Sivrisinekle Mücadele İşbirliği 2005).

Farklı sivrisinek türleri, farklı düzeylerde BNV taşıyıcısıdır, fakat genelde bir vaka görüldüğü anda hemen toplu bir sivrisinek mücadelesi başlatılır. Hastalık nedeniyle yaşanan can kaybı trajik olsa da, BNV vakalarının %80'inde semptom görülmediğini bilmek gerekir. Semptom gösterenler ise genelde hastalığı hafif bir grip gibi atlatmakta, hastaların ancak %1'i ciddi ve bazen ölümcül nörolojik tepkiler vermektedir (CDC 2012). 50 yaş üzerindeki insanlarda ise risk artmaktadır. Bütün sivrisinek türleri arasında yalnızca az sayıda tür önemli bir köprü işlevine (kuşlardan insana bulaşma) sahiptir ve ülkenin farklı yerlerinde farklı vektör türleri öne çıkmaktadır. Ayrıca, insan topluluklarının yürüttüğü uygulamalar, tutumlar ve koşullar nedeniyle sivrisineklere hangi ölçüde maruz kalındığı ve yürütülmesi gereken en etkin mücadele yöntemleri de değişmektedir. Dolayısıyla, özellikle bir halk sağlığı tehdidi varsa, vektör kapasitesi ve farklı türlerin ekolojisi hakkında bilgi sahibi olmak, mücadelenin uygun zamanlarda ve uygun habitatlarda hedefli biçimde yürütülmesini sağlar ve zaten etkili olmayan geniş çaplı ve tekrarlı havadan pestisit püskürtme uygulamalarına ihtiyaç kalmaz. Örneğin, New York'ta toplanan on sivrisinek türünden yalnızca ikisi, insanlara BNV bulaştırma riskinin %80'inden sorumludur (Kilpatrick ve diğerleri 2005). Bu türlerin ikisi de (*Cx. pipiens* ve *Cx. restuans*) su dolu kaplarda ürettiği için, bölgede tüm sulak alanlara uygulama yapılması maliyet-etkin bir yaklaşım olmadığı gibi ideal bir yöntem de değildir. Belirli vektör türlerin habitatlarını hedefleyen bir mücadele hem vektör popülasyonlarını azaltır hem de hedef dışı sulak alanlar ve yaban hayat üzerindeki olumsuz etkileri.

CDC'ler, sivrisinek larvası üreten kaynakları azaltan ve ısırılmayı engellemek için kişisel korunmayı artıran topluluk düzeyinde mücadele programlarına dayalı BNV tedbirlerinden yanadır (CDC 2012). Başlıca BNV vektörleri, genelde kirli veya yüksek oranda organik madde içeren su dolu kaplarda üreyen ve üreme noktalarından genelde fazla uzaklaşmayan *Culex* cinsine ait türlerdir. BNV görülmeye başladığında uygulamaya alınan agresif mücadele yaklaşımları nedeniyle hem hastalığa dair hem de geniş çaplı püskürtme uygulamalarının etkileri hakkında kamu endişeleri artmaktadır. Maine Eyaleti Çevre Politikaları Enstitüsü, BNV risklerini (ısırılan 150 kişiden yalnızca 1'inde ciddi semptomlar görülmesini), pestisit uygulamalarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki daha ciddi tehlikeleriyle karşılaştıran bir rapor yayınlamıştır. Bazı belediyeler, BNV mücadelesinde geniş çaplı adultisit uygulamalarını reddetmektedir. Columbia Bölgesi, 2000 yılında yeni bir sivrisinekle mücadele programı başlatmış, fakat bu programda aerosol adultisitler kullanmamayı tercih etmiş, gerekçe olarak bölge halkında yüksek oranda astım hastalığı görüldüğünü belirtmiş ve federal

topraklardaki bazı nadir sucul omurgasızlar da dâhil, hedef dışı canlılara yayılma tehlikesini de ifade etmiştir (Hinson 2004). Teksas'taki Fort Worth, yüksek astım ve alerji vakalarını gerekçe göstererek 1991 yılında püskürtme uygulamalarını sonlandırmış ve BNV ABD'de 2003 yılında ortaya çıkana kadar da bu kararı sürdürmüştür. Bunun yerine, üreme noktalarını ortadan kaldırarak larva sayılarını azaltmayı ve ısırılmayı engellemek için sivrisinek kaçırcı ürünler kullanılmasını ve uygun giyinilmesini öneren halk eğitimi programları başlatmıştır. Fakat, 2012 yılında Teksas'ta görülen ve bazıları ölümle sonuçlanan BNV vakaları nedeniyle Fort Worth'ta püskürtme uygulamaları yeniden başlamış, yine de yalnızca belirli mahallelerde ve havadan uygulama yerine yerden sisleme yöntemi tercih edilmiştir. Ohio'daki Shaker Heights kenti, takip, kaynak azaltımı ve kişisel korunma yöntemlerinin yoğun biçimde yürütüldüğü bir BNV mücadele planı uygulamakta, adultisit uygulamaları ise yalnızca belirli bölgelerde, lokal BNV vakaları kesinleştiğinde ve eğer etkili olacağı düşünülürse yapılmaktadır (West Nile Virus Community Task Force of Shaker Heights, OH 2002). Yine Ohio'daki Lyndhurst kenti de, 2003 yılında BNV'ye karşı pestisit püskürtülmesini yasaklayan bir karar (No. 2003-37) almıştır. Bu kararda, pestisitlere maruz kalmanın tehlikeleriyle birlikte yetişkin sivrisinekle mücadele uygulamalarının verimsizliği ve püskürtme sonrası BNV vakalarının azaldığını gösteren bilimsel kanıtların yetersizliği vurgulanmıştır.



Bahçelerdeki durgun sular: Bu tip sivrisinek kaynaklarının ve dolayısıyla ısırılmanın önüne geçmek için halk eğitimi oldukça etkilidir. (Fotoğraf: Matthew Shepherd/Xerces Society)

Colorado'daki Boulder kenti, 2003 yılında başlayan BNV salgınına kadar sivrisinek mücadelesi yapmamıştır, çünkü can sıkıcı sivrisinek ısırıklarının, pestisitler nedeniyle yaşanan olumsuz çevre etkilerini haklı çıkarmayacağı düşünülmüştür (Boulder Belediyesi, 2006). BNV sonrası geliştirilen mücadele planı ise, *Culex* türü vektör sivrisineklerin (özellikle *Cx. tarsalis* ve *Cx. pipiens*) üreme noktalarını belirlemeye odaklanmış, böylece vektör olmayan ve ısırarak yalnızca can sıkıcı veya antropofil olmayan sivrisineklerin bulunduğu larva habitatlarına ve potansiyel üreme noktası olan, fakat incelemeler sonucu sivrisinek barındırmadığı belirlenen alanlara gereksiz yere uygulama yapmanın yol açtığı zaman kaybı

ve maliyeti ortadan kaldırmak hedeflenmiştir (OtterTail Environmental, Inc. 2003; Boulder Belediyesi 2006). 2007'de başlatılan mücadele programında ise yine aynı prosedür uygulanmış ve hastalık bulaştırmayan türlerin larva sayılarında büyük artış belirlenen az sayıda habitatta Bti uygulaması yapılmıştır (OtterTail Environmental, Inc. 2012). Bu yaklaşımda daha fazla takip çalışması yapılması gerekir ve hem entomoloji hem de CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) bilgisine sahip bir saha ekibine ihtiyaç vardır, fakat sulak alanlar ve diğer habitatlarda yapılan toplam uygulama sayısını azalttığı için (hem larvalar hem de yetişkinlere karşı) daha maliyet-etkindir. Ayrıca, detaylı bir larva habitatı haritası ortaya çıkar ve sonraki yıllarda yürütülecek takip ve uygulama çalışmaları için sınıflandırılarak ve önceliklendirilerek kullanılabilir bir altyapı sağlar. Ortamdaki kalıcılığı az olduğundan ve uygulama yapılan habitatlara mümkün olan en az zararı verdiği düşünüldüğünden, larvasit olarak yalnızca Bti kullanılmaktadır; düşük dozlarda uygulanmakta ve uygulama sonrası verim değerlendirmesi için izleme çalışmaları yapılmaktadır. Püskürtmeli yetişkin mücadelesi yapılıp yapılmayacağına yine yetişkin popülasyonlarını takip ederek ve süregelen BNV vakaları olduğunda, yalnızca son çare olarak karar verilmektedir ve bu durumda hedefli "noktasal uygulama" alanlarına, yerden piretroid uygulamasıyla yürütülmektedir (Boulder Belediyesi, 2006).

New York eyaletinde, sivrisinek mücadele tedbirleri, yetişkinlerle mücadele dâhil, yerel yönetimlerce alınmaktadır. Fakat, eyalet Sağlık Müdürlüğü'nün sivrisineklerle bulaşan hastalıklara karşı, BNV ve DAE'yi de kapsayan mücadele planı (NYSDOH 2012) doğrultusunda, şöyle belirtilmektedir: "Havadan yapılan yetişkin sivrisineklerle mücadele uygulamalarının insanlarda hastalığı önlemeye karşı faydaları belirsiz ve muhtemelen çok kısıtlıdır... Adulthood uygulamalarının kısıtlamaları nedeniyle, insanlarda sivrisineklerle bulaşan hastalıkları önlemenin en temel yöntemi, kişisel korunma tedbirleri olmalıdır." Rapor, bu süreçte halkın oynadığı önemli rolü vurgulamakta ve açık kaplarda üreyen sivrisineklerin üreme kaynağını azaltarak, gerekli bölgelerde pestisit kullanımına ihtiyacı ortadan kaldırdığı belirtilmektedir.

Halk Eğitimi, İnsan Davranışını ve Vaka Oranlarını Değiştirir

Kişisel korunma alışkanlıkları, insanlara Batı Nil virüsü bulaşmasını engellemekte kilit bir rol oynamaktadır (Campbell ve diğerleri 2002). BNV'ye ilişkin halk eğitimi kampanyalarının çoğu, "dörtlü" yaklaşımı yerel koşullara göre uyarlamaya dayalıdır: DEET (DEET içeren böcek kovucular kullanmak); Giyim (uzun kollu giysiler ve pantolon giymek); Boşaltma (evin etrafındaki durgun suları boşaltmak); ve gün batımı ile şafak vakti (vektör sivrisineklerin en aktif olduğu bu zamanlarda dışarıda bulunmamak).

Halk eğitiminin gerçek başarısı, vatandaşların sivrisineklerin sayısını ve/veya insanlarla temasını azaltarak hastalıkların bulaşma oranını düşüren faaliyetleri hangi ölçüde hayata geçirebildiğiyle, alışkanlıklarını bu doğrultuda ne kadar değiştirebildiğiyle ölçülür. Eğitim ile davranış çıktılarını ilişkilendirmek birçok düzeyde zor olsa da (bkz. aşağıdaki "Bilgi ve Uygulama" bölümü), halk eğitimi kampanyalarının bu hususta başarılı olabildiği belgelenmiştir. Ontario'nun Oakville bölgesinde yaşanan bir BNV salgını sırasında, iki veya daha fazla kişisel korunma tedbirinin alınması, enfeksiyon riskinde %50'den fazla azalma belirlemiştir (Loeb ve diğerleri 2005). 1990 yılında Florida merkezinde yaşanan ciddi bir St. Louis Ensefaliti (SLE) sırasında ise, *Culex* vektörünün en aktif olduğu sabah ve akşam saatlerinde açık hava faaliyetlerini azaltmayı tavsiye eden yoğun bir halk sağlığı eğitim kampanyasının faydası görülmüştür (Meehan ve diğerleri 2000). Yapılan anketlerde, halk sağlığı kampanyalarında önerilen tedbirleri bilen ve uygulayan kişilerin SLE'ye yakalanma oranında dörtte bir kadar azalma belirlenmiştir. En yüksek enfeksiyon oranlarının evsiz vatandaşlar arasında ve evlerin bakımsız olduğu, camlarda sineklik olmayan, klima kullanılmayan, sivrisinek üreme noktalarına müdahale edilmeyen yoksul bölgelerde

görülmesi, kamu yetkililerinin barınaklar ve düşük sosyo-ekonomik düzeyli yerlerde daha fazla çalışması gerektiğini göstermiştir.



Oregon'daki Multnomah Bölgesi Vektör Mücadele Birimi'nin hazırladığı birden fazla dilde (İngilizce, Korece ve İspanyolca) bilgilendirici poster örneği.

Sivrisinekle bulaşan hastalıklarda “kıyamet” yaklaşımının hiçbir zaman teşvik edilmemesi gerekse de, daha endişeli vatandaşlar etkili kişisel korunma tedbirleri almaya daha meyilli olacaktır. New York'un Ithaca bölgesindeki iki mahallede yürütülen bir çalışma, BNV ile ev çevresindeki durgun sular arasındaki ilişkiye dair algının önemini ortaya koymuştur (Tuiten ve diğerleri 2009). Bir aile bireyine BNV bulaşmasından endişe duyduğunu belirten vatandaşların bahçesinde sivrisinek larvası üreten su dolu bir kap bulunma olasılığı altı kat daha azdır. İlginç biçimde, ankete katılan vatandaşların BNV'ye dair bilgi düzeyi ile, bahçede sivrisinek-pozitif su dolu kap bulunması arasında ise ciddi bir ilişki kurulmamıştır. Avustralya'nın Queensland bölgesinde, deng humması ve Ross River virüsü gibi sivrisinekle bulaşan hastalıkların yaygın olduğu iki şehirde yürütülen bir araştırmada, neredeyse tüm katılımcıların yapay konteynerlerde sivrisinek ürediğini bildiği ve dörtte üçünden fazlasının bu hususta aktif olarak önlem aldığı tespit edilmiştir (Larson ve diğerleri 2000). Anket cevaplarında sivrisinek ekolojisi ve hastalığın bulaşma yollarına dair farkındalık çok yüksek olmasa bile, hastalığa dair duyulan endişenin, ev çevresinde sivrisinek üreme noktalarını ortadan kaldırmak ve kişisel korunma tedbirleri almakla ilişkilendirilebileceği ortaya çıkmıştır. British Columbia vatandaşlarının katıldığı bir ankette de benzer sonuçlar alınmış, BNV endişesinin evlerin çevresindeki durgun suları ortadan kaldırmakta %73 etkili olduğu görülmüştür (Aquino ve diğerleri 2004).

Kişisel korunma tedbirlerini vurgulayan kamu kampanyalarının önemi, bitişik (ve demografik açıdan benzer) iki kentte yürütülen (Colorado'daki Loveland ve Fort Collins) bir çalışmada görülmüştür (Gujral ve diğerleri 2007). İki kentte de BNV salgını başlamış, fakat daha yoğun bir sivrisinek mücadele programı yürütülen ve bu nedenle genel olarak daha az sayıda sivrisinek ve BNV taşıyıcısı sivrisinek görülen Loveland'deki vaka sayısı ve ciddiyeti, Fort Collins'ten iki kat daha fazla olmuştur. Fakat, Fort Collins sakinlerine kıyasla Loveland sakinlerinin sinek kovucu kullanma oranı %39 daha az, yoğun sivrisinek faaliyeti saatlerinde dışarıda bulunma oranı ise %30 daha fazladır. Dolayısıyla, sivrisinekle mücadele programlarının yürütüldüğü durumlarda dahi kişisel korunma tedbirlerinin enfeksiyon oranlarında önemli bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Yani, bölgede sivrisinek mücadelesi yürütülüyor ise kişisel korunma tedbirlerine ihtiyaç kalmayacağı gibi yanlış bir algı

oluşmaktadır. Loveland'deki mücadele programı BNV salgını öncesinde uzun zamandır yürütülüyorken, Fort Collins'teki mücadele programı BNV sırasında başlamıştır, bu da bu salgının rolü hakkında bir fikir vermektedir.

Sulak Alanlara Dair Algı

Sivrisinek mücadelesi, insanların sulak alanlara bakış açısı nedeniyle de daha karmaşık bir hal almaktadır. Kent ve banliyö yapılaşması sebebiyle insanlar sivrisineklerin üreyebileceği noktalara daha yakın hayatlar sürmekte, yakındaki bir sulak alana karşı estetik ve ekolojik bir takdir göstermekle birlikte sivrisineklere karşı çok ciddi bir tahammülsüzlük de ifade etmektedir. Maryland Eyaleti'nin Columbia bölgesi sakinleri, kentsel sulak alanların insan yapımı ortamlara güzellik, çeşitlilik ve nitelik kazandırdığını, bunun gayrimenkul fiyatlarını olumlu etkilediğini, yağmur suyu yönetimi yapılarının da yaban hayat habitatları gibi ele alınması gerektiğini bildirmiştir (Adams ve diğerleri 1984). Fakat aynı zamanda, sulak alan sorunlarına ilişkin çalışmalarda böcek problemi ikinci sırada yer almış, balıklar ile su kuşlarını takdir etmekle, bu canlıların hayatta kalmasını sağlayan sucul omurgasızların önemi arasında vatandaşların ilişki kurmadığı belirlenmiştir. Evlerin içinde ve çevresinde yoğun pestisit uygulanan ve bu nedenle bahçedeki mangal keyfinde sivrisinekler tarafından ya hiç ya da çok az ısırılan vatandaşların, bir yaban hayat koruma alanındaki çok farklı koşullarda sivrisinekler tarafından ısırılmaya tahammül edememe olasılığı da öne çıkmaktadır.

Vatandaşlar, sulak alanlar ve sivrisineklere dair sık sık yanılığa düşmektedir; tüm sulak alanlarda sivrisinek ürediği, tüm sivrisineklerin BNV veya DAE gibi hastalıklar taşıdığı ve sivrisinek ısırıklarının hiçbir düzeyde kabul edilemeyeceği gibi (Morris 1991). Bu tip yanılgıların etkisi, yerel mücadele birimlerine yapılan baskı nedeniyle uygulanan pestisitler yüzünden artmaktadır. Bu yanılgılar, yalnızca halk eğitimi ve sosyal destek programlarıyla düzeltilebilir. Mahallede yeni oluşturulan bir yapay sulak alan nedeniyle vatandaşların endişelerini dile getirdiği Simpson (Kuzey Carolina) kentinde bu sebeple yürütülen bir inceleme, sulak alan inşaatı öncesi ve sonrası genel sivrisinek sayılarında kayda değer bir fark tespit etmemiştir (Anderson ve diğerleri 2007). Bu sonuçlar vatandaşların sulak alana dair kaygısını yatıştırmakla kalmamış, şehirde yoğun sivrisinek üreyen ve bu nedenle uygulama gerektiren diğer noktaları ortaya çıkarmıştır. New Jersey'deki Stony Brook – Millstone su havzasında yaşayan insanların bu bölgedeki sulak alanlara dair bilgisini ve tavrını inceleyen bir çalışma, sulak alanların korunması gerektiğine dair güçlü bir farkındalık belirlemiş olsa da, vatandaşların sulak alan tanımını iyi bilmediği, yaşadıkları kasabadaki sulak alanların bile tam yeri ve işlevlerinden habersiz oldukları ortaya çıkmıştır (Johnson & Pflugh 2008). Bu eksiklik, insanların sulak alanları koruyan faaliyetleri destekleme veya yerine getirme becerisini olumsuz etkileyebilir veya sulak alan yönetim uygulamalarını ya da sivrisinek üreme potansiyelini yanlış değerlendirmelerine yol açabilir.

Bilgi ve Uygulama

Hem halk arasında hem de vektörle mücadele birimlerinde bilgi ve uygulamaya dair eksikler bulunmaktadır. Sivrisinek mücadelesinde bütüncül yönetim planları çerçevesinde oluşturulan En İyi Yönetim Uygulamaları (EYU), genelde sağlık müdürlükleri veya sivrisinekle mücadele daireleri gibi eyalet düzeyinde kurumlar tarafından hazırlanır. (New Jersey Çevre Koruma Müdürlüğü 1997; Washington Eyaleti Ekoloji Müdürlüğü 2004; Massachusetts Eyaleti Islah & Sivrisinekle Mücadele Dairesi 2008; Connelly & Carlson 2009; California DOH ve MVC Birliği 2010). Bu EYU'lar, genelde bütüncül yönetim ilkelerine dayanır ve pestisit kullanımı ile etkilerini azaltmaya yönelik teknikler tavsiye eder. Bölgesel sivrisinekle mücadele birimleri bu EYU'ları kendine göre uyarlamaya teşvik edilse de, yerel uygulamalar epey değişkenlik gösterebilir ve fonlama, personel alımı, eğitim, entomolojik ve biyolojik uzmanlık gibi değişkenlerden etkilenir. Dolayısıyla belediyeler, ya yetersiz kaynak ve kapasiteyle çalışarak

bağımız bir sivrisinek mücadelesi yürütmek, ya da uygulamaları vatandaşlar tarafından hoş karşılanmayan bölgesel bir sivrisinekle mücadele birimiyle beraber çalışmak arasında tercih yapmak zorunda kalabilir. Massachusetts'teki Audubon Birliği, bu sorunu çözmek için toplulukların yerel sivrisinekle mücadele birimiyle iletişime geçerek, Massachusetts Sağlık Müdürlüğü'nün sivrisinekle bütüncül mücadele planına uygun bir hizmet almak için [bölgesel yönetim ile] bağlayıcı bir anlaşma talep etmesini önermektedir (Mass Audubon 2012).

Her vektörle mücadele kurumunun gerçek bir bütüncül yönetim programı geliştirmek ve uygulamak için yeterli personeli, finansmanı, entomolojik uzmanlığı veya kaynağı olmayabilir, bu nedenle bütüncül yönetimin gerektirdiği temel ilkelerden biri olan durgun suların düzenli bakımını yerine getiremeyebilir. Katrina Kasırgası'ndan sonra Mississippi'de sivrisinekle mücadele için federal kaynaklarla yürütülen bir çalışma, belediye ölçeğinde mücadelenin çoğunlukla vatandaş talepleri doğrultusunda ve durgun suların tespitiyle yapılan rutin püskürtme uygulamasından ibaret olduğunu göstermiştir (Edwards ve diğerleri 2009). Araştırma kapsamındaki sivrisinekle mücadele personelinin yalnızca küçük bir kısmı, uygulama kararında yetişkin veya larva sivrisineklerin takibinden faydalandığını belirtmiştir. Bu durum bütün sivrisinekle mücadele programları için geçerli olmasa da, fonlama yapılmadan önce eyalet çapında yürütülen halk eğitimi ve bütüncül yönetim çalıştaylarından sonra bile, ve Mississippi'nin sivrisinek mücadelesinde EYU'lar yayınlamış olmasına rağmen (Goddard 2003), bilgi ve uygulamada ciddi eksikler olduğu anlaşılmaktadır.

Sivrisinek sorunu yaşayan insanların bu hususta kendi rollerini hiç bilmemeleri, sık sık karşılaşılan bir durumdur. Sivrisineklerden şikâyet etmek amacıyla arayan insanlar genelde yakındaki bir sulak alanı suçlamaktadır, fakat kendi bahçelerinde (veya komşu bahçelerde) bulunan kuş banyoları, evcil hayvan mama kapları, bakımsız yüzme havuzları, yağmur olukları veya bitki sulama kaplarında üreyen çok sayıda sivrisinekten habersizdir (Grodner ve diğerleri 2007). CDC'nin BNV mücadele kılavuzuna göre (CDC 2003), bir bütüncül yönetim programının başarılı olması için vatandaşların yerel sivrisinekler ve sivrisinekle bulaşan hastalıkların yanı sıra, önleyici tedbirlerin uygulanmasına yönelik eğitim çalışmaları çok önemlidir. Fakat, yalnızca bilgi aktarmanın da mevcut davranış biçimlerini değiştirmedini belirtmekte ve yerel çalışma ekipleri, sosyal pazarlama ve sonuç değerlendirme stratejileri geliştirmeyi teşvik etmektedir. McNaughton ve diğerlerinin yürüttüğü bir araştırmaya göre (2010), halk eğitim kampanyaları sayesinde Avustralya'nın Queensland sakinlerinde deng hummasına yönelik farkındalığın arttığı, fakat hastalığı yayan vektör sivrisineklere dair anlayışın beklendiği gibi artmadığı görülmüştür. Ankete katılan vatandaşlar, Avustralya'da önemli bir deng humması vektörü olan ve ev çevresindeki su dolu kaplarda üreyen *Ae. aegypti* türünün her yerde bulunduğunu ve üreme noktaları kamusal alanların dışında kaldığından bu konuda mücadele sorumluluğu hissetmediklerini belirtmiştir. Dolayısıyla, en önemli sivrisinek mücadele faaliyeti olan kaynak azaltımı yapılmamaktadır. Yalnızca bilgi aktarmak, tekrar tekrar yapılırsa dahi, konuyu kavrama ve davranış biçimini değiştirmekte yetersiz kalmaktadır ve mevcut tutumları ortaya çıkaracak, bu tutumları öğrenmenin ve değiştirmenin karşısındaki potansiyel engelleri belirleyecek çalışmalar yapılmalıdır.

Topluluk temelli vektör mücadelesinin temel taşlarından biri, vatandaşların kendi evleri ve bahçelerindeki üreme noktalarını ortadan kaldırma sorumluluğunu ve koruyucu giysiler, böcek kovucular kullanarak, sivrisineklerin en aktif olduğu saatlerde açık havaya çıkmamak gibi bireysel tedbirler almalarını sağlamaktır. Bölgesel vektör mücadelesi veya halk sağlığı kurumları, vatandaşların sivrisinek mücadelesindeki rolüne ilişkin bilgilendirme yapsa da, halkı bilgilendirmek ve davranış biçimlerini değiştirmek arasındaki başarı düzeyi farkı, etkin bir bütüncül mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Cambridge, Massachusetts'te yaşanan ilk BNV salgınından sonra sağlık görevlilerinin yürüttüğü bir çalışma, insanların ev çevresindeki sivrisinek üreme noktalarını ortadan kaldırma yollarını gayet iyi bildiğini, fakat üçte birinin bu konuda bir şey yapmadığını göstermiştir (Shaker Heights, Ohio, Batı Nil Virüsü Topluluk Çalışma Grubu 2002'de rapor edilmiştir). New York'un Ithaca bölgesinde yürütülen başka bir çalışmaya göre ise, katılımcıların %60'ı bahçedeki durgun suları ortadan kaldırmanın

sivrisinek üreme noktalarını yok edeceğini bilmektedir, fakat çok zaman aldığı veya çok zor olduğu gerekçeleriyle %38'inin bu işi yapmadığı tespit edilmiştir (Tuiten ve diğerleri 2009). Bu tip durumlarda, halk eğitiminin yanı sıra cezalandırma yönteminin de uygulanması gerekebilir. Örneğin, Columbia Bölgesi Sağlık Müdürlüğü tarafından başlatılan, yüz binlerce kişiye ulaşan ve çok başarılı olduğu düşünülen eğitim programı, sivrisinek kaynaklarının azaltılmasına yönelik çalışma yapmayan özel ve tüzel kişilere "halk sağlığı sorunu" yaratmaktan ceza kesilmesi gerektiğini de belirtmiştir (Columbia Bölgesi DOH 2004).



Banliyöler kırsal bölgelere yaklaştıkça vatandaşların sulak alanlarla teması artmakta ve insanlar sivrisinekler tarafından ısırılmaya başladıklarında hemen sulak alanları suçlayabilmektedir. Fakat sivrisinek kaynakları genelde evlere daha yakındır. (Fotoğraf: Matthew Shepherd/Xerces Society)

Halk eğitimi kampanyalarının, cinsiyet, yaş, sosyo-ekonomik durum, eğitim düzeyi ve etnik geçmiş de dahil olmak üzere farklı demografik gruplar üzerinde farklı etkileri vardır. Colorado'nun Loveland bölgesinde, kadınların kişisel korunma tedbirlerini erkeklere kıyasla daha fazla aldığı görülmüştür (Gujral ve diğerleri 2007). Kansas'ta 10 ilçe bölgesini kapsayan bir çalışmaya göre, İngilizce konuşan topluluklarda Batı Nil virüsünün adını duyanların oranı %97 iken İspanyolca konuşan topluluklarda bu hastalığın adını duyanların oranı %41'dir. Yaş, eğitim düzeyi ve kentsel veya kırsal bölgelerde yaşamak gibi durumlar da, kişisel korunma tedbirleri alma oranını ve BNV bilgisinin edinildiği kaynağı değiştirmektedir (Fox ve diğerleri 2006).

Kanada'nın Ottawa kentinde yürütülen anketlerde, katılımcılar arasında yüksek bir BNV farkındalığı (%77) görülmüş, DEET içeren kovucu ürün kullanım oranı ise %72.5 olarak belirlenmiştir. Fakat, BNV nedeniyle çok ciddi nörolojik problemler yaşama riski daha yüksek olan 51 yaş üstü grubun kovucu ürün kullanmaya meyilli olmadığı da tespit edilmiştir. Benzer şekilde, British Columbia'da yapılan bir araştırmada 50 yaş üstündekilerin daha fazla BNV tehlikesi altında olduğunu bilmeyenlerin yarısından fazlası, 50 yaş üzeri katılımcılardır (Aquino ve diğerleri 2004). Buna karşın, Ithaca, New York'ta yürütülen bir çalışmada 55 yaş üzerindeki katılımcılar arasında en az bir BNV tedbiri alma oranının, diğer yaş gruplarına

kiyasla üç kat daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Tuiten ve diğerleri 2009). Dolayısıyla, bir halk eğitimi programının yalnızca genel başarısını belirlemek için değil, daha farklı veya hedefe yönelik yaklaşımlar gerektiren gruplar veya diğer topluluklara yönelik takip anketleri yürütmek, başarı için çok önemlidir.

Kişisel korunma tedbirleri almanın önünde halk algısına ilişkin başka meseleler de bulunmaktadır. EPA (Çevre Koruma Ajansı), böcek kovucu ürün kullanım oranını belirlemek ve ürünlerin hangi böcekleri uzaklaştırdığını ve ne kadar süreyle etkili olduğunu daha iyi gösteren yeni etiketlere ilişkin tepkileri ölçmek amacıyla ABD çapında 3000 kişiyi kapsayan bir internet anketi yürütmüştür (EPA 2012). Genelde ısırıklardan rahatsız olmamak (%48) ve hastalıklara karşı korunmak (%46) amacıyla böcek kovucu kullanıldığı ortaya çıkmış olsa da böcek kovucu ürün kullanım oranı genel hatlarıyla düşüktür; katılımcıların %39'u açık havada sık sık, %33'ü bazen ve %12'si nadiren kovucu kullandığını belirtmiştir. EPA anketi insanların neden böcek kovucu kullanmadığını belirlememiştir, fakat British Columbia'da yürütülen bir çalışmaya katılanların üçte birinden fazlası DEET'in çevreye zarar verdiğini, dörtte birinden fazlası ise insan sağlığına zararlı olduğunu düşünmektedir (Aquino ve diğerleri 2004). DEET'e ilişkin benzer endişeler, Kansas (Fox ve diğerleri 2006) ve Ithaca, New York (Tuiten ve diğerleri 2009) anketlerinde de görülmüştür. Eğitim ve bilgi artsa dahi, bir sorun karşısında insanların tutumunu değiştirmenin önündeki engelleri ortaya çıkarmanın yanı sıra hem etkili hem de makul alternatifler sağlayabilmek, halk sağlığı ve sivrisinek mücadele programlarının önemli zorluklarıdır.

Kurumlar Arası İşbirliği

Federal, eyalet, bölge veya il düzeyinde sivrisinekle mücadele birimleri ile sulak alan idarecilerinin hedefleri birbiriyle çakışabilir. Sivrisinekle mücadele birimleri sulak alanlarda çok fazla sivrisinek üremesinden endişe duyar, sulak alan yöneticileri ise sivrisinek mücadele uygulamaları nedeniyle yaban hayat sağlığı ve çeşitliliğinin risk altında kalacağını düşünür. Özellikle mevsimsel olarak kuruyan sulak alanların genelde sivrisinek üretmekten başka bir işe yaramadığı düşünülür, fakat bu geçici habitatlar kendilerine özgü yaban hayat toplulukları barındırır ve nadir veya tehlike altındaki türler için yaşam alanı sağlar (Collinson ve diğerleri 1995; Barber ve diğerleri 2004). Arazi idarecileri, özellikle de söz konusu park veya doğal alandaki canlı türlerinin eksiksiz bir listesi genelde bulunmadığı için insektisitlerin olası etkilerini öngöremeyeceklerinden, bu doğal canlı topluluklarının sivrisinek mücadele faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı etkilerine maruz kalmasını istemez. Bu nedenle, ABD Balıkçılık ve Doğal Hayat Hizmetleri'ne bağlı Ulusal Yaban Hayat Koruma Sistemi'nin oluşturduğu *Sivrisinek ve Sivrisinekle Bulaşan Hastalıkların Yönetim Politikası Tasarısı*, halk sağlığı tehlikelerinden kaynaklanan mücadele uygulamalarını, can sıkıcı sivrisinek ısırıkları nedeniyle yapılan uygulamalarla kıyaslayarak, "insan ve/veya yaban hayat sağlığını tehdit etmediği müddetçe, yerel sivrisinek popülasyonlarının müdahaleye uğramadan hayatını sürdürmesine izin verileceğini" belirtmiştir (Resmi Gazete 2007).

Sulak alan habitatları ve çevresindeki arazilerin karmaşıklığı ve çeşitliliği, genelde var olmayan bir disiplinler arası sivrisinekle mücadele yaklaşımı gerektirmektedir ve bu nedenle en önemli iki hedef, yani sulak alanların ekolojik bütünlüğü ile biyoçeşitliliğinin korunması ve hastalık taşıyan vektör sivrisineklerin sayısının azaltılması, gereksiz yere karşı karşıya gelmektedir. Bazı durumlarda iş birliğinin gerçekleşebilmesi için, doğal varlıkları koruma kurumunun biyoçeşitliliği koruma hedefi ile, sivrisinekle mücadele kurumunun sivrisinekleri ortadan kaldırma hedefinin birbiriyle çakıştığını kabul etmek, vatandaşları da bu hususta bilgilendirmek gerekmektedir. Örneğin, sivrisinek sayılarını yüksek olduğu dönemlerde Ulusal Yaban Hayatı Koruma Alanları'nın girişlerine ziyaretçileri uyan tabelalar yerleştirilebilir (Resmi Gazete 2007). Kaliforniya'daki San Pablo Körfezi Ulusal Yaban Hayatı Koruma Alanı, bir yandan sivrisinek sayılarını azaltmak amacıyla iyileştirilmiş bir hidroloji ve bitki örtüsü yönetimi uygularken, diğer yandan bölgedeki vektör mücadelesi kurumlarıyla iş birliği içinde,

ihiyaç durumunda düşük etkili mücadele yöntemleri uygulayarak sulak alanlarının mümkün olduğunca doğal halde kalması için çalışmaktadır. Sivrisinek larva sayılarının ek uygulamalar gerektirdiği durumlarda ise Bs, Bti ve methoprene gibi larvasitler hedefe yönelik kullanılmaktadır ve böylece son 10 yıldır herhangi bir yetişkin mücadelesi (adultisit) uygulamasına gerek görülmemiştir (FWS 2011).

7. Ek Sivrisinek Mücadele Yaklaşımları ve Araçları

Günümüzde kullanılan larvasitler veya adultisitler, hedef dışı canlılara karşı geçmişte kullanılan mücadele araçlarına kıyasla ne kadar güvenli olursa olsun, sucul habitatların biyoçeşitliliği ile besin ve enerji döngüsünü etkileyecektir. Bir alanı “doğal alan” olarak korumak isteyen herkes, sulak alanın doğal ekolojisini bozmadan sivrisineklerle nasıl mücadele edileceği sorununun, tabii eğer gerekiyorsa, sürekli devam eden ve uyarlanabilir bir yaklaşım gerektirdiğini kabul etmelidir. Aşağıdaki yaklaşımlar ve araçlar hem biyoçeşitliliği hem de insan sağlığını gözeterek, söz konusu alanın kendine has özellikleri doğrultusunda etkin bir takip ve mücadele planı geliştirilmesi amacıyla bir arada kullanılacak farklı teknikleri ve uygulamaları açıklamaktadır.

Alanın Kendine Özgü Özelliklerine Dair Bilgi

İdareciler düzenli uygulama yapma alışkanlığını bırakacaksa, hem söz konusu alan hem de alanda yaşayan sivrisinek türleri hakkında detaylı bilgi sahibi olmalıdır (Morris 1991). Farklı sivrisinek türleri farklı yaşam döngülerine sahip olduğu için, bir tür üzerinde çalışan mücadele yöntemi, başka bir tür üzerinde daha etkisiz kalabilir. Hastalık taşımayan sivrisinekler üreten bir doğal sulak alanda sivrisineklerin nereye yumurtladığı ve larva habitatı tercihlerine ilişkin sahaya özel bilgi, sulak alanın tümüne değil yalnızca küçük bir kısmına pestisit uygulayarak sorunun çözülmesini sağlayabilir. Örneğin, Mercer ve diğerlerinin yürüttüğü çalışma (2005), Iowa'daki bir sulak alanda yaşayan *Aedes*, *Culex* ve *Uranotaenia* türü sivrisinek larva sayılarının farklı mikro-habitat koşullarına göre değişkenlik gösterdiğini tespit etmiştir. Böylece, en çok sayıda sivrisinek üreten az sayıda mikro-habitat belirlenebildiği için noktasal uygulamaya yapılabildiği, hem hedef dışı canlılar üzerindeki olumsuz etkiler hem de pestisit uygulama maliyeti ve çabaları kayda değer oranda azaltılabildiği görülmüştür. Hastalık taşımayan çok sayıda *Mansonia* veya *Coquilletidia* sivrisinekleri, doğru bitki örtüsü yönetimiyle kontrol altında tutulabilir çünkü bu türler oksijeni doğrudan su altındaki bitki dokularından alır ve yüzeye uygulanan pestisitlere temas etmez. Yaşam alanı çevresindeki su dolu kaplarda üreyen sivrisinekler için halk eğitimi önemlidir ve atık su arıtma havuzlarındaki sivrisinekler ise bitki örtüsü ve alan hidrolojisinin doğru yönetimiyle daha iyi kontrol edilebilir.

Doğal Düşmanlar

Sivrisinek Avcıları

Sivrisinekler, sucul ve kara besin ağlarının önemli bir parçasıdır; larvalar ve pupalar sucul avcılar tarafından tüketilir ve kanatlı yetişkinler ise su kenarlarında yaşayan hayvanların besinidir. Doğada, bakteri ve mantar gibi patojenlerden (ör. *Lagenidium giganteum*) parazitlere (ör. mermithid nematodlar), sucul omurgasızlardan omurgalı avcılara kadar, sivrisineklerin karşısına çıkan çok çeşitli düşman vardır. Bu doğal düşmanların birçoğunun biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilme potansiyeli de bulunur (Mulla ve diğerleri 1979'da incelenmiştir; Rodrigues-Castro ve diğerleri 2006; Mogi 2007; Quiroz-Martinez & Rodrigues Castro 2007; Shaalan & Canyon 2009). Bunun yollarından biri, sivrisineklerle bir

arada buldukları habitatları korumak (korumaya yönelik biyolojik mücadele), diğeri ise bu doğal türleri yetiştirerek sivrisinek larvası olan habitatlara bırakmaktır (artırıcı biyolojik mücadele). ABD’de, yusuşuklar, yarasalar, ikiyaşamlılar ve kuşların sivrisinekleri kontrol altında tuttuğuna yönelik kulaktan dolma birçok kayıt olsa da, gerçek mücadele kapasitelerine yönelik deneysel testlerin sayısı fazla değildir. Sürekli kimyasal ve biyolojik pestisit uygulaması yapmak için yeterli kaynağa sahip olmayan ülkelerde, sivrisinekleri doğal düşmanlar ile kontrol etme fikri oldukça ilgi çekmektedir.

Sivrisinek larvası tüketen avcı omurgasızların çoğu, sulak alan habitatlarında doğal olarak bulunan Hemiptera (gerçek böcekler), Coleoptera (kın kanatlı böcekler) ve Odonata (yusuşuklar ve kız böcekleri) takımlarındandır (Quiroz-Martinez & Rodriguez-Castro 2007’de incelenmiştir). Bu böceklerin hem genç hem de yetişkin bireyleri sivrisinek avcısıdır ve balık barındırmayan sulak alanlardaki en üst düzey avcılardır (Batzer & Wissinger 1996; Culler & Lamp 2009). Bu canlıların kanatlı yetişkinleri ise, bol miktarda av bulabilecekleri yeni habitatları hızla kolonize edebilir. Hayalet tatarcık larvalarının (*Chaoborus*) çok sayıda sivrisinek larvası tükettiği tespit edilmiştir; bu tatarcıklar, sığ ve yarı-kalıcı su birikintilerinde larva formunda kışlar ve sivrisinek yumurtalarının çatladığı ilkbahar aylarında ortamda zaten mevcut ve aktiftir (Helgen 1989). İribaş karides (*Triops newberryi*) gibi bazı sucul kabuklular ve cyclopoid copepodalar’ın yanı sıra, avcı yassı solucanlar da henüz yetişkin olmayan sivrisinekleri etkili biçimde tüketir (Blaustein 1990; Tietze ve diğerleri 1994; Su & Mulla 202). Copepoda’lar, taşkınlardan kısa bir süre sonra ortaya çıktıkları (Mulla ve diğerleri 1984a) ve tüketebileceklerinden daha fazla sivrisinek larvasına saldırıp öldürdükleri için, özellikle başarılı avcılardır (Kumar & Rao 2003). Yetişkin sivrisinekler, çeşitli örümcek türlerinin de besin kaynakları arasında büyük bir yer kaplıyor olabilir (Mogi 2007’de incelenmiştir).

Klasik biyolojik mücadele yaklaşımında, istenmeyen canlı popülasyonları, tamamen olmasa bile büyük ölçüde bu hedef canlılarla beslenen özel bir avcı tarafından azaltılır ve istenmeyen canlıların sayısını azaltırken, kendi sayılarını da artırır. Buna kıyasla, yukarıda anlatılan avcılar genel beslenicilerdir, yani sivrisineklerin yanı sıra çeşitli diğer canlılarla da beslenirler; sadece sivrisinekleri avlamadıkları için, bu mücadele araçlarının etkisi daha azdır. Öte yandan, sivrisinek sayıları azaldığında diğer canlılara yönelen genel besleniciler bu sayede habitatta yaşamını sürdürebilir, dolayısıyla, genel avcılarının başarılı birer biyolojik mücadele aracı olduğunu savunan iddialar, birçok başarılı örnek çalışmayla teyit edilmiştir (Murdoch ve diğerleri 1985).

Doğal Düşmanların Diğer Mücadele Ajanlarıyla Uyumu

Uygulamalar ile beraber doğal avcılar kullanmak, daha başarılı ve uzun süreli sivrisinek mücadelesiyle birlikte, daha az ve seyrek pestisit kullanımı sağlayabilir. Mulla ve diğerleri (1984a), deneysel göletlerde ilk aşamada Bti veya Bs uygulamanın erken aşama larvalar üzerinde etkili olduğunu ve zaman içinde çeşitli avcı omurgasızların ortama yerleşmesiyle daha geç aşama larvaların da başarıyla kontrol altında tutulabildiğini, böylece ek pestisit uygulamalarına gerek kalmadığını göstermiştir. Bti uygulanmış alanlarda bulunan çeşitli avcı kın kanatlı böcek larvaları, yalnızca ilk Bti uygulamasının etkinlik süresini uzatmakla kalmamış, Bti uygulamasından önce de sivrisinek larvası sayılarında azalma sağlamıştır (Mulligan & Schaefer 1981). *Aedes*, *Culex* ve *Anopheles* larvası barındıran yapay havuzlarda sırtüstü yüzen böcekler (Notonectidae) ile bir ara da kullanılan Bti, 70 gün boyunca süren incelemelerde yalnızca Bti kullanımına kıyasla daha başarılı olmuştur; su dolu konteynerlere yalnızca sırtüstü yüzen böcekleri eklemek bile yüksek düzeyde kontrol sağlamıştır ve ek uygulama gerektirecek kadar yüksek sivrisinek larva sayısına yalnızca bir defa ulaşmıştır (Neri Barbosa ve diğerleri 1997). Tuzla karidesi (*Palaemonetes varians*), özellikle *Aedes detritus* larvalarını agresif biçimde avlamış ve Bti uygulanan mikro ekosistemlere bıraktıkları dışkı peletlerinin sivrisineklere zehirli olduğu bulunmuştur (Roberts 1995).

Ek pestisit uygulamalarının, söz konusu doğal avcılar ile uyumlu olmasına özen gösterilmelidir. Örneğin, avcı iribaş karidesi *Triops newberryi*, yüksek dozda Bti ve Bs'den etkilenmemiş, fakat Golden Berry sivrisinek larvasit yağı uygulaması yüksek oranda ölümlerle sonuçlanmıştır (Su & Mulla 2005). Yerel doğal düşmanların habitatta yaşamasını sağlayan koruma temelli bir sivrisinek mücadele yaklaşımı etkili bir mücadele sağlarken, pestisit uygulama sayısı ve maliyetini de düşürebilir. Bu stratejiyle, doğal avcı düşmanların da popülasyonlarını azaltan, sulak alan besin zincirini kıran, topluluk yapısını bozan ve hatta sivrisinek sayılarının artmasına bile yol açan *Gambusia* gibi egzotik avcı türlerin ortama getirilmesi gerekmez veya pestisit uygulamalarının tekrarlanmasına gerek kalmaz (Bence 1982, 1988; Culle & Lamp 2009).

Doğal Düşmanların Etkinliği

Sivrisinek mücadelesinde doğal düşmanların başarısı yalnızca doğrudan avlanma oranıyla değil, sulak alan tipi, ıslak dönem, hem sivrisinekler hem de avcılarının besin kaynağı miktarı, sivrisinek larva yoğunluğu, sivrisineklerle aynı kaynaklar için yarışan diğer türler ve mücadele aracının ortamda kalıcılığı veya bozunum oranı gibi biyotik ve abiyotik faktörlerden de etkilenir (Kumar & Hwang 2006'da incelenmiştir; Juliano 2007; Quiroz-Martinez & Rodriguez-Castro 2007). Bu faktörler ve faktörler arasındaki ilişkilerin farklılığı, biyolojik sivrisinek mücadelesi üzerine yürütülen çalışmaların sonuçları arasındaki değişkenliği de açıklayabilir.



Yusufçukların hem yetişkinleri hem de nimfleri, açgözlü sivrisinek avcılarıdır. (Fotoğraf: Bryan E. Reynolds, www.bryanreynoldsphoto.com.)

Banjaree ve diğerleri (2010), sivrisinek mücadele çalışmalarının kaynak alan tipine göre belirlenmesi gerektiğini önermiş, daha az çeşitliliğe ve dolayısıyla avcı sayısına sahip yapay su birikintileri veya oluklar gibi küçük alanlar için habitat azaltım yöntemini, sivrisinekleri zaten

belirli ölçüde kontrol altında tutan daha fazla avcıya sahip göletler ve pirinç tarlaları gibi daha büyük ve çeşitliliğe sahip alanlarda ise alternatif mücadele yöntemlerini tavsiye etmiştir.

Çeşitli doğal avcılar barındıran laboratuvar deneyleri ve saha çalışmaları, bu avcıların sivrisinekleri kısmen veya tamamen kontrol altında tutma becerisini değerlendirmiştir. Dytiscid (avcı dalgıç böcekler), notonectid (sırt üstü yüzen böcekler) ve hydrophilid (çöpçü su böcekleri) türleri, en obur sivrisinek avcısı omurgasızlardır ve bu ailelerin türleri her yerde yaygın olarak bulunur. Yüksek hareket kabiliyetine sahip kanatlı yetişkinler, su altında yeni kalmış sulak alanlara ilk yerleşenlerdir (McDonald & Buchanan 1981; Mulla ve diğerleri 1984a; Walton ve diğerleri 1990); ve alana varış zamanları çok önemlidir, çünkü sivrisinek yetişkinleri ortaya çıkmadan önceki larva gelişim aşamasında ortamda bulunmalıdır. Dytiscid türleri genelde sulak alanlarda yüksek sayılara ulaşır ve özellikle sivrisinek larvalarını tercih ederek yoğun biçimde beslenir (Culler & Lamp 2009), fakat farklı ortalama beden boyuna sahip türlerin avlanma oranı ve tercihleri de değişebilir (Lundkvist ve diğerleri 2003; Ohba & Takagi 2010). Birden fazla dytiscid türünü kapsayan laboratuvar ve saha deneylerinde, beslenme faaliyetinin sivrisinek larvalarını ciddi oranda azalttığı görülmüştür (McDonald & Buchanan 1981; Lundkvist ve diğerleri 2003; Mogi 2007; Chandra ve diğerleri 2008; Ohba & Takagi 2010). Sırtüstü yüzen böcekler de (Notonectidae) başarılı sivrisinek larvası, yumurtası ve pupası avcıları olmakla beraber (Chesson 1984; Saha ve diğerleri 2007), yeni su altında kalmış alanları oldukça hızlı kolonize edebilir, sivrisinek larvaları ortaya çıkmaya başladıktan kısa bir süre sonra ortama gelirler (Scott & Murdoch 1983). Farklı notonectid türlerinin, hayvan yalakları ve açık hava göletleri gibi habitatlardaki larva ve pupa aşamasındaki sivrisinekleri azaltma veya ortadan kaldırma başarısı teyit edilmiştir (McDonald & Buchanan 1981; Chesson 1984; Eitam ve diğerleri 2002), ve ortama bırakılmak üzere kitlesel üretiminin de mümkün olabileceği görülmüştür (Rodriguez-Castro ve diğerleri 2006).

Odonata ailesinin (yusufoçuklar ve kız böcekleri) hem sucul nimfleri hem de karacıl yetişkinleri sivrisineklerle beslenir, fakat sivrisinek biyo-mücadelesinin odağı nimflerdir. Ortamda doğal olarak bulunan veya yapay ortamlara getirilen odonataların sivrisinekleri tamamen yok ettiği veya sayısını azalttığı tespit edilmiştir (Mogi 2007'de incelenmiştir). Beş farklı odonata türünün nimfleri (üç kız böceği ve iki yusufoçuk) farklı sivrisinek avlanma oranlarına sahip olsa da, pirinç işleme tanklarındaki sivrisinek larva sayısını ciddi ölçüde azaltmıştır (Mandal ve diğerleri 2008). Lokal olarak toplanmış tüylü yusufoçuğun (*Brachyton pratense*) nimfleri, Hindistan'daki pirinç işleme tanklarındaki sıtma vektörü *An. subpictus* yoğunluğunu kayda değer biçimde azaltmıştır (Chatterjee ve diğerleri 2007) ve Panama'daki ağaç kovuklarında doğal olarak bulunan yerel yusufoçuk ve kızböceği nimflerinin çanaklar ve yapay kovuklardaki sivrisinek popülasyonlarını bastırdığı belirlenmiştir (Fincke ve diğerleri 1997). Myanmar'daki (Burma) Yangon bölgesinde bulunan bir köyde evsel su kaplarına muson döneminde ayda bir bırakılan yerel bir yusufoçuk türünün nimfleri (*Crocothemis servilia*), *Ae. aegypti* popülasyonlarını öyle etkin biçimde azaltmıştır ki, çalışma sonlandıktan sonra da katılımcıların çoğu bu uygulamanın devam etmesini istemiştir (Sebastian ve diğerleri 1990).

Küçük boyları yüzünden genelde göz ardı edilen cyclopoid copepoda türü tatlı su kabuklularının bazı durumlarda muazzam bir sivrisinek mücadele kapasitesi vardır ve bu amaçla kullanılmıştır. Copepodalar çok küçük (yaklaşık 1-2 mm) fakat çok saldırgan avcılardır ve birçok sulak alanda doğal olarak yüksek sayıda bulunur, besin miktarı azaldığında veya habitat kurduğunda diyapozaya geçer, çok sayıda üretimi ve nakliyesi de ucuz ve kolaydır (Marten & Reid 2007'de incelenmiştir). Daha büyük türler *Aedes* larvalarına karşı çok etkili olmakla beraber, *Anopheles* veya *Culex* türlerini öldürmek ve kontrol altında tutmakta çok başarılı değildir. Temephos ve pyrethroid pestisitlere karşı hassastır, fakat Bti ve larvasit yağlarla birlikte kullanılabilir (Marten ve diğerleri 1993). New Orleans'ta yürütülen bir çalışmada, Bti ve copepoda kombinasyonunun yalnızca birkaç gün içinde sivrisinek larvalarını yok etmekle kalmayıp yeniden ortaya çıkmalarını da engellediği, fakat yalnızca Bti uygulamasında sivrisinek popülasyonlarının on gün içinde yeniden ortaya çıktığı görülmüştür (Marten ve diğerleri 1993). Konteynerlerde üreyen sivrisineklerin yanı sıra, pirinç tarlaları,

küçük bataklıklar ve yol kenarı hendeklerinde üreyen sivrisinek mücadelesinde de copepodaların başarısı gözlemlenmiştir (Marten ve diğerleri 1993, 2000; Marten, Bordes ve diğerleri 1994; Marten, Borjas ve diğerleri 1994; Kay & Nam 2005; Marten & Reid 2007'de incelenmiştir) ve New Orleans Sivrisinek Mücadele Birimi tarafından eski araba lastiklerinde üreyen sivrisineklerin kontrolünde de kullanılmıştır (Marten ve diğerleri 1997).

Sivrisinek mücadele ajanı olarak copepodaların New Orleans Sivrisinek Mücadele Birimi tarafından başarıyla kullanılması, başlıca BNV vektörü olan ve konteynerlerde üreyen *Cx. pipens* türüyle mücadelede New Jersey Eyaleti Sivrisinek Mücadele Komisyonu'nun da çalışma başlatmasını sağlamıştır. Etkili bir sivrisinek kontrol ajanı olduğu bilinen yerel bir *Macrocyclops* türünü başarıyla üretmiş ve copepodaların eski araba lastiklerinde sivrisinek larvalarını yok ettiğini, ayrıca başarıyla kışlayabildiğini tespit etmiştir. Copepodaların diğer habitatlarda, yapay konteynerler ve göletler, özellikle de son dönemde yaşanan ekonomik sorunlar nedeniyle terk edilen evlerdeki süs havuzlarında başarısını denemek amacıyla ve çeşitli sivrisinek mücadele birimlerinin de katılımıyla, saha çalışmaları devam etmektedir (Robert Kent, Sivrisinek Mücadele Koordinasyon Merkezi, Trenton, NJ, kişisel iletişim, Ekim 2012).



Bazı araştırmalar, semenderlerin geçici su birikintilerini dahi hızla kolonize ederek sivrisinek popülasyonlarını büyük ölçüde azaltabildiğini göstermiştir. (Fotoğraf: David Capaert, Michigan Devlet Üniversitesi, Bugwood.org)

Belostomatidae (dev su böcekleri) türlerinin de sivrisinekle mücadele potansiyeli bulunmaktadır. Laboratuvar araştırmalarında, *Sphaerodema annulatum* adlı böceğin yedi günlük bir deney boyunca günde yaklaşık 90 adet sivrisinek larvası tükettiği (*Cx. quinquefasciatus*) ve böylece sivrisineklerin pupa ve yetişkin oranını ciddi ölçüde azalttığı

görülmüştür (Aditya ve diğerleri 2004). *Diplonychus* cinsi belostomatidlerin kullanıldığı benzer çalışmalar da yüksek bir avlanma oranı göstermiş, bireylerin günde 122 adet dördüncü aşama *Culex* larvası tüketebildiği belirlenmiştir (Saha ve diğerleri 2007).

Ortamda doğal olarak bulunan sivrisinek avcısı omurgalılar, sivrisinek sayılarını azaltabilir veya yok edebilir. Semenderler, çok yüksek sayılara çıkabilen genel avcılardır ve diyetlerinin %60'ını Diptera türleri oluşturabilir (Taylor ve diğerleri 1988). Indiana'daki 24 sulak alanı dört yıl boyunca inceleyen bir araştırma, semender larvası bulunan sulak alanlardaki sivrisinek larvası sayılarında, semender bulunmayan sulak alanlara kıyasla 10 kat azalma tespit etmiş (Brodman ve diğerleri 2003) ve benekli semenderlerin (*Ambystoma maculatum*) mezokozmos ve mevsimsel su birikintilerinde sivrisinek sayılarını azalttığı gözlemlenmiştir (Rubbo ve diğerleri 2011). Bazı semenderlerin laboratuvar çalışmalarında av tercihi yaptığı, mikro-kabuklular ile birlikte sivrisinek larvaları ile pupalarını tercih ettiği belirlenmiştir (Brodman ve diğerleri 2003; Brodman & Dorton 2006). Yine laboratuvar deneylerinde, kırmızı benekli su keleri yetişkinleri (*Notophtalamus viridescens*) ve köstebek semenderi larvalarının (*Ambystoma talpoideum*) istikrarlı biçimde çok sayıda sivrisinek larvası tükettiği görülmüş (DuRant & Hopkins 2008), kısa ömürlü sulak alanlarda, özellikle de yeni bir habitatı hızla kolonize edebildikleri için, sivrisinek mücadelesinde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmüştür (Gibbons ve diğerleri 2006). Dört farklı yerel Avustralya kurbağasının iribaşları, laboratuvar deneylerinde *Cx. annulirostris* popülasyonlarını kontrol altına alamamış, fakat avlanma, kaynak rekabeti ve potansiyel yumurtlama yeri caydırıcılığı gibi etkenler nedeniyle sahadaki sivrisinek larvalarının gelişme ve hayatta kalma oranını düşürebileceği düşünülmüştür (Willems ve diğerleri 2005). Kırmızı kulaklı kaplumbağanın (*Trachemys scripta*), çok sayıda geç aşama sivrisinek larvası tüketebildiği görülmüş (Borjas ve diğerleri 1993) ve Honduras'taki su depolarında ve Louisiana'daki yol kenarı hendeklerinde sivrisinek mücadelesi için kullanılmıştır (Marten 2007'de incelenmiştir).

Cyprinodon macularius ve *Gasterosteus aculeatus* gibi bazı yerel balık türlerinin bulunduğu habitatlarda sivrisinek mücadele potansiyeli vardır (Garcia 1983'te incelenmiştir). Atlantik kıyılarındaki tuz bataklıklarında Open Marsh Water Management aracılığıyla yürütülen doğal hidroloji restorasyon çalışmaları, sivrisinekleri başarıyla kontrol altında tutan yerel balık türlerini başarıyla geri getirmiştir (aşağıdaki "Tuz Bataklıklarında Doğal Düşmanların Geri Getirilmesi" başlığına bkz). Evsel su kaplarında *Ae. aegypti* türlerini ortadan kaldırmak için küçük balıklar kullanılmıştır (Neng ve diğerleri 1987). Yerel balıklar, yapay sulak alanlarda da mücadele ajanı olarak kullanılabilir; yağmur suyu kanallarına yalnızca bir defa bırakılan yerel minnow türleri, *Culex* sivrisineklerini başarıyla bastırılmış (Irwin & Paskewitz 2009), düzenli VectoLex (Bs) uygulamalarına etkin ve ucuz bir alternatif olmuştur. Çevre endişeleri nedeniyle *Gambusia* bırakılmayan habitatlarda başka türler başarıyla denenmiştir. New Jersey'de *Pimephales promelas*, *Fundulus diaphanus*, *Lepomis gibbosus* ve *Lepomis macrochirus* gibi yerel türler özel olarak yetiştirilmekte ve New Jersey Çevre Koruma Birimi'nin sivrisinek mücadelesinde en iyi uygulamalarını takip eden yerel sivrisinek mücadele birimlerine kronik sivrisinek sorunu yaratan alanlarda kullanılması için ücretsiz dağıtılmaktadır (Robert Kent, Sivrisinekle Mücadele Koordinasyon Merkezi, Trenton, NJ, kişisel iletişim, Ekim 2012).

Sağlıklı Sulak Alanlar, Doğal Düşmanları Barındırır

Sulak alanlardaki canlı toplulukları dinamiktir; taşkın dönemlerinde ve kuruma dönemlerinde topluluklar üzerindeki baskı düzeyleri değişkendir; bir sulak alanın ıslak dönemi, barındırdığı omurgasız topluluklarını şekillendirir. Bazı türler, sular altında yeni kalmış habitatlarda hızla kolonileşirken, diğerleri ancak belirli bir sayıda av canlısı ortama geldikten sonra habitatı çekici bulur. Dirençli türler ise kuru dönemlere uyum sağlamıştır ve mevsimsel bir sulak alanın kuru dönemini kuraklığa dayanıklı oldukları bir yaşam aşamasında atlatır veya olgunlaşarak yakınlardaki daha uygun bir habitata göç eder. Bazıları ise alan kuruyunca ölür. Daimi sulak alanların daha uzun ıslak dönemi, kısmi veya bütünüyle sivrisinek kontrolü

sağlayan daha çeşitli avcı canlıları sürekli barındırabilir. Bazı araştırmacılar, daimi sulak alanlarda sürekli var olan doğal düşman popülasyonları sayesinde sivrisinek yoğunluğunun düşük seyrettiğini tespit etmiş (Chase & Knight 2003), diğerleri ise arazi üzerinde iyi bir kolonileşme becerisine sahip çeşitli avcı dalgıç böcek popülasyonlarına ev sahipliği yapma potansiyeli olan daimi sulak alanlar yaratmanın, bir bölgedeki sivrisinek mücadelesini iyileştirebileceğini iddia etmiştir (Schafer ve diğerleri 2006). Breiffuss (2005), daimi sulak alanlara kıyasla yağmurlarla dolan geçici su birikintilerinde *Cx. annulirostris* türünün 100 kat fazla ürediğini belirlemiş, diğer çalışmalar da sivrisinekle bulaşan hastalıkların yayılmasında en yüksek riski geçici su birikintileriyle ilişkilendirmiştir (Dale & Knight 2008'de incelenmiştir).

Fakat, geçici sulak alanlar da sivrisinekleri kontrol altında tutan çeşitli avcı canlı topluluklarına ev sahipliği yapabilir. Batı Avustralya'daki geçici su birikintilerinde çok sayıda avcı tür yaygın olarak bulunmaktadır ve sivrisinek yoğunluğundaki azalmayla avcı böcek türü zenginliği arasında bir ilişki tespit edilmiş olsa da (Carver ve diğerleri 2010), yağmurlardan sonra avcı canlıların kolonileşme oranı aynı alanlardaki sivrisineklerin kolonileşme oranından daha düşük bulunmuştur. Benzer biçimde, Walton ve diğerleri (1990) *Culex* larvası popülasyonlarının habitat taşkınlıktan 2-3 hafta sonra, iribaş kurbağası (Triops), böcek larvaları, yusufçuk ve kızböceği nimfleri ile sırt üstü yüzenlerin sırasıyla ortaya çıkmasıyla keskin biçimde azaldığını belirlemiştir. Bu sonuçlara göre, sivrisinek larvasit uygulaması yalnızca habitat su altında kaldıktan hemen sonra, avcılar ortama yerleşip işe yarar sayılara ulaşmadan önceki ara dönemde yapılmalıdır. Chase ve Knight (2003), sulak alanların düzenli olarak kurummasına uyum sağlamış, sivrisinek larvalarıyla kaynak rekabetine giren canlıların, geçici sulak alanlarda sivrisinek yoğunluğunu kısıtlayabileceğini belirlemiştir. Ayrıca, yalnızca kurak yıllarda kuruyan yarı-daimi sulak alanların, sivrisinek popülasyonlarında patlamaya yol açabilecek en müsait habitatlar olduğunu, çünkü kuru dönemde daha önce ortama yerleşmiş olan tüm doğal düşmanların öldüğünü veya ortamı terk ettiğini ve habitat yeniden su altında kalınca sivrisineklerin popülasyonlarını kontrol altında tutacak herhangi bir doğal düşman olmaksızın ortama hızla yerleşerek çoğaldıklarını da iddia etmişlerdir. Bu süreç, dışı sivrisineklerin avcı olmayan ortamlara yumurta bırakmayı tercih ettiği gerçeğiyle daha da güçlenebilmektedir (bkz. "Avcı Canlıların Dolaylı Etkileri").



Kaliforniya'daki ilkbahar birikintilerine benzer geçici veya mevsimsel sulak alanlar, genelde olağandışı omurgasız canlı türlerine ev sahipliği yapmaktadır. (Fotoğraf: Matthew Shepherd/The Xerces Society)

Geçici sulak alanlar, bölgedeki diğer sivrisinek üreme alanlarına göç eden ve oralarda üreyen koloniciler için kaynak oluşturmaktadır. Fakat, sulak alanların her geçen gün yok olması ve değişmesiyle, arazi üzerinde eskisine göre birbirinden daha izole hale gelmişlerdir. Bu habitat soyutlanması canlı topluluklarının yapısını da etkilemekte ve avcı canlı zenginliği üzerinde olumsuz etkiye yol açmaktadır (Shulman & Chase 2007; Chase & Shulman 2009), çünkü avcı canlıların çoğu daha büyük veya birbirine bağlı alanlarda sağlıklı popülasyonlar sürdürebilmektedir. Bölgedeki komşu sulak alanlardan farklı düzeylerde soyutlanmış doğal göletlerin bir incelemesi, soyutlanma arttıkça ikiyaşamlı ve omurgasız avcı biyokütlesinde düşüş, sivrisinek biyokütlesinde artış belirlemiştir (Chase & Shulman 2009). Benzer biçimde, büyükbaş yalıklarındaki yusufçuk türü sayısı ve çeşitliliği, sulak alanlardan soyutlanma arttıkça azalmaktadır (McCauley 2006).

Geçici sulak alanlar, nadir veya endemik sucul türler barındırabilir. New Hampshire'daki çeşitli tatlı su sulak alanlarındaki ikiyaşamlı ve omurgasız çeşitliliği, ıslak dönem uzadıkça artmaktadır, fakat nispeten daha az tür barındıran geçici sulak alanlarda çok daha yaygın bulunan bazı türlerin, daha uzun bir ıslak döneme sahip ve genel tür çeşitliliği daha fazla olan alanlarda görülmediği fark edilmiştir (Baber ve diğerleri 2004). Dolayısıyla, geçici sulak alanlardaki doğal canlı topluluklarının mümkün olduğu kadar korunması, hem hayalet karides gibi nadir veya tehlike altındaki türleri barındırabileceği için genel doğa koruma anlamında, hem de devamlı sivrisinek mücadelesi açısından önem taşımaktadır.

Tuz Bataklıklarında Doğal Düşmanların Geri Getirilmesi

Doğal yapısı bozulmuş tuz bataklıkları ve nehir ağızlarında doğal düşmanların sisteme yeniden getirilmesi amacıyla bazı özel habitat değişiklikleri yapılmaktadır. Tuz bataklıkları, geçmişte bakıldığında sivrisinek mücadelesi açısından sorunlu alanlardır çünkü çok büyük alanlara yayıldıklarından etkin kimyasal mücadele yürütülememektedir ve kaynağından kilometrelerce uzağa erişebilen sivrisinek popülasyonlarının üremesine yol açabilmektedir. Erken mücadele çabaları hendeklerle drenaj yöntemine odaklanmıştır, fakat bu, tespiti ve mücadelesi zor olan çok sayıda ve dağınık, küçük su birikintileri oluşturduğu için daha fazla soruna yol açmış, ayrıca bataklı hidrolojisi ve ekolojisinde büyük bozulmalara neden olmuştur (Patterson 2009). Deniz suyunun içeri girmesini engellemek amacıyla kapatılmış sahil sulak alanları da, tatlı sularda üreyen sivrisinekler için yeni habitatlar oluşturmuştur (Slaff & Crans 1982).

Açık Bataklık Su Yönetimi (Open Marsh Water Management – OMWM), tuzlu su bataklıklarının restorasyonu için tasarlanmış ve aynı zamanda doğal sivrisinek mücadelesini de kolaylaştıran

bir habitat düzenleme yöntemidir. OMWM, daha önce yapılan drenaj uygulamalarının etkilerini geri çevirir ve günlük doğal gel-git akıntısının sulak alanlara yeniden girmesini sağlayarak, ayrılmış su birikintilerini gel-git giriş noktalarında birbirine yeniden bağlamaktadır. Bu, sivrisinek popülasyonlarını birçok yolla azaltmaktadır: gel-git akıntısıyla gelen yerel balıklar sivrisineklerle beslenir, geri çekilen sular sivrisinek larvalarını beraberinde götürür ve düzenli gel-git akıntıları sayesinde sürekli su tutan daha büyük ve derin birikintilerde hem balıklar devamlı yaşar hem de diğer avcı omurgasızlara ev sahipliği yapar (Dale & Hulsman 1990; Carlson ve diğerleri 1999; Meredith & Lesser 2007; James-Pirri ve diğerleri 2012). Benzer başka bir teknik ise Nöbetli Kapatma Yönetimi (Rotational Impoundment Method – RIM) olarak bilinir. Bu yöntemde su seviyeleri kontrol altında tutulur, bataklığın yaz aylarında minimum düzeyde su alması sağlanır ve sonra nehir ağızına yeniden bağlanır (Carlson & O'Bryan 1988).

OMWM'nin sivrisinekleri azalttığını veya yok ettiğini gösteren birçok çalışma vardır ve bunların çoğunda pestisit kullanımına gerek kalmadığı da belirlenmiştir (Ferrigno & Jobbins 1968; Telford & Rucker 1973; Resh & Balling 1983; Hruby ve diğerleri 1985). Delaware'de en fazla sivrisinek üreten gel-git sulak alanlarında uygulanan OMWM teknikleri, sivrisinek larvası

popülasyonlarında istikrarlı biçimde >%90 azalma sağlamış ve önceleri her yıl düzenli olarak ve yoğun biçimde larvasit uygulanan alanlarda bu ihtiyacı ciddi ölçüde azaltmıştır (Meredith & Lessing 2007). 1980'lerin başlarında Massachusetts'teki Essex County, komşu eyaletlerde balıkçıl kuşlar için habitat iyileştirme ve sivrisinek sorunlarını azaltma amacıyla başarıyla uygulanan OMWM tekniklerini benimsemiş, yoğun biçimde sivrisinek üreten alanlara odaklanmış, yeni OMWM sistemine yerleşen balıklar sayesinde ihtiyaç duyulan larva mücadelesinin %80-100'ünü gerçekleştirmiştir. (Kuzeydoğu Massachusetts Sivrisinek & Sulak Alan Yönetim Müdürlüğü, Jack Card ile kişisel iletişim, 2 Kasım 2011). OMWM'nin etkin bir sivrisinek mücadelesi sağlamanın yanı sıra, su kuşları için beslenme ve dinlenme alanları yaratmak gibi ek faydaları da vardır (Clarke ve diğerleri 1984). Ayrıca, balıklar, yengeçler ve karidesler için yuvalama alanları yaratır, fakat Atlas Okyanusu kıyısındaki bazı yaban hayat koruma alanlarında yapılan incelemede, balık ağırlıklı topluluklardan karides ağırlıklı topluluklara geçişin lokal olarak sivrisinek kontrolünü azalttığı da görülmüştür (James-Pirri ve diğerleri 2012).



Yüzyıl önce, tuzlu su bataklıkları hendekler ile kurutuluyordu. Sivrisinek mücadelesi artık günlük gel-gitleri restore etmeye odaklanıyor. (Fotoğraf: Celeste MAzzacano/The Zerces Society)

Avcı Canlıların Dolaylı Etkileri

Sivrisinekleri doğrudan tüketerek sayılarını azaltan avcılarının, sivrisinek popülasyonları üzerinde dolaylı etkileri de vardır. Habitatta bulunan avcılar nedeniyle larvaların maruz kaldığı risk artışı, sivrisineklerin savunmacı davranışlar geliştirmesine yol açabilir. Beslenme düzeyinde azalma, saklanma alanlarının daha çok kullanılması ve daha az hareket etme gibi davranış değişimleri, sivrisinek larva gelişim hızını, yetişkinlerin boyunu ve üreme kapasitesini değiştirebilir. Avcıların neden olduğu baskı, sivrisinek popülasyonlarını etkileyen besin rekabeti gibi diğer biyotik faktörlerin etkisini de güçlendirebilir. Örneğin, laboratuvarında hem notonectid avcılarının hem de trofik rekabetçilerin (sümüklü böcekler, zooplanktonlar) varlığında yetiştirilen *Anopheles* türü sivrisineklerin gelişim süreleri uzamış ve yetişkin sayısı azalmıştır (Knight ve diğerleri 2004). *Anax imperator* türü yusufoğuncu nimfleri, *Cs. Longiareolata* sivrisineklerinin pupa boyunu ciddi ölçüde küçülmüş ve erkek larvaların gelişim süresini uzatmıştır (Stav ve diğerleri 2005). Türün diğer bireyleriyle beslenmiş avcı sırt üstü yüzen böceklerin (*Notonecta glauca*) daha önce bulunduğu sularda yetiştirilen *Culex*

pipiens sivrisineklerinde hayatta kalma oranı düşmüş, gelişim hızı yavaşlamış ve yetişkin sivrisineklerin kanat boyunda küçülme tespit edilmiştir (Beketov & Liess 2007); bu etkilerin dışı sivrisinekler üzerinde çok daha güçlü olduğu da belirlenmiştir. Bu durum, türdeş sivrisinek larvalarıyla beslenen avcılarının sivrisineklerde davranış değişimine yol açan kimyasal bir iz bırakabileceğini düşündürmektedir; avcının kendisi ortamda bulunmasa bile. Başka canlılarla (*Daphnia*) beslenmiş *Notonecta* bireylerin daha önce bulunduğu sulara yetiştirilen sivrisinek larvalarında bu davranış değişimi etkilerinin çok daha az belirgin olması, savı güçlendirmektedir.

Avcıların bıraktığı kimyasal maddeler, dışı gebe sivrisinekler tarafından algılanıyor ve böylece habitata yumurta bırakmaları engelleniyor olabilir. Dışı *Culiseta* ve *Culex* sivrisineklerin yumurta bırakma oranı, avcı sırt üstü yüzen böceklerin (*Notonecta*, *Anisops*), ikiyaşamlıların (iribaşlar, semenderler) veya balıkların (*Gambusia*) bulunduğu habitatlarda ciddi oranda düşmektedir (Chesson 1984; Blaustein & Kotler 1993; Blaustein 1998; Angelon & Patrenka 2002; Eitam ve diğerleri 2002; Kiflawi ve diğerleri 2003; Eitam & Blaustein 2004; Rubbo ve diğerleri 2011). *Cs. longiareolata* dişileri ise, *Anax imperator* yusufçuk nimflerinin bulunduğu sulara yumurta bırakmaktan kaçınmıştır (Stav ve diğerleri 1999, 2000). Küçük konteynerleri kolonize etmesiyle bilinen *Mesocyclops longisetus* adlı bir avcı copepoda türü üzerinde yürütülen ilginç bir araştırma, bu tür tarafından salgılanan bir kimyasal maddenin *Ae. aegypti* dişilerini çekerek ortama yumurta bırakmalarını sağladığı (Torres-Estrada ve diğerleri 2001), böylece biyolojik mücadelede kullanılabileceği düşünülmüştür.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Takibi

Coğrafyaya uygun, isabetli bir takip ve numune alma sistemi, sağduyulu bir sivrisinek yönetimi için çok önemli olmakla birlikte (Nelson 1994), larva habitatları ve sivrisinek popülasyonlarını değerlendirmek amacıyla geleneksel anlamda karadan yapılan çalışmalar çok fazla kaynak ve personel mesaisi gerektirmektedir ve çok büyük alanlar için pek makul değildir (Washino & Wood 1994). CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi), hedefe yönelik bir sivrisinek mücadelesinde önemli bir araçtır çünkü numune almanın, mücadelenin ve potansiyel hastalık risklerini hızlı biçimde değerlendirmenin maliyet-etkin, isabetli bir yöntemidir. CBS takibi, kısıtlı personel ve kaynaklar çerçevesinde karada mümkün olan haritalandırma çalışmalarına kıyasla çok daha kapsamlı bir sistem sunmaktadır (Dale ve diğerleri 1998), ve yalnızca sivrisinek popülasyonlarının gerçek bir sorun oluşturduğu üreme noktalarının belirlenmesine ve bu noktalarda hedefe yönelik uygulama yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu tip hedefli uygulamalar maliyet-etkindir, çünkü hem mevsim içinde daha az pestisit tüketilmesini hem de biyoçeşitliliğin daha iyi korunmasını sağlar, böylece hedef dışı canlılar üzerindeki ilk aşama olumsuz etkiler tüm alanın uygulanmasına kıyasla azalır ve yine de etkilenen canlı türleri civarda kendilerini koruyacak habitatlar bulabildiğinden, alana yeniden yerleşmek için ihtiyaç duydukları süre de kısalmır.

Sivrisineklerin üremesinde önemli bir rol oynayan su, bitki örtüsü ve çevredeki arazi kullanımı gibi etkenler, uzaktan algılama verileriyle tanımlanabilir ve farklı sivrisinek türleri için yerel veya bölgesel düzeyde farklı mücadele planları oluşturmakta kullanılabilir. Sivrisinek mücadelesinde uzaktan algılama yöntemi, sıtma epidemiyolojisi kapsamında büyük ilgi görmektedir (Washino & Wood 1994; Hay ve diğerleri 1998; Foley ve diğerleri 2010), fakat genel anlamda sivrisinek ve vektör mücadelesinde de geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Birçok vektörle mücadele kurumu, püskürtme yapılan yerleri haritalandırmak için CBS kullansa da, belirli bir alana has ve doğru zamanda yapılacak mücadelede uygulamaya ne zaman ihtiyaç olduğunu belirlemek amacıyla ve insan nüfusu ile sivrisinek üreme alanlarını eşleştirmek için pro-aktif ve tahmine yönelik CBS kullanımı pek yaygın değildir. Yerel veya bölgesel sivrisinek mücadele kurumları, gerekli CBS uzmanlığına veya görüntü analiz cihazlarına sahip olmayabilir, fakat yerel yönetimlerle işbirliği yapılırsa, CBS uzmanlığına

sahip personele ulaşılabilir ve dijital hava fotoğraflarına, radar algılayıcılarına veya sıcaklı (termal) haritalandırma verileri elde edilebilir.

CBS teknolojisinin sivrisinek mücadelesinde kullanımına dair en eski örneklerden biri, tuzlu su bataklıklarında yaşayan sivrisineklerin tercih ettiği habitatlardaki baskın bitki türlerini tanımlamak amacıyla kullanılan renkli kızılötesi (color infrared – CIR) hava fotoğrafı yöntemi (NASA 1973). Michigan sivrisinek mücadele bölgesinde kullanılan benzer bir CIR hava fotoğrafı yöntemi, *Aedes* ve *Culex* türlerinin üreme habitatlarını belirlemeyi kolaylaştırmış, bu veriler insan nüfusunun yoğun olduğu bölgelere dair verilerle birleştirilmiş ve böylece uygulama yapılan toplam alanı azaltarak genel püskürtme uygulamasına ihtiyacı ortadan kaldırmış, etkin ve hedefli bir sivrisinek mücadelesini mümkün kılmıştır (Wagner ve diğerleri 1979). Ozdenerol ve diğerleri (2008), bir vektörle mücadele biriminin yerleştiği sivrisinek tuzaklarından elde edilen verilerle, rakım, eğim, bitki örtüsü, arazi kullanımı, arazi örtüsü, sıcaklık, yağış, toprak, orman dağılımı gibi çevresel CBS verilerini birleştirerek, Tennessee'deki Shelby County'de *Cx. pipiens* ve *Cx. quinquefasciatus* türlerinin olası habitatlarını gösteren tanımlayıcı bir model oluşturmuştur. Çevresel verileri sivrisinek takip ve insan nüfusu verileriyle birleştirerek, bu tip BNV vektör türlerine en uygun habitatları belirlemeyi başarmışlardır. İklim parametreleri yaz aylarında değiştikçe, bu ideal habitatların konumu da değişmiştir, fakat bazı ana habitatlar tüm mevsim boyunca ideal sivrisinek koşullarını korumuştur. En olası sivrisinek habitatındaki koşulların zaman içindeki değişimini takip etmek, hedefli ve tepkisel bir EZY planında önemli bir araç olmakla birlikte, doğru insanları hedef alan topluluk-temelli bir sivrisinek mücadelesinde eğitim çalışmalarını da daha odaklı bir hâle getirmektedir.

Wyoming'in bir bölgesinde kömür yatağından metan gazı çıkarmak için "susuzlaştırma" (de-watering) yönteminin kullanıldığı ve bu sebeple daha sonra sivrisinek üreme alanına dönüşen birçok su birikintisi oluşan yerlerde, bir BNV vektörü olan *Cx. tarsalis* habitatlarını belirlemek için CBS haritalandırma sistemi kullanılmıştır (Zou ve diğerleri 2006). Geniş bir alan üzerinde su, bitki örtüsü, toprak ve topoğrafya özelliklerini gösteren CBS katmanları üst üste oturtularak, en ideal sivrisinek üreme noktaları görüntülenmiştir. Bu yöntemin sahada geçerliliğini değerlendirmek için yapılan çalışmalar, 0.8 hektardan büyük su kütlelerinde %70'in üzerinde isabetlilik tespit etmiştir ve daha yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarıyla daha da iyileştirilebileceği belirlenmiştir. Araştırmacıların hedef sivrisinek türü hakkında detaylı bir habitat tercihi bilgisine sahip olması, bu yöntemi başarılı kılan önemli bir nedendir. *Culex tarsalis*, genelde 4 hektardan daha küçük, çeperinde bitki örtüsü olan, organik maddece zengin ve çalkantısız, durgun sularda üremektedir (Laird 1988; Reisen 1993). Avustralya'nın Brisbane bölgesinde, çok çeşitli habitatlarda üreyebildiği için mücadelesi zor olan *Cx. annulirostris* türünün olası üreme alanlarını belirlemek için uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Kullanılan hava fotoğrafları kuru mevsimde çekilmiş olsa da, doğrulama için çalışan saha ekipleri, muhtemel üreme alanı olarak belirlenen noktaların %75 oranında isabetli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, *Cx. annulirostris*'in en yaygın bulunduğu habitatlar doğal sulak alanlar olmakla birlikte (meralar veya bataklıklardaki kalıcı veya geçici su birikintileri), çalışmada belirlenen sulak alanların neredeyse yarısında hiç larva tespit edilmemiş, buna karşın yapay sulak alanların tümünde (araç lastikleri, açık konteynerler, drenaj kanalları), çeşitli türlerin larvalarına rastlanmıştır (Dale & Morris 1996). Böyle bir durumda, tüm ıslak alanlarda bütünüyle uygulama yapmak ne gerekli, ne de maliyet-etkindir.

Yapay veya Yüksek Düzeyde Gözetimli Doğal Sulak Alanlarda Bitki Örtüsü Yönetimi

Çok sayıda serbest yüzen veya sabit köklü bitkilerle dolu sulak alanlar iyi birer sivrisinek üreme alanı olabilir, çünkü larvalar, avcılardan ve rüzgardan korunmak için bitki örtüsü arasına gizlenir (rüzgarın oluşturduğu su çirpintıları ve dalgalar, dışı sivrisineklerin yumurta

birakmasını zorlaştırır, larvanın su yüzeyinden nefes almasını engelleyebilir). Bu mesele, yağmur suyu uzmanları tarafından bilinmektedir ve farklı düzeyde sivrisinek üreme potansiyeline sahip yağmur suyu yönetim yapılarına dair incelemeler göstermektedir ki, aynı derinlikte, sığ (ör. 15 cm ve daha sığ), kıyıları da sığ olan, çok az veya hiç akış olmayan, avcı sayısı düşük, yoğun bitki örtüsüne sahip yağmur suyu biriktirme havzalarının çok sayıda sivrisinek üretme potansiyeli daha yüksektir (Walton 2003; Bradley & Kuntz 2006). Ayrıca, bir alandaki baskın bitki türlerine göre de sivrisinek üreme oranı değişebilmektedir (Orr & Resh 1991; Jiannino & Walton 2004), hatta bazı sulak alan bitki türleri, sivrisinek üretme potansiyellerine göre sıralandırılmıştır (Collind & Resh 1989). Kıyıları dik, %20'sinden azı bitkilerle örtülü, farklı su derinliklerine ve debilere sahip, çeşitli omurgalı ve omurgasız avcı canlı türlerini barındırabilecek daha derin gölcükleri de olan su arıtma ve biriktirme alanlarında ek bir mücadele çalışmasına nadiren ihtiyaç duyulur ve düşük sivrisinek yoğunlukları için elverişlidir (Knight ve diğerleri 2003'te incelenmiştir, Walton 2003).

Yağmur suyu arıtma alanlarındaki bitki örtüsü yönetimi, sivrisinek yoğunluklarını azaltacak biçimde optimize edilebilmektedir. Havzayı boşaltmak, bitki örtüsünü biçmek, kısa bir süre boyunca bitkilerin kurummasını beklemek ve havzayı yeniden suyla doldurmak, bu tip sulak alanlarda sıkça kullanılan bir tekniktir. Bu tekniğin, denitrifikasyon yapan (nitrat giderimi) bakteri sayısını artırdığı düşünülmektedir, fakat havza yeniden suyla dolduktan sonra içinde kalan zengin organik madde, yüksek oranda sivrisinek üremesine yol açabilmektedir (Walton & Jiannino 2005). Sanford ve diğerleri tarafından yürütülen bir çalışma (2003), bu tekniğin biraz değiştirilerek, biçilen otların biraz daha uzun bir süre kurumaya bırakılmasıyla (ör. iki yerine beş hafta boyunca), sivrisinek yoğunluğunu da ciddi oranda düşürebileceğini göstermiştir. Thullen ve diğerleri ise (2002), sulak alanlarda etrafı açık sularla çevrili bitki örtüsü tepecikleri oluşturmanın sivrisinek larva habitatlarını azalttığını ve avcı canlı habitatlarını artırdığını belirlemiş, su arıtma amaçlı bitki örtüsünü yeterli düzeyde tutarken (ör. amonyum azot giderimi), yetişkin sivrisinek düzeyini 100 kat düşürdüğünü gözlemlemiştir. Walton (2003), yapay sulak alanlarda daha etkili bir sivrisinek mücadelesi için derin ve bitkisiz alanlar oluşturmayı önermiş, aynı derinlikte, sığ su seviyelerini sabit tutan sulak alan yönetimi veya sulak alan bitkilerinin düzenli biçimde biçildiği ve hasat edildiği yöntemlere kıyasla daha başarılı bir sivrisinek mücadelesi öngörmüştür.



Yağmur suyu tutma havzaları ve diğer yapay sulak alanlar, genelde insanların yaşadığı veya çalıştığı yerlere yakındır. Bu sulak alanlarda bitki örtüsü yönetimi temel sorunlardan biridir. (Fotoğraf: Matthew Shepherd/The Xerces Society)

Yapay veya yüksek düzeyde gözetimli doğal sulak alanlarda yürütülen bitki örtüsü yönetimi, genelde su kuşlarının habitatlarını iyileştirme amacı taşımaktadır. Yerel sivrisinek türleri ve bunların habitat tercihlerine ilişkin bilgiler doğrultusunda yürütülen bitki örtüsü yönetiminin, su kuşlarını gözetirken sivrisinek sayısını da azalttığını ve su kuşlarının beslendiği diğer makro omurgasız canlı türlerinin sayısını artırmakta faydalı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Batzar & Resh 1992a, 1992b; de Szalay ve diğerleri 1995). Önerilerden biri, bataklığın yarısını genelde adacıklar hâlinde bitki örtüsüyle dolduran, diğer yarısında ise derin su alanları bırakan yarı-bataklık düzenlemesidir (Walton 2003). Batzer & Resh'in çalışması (1992b), mevsimsel sulak alanlardaki yoğun bitki örtüsü alanlarını biçmenin kuşlar için daha fazla açık alan oluşturduğunu ve *Ae. melanimon* ile *Cs. inornata* sivrisinek larvalarını kenarlarda kalan bitki örtüsüne kaçmaya zorladığını, böylece mücadeleyi daha hedefli hâle getirdiğini belirlemiştir. İkisi de ördek besini olan avcı bir dytiscid böceği (*Agabus*) ve ısırmayan bir tatarcık türünün (*Chironomus*), bu tip biçilmiş sulak alanlardaki sayısı daha fazladır (Batzer & Resh 1992b). İyi bir sivrisinek yumurtlama ve larva habitat ortamı sunan yoğun *Myriophyllum aquaticum* bitki örtüsünün hedefli şekilde biçilmesiyle, Kaliforniya'daki bir sulak alanda *Anopheles* sivrisinek yoğunluğu azaltılmıştır (Orr & Resh 1991). Bu çalışma, bir alanda sivrisinek üreten mikro-habitatların dağınık yapısını vurgulamaktadır ve alanın tümünde uygulama yapmaya kıyasla üreme noktalarının belirlenip yalnızca bu noktalarda mücadele yapmanın başarısını öne çıkarmaktadır. Benzer biçimde, Kaliforniya'daki mevsimsel sulak alanlarda bulunan buğdaygillerden *Paspalum distichum* türünün %20-70 oranında azaltılması, altı farklı türe ait *Culiseta* ve *Culex* sivrisinek larvalarında %85, pupalarında %95 azalma sağladığı gözlenmiştir (Lawler ve diğerleri 2007). Çok yıllık, durgun sulak alanlarda daha yaygın bulunan *Cq. perturbans* için ise, sulak alanda biriken organik maddenin aerob koşullarda parçalanmasını teşvik eden geçici su seviyesi azaltımlarının, sonraki birkaç yıl boyunca sivrisinek sayılarını düşürdüğü belirlenmiştir (Batzer & Resh 1992b). Bu, büyük olasılıkla, oksijen düzeyi artınca hasır otu bitkisinin "su köklerini" bırakması ve oksijen almak için hasır otu köklerine bağlı yaşayan *Coquillettia* sivrisineğinin yeniden çoğalmak için sudaki oksijen seviyesinin düşerek hasır otunun yeniden kök oluşturmaya başlaması gerektiğiyle ilişkilidir.

Su kuşlarına fayda sağlamak amacıyla yürütülen mevcut bitki örtüsü yönetimi teknikleri, sivrisinek mücadelesine de fayda sağlayacak biçimde uyumlandırılabilir. Sivrisinekle mücadele pestisitlerinin, istilacı hevhulma bitkisine (*Lythrum salicaria*) karşı biyo-mücadele ajanı olarak kullanılan *Galerucella californiensis* adlı bir yaprak böceği üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışma, hevhulma bitkisinin çimlenmesini yavaşlatan ve su kuşlarına faydalı yerel bitki türlerinin gelişimini hızlandıran daha derin banketlendirme yönteminin, sivrisineklere karşı etkili yerel balık türlerini de desteklediğini gözlemlemiştir (Lowe & Hershberger 2004). Su kuşlarına yönelik yürütülen olağan bitki örtüsü kontrol yöntemlerinin bir incelemesinde, diskli tırmıkla işleme veya yakma uygulamalarının üç türe ait sivrisinek larvası yoğunluğunu azalttığı görülmüştür (*Cx. tarsalis*, *Cu. inornata*, *Ae. melanimon*; de Szalay ve diğerleri 1995). Kuşlar ve kuşların beslendiği hedef dışı omurgasızlar için en ideal habitatlar açık suların ve bitki örtüsünün bir arada bulunduğu yerler olduğundan, araştırmacılar yalnızca en çok sivrisinek üreten bitki örtüsü kaplı habitatları hedef alan "mozaik" yaklaşımı önermektedir. Yeni su altında kalmış olan mevsimsel sulak alanlarda kolonizasyon da bitki örtüsü miktarından etkilenmektedir (de Szalay & Resh 2000). Bitki örtüsü oranı arttıkça sivrisinek kolonizasyonu da artmakta, fakat ısırmayan tatarcık (*Chironomidae*), su böceği (*Corixidae*) ve çöpçü su böceği (*Hydrophilidae*) kolonizasyonu düşmektedir. Bu sonuçlar, bitki örtüsü yönetiminin olası geniş çaplı etkilerini ortaya koymaktadır, çünkü bu üç böcek türünün hepsi su kuşları için besin kaynağıdır ve çöpçü su böcekleri özellikle etkili bir sivrisinek larvası avcısıdır.

Yem Tuzakları

Yetişkin sivrisineklerle mücadelede kullanılan insektisitler, larva mücadelesinde kullanılanlardan daha geniş spektrumludur ve dolayısıyla hedef dışı canlılar üzerindeki etkileri de daha fazladır. Feromonlar, beslenme tetikleyicileri, toplanma feromonları ve yumurtlama atraktantları (çekicileri) gibi semio-kimyasallarla yemlenen tuzaklar, tarımda bazı istenmeyen böcek türlerinin yetişkinleriyle mücadelede yıllardır başarılı biçimde kullanılmaktadır ve bazı araştırmacılar bu yöntemi sivrisinek mücadelesinde değerlendirmeyi denemiştir. Dişi sivrisinekler, potansiyel kan (besin) kaynağı olan canlıların nefes alıp verişiyile havaya saldığı maddeler, özellikle de karbon dioksit (CO₂) ve octenol (1-octen-3-ol) tarafından çekilir (Takken & Kline 1989). New Jersey Light Trap (Mulhern 1942), Centers for Disease Control minyatür ışık tuzağı (Sudie & Chamberlain 1962) ve daha sonra üretilen benzeri ışık ve CO₂ bazlı tuzaklar, pestisit uygulama kararı almak amacıyla popülasyon verisi toplamak için yıllardır sivrisinek gözleminde kullanılmaktadır. Bu tekniğin sivrisinek mücadelesinde daha etkin nasıl kullanılabileceği fazla araştırılmamıştır, çünkü sivrisinek gibi çok yüksek popülasyon yoğunluklarına ulaşan canlılarla mücadelede kitlesel tuzak yönteminin etkisiz olduğu düşünülmektedir (Kline 2006, Kline 2007). Fakat, "atraktisit" (çek ve öldür) temelli sivrisinek mücadelesinde atraktant (çekici) bazlı tuzaklar ve hedefler, Afrika'daki çeçe sineği mücadelesinde kullanılan insektisit emdirilmiş tuzakların başarısından sonra ABD'de ilgi görmeye başlamıştır (Vale ve diğerleri 1993). Piyasada Dragonfly® (BioSensory, Inc.), Mosquito Magnet® (American Biophysics), MegaCatch® (EnviroSafe Technologies) ve SkeeterVac® (Blue Rhino) gibi ürünler bulunmaktadır. Bu tuzaklar CO₂, octenol ve diğer kokulu çekicilerle ve/veya ısıyla yemlenmekte, propan gazı, elektrik veya bataryayla güç almaktadır.



Piyasada bahçe kullanımı için çeşitli tuzaklar bulunmakta ve bunların çoğu, bu örnekte olduğu gibi kokulu çekicilerle (atraktant) yemlenmektedir. Gözle görünür bir başarı sağlasa da ısırılmayı her zaman azalttıkları söylenemez. (Fotoğraf ©istockphoto/ritajaco)

Piretroid pestisit (lambda-cyhalothrin) emdirilmiş atraktant-bazlı tuzakların etkisi, Florida'daki küçük bir bariyer adası olan Key Adası'ndaki tuzlu su bataklığı türü *Ae. taeniorhynchus* üzerinde denenmiştir. Ada üzerinde bir yaban hayatı koruma bölgesi olduğu için sivrisinek mücadelesinde alışılabilir piretroid püskürtmesi yapılamamış, ayrıca bitişik tatil köyünün şikayetleri nedeniyle alternatif mücadele yöntemleri araştırılmıştır. Araştırmanın ilk safhasında bölgenin çevresinde yem tuzaklarından oluşan bir bariyer kurulmuş, fakat sivrisinek popülasyonları düşük düzeyde seyretmiş olsa da kayda değer bir fark görülmemiştir (Kline & Lemire 1998). Benzer bir tasarım, Florida'daki Marco Adası'nda bulunan bir konut yerleşimini yakınlardaki bir mangrov bataklığında üreyen *Oc. taeniorhynchus* popülasyonlarından korumak amacıyla ve büyük bir başarıyla denenmiştir (Kline 2006'da incelenmiştir). Yerleşim sakinlerinin isteği üzerine alanın çevresinde kalıcı bir tuzak bariyeri oluşturulmuştur. Diğer denemelerde, CO₂, ısı ve octenol atraktant ile çalışan Mosquito Magnet® tuzakları kullanılmış ve Meksika Körfezi'ndeki Atsena Otie Adaları'nda üç yıl sürekli kullanımdan sonra sivrisinek popülasyonlarında %80-90 azalma kaydedilmiş (Kline 2006), ayrıca Utah'daki Salt Lake City'nin konut mahallelerinde bulunan ağaç kovuğu sivrisineği *Oc. sierrensis* sayılarında da düşüş gözlemlenmiştir (Hougaard & Dickson 1999).

Fakat, yem tuzaklarının başarısı tartışmalıdır. Florida eyalet parkında bulunan bataklıklardaki *Aedes* ve *Culex* türleriyle mücadelede octenol ve CO₂ ile güçlendirilmiş Mosquito Magnet® X tuzakları kullanılan denemeler, binlerce sivrisinek yakalanmışsa da başarısız olmuştur. (Smith ve diğerleri 2010). Louisiana'da 14 ay boyunca sahada yürütülen tuzak ve kaçırıcı sistemler, Mosquito Magnet® tuzaklarının Dragonfly/Cognito® tuzaklarında daha iyi çalıştığı, farklı deneme alanlarında 1.5 ile 3.9 kat daha fazla dişi sivrisinek yakaladığı tespit edilmiş (Collier ve diğerleri 2006), fakat deneme alanlarındaki ısırılma şikayeti düzeyi araştırma kapsamında değerlendirilmemiştir. Fakat, eş zamanlı test edilen iki kaçırıcı sistem (SC Johnson OFF Mosquito Lantern® ve ThermaCell® kablosuz sivrisinek sistemi) bölgedeki sivrisinek sayılarını azaltmakta çok etkili olmuştur. Bu kaçırıcıların menzili yem tuzaklarına kıyasla daha azdır (yaklaşık 21 m²), fakat bahçe kullanımı için oldukça uygundur. Tuzaklarda kullanılan çekici yemlerin, tuzağın başa çıkabileceğinden daha fazla sivrisineği çekiyor olma ihtimali de vardır ve tuzaklarda yüksek sayım oranı tespit edilen bazı durumlarda, sivrisinek ısırılma düzeyinde azalma görülmemiştir. Kanada'nın Manitoba bölgesindeki kırsal ve kentsel alanlara yerleştirilen dört adet Mosquito Magnet® tuzağı, çalıştığı doksan dört gece boyunca altı farklı sivrisinek türüne ait iki milyondan fazla birey toplamıştır, fakat buna rağmen insanların üzerine konan sivrisinek sayılarında gözle görülür bir azalma tespit edilmemiştir (Henderson ve diğerleri 2006). Bu durumda, deneme alanında üremeye devam eden çok sayıda sivrisinek, tuzakların kapasitesini aşmış olabilir; ayrıca, insanların üzerine konma ölçümü tuzakların aktif olduğu alanda ve zamanda yapıldığından, verimsizliğin nedeni tuzakların alana sivrisinekleri çekmeye devam etmesiyle de açıklanabilir.

Hedef dışı canlılar üzerinde kısıtlı etkiye sahip ve nispeten zehirsiz başka bir yöntem, karasinekler, hamam böcekleri ve karıncalarda mide zehri etkisi yaratan borik asit ile sakaroz karışımından oluşan bir solüsyonun aynı ULV uygulaması gibi bitkilerin yeşil aksamı üzerine püskürtülmesi veya tuzaklarda kullanılmasıdır. İlk laboratuvar denemelerinde kullanılan %10 sakaroz/borik asit solüsyonu, sivrisinekler üzerinde % 0.1-0.9 borik asit aralığında ve LC₅₀ düzeyinde toksik etki göstermiştir (Xue & Barnard 2003). Öldürücü olmayan dozlar ise hayatta kalma oranını, beslenme arayışını ve doğurganlığı azaltmıştır. Hassasiyet ise türe ve cinsiyete göre farklılık göstermiştir; tuzaklar genel olarak erkek sivrisinekler üzerinde daha etkilidir ve *An. quadrimaculatus* üzerinde *Ae. albopictus* ve *Cx. nigripalpus*'a kıyasla daha az toksiktir. Büyük açık hava kafeslerinde bitki örtüsüne püskürtülen %5 şekerli suya karıştırılmış %1 borik asit solüsyonu, *Ae. albopictus*, *Cx. nigripalpus* ve *Oc. taeniorhynchus* sivrisinekleri üzerinde %80-100 öldürücü bulunmuş (Xue ve diğerleri 2006), insan denekler üzerine *Aedes* ve *Culex* türlerinin konma oranını da düşürmüştür. Bu borik asit konsantrasyonunun daha büyük açık alan testlerinde *Ae. albopictus*'a karşı etkili olduğu da tespit edilmiştir (Xue ve diğerleri 2011).

Bu araştırmalara göre, bütün sivrisinek sorununu çözecek bir deva olmamakla birlikte, özellikle tek bir sivrisinek türünün baskın olduğu alanlarda (kullanılan atraktisiti en ideal biçimde hazırlayabilmek için) veya yetişkin sivrisineklerin larva habitatından fazla uzaklaşmadığı yerlerde, atraktisit tuzakların sivrisinek yoğunluğunu ciddi oranda düşürme potansiyeli bulunmaktadır. Yem tuzakları yaygın olarak kullanılmadığı için, tuzak verimini farklı habitatlar ve türlere göre optimize edecek çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir. Bu konuda dikkate alınması gereken bir husus, sivrisineklerin doğal yaşam döngüleri nedeniyle veya hava koşullarının değişmesiyle, bir alandaki sivrisinek sayısının tuzaklardan bağımsız olarak yalnızca birkaç gün içinde ciddi oranda değişebileceğidir. Ayrıca, borik asit tuzaklarda değil bitkilerin üzerine püskürtme biçiminde uygulandığı zaman hedef dışı canlılar üzerindeki olası etkileri ve kalıcılığı incelenmelidir. Sivrisinek tuzakları tam bir mücadele sağlamasa da, bazı durumlarda sayılarının azalması nedeniyle insanlar üzerindeki ısırılma baskısı düşebilir ve mücadeleyi tamamlamak için gereken pestisit uygulamalarının miktarı ve sıklığı azalabilir, özellikle de kaynak azaltımı ve kişisel korunma gibi diğer biyo-rasyonel tedbirleri alındığında. Ayrıca, bu tuzaklar sivrisinekler için hazırlanmış olsa da, bazı tatarcık, sinek ve diğer ısırıcı böcek türleri de kan arayışında bu tuzaklara çekilebilir, fakat bunu değerlendirecek çalışmalar henüz yürütülmemiştir.

Halk Eğitimi

Bütün entegre mücadele programlarının temelinde, halkı sivrisinek mücadelesi hakkında bilgilendirecek ve eğitecek kampanyalar yatmaktadır. Vatandaşların sivrisineklerden bulaşan hastalıklara ilişkin haklı endişeleri genelde sansasyonel habercilik nedeniyle şiddetlenmekte, hastalıkların bulaşmasında farklı sivrisinek trlерinin oynadığı rollere, belirli bir bölgedeki sivrisineklerin yaşam döngüsü ile vektör kapasitesine, bölgesel üreme alanlarına, enfeksiyon riskine, kişisel korunma seçeneklerine ve sivrisinek üreten alanların azaltımına dair bilgi eksikliği de bu endişeleri artırmaktadır. Sağlam bir entegre yönetim stratejisi geliştirmek için kullanılan bilimsel ilkeler nelerse, halk eğitim kampanyaları oluştururken, gerçekleştirirken ve değerlendirirken de aynı bilimsel yaklaşımlar kullanılmalıdır. Mücadele programının temelini oluşturan verileri ve gerçekleri halka anlayabilecekleri bir dilde açık ve net biçimde aktarmak da aynı derecede önemlidir, çünkü belirli bir eylemin neden hayata geçirilmesi gerektiğini (veya ısırarak can sıkmaktan başka bir zararı olmayan sivrisineklerle neden mücadele edilmediğini) anlamak, bir entegre mücadele programına desteği ve icabeti artırır.



Centers for Disease Control (Hastalıkla Mücadele Merkezleri), başarılı halk eğitim malzemeleri geliştirmekte nc bir rol oynamaktadır.

Buna ek olarak, halk eğitim programlarının başarısını ölçmek için yürütülecek uygulama sonrası takip, sivrisinek mücadele uygulamasının başarısını ölçmek için yürütülen uygulama sonrası takip kadar önemlidir. Topluluk eğitim programlarının bir uzantısı olarak, istenen mesajların yerine ulaşıp ulaşmadığını, insanların davranış biçimini değiştirmekte ne kadar etkili olduğunu, halk eğitiminde kullanılan malzemeleri iyileştirmenin yollarını ve programın genel etkisini değerlendirmek amacıyla takip anketleri düzenlenmelidir. Sivrisinek mücadelesinde olduğu gibi, halk eğitimi de sürekli devam etmesi gereken bir süreçtir; belirli bir bölgede, farklı kültürler ve sosyo-ekonomik düzeylerden topluluklara uygun, erişilebilir, doğru ve isabetli bilgiler sürekli iletilmelidir. Sosyal erişim çalışmalarının seviyesi, vatandaşların davranış ve yaklaşımında gözlenen değişimlere paralel olarak kaydedilmelidir; sivrisinek popülasyonları üzerindeki etkileri, ısırılma yoğunlukları ve hastalık bulaşma düzeyleri tespit edilmeli, kullanılan mücadele yönteminin diğer mücadele yöntemlerine kıyasla maliyet-etkinliği değerlendirilmelidir (Nelson 1994).

Halk eğitim kampanyalarını, sivrisinek mücadelesinde tabandan başlayan bir sistem olma avantajı sağlar, çünkü vatandaşlar kendileri, aileleri ve komşuları için koşulları iyileştirme gücü kazanır. Teori ve pratik arasında boşluklar görülse de, toplum tabanında gerçekleşen vektör mücadele çabalarının gerçek başarısı şüphe götürmemektedir (bkz. "Halk Eğitimi, İnsan Davranışlarını ve Vaka Oranlarını Değiştirir", s. 44)

8. Sivrisinek Mücadelesinde İdeal Bir Yaklaşım için Öneriler

Ekolojik sivrisinek mücadelesinde ideal bir yaklaşım için, birbiriyle ilişkili bazı kilit öğeler göz önüne alınmalıdır. Her yerde aynı etkiyle çalışacak tek bir sivrisinek mücadele planı yoktur, fakat aşağıdaki soruların cevaplarını düşünerek, çevrenin ihtiyaçlarıyla insanların ihtiyaçlarını dengeleyen, belirli bir alana has özel bir sivrisinek mücadele planı formüle edebilirsiniz.

Halkı Bilgilendirin

Kendi bilgisi doğrultusunda hareket eden aydın vatandaşların sivrisinek mücadelesinde önemi büyüktür. Sulak alan yöneticileri, vektörle mücadele birimleri ve sağlık müdürlüklerine danışarak, halkı sivrisinek ile bulaşan hastalıklar ve sivrisinek yoğunluğunu azaltacak kişisel korunma önlemleri hakkında bilgilendirmek amacıyla hangi sosyal eğitim malzemelerinin kullanıldığını öğrenebilir ve değerlendirebilir. Halkın ziyaret ettiği sulak alanlarda bu malzemeler görünür olmalıdır.

Alana özel sivrisinek mücadele eylemlerini ve bu eylemlerin neden gerçekleştirildiğini çevrede yaşayan vatandaşlara açıklayan bir iletişim planı geliştirilmelidir. Alanda üreyen sivrisinekler, bu sivrisineklerin bir halk sağlığı riski teşkil edip etmediği veya çevrede yaşayanları rahatsız edecek uçuş menziline sahip olup olmadığı gibi bilgiler de erişilebilir hâle getirilmelidir. Yöre halkı, halk sağlığı tehlikesi oluşturmayan, yalnızca kaşınıtı nedeniyle rahatsızlık veren sivrisineklerle mücadele edilmediği, yılın farklı dönemlerinde karşılaşacakları ısırılma oranları ve ısırılmayı tamamen ortadan kaldıracak etkili kişisel korunma tedbirleri hakkında bilgilendirilmelidir. Sulak alan sağlığını ve sucul omurgasızlardan oluşan yaban hayat besin kaynaklarını korurken, bir yandan da pestisit kullanımını azaltmanın veya ortadan kaldırmanın biyoçeşitlilik açısından önemini belirten ek bilgiler de halka arz edilirse, "sıfır tolerans" yaklaşımının neden uygulanmadığını açıklamak ve halkın anlamasını sağlamak kolaylaşacaktır.

Bir topluluk eğitim programı planlarken düşünülmesi gereken sorular şunları kapsar:

Sulak alanın, bir internet sitesi, Facebook sayfası, Twitter hesabı veya benzer bir sosyal medya platformuna sahip bir kurumla ilişkisi var mı? Sosyal medya, bilgiyi çok daha geniş çapta yaymak için iyi bir araçtır ve bireylerin kaygılarını, yorumlarını ifade edebileceği bir platformdur.

Yerel düzeyde hangi elektronik ve basılı medya çeşitleri mevcut? Çeşitli bilgi dağıtım araçları kullanmak, bilgiyi daha geniş bir yelpazeden insanlara ulaştırabilir.

*Çevrede yaşayan vatandaşlar arasında anadili İngilizce olmayanların oranı nedir, ve hakim diller hangileridir? Centers for Disease Control (Hastalıklarla Mücadele Merkezleri) ve eyalet sağlık müdürlükleri, *Isırılmaya-Karşı-Koy* tipi bilgilendirici malzemeleri farklı dillerde hazırlamaktadır. Bölgedeki eğitim kurumlarından veya sivil toplumdaki da tercüme yardımı alınabilir.*

Yörede bilgiyi yaymakta yardımcı olacak topluluk-temelli gruplar var mı? Ayrıca, bölgede farklı etnik gruplara yönelik gazeteler, radyo istasyonları, topluluk grupları, işletmeler ve tıbbi hizmet veren kurumlar da bilgi yaymakta ve tercüme ihtiyacında yardımcı olabilir.



Bir mahalleye yerleştirilen basit levhalar, vatandaşların kendilerini korumak için atabileceği adımlar hakkında iyi bir bilgilendirici rehber olabilir. (Fotoğraf: iStockphoto/sebastianiov.)

İletişimde yardım edebilecek vatandaş eylem grupları var mı? Bu tip gruplar, konut yerleşimindeki durgun su birikintilerinden kurtulmak için temizlik etkinlikleri de düzenleyebilir.

Kullanılan sosyal eğitim araçları, halkın farkındalığını artırmak ve davranış biçimlerini değiştirmekte etkili mi? Herhangi bir halk eğitimi kampanyasının etkisini ölçecek ve başarılı yönlerini belirleyecek bir değerlendirme planı geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

İstikrarlı ve Kapsamlı Takip Çalışmaları Yürütün

Takip, bir alanın çok sayıda sivrisinek üretilip üretilmediğini belirlemek, üreyen türleri tanımlamak, mevsimsel popülasyon değişimlerini değerlendirmek ve sivrisinek üreten “sıcak nokta” mikro-habitatları teşhis etmek için kritiktir. Örneğin bir halk sağlığı tehlikesi oluştuğunda biyolojik veya kimyasal insektisitler kullanılacaksa, sivrisinek sayılarının böyle bir uygulamayı gerektirecek eşiği aşmış olduğunu tespit etmek için de takip çalışmaları yürütmek çok önemlidir. Son olarak, saha uygulamalarından sonra takip çalışmaları yürütmek, sivrisinek mücadelesinin başarısını belirlemek ve gerektiğinde yönetim biçimini koşullara uyarlamak ve kullanılan mücadele tekniğine geçerlilik kazandırmak için de faydalıdır.

Diğer canlı gruplarını takip etmek de istenebilir; örneğin, bir alanda bulunan doğal avcı canlı çeşitliliğini ve bu çeşitliliğin mevsimsel sivrisinek yoğunluğuyla ilişkisini belirlemek ve insektisit kullanımından zarar görebilecek hassas canlıların ortamda olup olmadığını tespit etmek amacıyla.

Bir takip programı planlarken düşünülmesi gereken sorular şunları kapsar:

Alanda sivrisinek üüyor mu? Evet ise, hangi türler? Vektörle mücadele birimlerinin elinde, bölgedeki sivrisinek türleri ve mevsimsel yoğunluklarına ilişkin uzun vadeli veriler olabilir.

Alanda sivrisinek üüyor, bunların insanları ısırma oranı nedir ve ne kadar yalnızca kaşıntıya yol açıyor, ne kadar ise hastalık taşıyan vektörler?

Sivrisinekler alandan ne kadar uzağa uçabiliyor? Vatandaşların vektörle mücadele birimlerine yaptığı şikayetler, sorunu yakınlardaki bir sulak alana atıyor olabilir, fakat problemin gerçek kaynağı kendi arka bahçelerinde yatıyor da olabilir.

Kurumunuzun hastalık bulaştırmayan sivrisineklere karşı uygulama yapmama yetkisi var mı, yoksa böyle bir karar vektörle mücadele birimleri tarafından hükümsüzleştirilebilir mi? Eğer bir alanda üreyen sivrisinekler yakınlardaki konut alanlarını ve mahalleleri rahatsız ediyorsa, hastalık bulaştırma riski olmayan sivrisineklerle mücadele etmeme kararına karşı çıkılacaktır.

Alanın tümünde aynı oranda mı sivrisinek üüyor, yoksa mücadele gerektiğinde yalnızca noktasal uygulama yapılabilecek, daha fazla sivrisinek üreten “sıcak noktalar” var mı?

Uygulama sonrası uygulamanın etkisini ölçmek amacıyla hangi takip çalışmaları yürütülecek?

Alanda yaşayan biyotik (canlı) toplulukların yapısı nedir? Alanda sivrisinek avcısı olan sucul böcekler, yusufçuklar, kızböcekleri, balıklar ve ikiyaşamlılar zaten var mı?

Sulak alan veya çevresinde nadir, hassas veya tehlike altında yaban canlıları bulunuyor mu? Bunların arasında besin kaynağı olarak sivrisinekler veya tatarcıklara ihtiyaç duyan canlılar var mı?

İşbirlikçi Ortaklıklar Kurun

Ekolojik sivrisinek mücadelesi, habitat hakkında ve yaban canlı toplulukları, sivrisinek türleri ile geçmişi, halk sağlığı gibi konuların yanı sıra, devam eden eğitim çalışmaları, takip ve gözetim gibi meseleler hakkında daha fazla bilgi sahibi olmayı gerektirir. Herhangi bir kurumun tek başına tüm bu uzmanlığa sahip olması pek mümkün değildir. Ayrıca, mevcut bir yerel vektör mücadelesi çerçevesinde, bölgesel vektörle mücadele kurumlarıyla kapsamlı bir iletişim ve işbirliği de gerektiren, alana has mücadele uygulamaları yürütmek gerekebilir. Eğer bölgede aktif olarak çalışan bir sivrisinek veya vektör mücadele kurumu varsa, mevcut mücadele planları hakkında detaylı bilgi almak için onlarla iletişime geçmek ve bu planların kendi alanınızda uygulamak istediğiniz yöntemlerle uyumlu olup olmadığını öğrenmek gerekecektir. Eğer alana özel uygulamalar yürütecekseniz, vektörle mücadele kurumunu bunlar hakkında bilgilendirdiğinize ve işbirliği oluşturduğunuza emin olun. Uygulama ve takip bilgilerinin paylaşılması da gerekecektir, böylece vektörle mücadele kurumunun mevsim boyunca üreyen sivrisinek türleri ve yoğunluğu hakkında bilgi sahibi olması sağlanmalıdır.

Belirli bir alanda yürütülecek ideal sivrisinek mücadelesinde destek verebilecek diğer paydaşları belirlemek için, eksik olan uzmanlık alanlarını netleştirmek önemlidir.

Potansiyel paydaşları tanımlarken düşünülmesi gereken sorular şunları kapsar:

Bölgede ve eyalette sivrisinekle bulaşan hastalık oranı nedir? Bu veriler, Centers for Disease Control (Hastalıkla Mücadele Merkezleri) ve bölge veya eyalet halk sağlığı birimlerinde bulunmaktadır. Bir halk sağlığı kurumu temsilcisi ile birlikte çalışmak veya en azından düzenli iletişim kurmak, bölgedeki herhangi bir hastalık vakası veya enfeksiyon riskine dair güncel kalmak ve farklı hastalıkların taşıyıcısı olan sivrisinek türleri hakkında bilgi sahibi olmak için faydalıdır.



Belirli bir alandan bağımsız olarak, sivrisinekle mücadele ilkeleri hep aynıdır: kapsamlı bir takip, mevcut sivrisinek türleri, etkilerin değerlendirilmesi ve halk eğitimini de kapsayan bir plan hazırlanması. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/The Xerces Society)

Kurumunuz, sivrisinek türlerini doğru tanımlamanızı sağlayacak entomoloji uzmanlığına sahip mi? Sivrisinek numunesi almak nispeten basit bir işlem olmakla birlikte, cins ve tür tanımı yapmak ciddi uzmanlık gerektirir. Bir vektörle mücadele kurumu veya halk sağlığı birimi kendi takip programları çerçevesinde size böyle bir hizmet verebilir. Diğer taksonomi uzmanlığı ise bölgedeki üniversitelerden, çevre danışma kurumlarından ve yerel veya eyalet düzeyinde sağlık birimlerinden alınabilir.

Çevrede doğal alan olarak yönetilen başka sulak alanlar bulunuyor mu? Federal, eyalet veya bölge düzeyinde park çalışanları ile planlama ve eylem koordinasyonu yürütmek, daha büyük bir bölgeyi kapsayan daha uyumlu ve tutarlı bir mücadele planı oluşturmanızı sağlayabilir.

Kurumunuz, detaylı CBS haritalandırması ve takibi yapmanızı sağlayacak kapasiteye ve teknolojiye sahip mi? Devlet kurumları, potansiyel sivrisinek habitatlarının önemli özelliklerini gösteren CBS veri katmanları sağlayabilir (sulak alanlar, yağmur suyu biriktirme havzaları, bitki örtüsü, insan nüfusu yoğunlukları, hastalık vaka dağılımı, vb.) ve karar vermeyi kolaylaştıracak bilgilendirici haritalar da yine devlet kurumları veya üniversitelerin halk eğitim hizmetleri tarafından sağlanabilir.

Mevcut Yerel Sivrisinekle Mücadele Yöntemlerini Belirleyin

Bölgedeki mevcut sivrisinek mücadele faaliyetleri ve bunların sizin oluşturduğunuz alana özel mücadele planıyla uyumu belirlenmelidir.

Mevcut mücadele faaliyetlerini belirlerken düşünülmesi gereken sorular şunları kapsar:

Eyalette bir entegre mücadele planı yayınlandı mı? Eğer evet ise, alanınızın yetkisi altında kaldığı vektörle mücadele birimi, bu plana ne kadar sadık?

Mevcut bir sivrisinekle mücadele planının olası çevre etkileri nelerdir ve alandaki yaban hayatı nasıl etkileyebilir?

Yerel vektörle mücadele kurumlarının kendi planıyla sizin planınız arasında farklar varsa, size kendi uygulama planınızı yürütmeniz için veya hastalık taşıma riski olmayan sivrisineklerle mücadele etmemek de dahil olmak üzere, farklı mücadele yöntemleri kullanmanıza izin vermelerini sağlayacak nasıl bir işbirliği kurabilirsiniz?

Bilgilendirici Haritalar Oluşturun

CBS teknolojisi, detaylı veriler toplamayı ve sivrisinek mücadelesine faydalı bilgilendirici haritalar oluşturmayı sağlar. Devam eden takip çalışmalarından elde edilen verileri haritalandırmak ve habitat özellikleri, yağış oranları, sıcaklıklar gibi ek verilerle birleştirmek, noktasal uygulama için çok sayıda sivrisinek üreten sıcak noktaları belirlemenize ve sivrisinek üreme oranını azaltmak amacıyla değiştirmeye müsait habitat parçalarını (ör. bitki örtüsü veya hidroloji yönetimi) tanımlamanıza, doğal düşmanların bulunduğu alanları ve sivrisinek yoğunluğunu artıracak hava koşullarını tespit etmenizi sağlar. Bu bilgiler, her yıl yetişkin sivrisinekleri yakalamanız, larva numunesi alma faaliyetleriniz, mevsimsel örüntüleri görmeniz ve uzun vadeli eğilimleri veya olağandışı olayları tespit etmeniz için belirli alanları (veya bir alan içindeki mikro-habitatları) önceliklendirmenizi sağlayacaktır. (Bir alanda ortaya çıkan yeni türleri saptamak veya çok yıllık ortalamalara kıyasla anormal derecede yüksek popülasyonları görmek de bunlara dahildir.)

Alana Özel Bir Mücadele Planı Geliştirin ve Uygulayın

Bir saha uygulaması için gerekli adımları netleştiren, takip verilerine dayalı ve sağlam EZY ilkelerine oturan bir plan oluşturulmalıdır.

Bir entegre mücadele planı oluştururken göz önüne alınması gereken meseleler şunları kapsar:

Sağlık riski oluşturmayan, sadece kaşıntıya yol açan sivrisineklerle mücadelede pestisit kullanılmasını önermiyoruz, fakat bu sivrisineklere karşı pestisit uygulamama kararını hükümsüz kılacak politik veya yasal mecburiyetler olabileceğini de biliyoruz. Bölgesel vektörle mücadele kurumlarının kapsamı ve uygulamaları doğrultusunda “uygulamasız” bir yaklaşımın mümkün olmadığı durumlarda, habitat üzerinde en az olumsuz etkiye yol açacak uygulama planına karar vermek için kurum personeliyle birlikte çalışmak gerekecektir. Vektörle mücadele kurumu, uygulamayı tetikleyecek ısırılma baskısının eşiği hakkında bilgi vermeli, bu eşiğe karar verirken kullanılan verileri paylaşmalıdır. Eğer alan vatandaşlar tarafından kullanılıyor veya ziyaret ediliyorsa, sivrisinekler hakkında uyarmak, hastalık tehlikesi olmadığını açıklamak ve kişisel korunma tedbirleri alınması için eğitim ve bilgilendirme çalışmaları artırılmalıdır.

Eğer uygulama yapılması gerekiyorsa, etkili bir mücadele sağlarken sulak alana en az düzeyde zarar verecek fiziksel, biyolojik ve kimyasal mücadele yöntemlerinin en iyi kombinasyonu nedir?

Hangi sivrisinek türü ve sayısı, biyolojik veya kimyasal pestisit kullanımını tetikler?

Alan kalitesini iyileştirerek ve sivrisineklerin doğal düşmanları da dahil olmak üzere biyoçeşitlilik artışını sürdürerek, korumaya yönelik biyolojik yöntemleri destekleyen mücadele uygulamaları var mı?

Sivrisinek üreten bir sulak alanda, üreme noktalarını azaltacak su veya bitki örtüsü yönetim uygulamaları mevcut mu? Bu, doğal sulak alanlardan ziyade yapay sulak alanlar veya su kuşu habitatlarını iyileştirmek ya da yağmur suyu arıtımı için halihazırda yönetim uygulamaları bulunan alanlar için geçerlidir.

Hem kullanılan yöntem hem de uygulama yapılan alanın genişliği açısından en zehirsiz uygulama alternatifi nedir? Sivrisinek yoğunluğunun en yüksek olduğu mikro-habitatlarda en zehirsiz alternatifleri kullanmak, hedef dışı canlılar üzerinde en düşük etkiye yol açar ve genel ekosistem sağlığını korurken, başarılı bir mücadele de sağlayacaktır.

9. Sonuçlar

Sivrisinekler, sulak alan ekolojisinin doğal ve ayrılmaz bir parçası olmakla birlikte, tamamen yok edilmeleri ne pratik, ne mümkün, ne de gereklidir. Bütün sulak alanlarda sivrisinek üremez ve ürese bile bunların sayıları fazla olmayabilir, hattâ üreyen sivrisinekler insanları ısırmayan türler olabilir veya virüs ya da hastalığa yol açan diğer patojenlerin taşıyıcısı olmayabilir.

Kuzey Amerika'daki sucul habitatların ve sivrisinek türlerinin çeşitliliği, mücadele için tek bir sihirli çözüm olmadığı anlamına gelmektedir. Deneyimler, geniş çaplı kimyasal mücadelenin yaban hayata zarar verdiğini ve uzun süreli bir çözüm olmadığını göstermiştir. Ekolojik sivrisinek mücadelesi, farklı coğrafi bölgelere, habitatlara ve insan topluluklarına has tekniklerin bir harmanı olmalıdır ve arazi yöneticileri, sivrisinekle mücadele kurumları ve halk arasında etkili ve sürekli devam eden bir iletişim gerektirmektedir.

Herhangi bir gerçek EYZ programında olduğu gibi, hedefe yönelik ve ekolojik açıdan sağlıklı bir sivrisinek mücadelesi için de ciddi miktarda zaman harcanmalıdır. Arazi yöneticileri ve sivrisinekle mücadele personeli, alanın özelliklerini çok iyi bilmeli, entomolojik uzmanlığa erişebilmeli ve hem uygulama ihtiyacını hem de uygulama etkinliğini belirlemek için devam eden takip ve değerlendirme çalışmalarını yürütecek beceriye sahip olmalıdır. Farklı kurumlar arasında etkili bir iletişim sürdürülmeli, alan özellikleri, hava koşulları, biyotik topluluklar ve sivrisinek popülasyonları değıştikçe ve hastalık vakaları ortaya çıktıkça, sivrisinek mücadelesini optimize eden uyarlanabilir bir mücadele yaklaşımı benimsenmelidir. Fakat böyle bir programın birden fazla faydası vardır, çünkü gereksiz yere yapılan uygulamaların önüne geçer, pestisit uygulamaları azaldıkça maliyetler düşer, insan sağlığı ihtiyaçlarını gözetir ve diğer yandan sucul habitatlar tarafından sürdürülen muazzam yaban hayat çeşitliliğini korur.



Sivrisinekler, sulak alanların doğal ve nemli bir parçasıdır, diğer yaban canlılarının hayatta kalmasını sağlar. Hiçbir sulak alan aynı değildir ve ideal bir sivrisinek mücadelesi için alanın özelliklerine uygun bir plan oluşturulması gerekir. (Fotoğraf: Celeste Mazzacano/The Xerces Society)

Kaynaklar

- Adams, L. W., L. E. Dove, and D. L. Leedy. 1984. Public attitudes toward urban wetlands for stormwater control and wildlife enhancement. *Wildlife Society Bulletin* 12:299–303.
- Aditya, G., S. Bhattacharyya, N. Kundu, G. K. Saha, and S. K. Raut. 2004. Predatory efficiency of the water bug *Sphaerodema annulatum* on mosquito larvae (*Culex quinquefasciatus*) and its effect on adult emergence. *Bioresource Technology* 95:169–172
- Ahmed, W., R. K. Washino, and P. A. Gieke. 1970. Further biological and chemical studies on *Gambusia affinis* (Baird and Girard) in California. *Proceedings of the California Mosquito Control Association* 38:95–97.
- Ahmed S. S., A. L. Linden, and J. J. Cech Jr. 1988. A rating system and annotated bibliography for the selection of appropriate, indigenous fish species for mosquito and weed control. *Bulletin of the Society of Vector Ecology* 13:1–59.
- Albers, P. H., D. J. Hoffman, D. M. Buscemi, and M. J. Melancon. 2003. Effects of the mosquito larvicide GB-1111 on red-winged blackbird embryos. *Environmental Pollution* 125:447–451.
- Ali, A., and J. Lord. 1980. Impact of experimental insect growth regulators on some non-target aquatic invertebrates. *Mosquito News* 49:564–571.
- Ali, A. 1981. *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis* (ABG-6108) against chironomids and some non-target aquatic invertebrates. *Journal of Invertebrate Pathology* 38:264–272.
- Ali, A., R. D. Baggs, and J. P. Stewart. 1981. Susceptibility of some Florida chironomids and mosquitoes to various formulations of *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis*. *Journal of Economic Entomology* 74:672–677.
- Ali, A. 1991. Activity of new formulations of methoprene against midges (Diptera: Chironomidae) in experimental ponds. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7:616–620.
- Ali, A., R. J. Lobinske, R. J. Leckel, Jr., N. Carandang, and A. Mazumdar. 2008. Population survey and control of Chironomidae (Diptera) in wetlands in northeast Florida, USA. *Florida Entomologist* 91:446–452.
- AMCA (American Mosquito Control Association). n.d. "Clean Water Act NPDES Impacts on Mosquito Control Programs," <http://www.mosquito.org/clean-water-act-position-paper> [accessed 2/28/13].
- AMCA (American Mosquito Control Association). 1999. *Directory of Mosquito Control Agencies in the United States*. Mount Laurel, NJ: American Mosquito Control Association.
- AMCA (American Mosquito Control Association). 2009. *Best Management Practices for Integrated Mosquito Management*. 7 pp. Mount Laurel, NJ: American Mosquito Control Association. Available at http://www.ncmvca.org/NPDES/AMCA_s_BMPs_for_Mosquito_Management.pdf.
- AMCA (American Mosquito Control Association). 2011. *Benefits of the Pesticide General Permit (PGP) by EPA*. 4 pp. Mount Laurel, NJ: American Mosquito Control Association. Available at http://www.mosquito.org/assets/epa%20explanation%20of%20pgp%20benefits%20rebuttals-2_1.pdf. [Accessed 2/28/13.]
- Anderson, A. L., K. O'Brien, and M. Hartwell. 2007. Comparisons of mosquito populations before and after construction of a wetland for water quality improvement in Pitt County, North Carolina, and data-reliant vectorborne disease management. *Journal of Environmental Health* 69:26–33
- Angelon, K. A., and J. W. Petranka. 2002. Chemicals of predatory mosquito fish (*Gambusia affinis*) influence selection of oviposition site by *Culex* mosquitoes. *Journal of Chemical Ecology* 28:797–806.

- Ankley, G. T., J. E. Tietge, D. L. DeFoe, K. M. Jensen, G. W. Holcombe, E. J. Durhan, and S. A. Diamond. 1998. Effects of ultraviolet light and methoprene on survival and development of *Rana pipiens*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17:2530–2542.
- Aquino, M., M. Fyfe, L. MacDougall, and V. Remple. 2004. West Nile virus in British Columbia. *Emerging Infectious Disease* 19:1499–1501.
- Armitage, P. D. 1995. Chironomidae as food. In *The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges*, edited by P. D. Armitage, P. S. Cranston, and L. C. V. Pinder, 423–435. London: Chapman & Hall.
- ASTHO (Association of State and Territorial Health Officials). 2005. *Public Health Confronts the Mosquito: Developing Sustainable State and Local Mosquito Control Programs*. 72 pp. Washington, DC: Association of State and Territorial Health Officials.
- Ayala, J. R., R. B. Rader, M. C. Belk, and G. B. Schaalje. 2007. Ground-truthing the impact of invasive species: spatio-temporal overlap between native least chub and introduced western mosquitofish. *Biological Invasions* 9:857–869.
- Baber, M. J., E. Fleishman, K. J. Babbitt, T. L. Tarr. 2004. The relationship between wetland hydroperiod and nestedness patterns in assemblages of larval amphibians and predatory macroinvertebrates. *Oikos* 107:16–27.
- Back, C., J. Boisvert, J. O. Lacoursière, and G. Charpentier. 1985. High-dosage treatment of a Quebec stream with *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis*: efficacy against black fly larvae (Diptera: Simuliidae) and impact on non-target insects. *Canadian Entomologist* 117:523–1534.
- Bannerjee, S., G. Aditya, N. Saha, and G. K. Saha. 2010. An assessment of macroinvertebrate assemblages in mosquito larval habitats-space and diversity relationship. *Environmental Monitoring and Assessment* 168:597–611
- Batzer, D. P., and V. H. Resh. 1992a. Macroinvertebrates of a California seasonal wetland and responses to experimental habitat manipulation. *Wetlands* 12:1–7.
- Batzer, D. P., and V. H. Resh. 1992b. Wetland management strategies that enhance waterfowl habitats can also control mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* 8:117–125.
- Batzer, D. P., and S. A. Wissinger. 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology* 41:75–100.
- Baxter, C. V., K. D. Fausch, and W. C. Saunders. 2005. Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology* 50:201–220.
- Becker, N. 1997. Microbial control of mosquitoes: management of the upper Rhine mosquito population as a model programme. *Parasitology Today* 13:485–487.
- Beketov, M. A., and M. Liess. 2007. Predation risk perception and food scarcity induce alterations of life-cycle traits of the mosquito *Culex pipiens*. *Ecological Entomology* 32:405–410.
- Bence, J. R. 1982. Some interactions of predaceous insects and mosquitofish (*Gambusia affinis*): a review of some recent results. *Bulletin of the Society of Vector Ecology* 7:41–44
- Bence, J. R. 1988. Indirect effects and biological control of mosquitoes by mosquitofish. *Journal of Applied Ecology* 25:505–521.
- Benedict, M. Q., and A. S. Robinson. 2003. The first releases of transgenic mosquitoes: an argument for the sterile insect technique. *Trends in Parasitology* 19:349–355.

- Berg, M. B. 1995. 7. Larval food and feeding behavior. In *The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges*, edited by P. D. Armitage, P. S. Cranston, and L. C. V. Pinder, 136–168. London: Chapman & Hall.
- Bircher, L. and E. Ruber. 1988. Toxicity of methoprene to all stages of the salt marsh copepod, *Apocyclops spartinus* (Cyclopoida). *Journal of the American Mosquito Control Association* 4:520–523.
- Blaustein, L. 1990. Evidence for predatory flatworms as organizers of zooplankton and mosquito community structure in rice fields. *Hydrobiologia* 199:179–191.
- Blaustein, L., and R. Karban. 1990. Indirect effects of the mosquito fish *Gambusia affinis* on the mosquito *Culex tarsalis*. *Limnology and Oceanography* 35:767–771.
- Blaustein, L. 1991. Negative interactions between two predatory fishes in rice fields: relevance to biological control. *Israel Journal of Zoology* 37:164.
- Blaustein, L. 1992. Larvivorous fish fail to control mosquitoes in experimental rice plots. *Hydrobiologia* 232:219–232.
- Blaustein, L., and B. P. Kotler. 1993. Oviposition habitat selection by the mosquito, *Culiseta longiareolata*: effects of conspecifics, food and green toad tadpoles. *Ecological Entomology* 18:104–108.
- Blaustein, L. 1998. Influence of the predatory backswimmer, *Notonecta maculata*, on invertebrate community structure. *Ecological Entomology* 23:246–252.
- Boisvert, M., and J. Boisvert. 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and non-target organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology* 10:517–561.
- Borjas, G., G. G. Marten, E. Fernández, and H. Portillo. 1993. Juvenile turtles for mosquito control in water storage tanks. *Journal of Medical Entomology* 30:943–946.
- Breaud, T. P., J. E. Farlow, C. D. Steelman, and P. E. Schilling. 1977. Effects of the insect growth regulator methoprene on natural populations of aquatic organisms in Louisiana intermediate marsh habitats. *Mosquito News* 37:704–712.
- Bradley, P., and F. W. Kutz (eds.). 2006. *Proceedings of the Workshop on Stormwater Management and Mosquito Control*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. EPA /903/R-06/004.
- Breitfuss, M., T. Hurst, P. Ryan, and B. Kay. 2005. Practical freshwater mosquito control: defining productive habitats and implementing effective control strategies. *Arbovirus Research in Australia* 9:52–57.
- Brodman, R., J. Ogger, M. Kolaczyk, R. A. Pulver, A. J. Long, and T. Bogard. 2003. Mosquito control by pond-breeding salamander larvae. *Herpetological Review* 34:116–119.
- Brodman, R., and R. Dorton. 2006. The effectiveness of pond-breeding salamanders as agents of larval mosquito control. *Journal of Freshwater Ecology* 21:467–474.
- Byrd, H. 1905. Mosquitoes of Florida. *The Medical News*, June 10 1905, 47 pp. California Department of Public Health and the Mosquito and Vector Control Association of California.
2010. *Best Management Practices for Mosquito Control in California*. 59 pp. Sacramento: California Department of Public Health.
- Campbell, G. L., A. A. Marfin, R. S. Lanciotti, and D. J. Gubler. 2002. West Nile virus. *Lancet Infectious Disease* 2:519–529.

- Carlson, D. B., and P. D. O'Bryan. 1988. Mosquito production in a rotationally managed impoundment compared to other management techniques. *Journal of the American Mosquito Control Association* 4:146–151.
- Carlson, D. B., P. D. O'Bryan, and R. J. Rey. 1999. Florida's salt-marsh management issues: 1991–98. *Journal of the American Mosquito Control Association* 45:156–193.
- Carroll, S. P., and J. Loye. Invasion, colonization, and disturbance: historical ecology of the endangered Miami blue butterfly. *Journal of Insect Conservation* 10:13–27.
- Carver, S., H. Spafford, A. Storey, and P. Weinstein. 2010. The roles of predators, competitors, and secondary salinization in structuring mosquito (Diptera: Culicidae) assemblages in ephemeral water bodies of the Wheatbelt of Western Australia. *Environmental Entomology* 39:798–810.
- Case, T. J., and R. K. Washino. 1978. Effects of the growth regulator methoprene on *Culex tarsalis* and non-target organisms in California rice fields. *Mosquito News* 38:191–196.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). 2003. *Epidemic/epizootic West Nile Virus in the United States: guidelines for surveillance, prevention, and control, 3rd revision*. 77 pp. Fort Collins, CO: CDC Division of Vector-Borne Diseases.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). 2012. *West Nile Virus Fact Sheet. Publication CS234798-A*. 2 pp. Atlanta: National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, Division of Vector-Borne Diseases
- Chandra, G., S. K. Mandal, A. K. Ghosh, D. Das, S. S. Banerjee, and S. Chakraborty. 2008. Biocontrol of larval mosquitoes by *Acilius sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *BMC Infectious Diseases* 8:138–145.
- Charles, J.-F., C. Nielsen-LeRoux, and A. Délecluse. 1996. *Bacillus sphaericus* toxins: molecular biology and mode of action. *Annual Review of Entomology* 41:451–472.
- Chase, J. M., and R. S. Shulman. 2009. Wetland isolation facilitates larval mosquito density through reduction of predators. *Ecological Entomology* 34:741–747.
- Chatterjee, S. N., A. Ghosh, and G. Chandra. 2007. Eco-friendly control of mosquito larvae by *Brachytron pratense* nymph. *Journal of Environmental Health* 69:44–48.
- Chesson, J. 1984. Effect of notonectids (Hemiptera: Notonectidae) on mosquitos (Diptera: Culicidae): predation or selective oviposition? *Environmental Entomology* 13:531–538.
- Christiansen, M. E., J. D. Costlow, Jr., and R. J. Monroe. 1978. Effect of the insect growth regulator Dimilin (TH 6040) on larval development of two estuarine crabs. *Marine Biology* 50:29–36.
- Chu, K. H., C. K. Wong, and K. C. Chu. 1997. Effects of the insect growth regulator (S)-methoprene on survival and reproduction of the freshwater cladoceran *Moina macrocopa*. *Environmental Pollution* 96(2):173–178.
- City of Boulder. 2006. *West Nile Virus Mosquito Management Plan*. 40 pp. Boulder, CO: City of Boulder Office of Environmental Affairs.
- Clarke, J. A., B. A. Harrington, T. Hruby, and F. E. Wasserman. 1984. The effect of ditching for mosquito control on salt marsh use by birds in Rowley, Massachusetts. *Journal of Field Ornithology* 55: 60–180.
- Clark, J. R. 1991. Mosquito control pesticides: adverse impacts to freshwater aquatic and marine organisms. In *Mosquito Control Pesticides: Ecological Impacts and Management Alternatives*, edited by T. C. Emmel and J. C. Tucker, 33–39. Gainesville: Scientific Publishers.

- Collier B. W., M. J. Perick, G. J. Boquin, S. R. Harrington, and M. J. Francis. 2006. Field evaluations of mosquito control devices in southern Louisiana. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22:444–450.
- Collins, J. N., and V. H. Resh. 1989. *Guidelines for the Ecological Control of Mosquitoes in Non-Tidal Wetlands of the San Francisco Bay Area*. 93 pp. Sacramento: California Mosquito and Vector Control Association and University of California Mosquito Research Program.
- Collins, L. E., and A. Blackwell. 2000. The biology of *Toxorhynchites* mosquitoes and their potential as biocontrol agents. *Biocontrol News and Information* 21:105–116.
- Collinson, N. H., J. Biggs, A. Corfield, M. J. Hodson, D. Walker, M. Whitfield, and P. J. Williams. 1995. Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74:125–133.
- Connelly, C.R., and D. B. Carlson (eds.). 2009. *Florida Coordinating Council on Mosquito Control. Florida Mosquito Control: The State of the Mission as Defined by Mosquito Controllers, Regulators, and Environmental Managers*. Vero Beach: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida Medical Entomology Laboratory.
- Cornel, A. J., M. A. Stanich, R. D. McAbee and F. S. Mulligan III. 2002. High level methoprene resistance in the mosquito *Ochlerotatus nigromaculis* (Ludlow) in central California. *Pest Management Science* 58:791–798.
- Cothran, R. D., F. Radarian, and R. A. Relyea. 2011. Altering aquatic food webs with a global insecticide: arthropod–amphibian links in mesocosms that simulate pond communities. *Journal of the North American Benthological Society* 30:893–912.
- Cox, R. R., Jr., M. A. Hanson, C. C. Roy, N. H. Euliss, D. H. Johnson, and M. G. Butler. 1998. Mallard duckling growth and survival in relation to aquatic invertebrates. *Journal of Wildlife Management* 62:124–133.
- Craig, G. B. 1967. Mosquitoes: female monogamy induced by male accessory gland substance. *Science* 156:1499–1501.
- Crain, C. M., K. B. Gedan, and M. Dionne. 2009. Tidal restrictions and mosquito ditching in New England marshes. In *Human Impacts on Salt Marshes. A Global Perspective*, edited by B. R. Silliman, E. D. Grosholz, and M. D. Bertness, 149–169. Berkeley: University of California Press.
- Crampton, J., A. Morris, G. Lycett, A. Warren, and P. Eggleston. 1990. Transgenic mosquitoes: a future vector control strategy? *Parasitology Today* 6:31–36.
- Creekmur, G. D., M. P. Russel, and J. E. Hazelrigg. 1981. Field evaluation of the effects of slow-release wettable powder formulation of Altosid on non-target organisms. *Proceedings and Papers of the Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association* 49:95–97.
- Culler, L. E., and W. O. Lamp. 2009. Selective predation by larval *Agabus* (Coleoptera: Dytiscidae) on mosquitoes: support for conservation-based mosquito suppression in constructed wetlands. *Freshwater Biology* 54:2003–2014.
- Cunningham, P. A. 1976. Effects of dimilin (TH 6040) on reproduction in the brine shrimp, *Artemia salina*. *Environmental Entomology* 5:701–706.
- Cunningham, P. A., and L. E. Myers. 1987. Effects of diflubenzuron (Dimilin) on survival, molting, and behavior of juvenile fiddler crabs, *Uca pugilator*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 16:745–752.
- Dahlsten, D. L., R. Garcia, J. E. Prine, and R. Hunt. 1969. Insect problems in forest recreation areas. *California Agriculture* 23(7):4–6.

- Dale, P. E. R., and K. Hulsman. 1990. A critical review of salt marsh management methods for mosquito control. *Reviews in Aquatic Sciences* 3:281–311.
- Dale, P. E., and C. D. Morris. 1996. *Culex annulirostris* breeding sites in urban areas: using remote sensing and digital image analysis to develop a rapid predictor of potential breeding areas. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12:316–320.
- Dale, P. E., S. A. Ritchie, B. M. Territo, C. D. Morris, A. Muhar, and B. H. Kay. 1998. An overview of remote sensing and GIS surveillance of mosquito vector habitats and risk assessment. *Journal of Vector Ecology* 23:54–61.
- Dale, P. E., and J. M. Knight. 2008. Wetlands and mosquitoes: a review. *Wetlands Ecology and Management* 16: 255-276.
- Dame, D. A., G. J. Wichterman, and J. A. Hornby. 1998. Mosquito (*Aedes taeniorhynchus*) resistance to methoprene in an isolated habitat. *Journal of the American Mosquito Control Association* 14:200–203.
- Danisi, T. C., and J. C. Jackson. 2009. *Meriwether Lewis*. 424 pp. New York: Prometheus Books.
- Degitz, S. J., E. J. Durhan, J. E. Tietge, P. A. Kosian, G. W. Holcombe, and G. A. Ankley. 2003. Developmental toxicity of methoprene and several degradation products in *Xenopus laevis*. *Aquatic Toxicology* 64:97–105.
- de Szalay, F. A., D. P. Batzer, E. B. Schlossberg, and V. H. Resh. 1995. A comparison of small and large scale experiments examining the effects of wetland management practices on mosquito densities. *Proceedings of the California Mosquito Vector Control Association* 63:86–90.
- de Szalay, F. A., and V. H. Resh. 2000. Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshwater Biology* 45:295–308.
- District of Columbia Department of Health. 2004. *Arbovirus surveillance and response plan 2004*. 47 pp. Washington, DC: Office of Environmental Health Science and Regulation.
- Dritz, D. A., S. P. Lawler, J. Albertson, W. Hammersky, and J. R. Rusmisl. 2001. The impact of Bti on the survival of the endangered tadpole shrimp *Lepidurus packardii*. *Proceedings and Papers of the Sixty-Ninth Annual Conference of the Mosquito and Vector Control Association of California*, 88–91.
- DuRant, S. E., and W. A. Hopkins. 2008. Amphibian predation on larval mosquitoes. *Canadian Journal of Zoology* 86:1159–1164.
- Eder, E., and I. Schönbrunner. 2010. Toxicity of *Bacillus thuringiensis israelensis* on the non-target organisms *Triops cancriformis*, *Branchipus schaefferi*, *Leptestheria dahalaensis* (Crustacea: Branchiopoda: Notostraca, Anostraca, Spinicaudata). *The Open Environmental Pollution & Toxicology Journal* 2:16–20.
- Edwards, K. T., J. Goddard, and W. Varnado. 2009. Survey of mosquito control knowledge, attitudes, and practices among county and municipal programs in Mississippi. *Journal of the American Mosquito Control Association* 25:361–366.
- Eisler, R. 1992. "Diflubenzuron hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review." Biological Report 4, Contaminant Hazard Reviews Report 25. 42 pp. Washington, DC: U.S. Fish & Wildlife Service.
- Eitam, A., L. Blaustein, and M. Mangel. 2002. Effects of *Anisops sardea* (Hemiptera: Notonectidae) on oviposition habitat selection by mosquitoes and other dipterans and on community structure in artificial pools. *Hydrobiologia* 485:183–189.
- Eitam, A., and L. Blaustein. 2004. Oviposition habitat selection by mosquitoes in response to predator (*Notonecta maculata*) density. *Physiological Entomology* 29:188–191.

- Eliazar, P. J., and T. C. Emmel. 1991. Adverse impacts to non-target impacts. In *Mosquito Control Pesticides: Ecological Impacts and Management Alternatives*, edited by T. C. Emmel and J. C. Tucker, 17–20. Gainesville: Scientific Publishers.
- Emmel, T. C. 1991. Mosquito control, pesticides, and the ecosystem. In *Mosquito Control Pesticides: Ecological Impacts and Management Alternatives*, edited by T. C. Emmel and J. C. Tucker, 9–16. Gainesville: Scientific Publishers.
- Enserink, M. 2002. Ecologists see flaws in transgenic mosquito. *Science, New Series* 297(5578):30–31.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1997. "Difluben-zuron: Reregistration Eligibility Decision (RED) fact sheet." U.S. Environmental Protection Agency, Prevention, Pesticides and Toxic Substances, EPA-738-F-97-008. 6 pp.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1998. "*Bacillus thuringiensis*." United States Environmental Protection Agency, Prevention, Pesticides and Toxic Substances, EPA-738-F-98-001. 6 pp.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2009. "Permethrin." United States Environmental Protection Agency, Prevention, Pesticides and Toxic Substances, EPA 738-F-09-110, 11 pp.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2012. *Insect repellent product labeling consumer survey report*. 66 pp. Arlington: US EPA Office of Pesticide Programs. Available at <http://www.epa.gov/pesticides/insect/insect-repellent-consumer-survey.pdf> (accessed 1/24/13).
- Farley, D., and L. Younce. 1977. Effect of *Gambusia affinis* (Baird and Girard) on selected non-target organisms in Fresno County rice fields. *Proceedings of the California Mosquito Control Association* 45:87–94.
- Farlow, J. E., T. P. Breaud, C. C. Steelman, and P. E. Schilling. 1978. Effects of the insect growth regulator diflubenzuron on non-target aquatic populations in a Louisiana intermediate marsh. *Environmental Entomology* 7:199–204.
- Federal Register. 2007. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Draft Mosquito and Mosquito-borne Disease Management Policy Pursuant to the National Wildlife Refuge System Improvement Act of 1997. *Fed. Reg.* 72(198):58321–58333.
- Federici, B. A., H.-W. Park, D. K. Bideshi, M. C. Wirth, and J. J. Johnson. 2003. Recombinant bacteria for mosquito control. *Journal of Experimental Biology* 206:3877–3885.
- Ferrigno, F., and D. M. Jobbins. 1968. Open water marsh management. *Proceedings of the New Jersey Mosquito Extermination Association* 55:104–115.
- Fincke, O. M., S. P. Yanoviak, and R. D. Hanschu. 1997. Predation by odonates depresses mosquito abundance in water-filled tree holes in Panama. *Oecologia* 112:244–253.
- Floore, T. G. 2006. Mosquito larval control practices: past and present. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22:527–533.
- Fox, M. H., E. Averett, G. Hansen, and J. S. Neuberger. 2006. The effect of health communications on a statewide West Nile virus public health education campaign. *American Journal of Health Behavior* 30:483–494.
- Franz, A. W. E., I. Sanchez-Vargas, Z. N. Adelman, C. D. Blair, B. J. Beaty, A. A. James, and K. E. Olson. 2006. Engineering RNA interference-based resistance to dengue virus type 2 in genetically modified *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(11):4198–4203.
- FWS (U.S. Fish and Wildlife Service). 2002. 90-Day finding for a petition to list the Miami Blue Butterfly as endangered with critical habitat. *Fed. Reg.* 67(2):280–282.

- FWS (U.S. Fish and Wildlife Service). 2007. *National Bald Eagle Management Guidelines*. 25 pp. Washington, DC: U.S. Fish and Wildlife Service.
- FWS (U.S. Fish and Wildlife Service). 2011. *Final Mosquito Management Plan and Environmental Assessment for the San Pablo Bay National Wildlife Refuge*. 61 pp. Sacramento: U.S. Fish and Wildlife Service, Pacific Southwest region.
- FWS (U.S. Fish and Wildlife Service). 2012. Listing of the Miami Blue Butterfly as endangered throughout its range. *Fed. Reg.* 77(67):20947–20986.
- Gamradt, S. C., and L. B. Kats. 1996. Effects of introduced crayfish and mosquitofish on California newts. *Conservation Biology* 10:1155–1162.
- Gan, J., S. J. Lee, W. P. Liu, D. L. Haver, and J. N. Kabashima. 2005. Distribution and persistence of pyrethroids in runoff sediments. *Journal of Environmental Quality* 34:836–841.
- Garcia, R. 1983. Mosquito management: ecological approaches. *Environmental Management* 7(1):73–78.
- Gelbič, I., M. Papáček, and J. Pokuta. 1994. The effects of methoprene S on the aquatic bug *Ilyocoris cimicoides* (Heteroptera, Naucoridae). *Ecotoxicology* 3:89–93.
- Gerberich, J., and M. Laird. 1968. *Bibliography of Papers Relating to the Control of Mosquitoes by the Use of Fish: An Annotated Bibliography for the Years 1901–1966*. FAO Fisheries Technical Paper 75. Rome: FAO.
- Gharib, A. H., and W. L. Hilsenhoff. 1988. Efficacy of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (H-14) against *Aedes vexans* and safety to non-target macroinvertebrates. *Journal of the American Mosquito Control Association* 4:252–255.
- Gibbons, J. W., C. T. Winne, D. E. Scott, J. D. Wilson, X. Glaudas, K. M. Andrews, B. D. Todd, L. A. Fedewa, L. Wilkinson, R. N. Tsaliagos, S. J. Harper, J. L. Greene, T. D. Tuberville, B. S. Metts, M. E. Dorcas, J. P. Nestor, C. A. Young, T. Akre, R. N. Reed, K. A. Buhlmann, J. Norman, D. A. Croshaw, C. Hagen, and B. B. Rothermel. 2006. Remarkable amphibian biomass and abundance in an isolated wetland: implications for wetland conservation. *Conservation Biology* 20:1457–1465.
- Gibbs, K. E., F. C. Brautigam, C. S. Stubbs, and L. M. Zibilske. 1986. *Experimental Applications of B.t.i. for Larval Black Fly Control: Persistence and Downstream Carry, Efficacy, Impact on Non-Target Invertebrates and Fish Feeding*. Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 123. 33 pp. Orono: University of Maine.
- Gilliom, R. J., J. E. Barbash, C. G. Crawford, P. A. Hamilton, J. D. Martin, N. Nakagaki, L. H. Nowell, J. C. Scott, P. E. Stackelberg, G. P. Thelin, and D. M. Wolock. 2006. *The Quality of our Nation's Waters—Pesticides in the Nation's Streams and Ground Water, 1992–2001*. National Water Quality Assessment Program Circular 1291. 172 pp. Reston, VA: U.S. Geological Survey.
- Glare, T. R., and M. O'Callaghan. 1999. Environmental and Health Impacts of Insect Juvenile Hormone Analogue, S-methoprene. Report for the Ministry of Health. 106 pp. Wellington: New Zealand Ministry of Health.
- Goddard, J. 2003. *Setting up a Mosquito Control Program*. 42 pp. Jackson: Mississippi State Department of Health. Available at http://msdh.ms.gov/msdhsite/_static/resources/800.pdf [accessed 1/22/13].
- Goldberg, L. J., and J. Margalit. 1977. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti*, and *Culex pipiens*. *Mosquito News* 37:355–358.

- Goodsell, J. A., and L. B. Kats. 1999. Effect of introduced mosquitofish on Pacific treefrogs and the role of alternative prey. *Conservation Biology* 13:921–924.
- Gradoni, L., S. Bettini, and G. Majori. 1976. Toxicity of Altosid to the crustacean, *Gammarus aequicauda*. *Mosquito News* 36:294–297.
- Grodner, M. G., J. Criswell, C. Sutherland, P. Spradley, D. L. Renchie, M. E. Merchant, M. Johnsen, and S. Sawlis. 2007. *The Best Way to Control Mosquitoes: Integrated Mosquito Management Explained*. 4 pp. Cooperative Extension Publication of Texas A&M, Oklahoma State University, New Mexico State University, University of Arkansas, and Louisiana State University.
- Gujral, I. B., E. C. Zielinski-Gutierrez, A. LeBailly, and R. Nasci. 2007. Behavioral risks for West Nile Virus disease, northern Colorado. 2003. *Emerging Infectious Diseases* 13:419–425.
- Gwadz, R., and F. H. Collins. 1996. Anopheline mosquitoes and the agents they transmit. In *The Biology of Disease Vectors*, edited by Beaty, B. B. and W. C. Marquardt, 73–84. Niwot: University Press of Colorado.
- Hale, F. A. 2003. "Mosquito spraying and scale outbreaks." *What's Happening?* (Volume No. 4 – May 9, 2003). (University of Tennessee Agricultural Extension Service, Entomology & Plant Pathology newsletter.) Available at <http://web. utk.edu/~extepp/whats/wh2003/VOLUME-4-03> (accessed 1/22/13).
- Hanowski, J. M., G. J. Niemi, A. R. Lima, and R. R. Regal. 1997a. Response of breeding birds to mosquito control treatments of wetlands. *Wetlands* 17:485–492.
- Hanowski, J. M., G. J. Niemi, A. R. Lima, and R. R. Regal. 1997b. Effects of two (Diptera: Culicidae) mosquito control agents on growth and reproduction of red-winged blackbirds. *Journal of the Minnesota Academy of Science* 62:3–6.
- Hanowski, J. M., G. J. Niemi, A. R. Lima, and R. R. Regal. 1997c. Do mosquito control treatments of wetlands affect red-winged blackbird (*Agelaius phoeniceus*) growth, reproduction, or behavior? *Environmental Toxicology and Chemistry* 16:1014–1019.
- Harmon, M. A., M. F. Boehm, R. A. Heyman, and D. J. Mangelsdorf. 1995. Activation of mammalian retinoid X receptors by the insect growth regulator methoprene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 92:6157–6160.
- Harris, A. F., D. Nimmo, A. R. McKemey, N. Kelly, S. Scaife, C. A. Donnelly, C. Beech, W. D. Petrie, and L. Alphey. Field performance of engineered male mosquitoes. *Nature Biotechnology* 29:1034–1037.
- Hay, S. I., R. W. Snow, and D. J. Rogers. 1998. From predicting mosquito habitat to malaria seasons using remotely sensed data: practice, problems, and perspectives. *Parasitology Today* 14:306–313.
- Helgen, J. C. 1989. Larval mosquitoes as vulnerable prey: *Chaoborus* predation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 46:1642–1650.
- Henderson, J. P., R. Westwood, and T. Galloway. 2006. An assessment of the effectiveness of the Mosquito Magnet Pro model for suppression of nuisance mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22(3):401–407.
- Hennessey, M. K., H. N. Nigg, and D. H. Habeck. 1992. Mosquito (Diptera: Culicidae) adulticide drift into wildlife refuges of the Florida Keys. *Environmental Entomology* 21:714–721.
- Henrick, C. A. 2007. Methoprene. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:225–239.
- Hershey, A. E., L. Shannon, R. Axler, C. Ernst, and P. Mickelson. 1995. Effects of methoprene and Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) on non-target insects. *Hydrobiologia* 308:219–227.

- Hershey, A. E., A. R. Lima, G. J. Niemi, and R. R. Regal. 1998. Effects of *Bacillus thuringiensis* (BTI) and methoprene on non-target macroinvertebrates in Minnesota wetlands. *Ecological Applications* 8(1):41–60.
- Hill, I. R. 1989. Aquatic organisms and pyrethroids. *Pesticide Science* 27:429–465.
- Hoff, D., W. Lehmann, A. Pease, S. Raimondo, C. Russom, and T. Steeger. 2010. "Predicting the toxicities of chemicals to aquatic animal species." 125 pp. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Hoffmann, D. J., P. H. Albers, M. J. Melancon, and A. K. Miles. 2004. Effects of the mosquito larvicide GB-1111 on bird eggs. *Environmental Pollution* 127:353–358.
- Holck, A. R., and C. L. Meek. 1987. Dose-mortality responses of crawfish and mosquitoes to selected pesticides. *Journal of the American Mosquito Control Association* 3:407–411.
- Holdway, D. A., M. J. Barry, D. C. Logan, D. Robertson, V. Young, and J. T. Ahokas. 1994. Toxicity of pulse-exposed fenvalerate and esfenvalerate to larval Australian crimson-spotted rainbowfish (*Melanotaenia fluviatilis*). *Aquatic Toxicology* 28:169–187.
- Hougaard B. and S. L. Dickson. 1999. The Mosquito Magnet H: a new tool in controlling tree hole mosquitoes. In *Proceedings of 52nd Annual Meeting of the Utah Mosquito Abatement Association*, 4–8.
- Howe, F. P., R. L. Knight, L. C. McEwen, and T. L. George. 1996. Direct and indirect effects of insecticide applications on growth and survival of nestling passerines. *Ecological Applications* 6:1314–1324.
- Hoy, J. B., A. G. O'Berg, and E. E. Kauffman. 1971. The mosquitofish as a biological control agent against *Culex tarsalis* and *Anopheles freeborni* in Sacramento Valley rice fields. *Mosquito News* 31:146–152.
- Hoy, J. B., A. O'Berg, and E. E. Kaufman. 1972. Large-scale field-test of *Gambusia affinis* and chlorpyrifos for mosquito control. *Mosquito News* 32:162–171.
- Hruby, T., W. G. Montgomery, R. A. Lont, and N. Dobson. 1985. Open marsh water management in Massachusetts: adapting the technique to local conditions and its impact on mosquito larvae during the first season. *Journal of the American Mosquito Control Association* 1:85–88.
- Hunter, M. L., Jr., J. W. Witham, and H. Dow. 1984. Effects of carbaryl-induced depression in invertebrate abundance on the growth and behavior of American black duck and mallard ducklings. *Canadian Journal of Zoology* 62:452–456.
- Hurlbert, S. H., J. Zedler, and D. Fairbanks. 1972. Ecosystem alteration by mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation. *Science* 175(4022):639–641.
- Hurlbert, S. H., and M. S. Mulla. 1981. Impacts of mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiologia* 83:125–151.
- Ibarra, J. E., and B. A. Federici. 1986. Isolation of a relatively nontoxic 65-kilodalton protein inclusion from the parasporal body of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Journal of Bacteriology* 165:527–533.
- International Health Board. 1924. *The Use of Fish for Mosquito Control*. 120 pp. New York: Rockefeller Foundation.
- Irwin, P., C. Arcari, J. Hausbeck, and S. Paskewitz. 2008. Urban wet environment as mosquito habitat in the Upper Midwest. *EcoHealth* 5:49–57.

- Irwin, P., and S. Paskewitz. 2009. Investigation of fathead minnows (*Pimephales promelas*) as a biological control agent of *Culex mosquitoes* under laboratory and field conditions. *Journal of the American Mosquito Control Association* 25:301–309.
- James-Pirri, M.-J., R. M. Erwin, D. J. Prosser, and J. D. Taylor. 2012. Responses of salt marsh ecosystems to mosquito control management practices along the Atlantic Coast (U.S.A.). *Restoration Ecology* 20:395–404.
- Jensen, T., S. P. Lawler, and D. A. Dritz. 1999. Effects of ultra-low volume pyrethrins, malathion, and permethrin on non-target invertebrates, sentinel mosquitoes, and mosquitofish in seasonally impounded wetlands. *Journal of the American Mosquito Control Association* 15:330–338.
- Jiannino, J. A., and W. E. Walton. 2004. Evaluation of vegetation management strategies for controlling mosquitoes in a southern California constructed wetland. *Journal of the American Mosquito Control Association* 20:18–26.
- Johnson, B. B., and K. K. Pflugh. 2008. Local officials' and citizens' views on freshwater wetlands. *Society & Natural Resources: An International Journal* 21(5):387–403.
- Jones, D. K., J. I. Hammond, and R. A. Relyea. 2010. Roundup and amphibians: the importance of concentration, application time, and stratification. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29:2016–2025.
- Juliano, S. A. 2007. Population dynamics. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:265–275.
- Julin, A. M., and H. O. Sanders. 1978. Toxicity of the IGR, diflubenzuron, to freshwater invertebrates and fishes. *Mosquito News* 38:256–259.
- Kay, B., and V. S. Nam. 2005. New strategy against *Aedes aegypti* in Vietnam. *Lancet* 365:613–617.
- Kevan, P. G., E. A. Tikhmenev, and M. Usui. 1993. Insects and plants in the pollination ecology of the boreal zone. *Ecological Research* 8:247–267.
- Key, P. B., and G. I. Scott. 1992. Acute toxicity of the mosquito larvicide, *Bacillus sphaericus*, to the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, and mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 49:425–430.
- Kiflawi, M., L. Blaustein, and M. Mangel. 2003. Oviposition habitat selection by the mosquito *Culiseta longiareolata* in response to risk of predation and conspecific larval density. *Ecological Entomology* 28:168–173.
- Kilpatrick, A. M., L. D. Kramer, S. R. Campbell, E. O. Alleyne, A. P. Dobson, and P. Daszak. 2005. West Nile Virus risk assessment and the bridge vector paradigm. *Emerging Infectious Diseases* 11(3):425–429.
- Kingsbury, P. D., and D. P. Kreuzweiser. 1987a. Permethrin treatments in Canadian forests, Part 1. Impact on stream fish. *Pesticide Science* 19:35–48.
- Kingsbury, P. D. and D. P. Kreuzweiser. 1987b. Permethrin treatments in Canadian forests, Part 2. Impact on stream invertebrates. *Pesticide Science* 19:49–60.
- Kline, D. L., and G. F. Lemire. 1998. Evaluation of attractant-baited traps/targets for mosquito management on Key Island, Florida, USA. *Journal of Vector Ecology* 23(2):171–185.
- Kline, D. L. 2006. Traps and trapping techniques for adult mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22:490–496.
- Kline, D. L. 2007. Semiochemicals, traps/targets and mass trapping technology for mosquito management. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:241–251.

- Knight, R. L., W. E. Walton, G. F. O'Meara, W. K. Reisen, and R. Wass. 2003. Strategies for effective mosquito control in constructed treatment wetlands. *Ecological Engineering* 21:211–232.
- Knight, T. M., J. M. Chase, C. W. Gross, and J. J. Knight. 2004. Effects of interspecific competition, predation, and their interaction on survival and development time of immature *Anopheles quadrimaculatus*. *Journal of Vector Ecology* 29:277–284.
- Kumar, R., and T. R. Rao. 2003. Predation on mosquito (*Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*) larvae by *Mesocyclops thermocyclopoidea* (Copepoda: Cyclopoida) in the presence of alternate prey. *International Review of Hydrobiology* 88:570–581.
- Kumar, R., and J.-S. Hwang. 2006. Larvicidal efficiency of aquatic predators: a perspective for mosquito biocontrol. *Zoological Studies* 45:447–466.
- Kuo, J.-N., B. McPherson, A. Soon, J. Pasternak, and C. Garrett. 2010. Environmental concentrations of methoprene and its transformation products after the treatment of Aitoid XR briquettes in the city of Richmond, British Columbia, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29:2200–2205.
- Kwan, J. A., M. G. Novak, T. S. Hyles, and M. K. Niemela. 2009. Mortality of non-target arthropods from an aerial application of pyrethrins. *Journal of the American Mosquito Control Association* 25:218–220.
- Lacey, L. A., J. Day, and C. M. Heitzman. 1987. Long-term effects of *Bacillus sphaericus* on *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 49:116–123.
- Lacey, L. A., and B. K. Orr. 1994. The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 50(6):97–115.
- Lacey, L. A., and J. P. Siegel. 2000. Safety and ecotoxicology of entomopathogenic bacteria. In *Entomopathogenic Bacteria: From Laboratory to Field Application*, edited by J. F. Charles, A. Delécluse, C. Nielson-le Roux, 253–272. New York: Springer.
- Lacey, L. A., and R. W. Merritt. 2004. The safety of bacterial microbial agents used for black fly and mosquito control in aquatic environments. In *Environmental Impacts of Microbial Insecticides: need and methods for risk assessment*, edited by H. M. T. Hokkanen and A. E. Hajek, 151–168. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Lacey, L. A. 2007. *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:133–163.
- La Clair, J. J., J.A. Bantle, and J. Dumont. 1998. Photoproducts and metabolites of a common insect growth regulator produce developmental deformities in *Xenopus*. *Environmental Science & Technology* 32:1453–1461.
- Laird, M. 1988. *The Natural History of Larval Mosquito Habitats*. 555 pp. San Diego: Academic Press.
- Larson, A., J. Bryan, P. Howard, and D. McGinn. 2000. Queenslanders' use of personal strategies to minimize risk of mosquito-borne disease. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 24(4):374–377.
- Laskowski, H. P., A. C. Larsen, G. F. O'Shea, and B. R. Pittendrig. 1999. Effect of xanthan gum and traditional mosquito larvicides on chironomid larvae. *Wildlife Society Bulletin* 27(3):741–745.
- Laskowski, D. A. 2002. Physical and chemical properties of pyrethroids. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 174*, edited by G. W. Ware, 49–170. New York: Springer-Verlag.

- Lawler, S. P., D. Dritz, T. Strange, and M. Holyoak. 1999. Effects of introduced mosquitofish and bullfrogs on the threatened California red-legged frog. *Conservation Biology* 13:613–622.
- Lawler, S. P., D. A. Dritz, and T. Jensen. 2000. Effects of sustained-release methoprene and a combined formulation of liquid methoprene and *Bacillus thuringiensis israelensis* on insects in salt marshes. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39:177–182.
- Lawler, S. P., L. Reimer, T. Thiemann, J. Fritz, K. Parise, D. Feliz, and D.-E. Elnaiem. 2007. Effects of vegetation control on mosquitoes in seasonal freshwater wetlands. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:66–70.
- Lee, B. M., and G. I. Scott. 1989. Acute toxicity of temephos, fenoxycarb, diflubenzuron, and methoprene and *Bacillus thuringiensis var. israelensis* to the Mummichog (*Fundulus heteroclitus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 43:827–832.
- Leyse, K. E., S. P. Lawler, and T. Strange. 2004. Effects of an alien fish, *Gambusia affinis*, on an endemic California fairy shrimp, *Linderiella occidentalis*: implications for conservation of diversity in fishless waters. *Biological Conservation* 118:57–65.
- Liu, H., and S. Koptur. 2003. Breeding system and pollination of a narrowly endemic herb of the Lower Florida Keys: impacts of the urban-wildland interface. *American Journal of Botany* 90:1180–1187.
- Loeb, M., S. J. Elliott, B. Gibson, M. Fearon, R. Nosal, M. Drebot, C. D’Cuhna, D. Harrington, S. Smith, P. George, and J. Eyles. 2005. Protective behavior and West Nile virus risk. *Emerging Infectious Disease* 11:1433–1436.
- Lowe, T. P., and T. D. Hershberger. 2004. Susceptibility of the leaf-cutting beetle, *Galerucella californiensis*, a biological control agent for purple loosestrife (*Lythrum salicaria*), to three mosquito control larvicides. *Environmental Toxicity and Chemistry* 23:1662–1671.
- Lundkvist, E., J. Landin, M. Jackson, and C. Svensson. 2003. Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bulletin of Entomological Research* 93:219–226.
- Lundström, J. O., M. L. Schäfer, E. Petersson, T. Z. Persson Vinnersten, J. Landin, and Y. Brodin. 2010a. Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. *Bulletin of Entomological Research* 100:117–125.
- Lundström, J. O., Y. Brodin, M. L. Schäfer, T. Z. Persson Vinnersten, and Ö. Östman. 2010b. High species richness of Chironomidae (Diptera) in temporary flooded wetlands associated with high species turn-over rates. *Bulletin of Entomological Research* 100:433–444.
- MEPI (Maine Environmental Policy Institute). 2001. Overkill: using pesticides to control West Nile Virus mosquitoes may do more harm than good. Hallowell, ME: Maine Environmental Policy Institute. Available at <http://www.meepi.org/wnv/wnv.htm> (accessed 1/23/13).
- Mandal, S. K., A. Ghosh, I. Bhattacharjee, and G. Chandra. 2008. Biocontrol efficiency of odonate nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. *Acta Tropica* 106:109–114.
- Marten, G. G. 2007. Turtles. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:221–224.
- Marten, G. G., W. Che, and E. S. Bordes. 1993. Compatibility of cyclopoid copepods with mosquito insecticides. *Journal of the American Mosquito Control Association* 9(2):150–154.
- Marten, G. G., E. S. Bordes, and M. Nguyen. 1994. Use of cyclopoid copepod for mosquito control. *Hydrobiologia* 292/293:491–496.

- Marten, G. G., G. Borjas, M. Cush, E. Fernandez, and J. W. Reid. 1994. Control of larval *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) by cyclopoid copepod in peridomestic breeding containers. *Journal of Medical Entomology* 31:36–44.
- Marten, G. G., M. Nguyen, G. Thompson, and E. S. Bordes. 1997. *Copepod Production and Application for Mosquito Control*. 44 pp. New Orleans: New Orleans Mosquito and Termite Control Board.
- Marten, G. G., M. Nguyen, B. J. Mason, and G. Ngo. 2000. Natural control of *Culex quinquefasciatus* larvae in residential ditches by the copepod *Macrocyclus albidus*. *Journal of Vector Ecology* 25:7–15.
- Marten, G. G., and J. W. Reid. 2007. Cyclopoid copepods. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:65–92.
- Mass Audubon. 2012. *Recommendations for Improvement of Mosquito Control in Massachusetts*. 2 pp. Lincoln, MA: Massachusetts Audubon Society. Available at http://www.massaudubon.org/PDF/advocacy/mosquitos/mas_mosquito_control_rec.pdf (accessed 1/23/13).
- Massachusetts State Reclamation & Mosquito Control Board. 2008. *Massachusetts Best Management Practices and Guidance for Freshwater Mosquito Control*. 28 pp. Boston: Massachusetts Department of Agricultural Resources. Available at http://www.mass.gov/agr/mosquito/docs/mepa/Document_2_Freshwater%20BMP%20to%20MEPA_%20Oct_24_2008.pdf (accessed 1/24/13).
- McCauley, S. J. 2006. The effects of dispersal and recruitment limitation on community structure of odonates in artificial ponds. *Ecography* 29:585–595.
- McCracken, I. R., and S. L. Matthews. 1997. Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (B.t.i.) applications on invertebrates from two streams on Prince Edward Island. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 58:291–298.
- McDonald, G., and G. A. Buchanan. 1981. The mosquito and predatory insect fauna inhabiting fresh-water ponds, with particular reference to *Culex annulirostris* Skuse (Diptera: Culicidae). *Australian Journal of Ecology* 6:21–27.
- McKenney, C. L., Jr. 2005. The influence of insect juvenile hormone agonists on metamorphosis and reproduction in estuarine crustaceans. *Integrative and Comparative Biology* 45:97–105.
- McNaughton, D., A. Clough, P. Johnson, S. Ritchie, and S. O'Neill. 2010. Beyond the 'back yard': lay knowledge about *Aedes aegypti* in northern Australia and its implications for policy and practice. *Acta Tropica* 116:74–80.
- Meehan, P. J., D. L. Wells, W. Paul, A. Lewis, D. Muth, R. Hopkins, N. Karabatsos, and T. F. Tsai. 2000. Epidemiological features of and public health response to a St. Louis encephalitis epidemic in Florida, 1990–1. *Epidemiology and Infection* 125:181–188.
- Meffe, G. K., D. A. Hendrickson, W. L. Minckley, and J. N. Rinne. 1983. Factors resulting in decline of the endangered Sonoran topminnow (Atheriniformes: Poeciliidae) in the United States. *Biological Conservation* 25:135–159.
- Meisch, M. V. 1985. *Gambusia affinis affinis*. In *Biological Control of Mosquitoes* (American Mosquito Control Association Bulletin No. 6), edited by H. C. Chapman, 3–17. Mount Laurel, NJ: American Mosquito Control Association.
- Mercer, D. R., S. L. Sheeley, and E. J. Brown. 2005. Mosquito (Diptera: Culicidae) development within microhabitats of an Iowa wetland. *Journal of Medical Entomology* 42:685–693.
- Meredith, W. H., and C. R. Lesser. Open water marsh management in Delaware: 1979–2007. In *Proceedings of the Ninety-Fourth Annual Meeting*, 55–69. Lindenwold: New Jersey Mosquito Control Association.

- Merritt, R. W., E. D. Walker, M. A. Wilzbach, K. W. Cummins, and W. T. Morgan. 1989. A broad evaluation of Bti for black fly (Diptera: Simuliidae) control in a Michigan river: efficacy, carry, and non-target effects on invertebrates and fish. *Journal of the American Mosquito Control Association* 5:397–415.
- Merritt, R. W., M. S. Wipfli, and R. S. Wotton. 1991. Changes in feeding habits of selected non-target aquatic insects in response to live and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* de Barjac-killed black fly larvae (Diptera: Simuliidae). *The Canadian Entomologist* 123:179–185.
- Merritt, R. W., R. H. Dadd, and E. D. Walker. 1992. Feeding behavior, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. *Annual Review of Entomology* 37:349–374.
- Merritt, R. W., J. L. Lessard, K. J. Wessell, O. Hernandez, M. B. Berg, J. R. Wallace, J. A. Novak, and B. W. Merritt. 2005. Lack of effects of *Bacillus sphaericus* (VectoLex) on non-target organisms in a mosquito-control program in south-eastern Wisconsin: a 3-year study. *Journal of the American Mosquito Control Association* 21:201–212.
- Meyer, M. I., and G. A. Swanson. 1982. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) consumed by breeding *Anatinae* in south central North Dakota. *The Prairie Naturalist* 14:27–31.
- Meyer, R. P. 1994. Preliminary evaluation of the effect of Altosid (methoprene) on crustaceans associated with waterfowl holding ponds at the Kern National Wildlife Refuge. *Proceedings of the California Mosquito and Vector Control Association* 62:70–73.
- Mian, L. S., and M. S. Mulla. 1992. Effects of pyrethroid insecticides on non-target invertebrates in aquatic ecosystems. *Journal of Agricultural Entomology* 9(2):73–98.
- Milam, C. D., J. L. Farris, and J. D. Wilhide. 2000. Evaluating mosquito control pesticides for effect on target and non-target organisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39:324–328.
- Miles, A. K., S. P. Lawler, D. Dritz, and S. Spring. 2002. Effects of mosquito larvicide on mallard ducklings and prey. *Wildlife Society Bulletin* 39(3):675–682.
- Mills, M. D., R. B. Rader, and M. C. Belk. 2004. Complex interactions between native and invasive fish: the simultaneous effects of multiple negative interactions. *Oecologia* 141:713–21.
- Miura, T., and R. M. Takahashi. 1974. Insect developmental inhibitors: effects of candidate mosquito control agents on non-target aquatic organisms. *Environmental Entomology* 3:631–636.
- McNeill, W. H. 1976. *Plagues and Peoples*. 340 pp. New York: Anchor Books.
- Mitchell, E. G., and J. W. Dupree. 1907. *Mosquito Life: The Habits and Life Cycles of the Known Mosquitoes of the United States; Methods for Their Control*. 281 pp. New York: G. P. Putnam's Sons.
- Miura, T., and R. M. Takahashi. 1974. Insect developmental inhibitors: effects of candidate mosquito control agents on non-target aquatic organisms. *Environmental Entomology* 3:631–636.
- Mogi, M. 2007. Insects and other invertebrate predators. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:93–109.
- Mokany, A. 2007. Impact of tadpoles and mosquito larvae on ephemeral pond structure and processes. *Marine and Freshwater Research* 58:436–444.
- Molloy, D. P. 1990. Progress in the biological control of black flies with *Bacillus thuringiensis israelensis*, with emphasis on temperate climates. In *Bacterial control of mosquitoes and black flies: biochemistry, genetics, and applications of Bacillus thuringiensis israelensis and Bacillus sphaericus*, edited by H. de Barjac and D. Sutherland, 161–186. New York: Springer

- Molloy, D. P. 1992. Impact of the black fly (Diptera: Simuliidae) control agent *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on chironomids (Diptera: Chironomidae) and other non-target insects: results of ten field trials. *Journal of the American Mosquito Control Association* 8:24–31.
- Morris, C. D. 1991. Mosquito control alternatives for the new millennium. In *Mosquito Control Pesticides: Ecological Impacts and Management Alternatives*, edited by T. C. Emmel and J. C. Tucker, 49–60. Gainesville: Scientific Publishers.
- Mosquito Control Collaborative. 2005. *Public Health Confronts the Mosquito: Developing Sustainable State and Local Mosquito Control Programs*. 72 pp. Washington, D.C.: Association of State and Territorial Health Officials, Mosquito Control Collective. Available at <http://www.astho.org/Programs/Environmental-Health/Natural-Environment/confrontsmosquito/>. (Accessed 1/23/13.)
- Mulhern, T. 1942. *New Jersey Mechanical Trap for Mosquito Surveys*. New Jersey Experimental Station Circular Number 421. New Brunswick, NJ: Rutgers.
- Mulla, M. S., G. Majori, and A. A. Arata. 1979. Impact of biological and chemical mosquito control agents on nontarget biota in aquatic ecosystems. *Residue Reviews* 71:121–173.
- Mulla, M. S., and H. A. Darwazeh. 1981. Efficacy of petroleum larvicidal oils and their impact on some aquatic non-target organisms. *Proceedings of the Annual Conference of the California Mosquito Vector Control Association* 49:84–87.
- Mulla, M. S., B. A. Federici, and H. A. Darwazeh. 1982. Larvicidal efficacy of *Bacillus thuringiensis* Serotype H-14 against stagnant water mosquitoes and its effects on non-target organisms. *Environmental Entomology* 11(4):788–795.
- Mulla, M. S., H. A. Darwazeh, and L. L. Luna. 1983. Monolayer films as mosquito control agents and their effects on non-target organisms. *Mosquito News* 43(4):489–495.
- Mulla, M. S., H. Axelrod, J. D. Chaney, and H. A. Darwazeh. 1984. Impact and selectivity of larvicides on mosquitoes, herbivores, and predators. In *Annual Report on Mosquito Control Research*, 117–120. Davis: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Mulla, M. S., H. A. Darwazeh, E. W. Davidson, and H. T. Dulmage. 1984. Efficacy and persistence of the microbial agent *Bacillus sphaericus* against mosquito larvae in organically enriched habitats. *Mosquito News* 44:166–173.
- Mulla, M. S. 1985. Field evaluation and efficacy of bacterial agents and their formulations against mosquito larvae. In *Integrated Mosquito Control Methodologies*, vol. 2., edited by M. Laird and J. Miles, 227–250. London: Academic Press.
- Mulla, M., J. D. Chaney, and R. Rodcharoen. 1990. Control of nuisance aquatic midges (Diptera: Chironomidae) with the microbial larvicide *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* in a man-made lake in southern California. *Bulletin of the Society of Vector Ecology* 15:176–184.
- Mulla, M. S. 1991. Insect growth regulators for the control of mosquito pests and disease vectors. *Chinese Journal of Entomology, Special Publication #6, Proceedings of the IVth National Vector Control Symposium*, 81–91.
- Mulligan, F. S., and C. H. Schaefer. 1981. Integration of a selective mosquito control agent *Bacillus thuringiensis* Serotype H-14, with natural predator populations in pesticide-sensitive habitats. *Proceedings and Papers of the Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association* 49:19–22.
- Murdoch, W. W., J. Chesson, and P. L. Chesson. 1985. Biological control in theory and practice. *The American Naturalist* 125:344–366.
- Myers, G. S. 1965. *Gambusia*, the fish destroyer. *Tropical Fish Hobbyist* 13:31-32,53–54.

- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 1973. *The Use of Remote Sensing in Mosquito Control*. Pub. MSC-07644. Houston: Johnson Space Center.
- NPS (National Park Service). 1994. Effects of overflights on wild- life. In *Report on effects of aircraft overflights on the National Park System. Report to Congress*. Available at [http://www.nonoise.org/library/npreport/chapter5.htm#CHAPTER %205](http://www.nonoise.org/library/npreport/chapter5.htm#CHAPTER%205) (accessed 1/23/13).
- Nayar, J. K., and A. Ali. 2003. A review of monomolecular surface films as larvicides and pupicides of mosquitoes. *Journal of Vector Ecology* 28:190–199.
- Nelson, M. J. 1994. The role of sampling in vector control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 50:145– 450.
- Neng, W., W. Shusen, H. Guangxin, X. Rongman, T. Guang- kun, and Q. Chen. 1987. Control of *Aedes aegypti* larvae in household water containers by Chinese cat fish. *Bulletin of the World Health Organization* 65:503–506.
- Neri-Barbosa, J. F., H. Quiroz-Martinez, M. L. Rodriguez- Tovar, L. O. Tejada, and M. H. Badii. 1997. Use of Bactimos briquettes (*B.t.i.* formulation) combined with the back- swimmer *Notonecta irrorata* (Hemiptera: Notonectidae) for control of mosquito larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association* 13(1):87–89.
- New Jersey Department of Environmental Protection. 1997. *Best Management Practices for Mosquito Control and Fresh- water Wetlands Management*. 50 pp. Trenton, NJ: Office of Mosquito Control Coordination.
- Norland, R. L., and M. S. Mulla. 1975. Impact of Altosid on selected members of an aquatic ecosystem. *Environmental Entomology* 4:145–152.
- NPTN (National Pesticide Telecommunications Network). 1998. *Pyrethrins & Pyrethroids*. 6 pp. Corvallis, OR: Na- tional Pesticide Telecommunications Network.
- NYSDOH (New York State Department of Health). 2012. *New York State Department of Health Mosquito Borne Illness Surveillance & Response Plan 2012*. 19 pp. Avail- able at http://www.health.ny.gov/diseases/west_nile_virus/docs/2012_mosquito_borne_illness_surveillance_and_re- sponse_plan.pdf (accessed 1/23/13).
- Oberhauser, K. S., S. J. Brinda, S. Weaver, R. D. Moon, S. A. Manweiler, and N. Read. 2006. Growth and survival of monarch butterflies (Lepidoptera: Danaidae) after ex- posure to permethrin barrier treatments. *Environmental Entomology* 35:1626–1634.
- Oberhauser, K. S., S. A. Manweiler, R. Lelich, M. Blank, R. V. Batalden, and A. De Anda. 2009. Impacts of ultra-low volume resmethrin applications on non-target insects. *Journal of the American Mosquito Control Association* 25:83–93.
- O'Halloran, S. L., K. Liber, K. L. Schmude, and T. D. Corry. 1996. Effects of diflubenzuron on benthic macroinver- tebrates in littoral enclosures. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 30:444–451.
- Ohba, S.-Y., and M. Takagi. 2010. Predatory ability of adult diving beetles on the Japanese Encephalitis vector *Culex tritaeniorhynchus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 26:32–36.
- Olmstead, A. W., and G. L. LeBlanc. 2001. Low exposure con- centration effects of methoprene on endocrine-regulated processes in the crustacean *Daphnia magna*. *Toxicological Sciences* 62:268–273.

- OtterTail Environmental, Inc. 2003. *City of Boulder West Nile Virus Surveillance and Control Plan, 2003 Season*. 42 pp. Prepared for the City of Boulder Office of Environmental Affairs, Boulder CO.
- OtterTail Environmental, Inc. 2012. *Integrated Mosquito Management Program Report 2011*. 36 pp. Prepared for the City of Boulder Comprehensive Planning Division, Boulder CO.
- Orr, B. K., and V. H. Resh. 1991. Interactions among aquatic vegetation, predators, and mosquitoes: implications for management of *Anopheles* mosquitoes in a freshwater marsh. *Proceedings and Papers of the annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association* 58:214–220.
- Ozdenerol, E., E. Bialkowska-Jelinska, and G. N. Taff. 2008. Locating suitable habitat for West Nile Virus-infected mosquitoes through association of environmental characteristics with infected mosquito locations: a case study in Shelby County, Tennessee. *International Journal of Health Geographics* 7:12. Available at <http://www.ij-healthgeographics.com/content/pdf/1476-072X-7-12.pdf> (accessed 1/23/13).
- Painter, M. K., K. J. Tennessen, and T. D. Richardson. 1996. Effects of repeated applications of *Bacillus thuringiensis israelensis* on the mosquito predator *Erythemis simplicicollis* (Odonata: Libellulidae) from hatching to final instar. *Environmental Entomology* 25:184–191.
- Patterson, G. 2004. *The Mosquito Wars: A History of Mosquito Control in Florida*. Gainesville: University Press of Florida.
- Patterson, G. 2009. *The Mosquito Crusades: A History of the American Anti-Mosquito Movement from the Reed Commission to the First Earth Day*. 270 pp. Piscataway: Rutgers University Press.
- Paul, A., L. C. Harrington, L. Zhang, and J. G. Scott. 2005. Insecticide resistance in *Culex pipiens* from New York. *Journal of the American Mosquito Control Association* 21:305–309.
- Payen, G. G., and J. D. Costlow. 1977. Effects of a juvenile hormone mimic on male and female gametogenesis of the mud-crab, *Rhithropanopeus harrisi* (Gould) (Brachyura: Xanthidae). *Biological Bulletin* 152:199–208.
- Pinckney, A. E., P. C. McGowan, D. R. Murphy, T. P. Lowe, D. W. Sparling, and L. C. Ferrington. 2000. Effects of the mosquito larvicides temephos and methoprene on insect populations in experimental ponds. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19:678–684.
- Pont, D., E. Franquet, and J. N. Tourenq. 1999. Impact of different *Bacillus thuringiensis* variety *israelensis* treatments on a chironomid (Diptera: Chironomidae) community in a temporary marsh. *Journal of Economic Entomology* 92(2):266–272.
- Poulin, B., G. Lefebvre, and L. Paz. 2010. Red flag for green spray: adverse trophic effects of *Bti* on breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 47:884–889.
- Pyke, G. H. 2008. Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Annual review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39:171–191.
- Quiroz-Martinez, H., and A. Rodríguez-Castro. 2007. Aquatic insects as predators of mosquito larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:110–117.
- Raghavendra, K., T. K. Barik, B. P. Niranjan Reddy, P. Sharma, and A. P. Dash. 2011. Malaria vector control: from past to future. *Parasitology Research* 108:757–779.
- Rathburn, C.B., Jr., and A. H. Boike Sr. 1967. Studies of insecticide resistance in Florida mosquitoes. *Mosquito News* 27:377–382.
- Reinecke, K. J. 1979. Feeding ecology and development of juvenile black ducks in Maine. *Auk* 96:737–745.

- Reisen, W. 1993. The western encephalitis mosquito, *Culex tarsalis*. *Wing Beats* 4:16.
- Relyea, R., and J. Hoverman. 2006. Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems. *Ecology Letters* 9:1157–1171.
- Relyea, R., and J. Hoverman. 2008. Interactive effects of predators and a pesticide on aquatic communities. *Oikos* 117:1647–1658.
- Relyea, R. A. 2009. A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia* 159:363–376.
- Resh, V. H., and S. S. Balling. 1983. Tidal circulation alteration for salt marsh control. *Environmental Management* 7:79–84.
- Roberts, G. M. 1995. Salt-marsh crustaceans, *Gammarus duebeni* and *Palaemonetes varians* as predators of mosquito larvae and their reaction to *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Biocontrol Science and Technology* 5: 379–385.
- Rodcharoen, J., M. S. Mulla, and J. D. Chaney. 1991. Microbial larvicides for the control of nuisance aquatic midges breeding in mesocosms and man-made lakes in California. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7:56–62.
- Rodcharoen, J., and M. S. Mulla. 1994. Resistance development in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) to *Bacillus sphaericus*. *Journal of Economic Entomology* 87:1133–1140.
- Rodcharoen, J., and M. S. Mulla. 1996. Cross-resistance to *Bacillus sphaericus* strains in *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12:247–250.
- Rodrigues, C. S., and N. K. Kaushik. 1986. Laboratory evaluation of the insect growth regulator diflubenzuron against black fly (Diptera: Simuliidae) larvae and its effects on non-target stream invertebrates. *Canadian Entomologist* 118:549–558.
- Rodríguez-Castro, V. A., H. Quiroz-Martinez, C. S., and L. O. Tejada. 2006. Mass rearing and egg release of *Buenoa scimitra* as biocontrol of larval *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22:123–125.
- Rubbo, M. J., J. L. Lanterman, R. C. Falco, and T. J. Daniels. 2011. The influence of amphibians on mosquitoes in seasonal pools: can wetlands protection help to minimize disease risk? *Wetlands* 31:799–804.
- Rupp, H. R. 1996. Adverse assessments of *Gambusia affinis*: an alternate view for mosquito control practitioners. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12:155–166.
- Saha, N., G. Aditya, A. Bal, and G. S. Saha. 2007. A comparative study of predation of three aquatic heteropteran bugs on *Culex quinquefasciatus* larvae. *Limnology* 8:73–80.
- Salvato, M. H. 2001. Influence of mosquito control chemicals on butterflies (Nymphalidae, Lycaenidae, Hesperidae) of the Lower Florida Keys. *Journal of the Lepidopterists' Society* 55:8–14.
- Sanford, M. R., J. B. Keiper, and W. E. Walton. 2003. The impact of wetland vegetation drying time on abundance of mosquitoes and other invertebrates. *Journal of the American Mosquito Control Association* 19:361–366.
- Schaefer, J. F., S. T. Heulet, and T. M. Farrell. 1994. Interactions between two poeciliid fishes (*Gambusia holbrooki* and *Heterandria formosa*) and their prey in a Florida marsh. *Copeia* 1994(2):516–520.

- Schäfer, M. L., J. O. Lundström, M. Pfeffer, E. Lundkvist and J. Landin. 2004. Biological diversity versus risk for mosquito nuisance and disease transmission in constructed wetlands in southern Sweden. *Medical and Veterinary Entomology* 18:256–267.
- Schäfer, M. L., E. Lundkvist, J. Landin, T. Z. Persson, and J. O. Lundström. 2006. Influence of landscape structure on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and dytiscids (Coleoptera: Dytiscidae) at five spatial scales in Swedish wetlands. *Wetlands* 26:57–68.
- Schoenherr, A. A. 1981. The role of competition in the displacement of native fishes by introduced species. In *Fishes in North American Deserts*, edited by R. J. Naiman and D. L. Soltz, 173–203. New York: Wiley Interscience.
- Scholte, E.-J., B. G. K. Knols, R. A. Samson, and W. Takken. 2004. Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. *Journal of Insect Science* 4:1–24.
- Scott, M., and W. W. Murdoch. 1983. Selective predation by the backswimmer, *Notonecta hoffmani*. *Limnology and Oceanography* 28:352–366.
- Sebastian, A., M. M. Sein, M. M. Thu, and P. S. Corbet. 1990. Suppression of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative release of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. *Bulletin of Entomological Research* 80:223–232.
- Sessions, S. K., and S. B. Ruth. 1990. Explanation for naturally occurring supernumerary limbs in amphibians. *Journal of Experimental Zoology* 254:38–47.
- Sessions, S. K., R. A. Franssen, and V. L. Horner. 1999. Morphological clues from multilegged frogs: are retinoids to blame? *Science* 284:800–802.
- Shalan, E. A.-S., and D. V. Canyon. 2009. Aquatic insect predators and mosquito control. *Tropical Biomedicine* 26:223–261.
- Shulman, R. S., and J. M. Chase. 2007. Increasing isolation reduces predator:prey species richness ratios in aquatic food webs. *Oikos* 116:1581–1587.
- Silver, J. B. 2008. *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*, 3rd ed. 1498 pp. New York: Springer.
- Slaff, M., and J. Crans. 1982. Impounded water as a major producer of *Culex salinarius* (Diptera: Culicidae) in coastal areas of New Jersey, USA. *Journal of Medical Entomology* 19:185–190.
- Smith, J. B. 1904. *Report of the New Jersey Agricultural Experiment Station upon the Mosquitoes Occurring Within the State, their Habits, Life History, &c.* 482 pp.
- Smith, J. P., E. H. Cope, J. D. Walsh, and C. D. Hendrickson. 2010. Ineffectiveness of mass trapping for mosquito control in St. Andrews State Park, Panama City Beach, Florida. *Journal of the American Mosquito Control Association* 26:43–49.
- SWS (Society of Wetland Scientists Wetland Concerns Committee). 2009. *Current Practices in Wetland Management for Mosquito Control*. 19 pp. Madison: Society of Wetland Scientists. Available at http://www.sws.org/wetland_concerns/docs/SWS-MosquitoWhitePaperFinal.pdf (accessed 1/24/13).
- Sparling, D.W. 2000. Effects of Altosid and Abate-4E on deformities and survival in southern leopard frogs under semi-natural conditions. *Journal of the Iowa Academy of Science* 107(3):90–91.
- Spielman, A. 1971. Bionomics of autogenous mosquitoes. *Annual Review of Entomology* 16:231–248.
- Spielman, A. 1994. Why entomological antimalarial research should not focus on transgenic mosquitoes. *Parasitology Today* 10:374–376.

State of Delaware n.d. Delaware Code, Title 16 – Health and Safety; Chapter 151, §1902 (“Formerly House Bill No. 193, An Act to Amend Title 16 of the Delaware Code Relating to Mosquito Control”), <http://delcode.delaware.gov/sessionlaws/ga144/chp151.shtml> [accessed 2/28/13].

Stav, G., L. Blaustein, and J. Margalith. 1999. Experimental evidence for predation risk sensitive oviposition by a mosquito, *Culiseta longiareolata*. *Ecological Entomology* 24:202–207.

Stav, G., L. Blaustein, and Y. Margalit. 2000. Influence of nymphal *Anax imperator* (Odonata: Aeshnidae) on oviposition by the mosquito *Culiseta longiareolata* (Diptera: Culicidae) and community structure in temporary pools. *Journal of Vector Ecology* 25:190–202.

Stav, G., L. Blaustein, and Y. Margalit. 2005. Individual and interactive effects of a predator and trophic species on mosquito populations. *Ecological Applications* 15:587–598.

Street, M. 1978. The role of insects in the diet of mallard ducklings—an experimental approach. *Wildfowl* 29:93–100.

Stueckle, T. A. 2008. "An evaluation of the non-target effects of mosquito control pesticides on *Uca pugnax* physiology, limb regeneration and molting processes." 254 pp. PhD Dissertation, Department of Biology, West Virginia University, Morgantown WV.

Subbaraman, N. 2011. Science snipes at Oxitec transgenic-mosquito trial. *Nature Biotechnology* 29:9–11.

Sudia, W. D., and R. W. Chamberlain. 1962. Battery-operated light trap, an improved model. *Mosquito News* 22:126–129.

Su, T., and M. S. Mulla. 2002. Introduction and establishment of tadpole shrimp *Triops newberryi* (Notostraca: Triopsidae) in a date garden for biological control of mosquitoes in the Coachella Valley, southern California. *Journal of Vector Ecology* 27:138–148.

Su, T., and M. S. Mulla. 2005. Toxicity and effects of microbial mosquito larvicides and larvicidal oil on the development and fecundity of the tadpole shrimp *Triops newberryi* (Packard) (Notostraca: Triopsidae). *Journal of Vector Ecology* 30:107–114.

Sudo, M., T. Kawachi, Y. Hida, and T. Kunimatsu. 2004. Spatial distribution and seasonal changes of pesticides in Lake Biwa, Japan. *Limnology* 5:77–86.

Sugden, L. G. 1973. *Feeding Ecology of Pintail, Gadwall, American Widgeon, and Lesser Scaup Ducklings in Southern Alberta*. Canadian Wildlife Service Report No. 24. 43 pp. Ottawa: Information Canada

Takken, W., and D. L. Kline. 1989. Carbon dioxide and 1-octen-3-ol as mosquito attractants. *Journal of the American Mosquito Control Association* 5:311–316.

Talent, L. G., G. L. Krapu, and R. L. Jarvis. 1982. Habitat use by mallard broods in south central North Dakota. *Journal of Wildlife Management* 46:629–635.

Taylor, B. E., R. A. Estes, J. H. K. Pechmann, and R. D. Semlitsch. 1988. Trophic relations in a temporary pool: larval salamanders and their macroinvertebrate prey. *Canadian Journal of Zoology* 66:2191–2198.

Telford, A. D., and J. J. Rucker. 1973. Successful source reduction on tidal salt marshes. In *Proceedings and Papers of the Forty-First Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association*, edited by T. D. Peck and T. D. Mulhern, 100.

Thullen, J. S., J. J. Sartoris, and W. E. Walton. 2002. Effects of vegetation management in constructed wetland treatment cells on water quality and mosquito production. *Ecological Engineering* 18:441–457.

- Tiebout, H. M., III. 1991. Adverse impacts to non-target terrestrial vertebrates. In *Mosquito Control Pesticides: Ecological Impacts and Management Alternatives*, edited by T. C. Emmel and J. C. Tucker, 21–32. Gainesville: Scientific Publishers.
- Tietze, N. S., P. G. Hester, K. R. Shaffer, S. J. Prescott, and E. T. Schreiber. 1994. Integrated management of waste tire mosquitoes utilizing *Mesocyclops longisetus* (Copepoda: Cyclopidae), *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, *Bacillus sphaericus*, and methoprene. *Journal of the American Mosquito Control Association* 10:363–373.
- Torres-Estrada, J., M. H. Rodríguez, L. Cruz-López, and J. I. Arredondo-Jimenez. 2001. Selective oviposition by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in response to *Mesocyclops longisetus* (Copepoda: Cyclopoidea) under laboratory and field conditions. *Journal of Medical Entomology* 38:188–192.
- Tozer, W., and R. Garcia. 1990. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (serotype H-14) against representatives of three subfamilies of North American Chironomidae and other taxa associated with mosquito or black fly habitats. *Proceedings and Papers of the Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association* 58:160–168.
- Vale, G. A., D. F. Lovemore, S. Flint, and G. F. Cockbill. 1988. Odour-baited targets to control tsetse flies, *Glossina* spp. (Diptera: Glossinidae) in Zimbabwe. *Bulletin of Entomological Research* 78:31–49.
- Van Dam, A. R., and W. E. Walton. 2007. Comparison of mosquito control provided by the arroyo chub (*Gila orcutti*) and the mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:430–441.
- van den Berg, H., and W. Takken. 2007. A framework for decision-making in integrated vector management to prevent disease. *Tropical Medicine and International Health* 12:1230–1238.
- Wagner, V. E., R. Hill-Rowley, S. A. Narlock, and H. D. Hewson. 1979. Remote sensing: a rapid and accurate method of data acquisition for a newly formed mosquito control district. *Mosquito News* 39:283–287.
- Wallace, J. R., and E. D. Walker. 2008. Culicidae. In *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, 4th ed., edited by R. W. Merritt, K. W. Cummins, and M. B. Berg, 801–823. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Walker, T. J. 2001. *Gryllus cayensis* n. sp. (Orthoptera: Gryllidae), a taciturn wood cricket extirpated from the Florida Keys: songs, ecology and hybrids. *Florida Entomologist* 84:700–705.
- Walker, A. N., P. Busch, J. Puritz, T. Wilson, E. S. Chang, T. Miller, K. Holloway, and M. N. Horst. 2005. Bioaccumulation and metabolic effects of the endocrine disruptor methoprene in the lobster, *Homarus americanus*. *Integrative and Comparative Biology* 45:118–126.
- Walters, L. L., and E. F. Legner. 1980. Impact of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*, and *Gambusia affinis* on fauna in pond ecosystems. *Hilgardia* 48:1–18.
- Walters, D. M., K. M. Fritz, and R. R. Otter. 2008. The dark side of subsidies: adult stream insects transport organic contaminants to riparian predators. *Ecological Applications* 18:1835–1841.
- Walton, W. E., N. S. Tietze, and M. S. Mulla. 1990. Ecology of *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae): factors influencing larval abundance in mesocosms in southern California. *Journal of Medical Entomology* 27:57–67.
- Walton, W. E., and M. S. Mulla. 1991. Integrated control of *Culex tarsalis* larvae using *Bacillus sphaericus* and *Gambusia affinis*: effects on mosquitoes and non-target organisms in field mesocosms. *Bulletin of the Society for Vector Ecology* 16:203–221.
- Walton, W. E. 2003. *Managing Mosquitoes in Surface-Flow Constructed Treatment Wetlands*. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 8117. 11 pp. Davis: University of California.

- Walton, W. E., and J. A. Giannino. 2005. Vegetation management to stimulate denitrification increases mosquito abundance in multipurpose constructed treatment wetlands. *Journal of the American Mosquito Control Association* 21: 22–27.
- Walton, W. E. 2007. Larvivorous fish including *Gambusia*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23:184–220.
- Ware, G. W. 2004. *The Pesticide Book*, 6th ed. 386 pp. Willoughby, OH: Meister Publishing Company.
- Washington State Department of Ecology. 2004. *Best Management Practices for Mosquito Control*. 59 pp. Olympia: Washington State Department of Ecology Water Quality Program.
- Washino, R. K., and B. L. Wood. 1994. Application of remote sensing to vector arthropod surveillance and control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 50(6 Suppl):134–44.
- Weber, L. M., and S. M. Haig. 1996. Shorebird use of South Carolina managed and natural coastal wetlands. *Journal of Wildlife Management* 60:73–82.
- West Nile Virus Community Task Force of Shaker Heights, Ohio. 2002. "Shaker Heights 2002 West Nile virus response plan." 23 pp. Available at <http://www.beyondpesticides.org/mosquito/documents/shaker%20heights.pdf> (accessed 1/24/13).
- Weston, D. P., E. L. Amweg, A. Mekebri, R. S. Ogle, and M. J. Lydy. 2006. Aquatic effects of aerial spraying for mosquito control over an urban area. *Environmental Science and Technology* 40:5817–5822.
- Willems, K. J., C. E. Webb, and R. C. Russel. 2005. Tadpoles of four common Australian frogs are not effective predators of the common pest and vector mosquito *Culex annulirostris*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 21:492–494.
- Wilson, J. E. H., and J. D. Costlow. 1987. Acute toxicity of diflubenzuron (DFB) to various life stages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Water, Air, and Soil Pollution* 33:411–417.
- Wilson, S. D., M. Varia, and L. Y. Lior. 2005. West Nile virus: the buzz on Ottawa residents' awareness, attitudes and practices. *Canadian Journal of Public Health* 96:109–113.
- Wipfli, M. S., and R. W. Merritt. 1994a. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on non-target benthic insects through direct and indirect exposure. *Journal of the North American Benthological Society* 13:190–205.
- Wipfli, M. S., and R. W. Merritt. 1994b. Disturbance to a stream food web by a bacterial larvicide specific to black flies: feeding responses of predatory macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 32:91–103.
- WHO (World Health Organization). 2008. Position statement on integrated vector management. *WHO Weekly Epidemiological Record* 83:177–184.
- Wright, J. E. 1976. Environmental and toxicological aspects of Insect Growth Regulators. *Environmental Health Perspectives* 14:127–132.
- Xue, R.-D., A. Ali, R. Lobinske and N. Carandang. 1993. Effects of a temephos application on nuisance Chironomidae (Diptera) and non-target invertebrates in a residential-recreational lake in Florida. *Journal of the Florida Mosquito Control Association* 64:1–5.
- Xue, R.-D., and D. R. Barnard. 2003. Boric acid bait kills adult mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Journal of Economic Entomology* 96:1559–1562.

- Xue, R.-D., L. Kline, A. Ali, and D. R. Barnard. 2006. Application of boric acid baits to plant foliage for adult mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association* 22:497–500.
- Xue, R.-D., G. C. Muller, D. L. Kline, and D. R. Barnard. 2011. Effect of application rate and persistence of boric acid sugar baits applied to plants for control of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 27:56–60.
- Yasuno, M., and K. Satake. 1990. Effects of diflubenzuron and methoprene on the emergence of insects and their density in an outdoor experimental stream. *Chemosphere* 21:1321–1335.
- Yiallourou, M., V. Storch, and N. Becker. 1999. Impact of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on larvae of *Chironomus thummi thummi* and *Psectrocladius psilopterus* (Diptera: Chironomidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 74:39–47.
- Zahiri, N. S., T. Su, and M. S. Mulla. 2002. Strategies for the management of resistance in mosquitoes to the microbial control agent *Bacillus sphaericus*. *Journal of Medical Entomology* 39:513–520.
- Zhong, H., L. J. Hribar, J. C. Daniels, M. A. Feken, C. Brock, and M. D. Trager. 2010. Aerial ultra low volume application of naled: impact on non-target imperiled butterfly larvae and efficacy against adult mosquitoes. *Environmental Entomology* 39:1961–1972.
- Zou, L., S. N. Miller, and E. T. Schmidtman. 2006. Mosquito larval habitat mapping using remote sensing and GIS: implications of coalbed methane development and West Nile virus. *Journal of Medical Entomology* 43:1034–1041.

Ek A. Sivrisineklerin Doğal Tarihi ve Vektör Kapasitesi

Habitat

Sivrisinek larvaları tatlı su, acı su veya tuzlu sularda; göletler, bataklıklar, göl kıyıları, ağaç kovukları ve ayak izleri gibi doğal habitatlarda; veya sarnıçlar, sulama kanalları, yağmur suyu tutma havzaları, çiçek vazoları, evcil hayvan mama kapları ve su sızdıran bir musluğun altındaki birikinti gibi yapay habitatlarda bulunabilir. Bütün sivrisineklerin ortak bir yönü varsa, o da durgun sularda üreme tercihleridir.

Gelişim

Aedes, *Ochlerotatus* ve *Psorophora* da dahil olmak üzere taşkın sularında üreyen sivrisinekler, nemli topraklara veya çukurlara yağmur suyu veya kar suyu ile dolana kadar aylarca uykuda bekleyen ve sonra oksijen seviyesinin düşmesiyle çatlayan yumurtalar bırakır. Konteynerlerde üreyen taşkın sivrisinekleri ise ağaç kovukları veya yapay konteynerlerde su çizgisinin üzerine yumurta bırakır ve yeterli yağışlardan sonra yumurtalar su altında kalır (Wallace & Walker 2008). Sabit veya yarı-sabit sucul habitatlarda üreyen *Anopheles* ve *Culex* gibi diğer sivrisinekler, su yüzeyine tek tek (*Anopheles*) veya sıralar halinde (*Culex*) yumurta bırakır ve bunlar birkaç gün içinde çatlar. *Culex* sivrisinekleri, doğal havuzlar ve yapay konteynerler de dahil olmak üzere birçok farklı durgun suda ürer ve genelde yüksek miktarda organik madde içeren suları tercih eder. *Anopheles* sivrisineği ise daha temiz suları tercih eder ve sulak alanlar, göller, karla beslenen veya kuruyan dereler gibi doğal habitatların yanı sıra, sarnıç ve sulama kanalı gibi yapay konteynerlerde bulunabilir (Gwadz & Collins 1996; Silver 2008; Wallace & Walker 2008).

Yumurtalardan larva adı verilen, ipliksi formda ve devamlı kırırdanan, organik parçacıklar, mikro-organizmalar, algler ve zooplanktonlarla beslenen olgunlaşmamış formda canlılar çıkar. Toxorhynchites ve bazı *Psorophora* türlerinin larvaları avcıdır ve diğer sivrisinek larvalarıyla beslenir; hattâ *Toxorhynchites*'in istenmeyen sivrisineklere karşı biyolojik mücadele ajanı olarak kısmen başarıyla kullanıldığı örnekler bulunmaktadır (Garcia 1983'te incelenmiştir; Lacey & Orr 1994; Collins & Blackwell 2000; Shaalan & Canyon 2009). Sivrisinek larvalarının deri değiştirdiği dört evresi vardır. Dördüncü evrenin sonunda, beslenmeyen fakat hareket edebilen bir pupaya dönüşür, bundan da kanatlı yetişkinler çıkar. Tüm aşamalarda oksijene ihtiyaç duyar ve larvalar, nefes almak için su yüzeyine çıkmak zorunudur. Bunun bir istisnası, *Mansonia* ve *Coquilletidia* sivrisinekleridir; bunlar, nefes alma borularını bitkilerin su altında kalan kısmına sokarak doğrudan bitki dokusundan oksijen temin eder. Sivrisineklerin gelişim süresi hava sıcaklığına göre ciddi ölçüde değişebilir ve larva gelişimi çevre koşullarına, ortamdaki larva sayısına ve besin maddesi miktarına göre iki günden birkaç aya kadar sürebilir (Silver 2008; Wallace & Walker 2008).

Hem dişi hem erkek sivrisineklerin yetişkinleri, bitki öz suyu ve çürüyen meyvelerle beslenerek enerji sağlar. Erkekler kan ile beslenmez, fakat dişilerin taşıdığı yumurtalar kan sayesinde elde ettikleri protein olmadan olgunlaşamaz. Bazı sivrisinekler, ilk parti yumurtalarını larva döneminde elde edilen protein rezervini kullanarak bırakabilir (Spielman 1973), fakat birçoğu kan emmeden önce yumurta geliştirmeyi başaramaz. Dişi sivrisinekler genelde yalnızca bir defa çiftleşir (Craig 1967) ve tüm yumurtalarını bu çiftleşme sırasında depoladığı sperm ile döller. Tek bir parti yumurta olgunlaştırabilmek için birden fazla öğün kan emmesi gerekir ve beslenme sonrası 50-200 adet yumurta bırakabilir. Dişi sivrisinekler çeşitli memeliler, kuşlar veya ikiyaşamlılardan kan emebilir. Farklı sivrisinek türlerinin farklı beslenme tercihi olmakla birlikte, bu tercih mevsim içinde de değişebilir. Memelilerle

beslenenler zoofil, yani diğer hayvanlarla beslenmeyi tercih ederken, bazıları ise antropofil, yani insanlardan beslenmeyi tercih eder.

Hastalık Taşıma (Vektör) Kapasitesi

Bazı türlerin dişileri, kan emme davranışlarına göre yalnızca kaşıntıya yol açan zararsız sivrisinekler olmaktan, hastalık taşıyıcı vektör sivrisineklere dönüşebilir. Eğer bir dişi, bir virüs veya parazit ile enfekte olmuş bir canlıyla beslenirse, bedeninin içinde hayatta kalan virüs veya parazit beslenme sırasında sivrisineğin tükürük salgıları aracılığıyla bir sonraki konakçıya atlayabilir. *Anopheles* cinsi sivrisinekler, sıtmaya yol açan *Plasmodium* patojeninin en yaygın vektörleridir ve hem *Culex* hem de *Aedes* türleri, ensefalit ve deng hastalıklarına yol açan virüsler bulaştırabilir. Zoofil türlerin çoğu genelde hastalık vektörü değildir ve eğer hastalık döngüsüne bir insan girerse, genelde parazit için çıkmaz yol konakçısıdır. Dişi sivrisinekler yemek ararken, avlarının nefesinde ve bedensel kokularında bulunan karbon dioksit gibi uçucu kimyasal bileşiklere çekilir ve bu nedenle sivrisinek tuzaklarında bu maddeler kullanılmaktadır. Dişiler, vücut ağırlıklarının birkaç katına kadar kan emebildikleri için, beslendikten sonra bir süre dinlenmesi ve sindirmesi gerekmektedir, dolayısıyla sivrisinek mücadelesinde sivrisineklerin beslenme alanları çevresindeki yüzeylere pestisit uygulanmaktadır.

Kısaltmalar ve Sözlük

Kısaltmalar

Ae. – *Aedes*.

Ach – Acetylcholine (omurgalı ve omurgasızlarda sinir sistemi iletkeni - nörotransmitter).

em/daa – Dekar başına etken madde

An. – *Anopheles*.

Bs – *Bacillus sphaericus*.

Bti – *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*.

ChE – Cholinesterase (omurgalı ve omurgasız sinir sistemlerinde bir enzim).

Cx. – *Culex*.

Cq. – *Coquillettida*.

Cs. – *Culiseta*.

GDO – Genetiği değiştirilmiş organizma.

ha. – Hektar (1 ha = 10 daa).

BBD – Böcek Büyüme Düzenleyici.

ESY – Entegre Sivrisinek Yönetimi.

EZY – Entegre Zararlı Yönetimi.

EVY – Entegre Vektör Yönetimi.

JH – Juvenil hormon.

kg – Kilogram.

LD₅₀ – Zararlı popülasyonunun %50'sini öldüren ölümcül doz.

Ma. – *Mansonia*.

Oc. – *Ochlerotatus*.

OC – Organoklor.

OMWM – Açık Bataklık Su Yönetimi – ABSY (Open Marsh Water Management).

OP – Organofosfat.

PBO – Piperonyl butoxide.

ppm – Milyonda bir parçacık.

SIT – Steril Böcek Tekniği. (Sterile Insect Technique)

ULV – Ultra-düşük hacimli (püskürtme)

Sözlük

Abiyotik – Cansız; çevrede canlı organizmaları etkileyen kimyasal veya fiziksel etkenler. (ör. su, sıcaklık, hava durumu)

Etken madde (em) – Pestisit ürünlerde hedefi öldüren kontrol altına alan veya uzaklaştıran kimyasal madde.

Akut – Tek bir defa maruz kalmak veya kısa süreli maruz kalma.

Adultisit – Sivrisineğin özel olarak yetişkin evresine karşı uygulanan pestisitler; genelde ULV püskürtme olarak uygulanır.

Antropofil – Dişı sivrisineklerde insanlarla beslenme tercihi.

Biyotik – Çevredeki canlı etkenler.

Çitin – Böcekler ve kabuklularda dış iskeletin yapısal bileşenini oluşturan polysaccharide.

Kronik– Zaman içinde tekrarlanan maruz kalma durumu.

Üst deri – Böcekler ve diğer omurgasızların dış kaplaması.

Diyapoz – Büyüme ve gelişimin geçici olarak durduğu dönem; mevsimsel değişimler veya olumsuz çevre koşullarından kaynaklanabilir.

Entomopatojen – Özellikle böcekleri etkileyen mantar, virüs veya bakteri gibi hastalık ajanları.

Dış iskelet – Böcekler ve diğer eklembacaklıların dış iskeleti.

Islak dönem – Yüzeyin su altında kaldığı genel mevsimsel dönem; bir sulak alandaki su seviyesi değişiminin örüntüsü.

Evre – Bir böcek veya diğer omurgasız canlıının her bir deri değişirme arasında kalan dönemi; sivrisinekler, pupalaşmadan önce dört larva evresinden geçer.

Entegre Sivrisinek Mücadelesi (ESM) – Özellikle sivrisineklere karşı tasarlanmış, sivrisinek sayısı halk sağlığını tehdit edecek düzeye geldiğinde devreye giren mücadele stratejilerini kapsayan bir EZY programı.

Entegre Zararlı Yönetimi (EZY) – İstenmeyen canlı mücadelesinde çevresel açıdan sürdürülebilir tekniklerin kullanıldığı bir karar verme süreci. EZY genelde kültürel, fiziksel, biyolojik ve en zehirsiz kimyasal mücadele stratejilerini birleştirir ve düzenli takip çalışmaları sonucunda istenmeyen canlı düzeyinin ekonomik hasar eşiğini aştığı belirlendiğinde uygulanır.

Entegre Vektör Mücadelesi (EVM) – Hastalık vektörlerinin halk sağlığını tehlikeye attığı düşünülen eşik aşıldığında uygulanan EZY programı.

Juvenil hormon – Böcek larvalarında büyüme hızını ve deri değiştirmeyi kontrol eden hormon.

Larvasit – Bir sivrisineğin larva aşamasına karşı kullanılan pestisit.

LD₅₀ – Maruz bırakılan deneklerde %50 ölüm oranına yol açan madde dozu veya yoğunluğu; LD₅₀ ne kadar düşükse, madde o kadar zehirlidir.

Mezokozmos – Doğala yakın koşulların oluşturulduğu deneysel bir su haznesi.

Hedef dışı canlılar – Pestisit uygulaması sonucunda kasıtsız olarak öldürülen canlılar.

Fitoplankton – Su yüzeylerinin üstünde, güneşin aydınlattığı yönde yaşayan ve fotosentez yapan mikroskopik canlılar; sucul ekosistemlerin birincil üreticileridir.

Perifiton – Birçok sucul ekosistemde, su altındaki yüzeylere tutunan alg, siyanobakteri ve mikropların karmaşık bir karışımı; omurgasızlar, iribaşlar ve bazı balıklar için önemli bir besin kaynağıdır.

Noktasal kaynak – Kirleticilerin bir su kütlelerine gizli, sınırlı ve fark edilebilir biçimde verilmesi; boru, hendek, kanal, tünel, arık, kuyu, konteyner, yağmur suyu kanalı, yoğun hayvan yemi operasyonu, çöplük sızıntısı toplama sistemi ve kirleticilerin boşaltıldığı diğer akıntı yapıları.

Pupasit– bir sivrisineğin pupa aşamasına karşı kullanılan pestisit.

Steril Böcek Tekniği – Çok sayıda steril (kısır) erkeğin ortama bırakıldığı, böylece yabani dişilerle çiftleşince yumurtaların olgunlaşmadığı bir böcek mücadelesi yöntemi. Erkek bireylerde kısırlık, genelde gamma ışınına maruz bırakılarak gerçekleştirilir.

Ölümcül olmayan doz – Bir maddenin ciddi düzeyde ölüme yol açmayan, fakat diğer bozucu etkileri olabilen dozu veya yoğunluğu.

Ölümcül olmayan etki – Bir pestisite maruz kaldıktan sonra ölmeyen veya ölümcül olmayan dozlara maruz kalan bireyler üzerindeki fiziksel veya davranışsal etkiler.

Terpenoid – 5-karbon izopren ünitesinden elde edilen bir organik kimyasal madde; böcek juvenil hormonu bir terpenoid'dir.

Vektör – Bir konakçıdan diğerine enfekte edici bir ajan bulaştıran bir taşıyıcı; bu bağlamda kan emen bir dişi sivrisinek.

Vektör mücadelesi – Hasta edici patojenler bulaştırabilen canlıları kısıtlayan veya yok eden herhangi bir yöntem.

Zoofil – Dişi sivrisineklerde insanlar dışındaki hayvanlarla beslenme tercihi.

Zooplankton – Su kütlelerinde asılı duran çok küçük omurgasız canlılar; tatlı su zooplanktonları arasında mikro-kabuklular (copepoda, cladocera), protozoa ve rotiferler bulunur.

THE XERCES SOCIETY
FOR INVERTEBRATE CONSERVATION

Protecting the life that sustains us

628 NE Broadway, Suite 200, Portland, OR 97232
Tel (855) 232-6639 Fax (503) 233-6794
www.xerces.org

Regional offices in California, Minnesota, Michigan,
New Jersey, and North Carolina.