

## *An Overview of Different Control Methods of Invasive Aedes Aegypti and Aedes Albopictus*

Mahmoud Fazeli-Dinan<sup>1,2</sup>  
 Seyed Hassan Nikookar<sup>3,2</sup>  
 Mostafa Azarnoosh<sup>4</sup>  
 Ali Jafari<sup>4,5</sup>  
 Erfan Daneshpour<sup>4</sup>  
 Ahmadali Enayati<sup>6</sup>  
 Morteza Zaim<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>2</sup> Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Department of Medical Entomology and Vector Control, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>4</sup> MSc Student in Medical Entomology, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>5</sup> Health Expert of Administration of Mazandaran Province Prisons, Sari, Iran

<sup>6</sup> Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>7</sup> Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received November 5, 2023; Accepted March 6, 2024)

### **Abstract**

**Background and purpose:** *Aedes* mosquitoes, especially *Aedes aegypti* and *A. albopictus*, due to their special biological and ecological characteristics, have high adaptability and establishment power in different weather conditions, including Iran, and for this reason, they are called invasive mosquitoes. These mosquitoes, which are known as a serious problem for human health, are very important in terms of transmission of very important arboviral diseases such as dengue fever, chikungunya, Zika virus, and yellow fever. Considering the importance of these diseases on the health system and human health, as well as numerous reports of the spread of arboviral diseases through *Aedes* mosquitoes in different countries, various programs have been proposed to control *Aedes* mosquitoes. As a result, introducing suitable methods to control *Aedes* mosquitoes can play a significant role in reducing the transmission of these diseases and maintaining human health. Therefore, in this review, we evaluate the use of each of the *Aedes* mosquito control methods.

**Materials and methods:** This article is a narrative review of the introduction and effectiveness of different methods of controlling *Aedes* mosquitoes. Collecting information about control methods of *A. aegypti* and *A. albopictus* has been compiled without time and language restrictions from international scientific databases including Pub Med, Web of Science, Google Scholar, (ScienceDirect, Scopus, Elsevier, Lilacs) and Internal databases including, Scientific Information Database(SID), Iranian Medical Library(MedLib), Magiran, Civilica. The information collected based on the performance of each of the mentioned methods was extracted, categorized, analyzed, and used in compiling this article. Finally, out of a total of 10202 extracted articles, 123 articles were used in this research considering the inclusion and exclusion criteria.

**Results:** In general, the goals related to the use of different methods of controlling *Aedes* mosquitoes are different depending on the country, epidemiological conditions, resources, and local priorities. But overall, disease prevention, reduction of mosquito population, stopping of disease transmission, prevention of mosquito establishment, disease spread, reduction of nuisances and finally identification of new invasive species are prioritized. The most appropriate methods of controlling *Aedes* are divided into five categories: 1. Environmental methods that include reducing the habitats and growth resources of mosquitoes 2. Chemical methods that are based on the use of various insecticides chemicals and insect growth regulators 3. Mechanical methods that include the use of various traps 4. Biological methods that include the use of natural enemies 5. Genetic methods include genetic engineering and mosquito sterilization techniques. It should be noted that each of these methods can play a significant role in the establishment of *Aedes* mosquitoes and the spread of arboviral diseases, and as a result, reducing the number of cases of infection and death in the health system.

**Conclusion:** Considering the introduction of different control methods for *A. aegypti* and *A. albopictus* and the priority of each of the control methods presented; it is important to mention that the method of controlling *Aedes* depends a lot on the environmental conditions of the region, the stage of mosquito establishment, the population phase of mosquitoes and diseases caused by it. Therefore implementation of *Aedes* mosquito control programs through integrated vector management strategy is recommended, which requires the effective collaboration and coordination of national and local authorities and the general public for cost-effective control and lasting effects.

**Keywords:** *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, Dengue fever, Chikungunya, Zika, Vector control

J Mazandaran Univ Med Sci 2024; 34 (232): 260-286 (Persian).

**Corresponding Author:** Ahmadali Enayati - Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.  
 (E-mail: ahmadali\_enayati@yahoo.com)

# مروری بر روش‌های مختلف مبارزه با پشه‌های مهاجم آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس

محمود فاضلی دینان<sup>۱</sup>

سید حسن نیکوکار<sup>۲</sup>

مصطفی آذرنوش<sup>۴</sup>

علی جعفری<sup>۵</sup>

عرفان دانش پور<sup>۴</sup>

احمدعلی عنایتی<sup>۶</sup>

مرتضی زعیم<sup>۷</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** پشه‌های آندس به ویژه گونه‌های آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس، به دلیل ویژگی‌های خاص بیولوژیکی و اکولوژیکی دارای سازگاری و قدرت استقرار بالا در شرایط آب و هوایی مختلف از جمله ایران بوده و به همین دلیل از آن‌ها به‌عنوان پشه‌های مهاجم نام برده می‌شود. این پشه‌ها که به‌عنوان یک مشکل جدی برای سلامت انسان شناخته شده‌اند، از نظر انتقال بیماری‌های آروویروسی بسیار مهم از قبیل تب دانگ، چیکونگونیا، ویروس زیکا و تب زرد اهمیت بسیار زیادی دارند. باتوجه به اهمیت این بیماری‌ها بر نظام بهداشتی و سلامت انسان، و هم‌چنین گزارشات متعددی مبنی بر شیوع بیماری‌های آروویروسی از طریق پشه‌های آندس در کشورهای مختلف، برنامه‌های مختلفی برای کنترل پشه‌های آندس پیشنهاد شده است. در نتیجه معرفی روش‌های مناسب برای کنترل پشه‌های آندس می‌تواند در کاهش انتقال این بیماری‌ها و حفظ سلامت انسان نقش قابل توجهی را ایفا نماید. بنابراین، این مطالعه مروری با هدف ارزیابی کاربرد هر یک از روش‌های کنترل پشه‌های آندس، انجام پذیرفت.

**مواد و روش‌ها:** این مقاله یک مطالعه مروری روایتی در خصوص معرفی و کارایی روش‌های مختلف کنترل پشه‌های آندس است. جمع‌آوری اطلاعات در مورد روش‌های کنترل آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس از پایگاه‌های داده‌های علمی بین‌المللی (Google Scholar، Wb of Science، Pub Med، Lilacs، Elsevier (Scencedirect، Scopus) و داخلی (پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، کتابخانه پزشکی ایرانی (medlib)، بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran)، مرجع دانش (civilica)، بدون محدودیت زمانی-زبانی گردآوری گردیده است. اطلاعات گردآوری شده براساس عملکرد هر یک از روش‌های ذکر شده استخراج، دسته‌بندی، تحلیل و در تدوین این مقاله مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت از مجموع ۱۰۲۰۲ مقاله استخراجی و با در نظر گرفتن معیارهای خروج و ورود تعداد ۱۲۳ مقاله در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

**یافته‌ها:** به طور کلی اهداف مربوط به استفاده از روش‌های مختلف کنترل پشه‌های آندس بسته به کشور مورد نظر، شرایط اپیدمیولوژیک، منابع و اولویت‌های محلی متفاوت است، اما در یک قالب کلی، به ترتیب پیشگیری از بیماری، کاهش جمعیت پشه‌ها و قطع انتقال بیماری، جلوگیری از استقرار پشه‌ها و شیوع بیماری، کاهش مزاحمت‌ها و در نهایت شناسایی گونه/گونه‌های مهاجم جدید در اولویت قرار دارند. مناسب‌ترین روش‌های کنترل آندس‌ها به پنج دسته تقسیم می‌شوند. دسته‌ها شامل، روش‌های محیطی که در برگیرنده کاهش زیستگاه‌ها و منابع رشدی پشه‌ها است، روش‌های شیمیایی که مبتنی بر استفاده از انواع حشره‌کش‌های شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات است، روش‌های مکانیکی که شامل استفاده از انواع تله‌ها است، روش‌های بیولوژیک که شامل استفاده از انواع دشمنان طبیعی است و روش‌های ژنتیکی که در برگیرنده مهندسی ژنتیک و تکنیک‌های عقیم‌سازی پشه‌ها است، می‌باشد. لازم به ذکر است که هر کدام از این روش‌ها می‌تواند نقش قابل توجهی در استقرار پشه‌های آندس و گسترش بیماری‌های آروویروسی و در نتیجه کاهش موارد ابتلا و مرگ انسان در نظام سلامت و بهداشتی داشته باشد.

**استنتاج:** باتوجه به معرفی روش‌های مختلف کنترل پشه‌های آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس و اولویت هر کدام از روش‌های کنترلی ارائه شده، ذکر این نکته ضروری است که روش کنترل آندس‌ها بستگی زیادی به شرایط محیطی منطقه، مرحله استقرار پشه‌ها و نیز فاز جمعیتی پشه‌ها و بیماری‌های ناشی از آن دارد. بنابراین پیاده‌سازی و ارزیابی برنامه‌های کنترل پشه‌های آندس از طریق روش‌های مختلف به ویژه مدیریت تلفیقی ناقلین امکان‌پذیر است که مستلزم دخالت و هماهنگی مقامات محلی، ملی و عموم جامعه در جهت رسیدن به اثرات کنترلی مقرون به صرفه و ماندگار است.

**واژه‌های کلیدی:** آندس اجیپتی، آندی آلبویکتوس، تب دانگ، چیکونگونیا، زیکا، کنترل ناقلین

E-mail:mahmadi\_enayati@yahoo.com

**مؤلف مسئول:** احمدعلی عنایتی - ساری: کیلومتر ۱۷ جاده خزرآباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت

۱. دانشیار، گروه حشره‌شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، موسسه اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. استادیار، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، موسسه اعتیاد، گروه حشره‌شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی پزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۵. کارشناس بهداشت مدیریت زندان‌های استان مازندران، ساری، ایران

۶. استاد، گروه حشره‌شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۷. استاد، گروه حشره‌شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۲/۹/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

## مقدمه

روند رو به رشد تجارت و مسافرت های بین المللی همراه با تغییرات زیست محیطی همواره می تواند منجر به ظهور، جابه جایی و استقرار گونه های خطرناکی از پشه های مهاجم (Invasive Mosquito Species: IMS) مانند جنس *Aedes* (Diptera: Culicidae) در گستره های مختلف جغرافیایی شود (۱-۳). در میان گونه های مختلف این جنس، دو گونه پشه (*Aedes aegypti* (Linnaeus) و *Aedes albopictus* (Skuse) (Yellow fever mosquito) که ناقل عفونت های مهم ویروسی از جمله تب زرد، تب دانگ، چیکونگونیا و ویروس زیکا هستند، سالیانه موجب ابتلا و مرگ بسیاری از انسان ها به ویژه در کشورهای اندمیک می شوند (۴). امروزه پشه های آندس اجیپتی که از قاره آفریقا و آندس آلبوپیکتوس که از جنگل های جنوب شرق آسیا منشأ گرفتند، هر پنج قاره در دنیا را مورد تهاجم خود قرار داده اند. این پشه ها تا حدودی دارای ویژگی های اکولوژیکی و بیولوژیکی مشابهی مانند انعطاف پذیری بالا برای انطباق با محیط های مختلف، خونخواری از انسان و تخم گذاری در ظروف آب ساخته شده توسط انسان هستند (۵). با این تفاوت که گونه آلبوپیکتوس ترجیحاً در لانه های لاروی که توسط پوشش های گیاهی احاطه شده اند تخم گذاری می کند، در حالی که گونه اجیپتی ظروف ساخته شده توسط انسان را که در نقاطی با تراکم بالای ساختمان (شهرها) قرار دارند برای تخم گذاری ترجیح می دهد (۵). هم چنین هر دو گونه، میزبان های انسانی خود را در طول روز مورد گزش قرار می دهند که این امر خطر گزیده شدن انسان توسط پشه را افزایش می دهد، زیرا انجام اقدامات حفاظت شخصی در طول روز دشوارتر از شب است (۶). لازم به ذکر است که یکی از خصوصیت بیولوژیک مهم آندس اجیپتی این است که برای یک وعده کامل خون، از افراد متعدد و در مدت زمان کوتاه تغذیه می کند که این رفتار در کنار این نکته که خونخواری آندس اجیپتی عمدتاً از انسان (بر خلاف

آلبوپیکتوس) است در مجموع توانایی آن ها را در گسترش بیماری نسبت به آندس آلبوپیکتوس به مراتب افزایش می دهد و می تواند موجب اپیدمی های انفجاری گردد (۷). به طور کلی در هر دو گونه ای این پشه ها تخم ها به صورت جداگانه و انفرادی توسط حشره ماده در بالای سطح آب (داغاب) روی بسترهای مرطوب (عمدتاً کانتینرهای طبیعی یا مصنوعی) قرار می گیرند. اما نکته مهم این است که این تخم ها می توانند برای ماه ها در برابر شرایط خشکی زنده بمانند و هنگامی که با آب تماس پیدا کنند تفریح می شوند (۸). بنابراین یکی از دلایل موفقیت این پشه ها در جابه جایی های قاره ای، مقاومت بالای تخم هایشان نسبت به خشکی است که آن ها را قادر به زنده ماندن به مدت زمان طولانی و انتقال به سایر مناطق جغرافیایی می کند (۹،۱). تخم گذاری پشه های آندس در بسترهای مصنوعی یا دست ساز انسان در سه دسته خانگی (گلدان ها و ظرف های نگهداری آب)، نیمه خانگی (مخازن یا تانکرهای دور انداخته شده، لاستیک های مستعمل، وسایل اسقاطی) و بسترهای طبیعی (گیاهان لاکمی بامبو، آناناس (Bromeliads)، برگ های افتاده، پوسته حلزون و نارگیل) طبقه بندی شده اند (۹،۵،۲). اگر چه که انتخاب این اماکن برای تخم گذاری بسته به منطقه می تواند متفاوت باشد، اما معمولاً ظروف نیمه خانگی مانند مخازن دور انداخته و لاستیک های مستعمل جزو شایع ترین اماکن تخم گذاری هستند که در گسترش جهانی این پشه های مهاجم نقش قابل توجهی دارند. به عنوان مثال گسترش سریع آندس آلبوپیکتوس در سراسر جهان به احتمال زیاد به دلیل تجارت بین المللی تایرهای مستعمل اتفاق افتاده است (۱۰). علاوه بر مقاومت بالای تخم آندس به شرایط خشکی و جابه جایی های جهانی آن، استقرار این پشه در مناطق جدید نیز بسیار حائز اهمیت و تامل برانگیز است. از این بابت که این گونه ها به معنی واقعی مهاجم بوده و اکوسیستم های مختلفی را در دنیا به دلیل انعطاف پذیری بالای اکولوژیکی شان تصرف می کنند و در نتیجه از نظر بیماری هایی که منتقل می کنند بسیار مورد توجه

۱۷۰۰۰۰ مورد جدی ابتلا و در حدود ۲۹۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ مورد مرگ هم‌چنان از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۶). در مورد ویروس زیکا که با نقایص مادرزادی مرتبط است و براساس گزارشات سازمان جهانی بهداشت شیوع و شواهد انتقال این بیماری در سراسر قاره آمریکا، آفریقا و دیگر مناطق جهان وجد دارد به طوری که تا به امروز، در مجموع ۸۶ کشور شواهدی را از عفونت ویروس زیکا منتقل شده توسط پشه گزارش کرده‌اند (۱۷). برای مثال برآوردها حاکی از آن است که تنها در برزیل و آمریکا در طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۶ بیش از ۴/۵ میلیون نفر به این ویروس مبتلا شدند (۱۸). در نتیجه در کنار گسترش و استقرار این پشه‌های مهاجم، افزایش ابتلا و موارد مرگ بیماری‌های مختلف ناشی از استقرار این پشه‌ها برای سازمان‌های بهداشتی بسیار حائز اهمیت است. نکته قابل تامل دیگر در خصوص آندس‌های مهاجم به ویژه در مناطق اندمیک این است که امکان اوج‌گیری دوباره جمعیت پشه حتی پس از کنترل نیز وجود دارد که در نتیجه می‌تواند منجر به ظهور مجدد بیماری‌های منتقله شود. این بازگشت دوباره به ویژه ممکن است به دلیل اشغال و تکثیر در لانه‌های لاروی بسیار مخفی و جمعیت زیر رادار باشد که باید مورد توجه ویژه مراقبین سلامت قرار گیرد. برای مثال ظهور دوباره بیماری چیکونگونیا در کنیا در سال ۲۰۰۴ صدمات زیادی را به ساختار بهداشتی و درمانی این کشور وارد ساخت (۱۹). اهمیت مسائل پیش‌گفت در ایران نیز که در همسایگی نزدیک با بسیاری از کشورهای منطقه مدیترانه شرقی (Eastern Mediterranean Region: EMR) قرار دارد نیز بسیار قابل تامل است؛ چراکه گزارشات مبنی بر شیوع بیماری‌هایی نظیر تب دانگ، چیکونگونیا و تب زرد در برخی از کشورهای این منطقه توسط گونه‌های مهاجم آندس اجیتی و آندس آلبویکتوس، علاوه بر این که سبب می‌شود ایران در منطقه گسترش انتشار آندس اجیتی و آندس آلبویکتوس قرار بگیرد، همواره زنگ خطر ورود این بیماری‌ها را نیز به دلیل تجارت یا

سازمان‌های بهداشتی ملی و بین‌المللی قرار گرفته‌اند (۵). برای مثال ورود و استقرار پشه آندس آلبویکتوس در بندر جنوای ایتالیا و سپس انتشار و استقرار آن در بسیاری از کشورهای اروپایی، به خصوص حاشیه دریای مدیترانه موجب شده است علاوه بر ایتالیا، سایر کشورهای اروپایی نیز در برابر بیماری‌های منتقله توسط این پشه‌ها آسیب‌پذیر شوند (۲). هم‌چنین گسترش آلودگی کشورهای شمالی به پشه‌های آندس به ویژه آلبویکتوس، به دلیل داشتن تخم زمستان‌گذران، نشان داد که این پشه‌ها از نظر بیونومیکی علاوه بر مناطق حاره با مناطق معتدل و سرد شمالی مانند روسیه، گرجستان و ترکیه نیز سازگارند که موجب نگرانی‌های شدید بهداشتی در این کشورها شده است (۱۱، ۱۲). این نگرانی از این جهت است که در کنار گسترش روزافزون و استقرار آندس‌های مهاجم در دنیا، بیماری‌های منتقله به وسیله آن‌ها نیز متأسفانه همواره در حال فزونی است. برای مثال در سطح جهانی، تعداد موارد تب دانگ از تقریباً ۲۴ میلیون مورد در سال ۱۹۹۰ به ۳۹۰ میلیون در سال ۲۰۲۱ رسیده است. هم‌چنین تخمین زده می‌شود که امروزه نزدیک به ۳/۵ میلیارد نفر در جهان در معرض خطر ابتلا به این بیماری قرار دارند. علاوه بر این، تعداد مرگ ناشی از تب دانگ نیز از تقریباً ۱۷ هزار مورد در سال ۱۹۹۰ به بیش از ۴۰ هزار مورد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است (۱۳، ۱۴). هم‌چنین بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت طی سالیان اخیر قاره‌های آسیا و آمریکا مناطقی هستند که بیش‌تر تحت تأثیر بیماری چیکونگونیا قرار گرفته‌اند. پاکستان با شیوع مداومی روبرو بود که طی آن ۸۳۸۷ مورد را گزارش کرد، در حالی که هند با ۶۲۰۰۰ مورد مبتلا آمار بالایی را نشان داد. در قاره آمریکا و کارائیب ۱۸۵۰۰۰ مورد گزارش شد که بیش‌ترین موارد در برزیل (بیش از ۹۰ درصد) بوده است (۱۵). براساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، بیماری تب زرد به ویژه در کشورهای سه قاره آفریقا، آمریکای جنوبی و آمریکای مرکزی بسیار مطرح بوده و با برآورد سالانه ۸۴۰۰۰ تا

روش های گفته شده، امروزه کنترل ژنتیکی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

بنابراین در این مطالعه سعی شده است که روش هایی که منجر به کاهش جمعیت پشه های آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس می شوند مورد بررسی قرار گیرند، چرا که اجرای این روش های کنترلی تاثیر قابل توجهی بر کاهش گزش پشه ها و انتقال بیماری های مختلف دارند (۳۱-۲۹). در این راستا تلاش شده است که اطلاعات مورد نیاز برای اجرای برنامه های کنترل ناقلین آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس جمع آوری، جمع بندی و تحلیل شود. این اطلاعات عمدتاً شامل بررسی اسناد ملی یا بین المللی، پروتکول ها، راهنماها و توصیه های مربوط به روش های کنترل پشه های مهاجم، و همچنین مقالات منتشر شده در این خصوص است؛ که این امر با تمرکز بر اقدامات کاربردی و راه کارهای عملی جهت کنترل پشه های آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس و با هدف شناسایی شکاف های اطلاعاتی در مورد این اقدامات کنترلی انجام می شود تا در نهایت به این پرسش پاسخ داده شود که چه اقدامات کنترلی علیه آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس در حال حاضر توصیه می شود.

## مواد و روش ها

استراتژی جستجو در پژوهش حاضر که از نوع مطالعه ای مروری روایتی (Narrative Review) است، شامل ترکیب مفاهیم موجود در خصوص گسترش و استقرار پشه ها در مناطق مختلف جغرافیایی، برنامه ها یا روش های مختلف کنترل دو گونه پشه آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس و بیماری های آربو ویروسی منتقله به وسیله ای این دو گونه است. طراحی معیارهای ورود عمدتاً بر اساس این که، مستندات باید به طور خاص شامل پشه های آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس باشد، هر نوع مدیریت محیطی، شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیکی و ژنتیکی که جمعیت پشه ها را کنترل کند، وجود بیماری های تب دانگ، تب زرد، چیکونگونیا و ویروس

مسافرت های مداوم بین المللی از این کشورها به ایران میسر می سازد (۲۰). هم چنین لازم به ذکر است که اگرچه هنوز عفونت پشه های آندس در کشورهای این منطقه به ویروس زیکا گزارش نشده است، اما با توجه به گسترش مبادلات بین المللی، همواره احتمال آلوده شدن گونه های آندس در منطقه مدیترانه شرقی به ویروس زیکا نیز وجود دارد که در این صورت تهدید جدی برای ایران از جهت ورود بیماری زیکا به کشور است (۲۰). بنابراین با توجه به مسائل پیش گفت و نظر به اهمیت روزافزون گسترش و استقرار آندس های ناقل و موارد رو به تزاید بیماری هایی که منتقل می کنند؛ چاره اندیشی در مورد راه های کنترل آن ها دارای اهمیت زیادی است. در همین خصوص، سازمان جهانی بهداشت برنامه پاسخ جهانی به کنترل ناقلین (GVCR) را تدوین و منتشر کرد که در آن همه کشورهای عضو متعهد به ارتقاء نظام مراقبت و کنترل بیماری های ناقل زاد شدند (۲۱، ۲۲). دفتر منطقه ای سازمان جهانی بهداشت در مدیترانه شرقی (EMR) نیز برنامه عملیاتی نیل به اهداف پیش بینی شده در برنامه GVCR را تدوین و به اجرا گذاشته است (۲۳، ۲۴). در این راستا، کشورهای عضو به افزایش ظرفیت و امکانات برای نظارت، پایش مداوم، هشدار سریع و اقدامات موثر برای جلوگیری از گسترش بیماری های ناقل زاد و تهدیدات مرزی، تشویق شده اند (۲۵، ۲۶). هم چنین، سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization: WHO) نیز دستورالعمل مدیریت تلفیقی ناقلین (Integrated Vector Management: IVM) را با تکیه بر اطلاعات در مورد اثر بخشی روش های مختلف کنترل روی آندس های مهاجم منتشر کرده است به طوری که این اطلاعات منجر به کنترل موثر پشه های مهاجم در منطقه شده و در نهایت از شیوع بیماری جلوگیری شود (۲۶، ۲۷، ۲۸). بر این اساس روش های کنترل پشه های آندس را عمدتاً به چهار گروه اصلی تقسیم می کنند که شامل روش های محیطی، شیمیایی، مکانیکی و بیولوژیکی است. قابل ذکر است که علاوه بر

زیکا در عنوان یا چکیده در تمام مستندات، مقالات یا باید در مجلات معتبر منتشر شده باشند یا توسط مقامات ملی یا فراملی، یا سایر سازمان‌های رسمی تولید یا استفاده شوند، استفاده از مقالات مروری سیستماتیک در خصوص روش‌های کنترل یا مقاومت پشه‌ها نسبت به این روش‌ها و پروتوکول‌های معتبری که روش‌های کنترلی استفاده شده در سطح بین‌المللی، ملی یا محلی را معرفی و توصیف می‌کند، بوده است. معیارهای خروج نیز شامل، کنترل آفات غیر از پشه‌های آندس اجپیتی و آلبویکتوس، مستندات که صرفاً متمرکز بر مراقبت بوده و به عنوان بخشی از یک برنامه کنترلی نیستند و مطالعاتی که صرفاً جنبه‌ی آزمایشگاهی دارند، بود. بر این اساس داده‌های مورد نیاز پژوهش به صورت هدفمند و از طریق جستجو در پایگاه‌های علمی بین‌المللی شامل، PubMed، Google Scholar، Elsevier (ScienceDirect، Scopus) و پایگاه‌های علمی داخلی شامل، سامانه دانش گستر برکت (Barakatks)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)، مرجع دانش (Civilica)، با استفاده از کلمات کلیدی شامل پشه‌های آندس، مبارزه محیطی، شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیکی و ژنتیکی به صورت جستجوی انفرادی و جستجوی پیشرفته‌ی ترکیبی و بدون محدودیت زمانی و زبانی، گردآوری گردیده است. اطلاعات گردآوری شده براساس عملکرد هر یک از روش‌های ذکر شده استخراج، دسته‌بندی، تحلیل و در تدوین این مقاله مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت از مجموع ۱۰۲۰۲ مقاله استخراجی و با در نظر گرفتن معیارهای خروج و ورود تعداد ۱۲۳ مقاله در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

## یافته‌ها

به طور کلی اهداف مربوط به استفاده از روش‌های مختلف کنترل پشه‌های مهاجم بسته به کشور مورد نظر، شرایط اپیدمیولوژیک، منابع و اولویت‌های محلی متفاوت است، اما در یک قالب کلی، پیشگیری از بیماری

متداول‌ترین هدف است. به دنبال آن کاهش جمعیت پشه‌ها و قطع انتقال بیماری، جلوگیری از استقرار پشه‌ها و شیوع بیماری، کاهش مزاحمت‌ها و در نهایت شناسایی گونه/گونه‌های مهاجم جدید در اولویت قرار دارند (۶). برای نیل به این اهداف و براساس مرور منابع اطلاعاتی، روش‌های مبارزه با پشه‌های آندس به پنج دسته کلی شامل روش‌های محیطی، شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیک و ژنتیکی تقسیم می‌شود.

### ۱- روش‌های محیطی

این روش‌ها که نوعی مبارزه فیزیکی نیز به شمار می‌رود به عنوان خط اول و متداول‌ترین روش کنترل پشه‌های آندس اجپیتی و آندس آلبویکتوس محسوب می‌شود که عمدتاً بر مبنای جلوگیری از تشکیل و یا تخریب محل‌های زاد و ولد این گونه از پشه‌ها و یا جلوگیری از تخمگذاری آن‌ها (مانند استفاده از توری یا درب روی ظروف نگهداری آب) استوار است (۶). از آنجایی این پشه‌ها تمایل به تکثیر در ظروف کوچک حاوی آب و غالباً ساخته دست بشر را دارند، بنابراین اطلاع دقیق از وجود و کاهش این گونه لانه‌های لاروی می‌تواند نقش قابل توجهی در کنترل بیماری‌ها و کاهش هزینه درمانی ناشی از آن داشته باشد (۶). امروزه توسعه نامناسب شهرنشینی و حاشیه‌نشینی و نیز روند مصرف‌گرایی در زندگی روستایی که منجر به استفاده از انواع ظروف یک بار مصرف و دور ریز آن‌ها در کنار سایر وسایل اسقاطی می‌شود، می‌تواند منابع رشد لاروی متعدد، متنوع و مناسب برای پشه‌های آندس در اطراف محل زندگی انسان به وجود آورد، که نتیجه آن بالا رفتن احتمال تماس انسان با پشه‌های آندس در محیط است و به دنبال آن خطر بروز و طغیان بیماری‌هایی نظیر تب دانگ، چیکونگونیا و زیکا را موجب می‌شود (۳۲). روش‌های محیطی عمدتاً شامل، بهسازی محیط، تخلیه و تمیز کردن انواع ظروف کوچک حاوی آب، پوشش‌دار کردن دهانه ظروف آب، وارونه قرار دادن ظروفی که می‌توانند در خود آب

نگهدارند، قرار دادن لاستیک‌ها در محیط داخلی و یا زیر سقف، مدیریت مناسب مواد زاید، پایش و پر نمودن حفره‌های تنه‌ی درختان، ترمیم و نظافت مداوم کانال‌ها و حاشیه رودخانه‌ها برای جلوگیری از راکد ماندن آب، بازدید خانه به خانه و ایجاد کمپین در خصوص افزایش آگاهی عمومی در مورد تغییرات موقت در زیستگاه‌های ناقل و کاهش منابع لاروی توسط عموم جامعه است که از طریق ارسال تیم‌های فنی آموزش دیده کشوری جهت آموزش و ارائه مشاوره‌های فنی میسر می‌گردد (۳۳،۶). لازم به ذکر است که افزایش آگاهی عمومی در اجرای برنامه‌های محیطی اگر با مشارکت فعال جامعه همراه باشد موفقیت‌آمیز خواهد بود، زیرا بسیاری از این اماکن در املاک خصوصی افراد قرار دارند، بنابراین اقدامات تک تک شهروندان برای حذف یا کاهش محل‌های زاد و ولد پشه‌ها در این املاک همواره بخش مهمی از مبارزه جامع با پشه‌های مهاجم به شمار می‌رود (۶). اهمیت این موضوع آنقدر زیاد است که در واقع، سازمان جهانی بهداشت نتیجه می‌گیرد که مدیریت تلفیقی ناقلین تنها از طریق مشارکت جامعه میسر می‌گردد (۶). این دستورالعمل که بر ایده "بسج اجتماعی" تأکید می‌کند معمولاً جامعه را در کنار استفاده از اقدامات محافظت شخصی، به سمت اقدامات پیشگیرانه و کنترلی نیز سوق می‌دهد (۳۴). در این خصوص افزایش آگاهی در بین عموم مردم در کنار مدیریت محیطی نیز بسیار اهمیت دارد به طوری که عموم جامعه بتوانند مقامات دولتی را از وجود پشه‌های مهاجم با استفاده از "علم شهروند" یا Citizen Science به عنوان ناقلین بیماری آگاه کنند بسیار ضروری است چرا که سازمان جهانی بهداشت برآورد می‌کند که تأثیر افزایش آگاهی و بهبود مشارکت جامعه در اثربخشی اقدامات کنترلی، حتی می‌تواند بسیار فراتر از نتایجی باشد که در مطالعات مقدماتی اندازه‌گیری شده است (۲۸).

در بادی امر شاید به اشتباه تصور شود که استفاده از روش‌های محیطی مبتنی بر مشارکت آحاد جامعه آسان و ارزان است، در حالی که بر عکس نیاز به امکانات

نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و نیز حمایت‌های مادی و معنوی زیادی دارد، چرا که مشارکت جامعه نیاز به تعهد طولانی مدت و فعالیت‌های مداوم به منظور ایجاد و حفظ ظرفیت کنترل پشه‌های مهاجم دارد، که این موضوع می‌تواند در طی یک اپیدمی به‌طور موثری فعال‌تر هم شود (۳۵،۳۶). بنابراین معمولاً کشورهای توسعه یافته تر به علت وجود منابع و آموزش‌های کافی و نیز همراهی مردم در این زمینه موفق‌تر بوده‌اند. راهکارهای محیطی که شامل مدیریت‌های کلان در جهت بهسازی محیط برای جلوگیری و یا به حداقل رساندن تکثیر ناقل و تماس آن با انسان است عمدتاً شامل، تغییرات فیزیکی طولانی اثر برای جلوگیری از ایجاد زیستگاه‌های لاروی (به‌عنوان مثال توسعه آب لوله‌کشی و حذف ظروف ذخیره آب، تدوین و اجرای قوانین ساختمانی و شهرسازی ناظر بر عدم ایجاد زیستگاه‌های لاروی)، تغییرات موقت در زیستگاه‌های لاروی (تخلیه و تمیز کردن مرتب ظروف محتوی آب، درب یا پوشش دار کردن ظروف ذخیره آب، مدیریت زباله و ضایعات جامد، نظافت مداوی آب گذرهای شهری به منظور جلوگیری از راکد شدن آب، ساماندهی لاستیک‌های مستعمل) و بهسازی اماکن جهت کاهش تماس ناقل با انسان (مثلاً نصب توری روی درب و پنجره‌ها) است (۳۳،۳۶). علاوه بر مراقبت‌های محیطی، بهسازی ساختمان‌های مسکونی و عمومی نظیر بیمارستان‌ها، هتل‌ها، اداره‌ها و مدارس در جهت کاهش تماس پشه‌های آندس با انسان نیز می‌تواند نقش بسیار زیادی در کاهش تماس و گزش انسان توسط گونه‌های آندس به‌ویژه گونه اجپیتی و به دنبال آن بروز و انتقال بیماری‌هایی نظیر تب دانگ، زیکا و چیکونگونیا داشته باشد، چرا که امروزه بیش از ۵۰ درصد جمعیت کره زمین شهرنشین بوده و تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ این رقم به بیش از ۷۰ درصد برسد؛ جمعیتی بالا که همواره در معرض گزش پشه‌های مهاجم و انتقال بیماری قرار دارند (۳۲،۳۳،۳۷). لازم به ذکر است که در بهسازی ساختمان‌های مسکونی و عمومی مقررات نظام مهندسی

نیز نقش قابل توجهی دارد چرا که براساس آن می‌تواند افراد و مسئولین را موظف کند که در زمان ساختن شهر و روستا، کلیه ابنیه و زیرساخت‌های شهری و روستایی (نظیر ساختمان‌ها، آب‌راه‌ها، راه‌های فاضلاب سطحی و زیرسطحی، پیاده‌روها، دفع پسماند، مدیریت تابرهای مستعمل و سایر زیستگاه‌های بالقوه لاروی نظیر مخازن آب شرب و غیره) طوری طراحی شوند که تا حد امکان ایجاد لانه لاروی پشه‌ها در آن‌ها میسر نباشد. هم‌چنین وضع قوانین و مقرراتی که به موجب آن نیروهای بهداشتی بتوانند از اماکن مختلف بازدید و نسبت به اقدامات بهداشتی اقدام و یا اعمال قانون کنند نیز بسیار مهم است (۳۸،۳۵،۶). در این خصوص تقویت ظرفیت مراکز پیشگیری و کنترل بیماری (Centers for Disease Control and Prevention: CDC) در کشورهای مختلف جهت انتقال اطلاعات آموزشی و پیشگیرانه به شهروندان به منظور مقابله با خطر رو به رشد و استقرار پشه‌های آندس و به دنبال آن اپیدمی شدن بیماری‌های منتقله توسط این گونه‌ها نیز می‌تواند بسیار موثر باشد. این مراکز شامل شبکه‌ای از متخصصان پزشکی و بهداشت عمومی اند که براساس دستورالعمل‌های مربوطه، مراقبت بر گونه‌های مهاجم را بر عهده دارند (۳۹،۱). برای مثال در ایتالیا پس از شیوع و طغیان بیماری چیکونگونیا در سال ۲۰۰۷، انجام چنین مراقبتی به صورت گسترده نتایج مثبتی در کاهش تماس پشه‌های آندس با انسان و در نتیجه کاهش بار بیماری به دنبال داشت (۴۰). برخی از روش‌های محیطی جهت کنترل گونه‌های آندس اجبیتی و آندس آل‌بویکتوس در جدول شماره ۱، معرفی شده است.

## ۲- روش‌های شیمیایی

کنترل شیمیایی استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی مناسبی است که به‌عنوان بخشی از مدیریت تلفیقی ناقلین بیماری در جهت سلامت عمومی اتخاذ می‌شود (۹). امروزه حشره‌کش‌های ارگانوفسفره، پیرتروئید و تا حدودی کاربامات (جدول شماره ۲) جهت کنترل گونه‌های

آندس آل‌بویکتوس و آندس اجبیتی در مراحل مختلف لاروی یا بالغ مورد استفاده قرار می‌گیرند (۶،۴). به‌طور کلی چهار روش برای استفاده از این حشره‌کش‌های شیمیایی وجود دارد که شامل، کاربرد لاروکش‌ها به‌صورت کنترل کانونی، سم پاشی ابقایی، روش تیمار محیطی و پاشش فضایی می‌باشد. کاربرد لاروکش‌ها به‌صورت کنترل کانونی (Focal control) در ظروف حاوی یا ذخیره آب، حتی آب آشامیدنی خانگی، با استفاده از حشره‌کش‌هایی که ضمن داشتن سمیت بسیار کم برای انسان و سایر جانداران (مانند ایت)، نباید طعم، بو یا رنگ آب را به‌طور معنی‌داری تغییر دهد.

جدول شماره ۱: نمونه‌هایی از روش‌های محیطی جهت کاهش جمعیت و کنترل گونه‌های مهاجم آندس

گونه	کنترل محیطی
آندس آل‌بویکتوس	جمع آوری، حذف یا تغییر هر گونه ظروف حاوی آب و گناشتن در پوش‌های محافظ با توری روی مخازن بدون حفاظ آب (۴۱)
	حذف ظروف کوچک و متوسط که برای تخم‌گذاری پشه مناسب اند (۴۲)
	پایش و مدیریت حفره‌های ته درختان (۴۳)
	پایش سینک‌های ظرف شویی، ظروف زیرگلدان در خانه‌ها در مناطق شهری و روستایی (۴۴،۲)
	پایش انواع سطل‌های موجود در باغ‌ها و سبزیکاری‌ها (۱)
	پایش نانوایان‌های منازل مسکونی (۴۵)
	پایش مخازن جمع آوری آب‌های سطحی و آب باران (۴۲)
	پایش روشویی‌ها، مخزن‌های آب شرب و تابرهای مستعمل (۴۶)
آندس اجبیتی	مدیریت و کاهش انواع ظروف حاوی آب قرار گرفته در اطراف منازل (۳۲)
	پوشاندن مخازن و بشکه‌های حاوی آب با استفاده از روکش‌های تایلونی و توری (۳۷)
	پایش مداوم ظروف حاوی آب (۳۲)
	جمع آوری ظروف پلاستیکی کوچک در اطراف خانه‌ها و بهبود مدیریت پسماند‌های جامد بخصوص در شهرها (۳۲)
	پوشاندن یا جمع آوری انواع گلدان‌ها، قوطی‌های کسرو و تابرهای مستعمل (۳۷)
	بهبودی ساختن‌ها و پوشاندن منافذ ورودی پشه‌ها مانند درب‌ها و پنجره‌ها (۳۲)

برای مثال برای تیمار آب آشامیدنی، می‌توان تمفوس و متوپرن را در دوزهای حداکثر یک میلی‌گرم ماده فعال در هر لیتر (۱ppm) استفاده کرد. پیری پیروکسیفن را نیز می‌توان در دوزهای حداکثر ۰/۱ میلی‌گرم ماده فعال در هر لیتر (۰/۱ppm) استفاده کرد. سم‌پاشی ابقایی (Residual spraying) توسط انواع پمپ‌های پستی در سطوحی که پشه‌های بالغ به‌طور مکرر روی آن‌ها فرود می‌آیند، مانند دیوارها و سقف‌ها، ظروف دور ریخته

## جدول شماره ۲: مروری اجمالی بر کنترل شیمیایی پشه های آندس آلبوپیکتوس و آندس اجییتی (۴۹،۴۸،۳۸)

لا روش ها		بالغ کش ها	
ارگانوفسفره	تنظیم کننده های رشد	پیرتروئیدها	کاربامات ها
نوفالورون دیفلوتیزرون	پایری پروکسی فن متورن	اتوفروکس رزمترین سیفلوترین سفلوترین سفلوترین	بندیو کارپ پروپوکسور

توضیحات:

- اگرچه لارو کش ها به طور گسترده ای برای کنترل پشه های مهاجم در زیستگاه های لاروی استفاده می شوند اما همواره باید به عنوان یک روش مکمل در کنار مدیریت محیطی در نظر گرفته شود و "جز در موارد اضطرار" باید به ظرفی محدود شود که قادر به حذف یا مدیریت در روش های محیطی نیستند. هم چنین اگر روش های مدیریت محیطی یا سایر روش های غیر شیمیایی به راحتی قابل استفاده نباشند یا بسیار پرهزینه باشند نیز توصیه می شود.

- فرمولاسیون های مایع معمولاً با سمپاش های دستی فشرده ساز (sprayers Hand-operated compression) در زیستگاه های لاروی بزرگ استفاده می شوند. فرمولاسیون پودر های قابل با سمپاش های کوله ای (Knapsack sprayers) توصیه می شود. برای تیمار گلخانه های خانگی و موارد مشابه می توان از سرنگ یا پیست استفاده کرد. گرانول و سایر فرمولاسیون های جامد نیز مستقیماً با دست (محافظت شده) یا با معیاری استاندارد و مناسب (به عنوان مثال یک قاشق دسر یا یک قاشق چای خوری) در زیستگاه های لاروی اعمال می شود.

- چرخه ی درمان بسته به گونه ی پشه، فصل انتقال، الگوهای بارندگی، مدت اثر لارو کش و انواع زیستگاه لاروی، سالانه دو یا سه مرتبه و با نظارت مناسب بر اثر بخشی، به ویژه در مناطقی که فصل انتقال اصلی کوتاه است، کافی است. در صورتی که شرایط آب و هوایی در اثر بخشی لارو کش ها موثر باشد، تیمار مجدد زیستگاه های لاروی قابل توصیه است.

- اگرچه نتایج موفقیت آمیز در کاهش جمعیت پشه ها با کاربرد لارو کش ها بویژه در تارهای مستعمل در فرانسه و هلند مشاهده شده است اما در برخی موارد در کاربرد لارو کش ها در مکان های طبیعی غیر قابل دسترس مانند سوراخ تپه درختان و محل اتصال دمرگ به تپه که از زیستگاه های رایج آندس آلبوپیکتوس هستند؛ محدودیت هایی مشاهده می شود. به این موارد می توان مشکل دسترسی به زیستگاه های لاروی آندس اجییتی در اسکان داخلی مانند ظروف ذخیره سازی آب، گلخانه ها و زیرگلدانی ها را نیز اضافه کرد.

توضیحات:

- استفاده از بالغ کش ها، با تأثیر حشره کش بر تراکم، طول عمر و سایر پارامترهای زندگی پشه به صورت ایجابی روی سطوح و یا پاشش فضای استفاده می شود. البته در این خصوص مواردی مانند ایمنی، به موقع بودن، برآورد هزینه، شرایط هواشناسی، رفتار ناقل، در دسترس بودن تجهیزات و مهارت خلد خدمه در نظر گرفته می شود.

- در میان حشره کش ها کاربرد پیرتروئیدها به عنوان بالغ کش بسیار رایج است که معمولاً نیز کاربرد زمینی دارند و پاشش فضایی (مه پاشی) پیش تر در شرایط اضطرار و پرخطر مانند آیدمی های نظیر دانگ و تب زرد ضرورت دارد چرا که هدف از مه پاشی، نابودی سریع جمعیت بالغین پشه ها است. هم چنین اگر منطقه هدف بیش از ۱۰۰۰ هکتار باشد و یا در عرض ۱۰ روز نتواند توسط تجهیزات زمینی پوشش داده شود، می توان از هواپیمای نیز استفاده کرد.

- هنگامی که کاهش سریع تراکم ناقل (بالغین) مدنظر است، مانند موارد اضطراری، سمپاشی فضایی باید به طور ایمنه هر ۲-۳ روز و به مدت ۱۰ روز انجام شود. برنامه های بعدی باید یک یا دو بار در هفته بر حسب حفظ سرکوب جمعیت بالغین انجام شود.

- پاشش فضایی بالغ کش ها معمولاً به صورت آئروسول سرد (cold aerosol) یا مه گرم (thermal fogs) انجام می شود. در پاشش فضایی به صورت مه گرم حشره کش به میزان ۱۰-۵۰ لیتر در هکتار استفاده می شود و در حالت آئروسول سرد حشره کش به صورت حجم فوق العاده کم (ULV) بدون رقیق شدن یا کمی رقیق شده و با اندازه قطرات کنترل شده (۱۵-۲۵ میکرو متر) به میزان ۲-۰/۵ لیتر در هکتار مصرف می شود. همچنین در روش مه گرم نیز فقط از حشره کش های دارای نقاط حرارتی بالا (high flash-points) استفاده می شود.

- فرمولاسیون حشره کش ها در پاشش فضایی معمولاً مبتنی بر روغن طراحی شده است، زیرا روغن از تجزیه قطرات کوچک جلوگیری می کند. اگر چه در مواردی مانند مه گرم از گرانول نیز به عنوان حامل حشره کش استفاده شده است؛ اما به دلیل بوی شدید و رسوبات روغنی که ایجاد می کند، ممکن است جامعه استفاده از آن را رد کند.

- برای سرکوب بالغین در مناطق گسترده که گزارش موارد بیماری هایی نظیر دانگ یا تراکم بالای ناقلین وجود دارد و باید به سرعت درمان شوند و همچنین در مواردی که دسترسی و استفاده از تجهیزات زمینی دشوار است کاربرد سم پاشی فضایی با استفاده از هواپیمای با ارتفاع پروازی پایین (low-flying aircraft) مانند هواپیمای دو موتور بسیار توصیه می شود؛ چرا که در طول کاربردهای زمینی به ندرت می توان به پوشش کلی منطقه دست یافت.

- در پاشش فضایی حساسیت/مقاومت پشه به حشره کش، اندازه قطره، میزان کاربرد و نفوذ حشره کش به داخل اسکان از نکات قابل تأمل برای اثر بخشی این روش است. همچنین در زمان کاربرد این روش با حفظ و رعایت نکات ایمنی و نیز در نظر داشتن زمان پاشش، می بایست از عدم حضور انسان یا حیوان در منطقه و مسدود بودن منافذ ساختمانی مطمئن بود. همچنین انجام پاشش فضایی در زمان بارندگی شدید یا سرعت باد بیش از سه متر بر ثانیه قابل توصیه نیست.

توضیحات:

- در پاشش های فضایی در نظر گرفتن مسافت سم پاشی شده بسیار اهمیت دارد. برای مثال به منظور کنترل بالغین آندس آلبوپیکتوس سم پاشی فضایی توسط سمپاش های قابل حمل یا سوار بر وسیله نقلیه، طی سه دوره متوالی، تا شعاع ۱۰۰ متری محل سکونت موارد مشکوک یا تأیید شده به صورت فظه های کم تر از ۵۰۰ جیم روی گیاهان تا ارتفاع ۴ متر در مکان های عمومی و خصوصی قابل توصیه است. و یا در موارد تب دانگ پاشش فضایی تا مسافت ۴۰۰ متر از خانه هایی که موارد دانگ در آن ها گزارش شده است معمولاً انجام می شود.

- برای کسب حداکثری نتیجه در کنترل آندس آلبوپیکتوس و اجییتی بهتر این است که سم پاشی های فضایی در هنگام وارونگی دما (temperature inversions)، یعنی زمانی که هوای سردتر نزدیک تر به زمین است انجام شوند که این زمان معمولاً صبح زود یا هنگام عصر، مصادف با اوج فعالیت پرواز آندس آلبوپیکتوس و اجییتی، اتفاق می افتد. برای مثال کاربرد پرمتروم در رم، ایتالیا، به صورت پاشش فضایی با حجم کم (ULV) ۶۰-۹۰ دقیقه قبل از غروب آفتاب تأثیر زیادی در کاهش فراوانی آندس آلبوپیکتوس به میزان ۸۰-۸۷ درصد داشت.

- کاربرد همزمان پیرتروئیدهایی مانند سایپرمتورن (۱۰ درصد) و ترامتورن (۲ درصد) با سیتیزست های مانند پای پروئیل پوتوکسید (۱۵ درصد) نتایج مناسبی داشته است.

- در ایتالیا مقایسه دو روش مه پاش (mist sprayer) و سم پاش زنبه ای (برنکاردی) (stretcher power sprayer) در پاشش فضای پیرتروئیدها حاکی از برتری سم پاش زنبه ای است.

- سمپاشی آلفا سیرمتورن روی پوشش های گیاهی در پارک ها برای کنترل آندس ها بسیار قابل توصیه است. برای مثال کاربرد آلفا سیرمتورن ۱۰ درصد به مقدار ۵۰-۱۰۰ لیتر به صورت ماهانه از ژوئیه تا اکتبر روی پوشش گیاهی در باغ های عمومی موجب کاهش قابل توجه تعداد تخم های آندس آلبوپیکتوس در مناطق تحت درمان در مقایسه با مناطق سمپاشی نشده شد.

- در اسپانیا، دلتامترین (ULV) میزان مرگ و اثر باقیمانده بیش تری را نسبت به آلفا سیرمتورن روی گونه های آندس ایجاد کرد.

توضیحات:

- تنظیم کننده های رشد (متورن، دی فلوتیزرون و پیری پروکسی فن، movaluron) با تداخل در رشد لاروی مانع رسیدن پشه به مرحله بلوغ شده و بنابراین پشه ها نمی توانند تولید مثل کنند، برخی از IGR ها نیز مانع تخم ریزی می شوند.

- لارو کش های شیمیایی که معمولاً در اروپا استفاده می شوند، دی فلوتیزرون و پایری پروکسی فن (تنظیم کننده های رشد) هستند.

- گزارش ها در ایتالیا حاکی از تأثیر بیش تر دیفلوتیزرون نسبت به پیری پروکسیفن برای کنترل آندس آلبوپیکتوس است. در این خصوص کاربرد دی فلوتیزرون ۲ درصد، به مقدار ۱ گرم در صد لیتر در مخازن آب و زمکش های خیابانی حاوی آب را کند قابل توصیه است. معمولاً استفاده از سم پاش کوله ای با تنظیم خروجی ۲۵ میلی لیتر در هر سه ثانیه برای زهکش ها با حوضچه های آبی ساده ای توصیه می شود.

- در ایتالیا کاربرد فرمولاسیون های دی فلوتیزرون ضمن اینکه ۳ الی ۴ هفته پس از کاربرد تأثیر ۱۰۰ درصدی روی آندس آلبوپیکتوس داشت، از طولانی مدتی را نیز بر جای گذاشت. به این معنی که محل های زاد و ولد پشه های تحت تیمار با لارو کش به تیمار مکرر نیاز ندارند.

- کاهش میزان شیوع تب دانگ در کلمبیا در نتیجه ی استفاده ی ماعله از پیری پروکسیفن در جوب های خیابان به منظور کاهش جمعیت لاروهای آندس اجییتی.

- بهره بردن از انتشار خودکار (Autodissemination) لارو کش های نظیر پیری پروکسی فن توسط پشه های بالغ ماده آندس آلبوپیکتوس از محل های زاد و ولد پشه های تیمار شده با لارو کش به سایت های غیر تیمار شده در زمان تخم ریزی.

- استفاده از لارو کش ها در روش های تلفیقی مانند ترکیب از پیری پروکسیفن و قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* و یا رهاماری ترهای عقیم آورده همراه با پیری پروکسیفن به منظور آورده شدن ماده ها در طول مرحله ی جنفگیاری قابل توصیه است.

شده، پوشش گیاهی، پرده‌ها و در پوش‌های ظروف ذخیره آب قابل توصیه است. لازم به ذکر است که در سمپاشی ابقایی پشه‌های آندس، برخلاف پشه‌های آنوفل که پوشش کامل کلیه سطوح داخلی اماکن با هدف کاهش طول عمر و جمعیت آنوفل ناقل صورت می‌گیرد، سمپاشی روی سطوح محل استراحت آن‌ها و اطراف محل تخم گذاری آن‌ها در داخل یا خارج اماکن مانند زیر مبلمان، تخت، داخل کمد و محل انباشت لاستیک‌های مستعمل انجام می‌پذیرد (۳۳). شواهدی وجود دارد که سمپاشی ابقایی داخل اماکن (Indoor residual spraying: IRS) به‌ویژه برای کنترل آندس اجیتی به دلیل نوع رفتار استراحت پشه در اماکن داخلی بسیار موثر است. با این حال و در چنین مواردی، همواره می‌بایست نگرانی‌هایی را که در مورد مواجهه مداوم ساکنان با حشره‌کش‌ها وجود دارد را نیز مد نظر قرار داد (۵۰). روش تیمار محیطی (Perifocal treatment) که عبارت است از پاشش بالغ‌کش‌ها با استفاده از تجهیزات دستی یا موتوردار پیرامون زیستگاه‌های لاروی که پشه‌های بالغی که تازه از زیستگاه لاروی خارج شده‌اند را از بین می‌برد. از این روش هم‌چنین می‌توان برای تیمار انبوهی از لاستیک‌ها یا ظروف مواد غذایی و آشامیدنی دور ریخته شده استفاده کرد و پاشش فضایی (Space spraying) حشره‌کش‌ها که عمدتاً در زمان اضطرار و شیوع بیماری‌هایی نظیر تب دانگ در برابر پشه‌های بالغ در حال پرواز توسط پمپ‌های کوله‌ای، وسایل نقلیه یا هواپیماهای تجهیز شده و به صورت مه گرم (Thermal fog) و مه سرد یا (Ultra Low Volume) ULV به کار می‌رود (۳۸، ۴۰، ۵۱).

نکته‌ای بسیار مهم و پایانی که در خصوص کاربرد ترکیبات شیمیایی وجود دارد این است که در زمان استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل پشه‌ها می‌بایست به صورت مداوم پایش مقاومت پشه‌ها به حشره‌کش‌ها مدنظر قرار گیرد، چرا که مقاومت پشه‌ها از جمله آندس‌ها نسبت به این ترکیبات تقریباً در هر کلاس

از حشره‌کش‌های شیمیایی گزارش شده است (۵۲، ۵۳). اهمیت این موضوع از این جهت است که پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها موجب بی‌اثر شدن برنامه‌های کنترل شیمیایی می‌شود. در این خصوص استفاده از آزمون‌های زیست‌سنجی روی لارو و بالغ پشه‌ها مطابق پروتکل‌های سازمان جهانی بهداشت جهت پایش مقاومت منجر به بهبود کیفیت مدیریت در برنامه‌های کنترل ناقلین می‌شود (۵۰).

### ۳- روش‌های مکانیکی

یکی از مهم‌ترین روش‌های مکانیکی در پایش و کنترل پشه‌های آندس استفاده از تله‌ها است که به عنوان ابزاری کارآمد و امیدوارکننده در برنامه‌های شکار انبوه (Mass trapping) جهت کنترل جمعیت پشه‌ها نیز پیشنهاد می‌شود. شکار انبوه در واقع روشی مناسب برای کاهش جمعیت با جلب تعداد زیادی از پشه‌ها به سمت تله‌ای است که حاوی یک منبع جذب‌کننده مانند ماده غذایی یا فرومون و در برخی موارد رنگی خاص است (۵۴). از آنجایی که استفاده از برخی حشره‌کش‌ها در تله‌ها خللی در جلب پشه‌ها ایجاد نمی‌کند، می‌توان کاربرد همزمان تله‌ها با حشره‌کش‌ها را به‌عنوان یک روش پیشنهادی در کاهش جمعیت گونه‌های آندس در داخل و خارج از اماکن مسکونی معرفی کرد (۵۵). اگرچه که اثبات کاربرد تله‌ها در کاهش یا قطع انتقال بیماری نیاز به مطالعات گسترده در بسترهای مختلف میدانی و نیمه میدانی دارد، اما امیدواری در این خصوص وجود دارد (۵۶). استفاده از تله‌ها برای جلب هر دو جنس نر و ماده پشه‌ها پیشنهاد شده است اما تله‌هایی که پشه‌های جنس نر آندس را شکار می‌کنند عمدتاً از نظر اقتصادی و فنی بسیار پرهزینه هستند بنابراین عمده تله‌ها براساس جلب جنس ماده طراحی شده است (۵۷). به جای این مقاله، از مقالات مربوط به تله‌های دارای لور شیمیایی استفاده شود. تله‌هایی که برای جلب پشه‌های ماده آندس طراحی شده‌اند عمدتاً بر مبنای باردار بودن پشه ماده و یا ماده‌هایی که به دنبال میزبان هستند طراحی

برای ماده‌هایی که به دنبال میزبان هستند، تله‌هایی مختلفی مانند FPT (Fay-Prince trap)، EVS (BG-Sentinel trap) و (trap vector surveillance Encephalitis) طراحی شده است که موثرترین آن‌ها BG-Sentinel (BGS) است که در جلب پشه‌ها در مراحل مختلف فیزیولوژیکی حشره ماده شامل مراحل پارسوس، نولی پارسوس، خونخوردن و بارداری کارآیی مناسبی دارد (۵۸). تله‌های BGS مجهز به یک باتری الکترونیکی قوی برای چرخش پروانه‌ای (فن) است که منبع بویایی مانند لور یا CO<sub>2</sub> را در محیط آزاد و گونه‌های آندس را به صورت موثر جمع‌آوری می‌کند. برای مثال در شمال ایتالیا با استفاده از تله‌های مذکور نرخ گزش پشه آندس آلبوپیکتوس به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (۵۵، ۶۱، ۶۲). اما آن‌چه که باید مدنظر قرار داد محدودیت‌های تله‌های BGS است که به دلیل نیاز مداوم به منابع لور بسیار پرهزینه بوده و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که منابع مالی محدودی دارند استقبال چندانی از آن نمی‌شود، ضمن این‌که محدودیت‌های فضایی و مکانی در نصب آن نیز از دیگر مشکلات این نوع تله‌ها است (۵۸). با توجه به آن‌چه که گفته شد استفاده از تله‌هایی مانند تله‌های تخم به دلیل ارزان بودن، جابه‌جایی آسان، موثر بودن و قابلیت کاربرد تلفیقی با سایر روش‌های کنترل آندس، در شکار انبوه و کاهش جمعیت پشه‌های آندس نقش قابل توجهی در برنامه‌های کنترل آندس‌ها دارند و در نهایت به خوبی موجب کاهش گزش آندس و کنترل بیماری‌های ناشی از آن در جامعه می‌شوند (۵۵).

#### ۴- روش مبارزه بیولوژیکی

این روش بر مبنای شناسایی دشمنان طبیعی و معرفی آن‌ها به اکوسیستم طبیعی پایه‌ریزی شده است. کنترل پشه‌ها به‌ویژه در مرحله لاروی با استفاده از دشمنان طبیعی به عنوان یک راهکار امیدوارکننده شناخته شده است چرا که می‌تواند اثرات منفی زیست محیطی مرتبط با آفت‌کش‌های شیمیایی را به خوبی کاهش دهد (۶۳).

شده‌اند. برای پشه‌های آندس ماده بارداری، تله‌های مختلفی شامل تله تخم (Oviposition Traps:OT) و یا تله آندس ماده بارداری (Gravid Aedes Trap:GAT) استفاده می‌شود. تله‌های تخم که بسیار ارزان قیمت بوده و کار با آن نیز بسیار آسان است، به مدت بیش از ۵۰ سال است که به صورت گسترده در سطح جهانی استفاده می‌شوند (۵۸). این تله‌ها براساس گرایش پشه‌های آندس به تخم‌گذاری در ظروف کوچک سیاه رنگ طراحی شده‌اند و به‌عنوان یک ابزار مناسب‌تر در جهت پایش و مراقبت‌های حشره‌شناسی جهت تشخیص حضور پشه‌ها و نیز ارزیابی نوسانات جمعیت پشه استفاده می‌شود (۳). در چنین مواردی اضافه کردن یک حشره‌کش مانند پرمترین یا دلتامترین به تله‌های تخم نیز می‌تواند نتایج مثبتی را در کاهش جمعیت پشه‌ها به‌ویژه گونه آندس اجیتی داشته باشد (۵۴، ۵۹). اما باید به این نکته نیز اشاره کرد که تله‌های تخم بیش‌تر قابلیت مشخص کردن حضور یا عدم حضور پشه‌های آندس در منطقه را دارند و به دلیل رفتار تخم‌ریزی حشره ماده در لانه‌های مختلف لاروی غیر از تله تخم (Skip Oviposition) در اندازه‌گیری دقیق فراوانی جمعیت پشه‌ها دچار اشکال می‌شوند (۵۸).

استفاده از تله‌های آندس ماده بارداری (GAT) روش دیگری است که اتکا به نشانه‌های بصری و بویایی در جهت جلب و اغوای پشه‌های ماده دارد (۵۸). اثربخشی تله‌های ماده بارداری بر کاهش فراوانی جمعیت گونه‌های آندس به‌ویژه زمانی که به صورت تلفیقی همراه با سایر روش‌های کنترل، مانند استفاده از حشره‌کش‌ها، برای مبارزه با پشه‌ها به کار می‌رود به خوبی مطالعه و اثبات شده است (۵۸). به عنوان مثال در سنگاپور با استفاده از تله‌های ماده بارور و به دنبال آن کاهش جمعیت پشه‌های آندس اجیتی انتقال بیماری تب دانگ نیز به روند کاهش پیدا کرد. علاوه بر این گاهی تله‌های بارداری به صورت تله چسبنده/بارداری (Sticky/Gravid traps) نیز برای کنترل جمعیت آندس استفاده می‌شود (۶۲-۶۰).

شمال شرقی برزیل داشته است (۷۰). با این حال استفاده از ماهی‌های لاروخور به‌عنوان یک ابزار کارآمد در کنترل پشه‌های آندس اجیتی و آندس آلبویکتوس نیازمند مطالعات میدانی بیش تری است. همچنین پرورش و رهاسازی انبوه این عوامل بیولوژیک در بسترهای طبیعی اکوسیستم همواره باید با احتیاط کاملی انجام گیرد تا از هرگونه آسیب ناخواسته به محیط زیست جلوگیری شود (۶۷).

پاروپایان جانوران سخت پوست کوچکی هستند که در دریاها و آب‌های شیرین یافت می‌شوند. گروهی از افراد راسته سیکلوپویداها (Cyclopoida) از زیر رده کوبه پودها (Copepoda) (پاروپایان) از موثرترین شکارگرهای مرحله لاروی پشه‌ها، به ویژه آندس‌ها هستند که حتی می‌توانند تا بیش از ۴۰ لارو آندس را در یک روز شکار کنند. از مزایای دیگر سیکلوپویداها می‌توان به تولید انبوه، آسان و نسبتاً ارزان آن اشاره کرد. استفاده از این جانوران به‌عنوان شکارگر مرحله‌ی لاروی پشه‌های آندس نتایج مثبتی را به همراه داشته است. برای مثال مطالعات صورت گرفته در شهر نیواورلئان نشان داد که جمعیت آندس آلبویکتوس سه سال پس از رهاسازی گونه *Macrocyclus albidus* در لاستیک‌های مستعمل، کاملاً حذف شده‌اند (۶۳، ۷۲). در ویتنام استفاده از جنس *Mesocyclops* موجب کاهش شدید جمعیت پشه‌های آندس اجیتی در بسیاری از مناطق روستایی شد (۷۳). در فلوریدا نیز ۲-۳ ماه پس از رهاسازی شکارگر *M. longiset* به محیط زندگی پشه‌ها، جمعیت آندس آلبویکتوس به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (۷۴). لازم به ذکر است که علاوه بر ویژگی شکارگری مناسب، حضور پاروپایان در زیستگاه‌های لاروی می‌تواند باعث جلب پشه‌های ماده برای تخم‌گذاری نیز شود. بر همین اساس می‌توان کانال‌های بزرگ و دائمی پر از آب را برای ایجاد تله‌های تخم با استفاده از پاروپایان مورد استفاده قرار داد (۷۴). به‌طور کلی استفاده از شکارگرها به‌ویژه در قالب برنامه‌های کنترل تلفیقی

دشمنان طبیعی عمدتاً شامل طیف وسیعی از موجودات زنده از سلسله‌های مختلف جانوری مانند شکارگرها و عوامل بیمارگر را شامل می‌شوند. در کنار این عوامل بیولوژیک، ترکیبات بیورشنال (Biorational) نیز به عنوان آفت‌کش‌های زیستی (Biopesticides) مطرح هستند که به علت داشتن سمیت بسیار کم برای موجودات زنده و محیط زیست حائز اهمیت‌اند. این ترکیبات عمدتاً شامل فرآورده‌های تولیدی بر پایه میکروارگانیسم‌ها و ترکیبات گیاهی هستند که ضمن سمیت بالا برای آندس‌ها سمیت کمی برای موجودات غیرهدف و محیط زیست دارند (۶۴).

#### ۴-۱- عوامل شکارگر

از نظر تاریخی، کنترل بیولوژیک موفق‌آمیز پشه‌ها ارتباط زیادی به معرفی و حفظ شکارگرهای پشه‌ها دارد (۶۵). شکارگرها گروه‌های مختلف جانوری مانند ماهی‌های لاروخور (Larvivorous fish)، سنجاقک‌ها، پاروپایان و حتی پشه‌های *Toxorhynchites* را شامل می‌شود که در میان آن‌ها ماهی‌های لاروخورا و پاروپایان نقش موثرتری را در کنترل آندس‌ها به عهده دارند (۶۳، ۶۶، ۶۷). گونه‌های مختلفی از ماهی لاروخورا از جمله *Astyanax fasciatus*، *Lepisosteus tropicus*، *Ictalurus meridionalis*، *Ictalurus meridionalis*، *Aplocheilus blockii*، *Poecilia reticulata*، *Betta splendens*، *Gambusia affinis* وجود دارند که به‌عنوان شکارگرهای مهم لارو پشه‌های آندس مورد شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۷۰-۶۸). برای مثال حضور ماهی‌های *Rasbora daniconius*، *P. reticulata*، *O. niloticus*، *Oriochromis mossambicus* و *Puntius bimaculatus* در لانه‌های لاروی آندس اجیتی نتایج مناسبی را در جهت کاهش بیماری تب دانگ در سریلانکا داشته است (۷۱). هم‌چنین حضور دو گونه ماهی لارو خوار *Betta splendens* و *P. reticulata* به‌عنوان شکارگرهای اصلی آندس اجیتی نقش مناسبی را در کنترل جمعیت این پشه در مناطق

آندس علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست به طور خاص می تواند اثرات روی موجودات غیر هدف از جمله انسان را کاهش دهد (۶۳).

#### ۲-۴- عوامل بیمارگر

به طور طبیعی عفونت های ناشی از میکروارگانیسم های بیمارگر می تواند در مراحل مختلف چرخه عمر پشه ها اتفاق افتاده و منجر به نتایج مختلف فیزیولوژیکی شوند. توسعه بیمارگرهای حشرات به عنوان یک راه کار کنترلی مناسب، عمدتاً متمرکز بر سرکوب جمعیت ناقلین از طریق مکانیسم های لارو کشی است. بر اساس مطالعات انجام شده، میکروارگانیسم های متعددی از جمله قارچ ها، باکتری ها و نماتدها موفقیت های اولیه در کنترل پشه ها، به خصوص در مرحله لاروی نشان می دهند که به اختصار به آن پرداخته می شود (۶۵).

#### ۳-۴- قارچ ها

تاریخچه استفاده از قارچ های بیمارگر برای استفاده در برنامه های کنترل بیولوژیک پشه ها را می توان در دهه ۱۹۶۰ جستجو کرد. هنگامی که برای اولین بار نشان داده شد که قارچ بیمارگر *Coelomomyces* باعث ایجاد مرگ در لاروهای ناقل مالاریا *Anopheles gambiae* می شود (۷۵). قارچ های بیمارگر از این نظر در کنترل پشه های آندس اهمیت دارند که برخلاف عمده روش های مختلف طبیعی (که عمدتاً بر پایه کنترل لارو پشه ها بنا شده اند)، پشه های بالغ را به طور موثرتری نسبت به لاروها مورد حمله و آلودگی قرار می دهند (۷۶). با استفاده از این روش، پشه ها هنگام استراحت در سطوحی که اسپورهای قارچی در آن پاشش شده است، به آسانی به قارچ های بیمارگر آلوده شده و این آلودگی از طریق کوتیکول به همولنف پشه نفوذ و سپس گسترش پیدا می کند و در نهایت موجب مرگ پشه می شود (۷۶). در میان قارچ های بیمارگر حشرات گونه های *Metarhizium anisopliae* و *Beauveria bassiana* نقش قابل توجهی در کنترل جمعیت پشه های آندس نظیر

آندس اجیپتی و آندس آلبوپیکتوس از طریق لارو کشی، بالغ کشی، کاهش طول عمر، کاهش میزان باروری و خونخواری در شرایط آزمایشگاهی و نیمه آزمایشگاهی دارند (۷۶، ۷۷). اهمیت استفاده از ترکیبات قارچی از آن جهت است که آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (Environmental Protection Agency: EPA) عنوان کرده است که این ترکیبات هیچ گونه عارضه و خطر احتمالی روی انسان و سایر گونه های غیر هدف ندارند (۷۸). همچنین استفاده تلفیقی از قارچ های بیمارگر و ترکیبات شیمیایی چشم انداز قابل قبولی را در اجرای برنامه های کنترل پشه ها نشان می دهد. برای مثال نرخ زنده مانده پشه های آندس در زمان ترکیب قارچ *M. anisopliae* با حشره کش ایمیداکلوپراید (Imidacloprid) نسبت به استفاده ی انفرادی از این ترکیبات کاهش معنی داری نشان می دهد؛ همچنین استفاده از ترکیب قارچ بیمارگر و روغن نه تنها در ایجاد آلودگی تخم پشه های آندس اجیپتی نسبت به استفاده انفرادی از قارچ موثرتر است بلکه مقدار دز (Dose) مورد استفاده ترکیبات قارچی برای کنترل را نیز کاهش می دهد (۷۹). این موضوع می تواند چشم انداز امیدوارکننده ای برای ارائه راهکارهای کنترلی و حتی اقتصادی در جهت کاهش جمعیت پشه های جنس آندس باشد. لازم به ذکر است که دورنمای استفاده از قارچ های بیمارگر، تنها به عنوان یک راهکار کنترلی برای جمعیت پشه ها خلاصه نمی شود، چرا که قارچ های بیمارگر با تغییر در فیزیولوژی پشه های آندس موجب کاهش شدید خونخواری و در نهایت کاهش انتقال بیماری نیز می شود (۶۵). برای مثال، آلوده شدن پشه آندس اجیپتی به قارچ *B. bassiana* علاوه بر کم کردن میزان بقاء حشره، موجب کاهش خونخواری و به دنبال آن باروری پشه مذکور شده است (۷۷).

#### ۴-۴- باکتری ها

تاریخچه کنترل ناقلین توسط عوامل بیمارگر با پی بردن به سمیت باکتری *Bacillus thuringiensis* (Bti)

فیبر نارگیل و سیلیکات آلومینیوم در فرمولاسیون‌های تجاری از باکتری *Bti* نظیر پودر و تابل نقش قابل توجهی در ماندگاری و دوام محصولات تجاری در محیط دارد (۸۸-۸۶). هم‌چنین لازم به ذکر است که اگرچه چشم‌انداز استفاده از باکتری‌های *Bti* و *ls* به‌عنوان عوامل کنترل‌کننده آندس‌ها، هم به دلیل سازگار بودن با محیط زیست و هم به دلیل عدم استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی بسیار مثبت در نظر گرفته می‌شود، اما مهم‌ترین چالش برای کاربرد این عوامل، بروز مقاومت در پشه‌ها نسبت به توکسین‌های ایجاد شده توسط باکتری‌های بیمارگر است که برای اولین بار در پشه‌های *Culex* نسبت به سموم تولید شده توسط باکتری *ls* مشاهده شده است (۹۱-۸۹). بنابراین اگرچه باکتری‌ها به‌عنوان موثرترین لاروکش‌های طبیعی برای کنترل گونه‌های مختلف آندس به‌شمار می‌روند، اما استفاده از آن‌ها به‌عنوان تنها روش کنترل ممکن است برای تضمین کنترل پایدار تراکم جمعیت پشه‌های آندس کافی نباشد به همین دلیل توصیه می‌شود که به منظور کنترل موثرتر آندس‌ها کاربرد عوامل باکتریایی با سایر اقدامات کنترلی تلفیق شود (۸۰). در روش دیگر سعی می‌شود که با بازسازی (Reconstitution) اندو توکسین‌های عوامل باکتریایی نظیر *Bti* قدرت زهر آگینی و فعالیت ضد زیستی آن‌ها را علیه آندس‌هایی نظیر آندس اجیتی افزایش داد تا از این عامل به‌عنوان یک لاروکش بیولوژیک موثر استفاده بهینه نمود (۹۲).

#### ۴-۵- اسپینوزاد (Spinosad)

یکی از مهم‌ترین ترکیبات بیورشنال، اسپینوزاد است که در اثر تخمیر باکتری خاکزی *Saccharopolyspora spinosa* از گروه اکتینوماست‌ها (Actinomycete) به‌دست می‌آید. این محصول تقریباً روی تمام گونه‌های پشه از جمله آندس‌ها نتایج مثبتی نشان داده است و به‌عنوان لاروکشی موثر حتی قابلیت کاربرد در آب آشامیدنی انسان را نیز

روی لاروهای دوبالان آغاز شده است (۸۰). این لاروکش میکروبی یکی از پرکاربردترین باکتری‌های مورد استفاده در کنترل جمعیت پشه‌های آندس است (۸۱). در کنار باکتری *Bti*، باکتری *Lysinibacillus sphaericus* (*ls*) (نام سابق: *Bacillus sphaericus*) نیز وجود دارد که اگرچه بیش‌تر روی آنوفل‌ها و کولکس‌ها تاثیر گذار است، اما این جدایه را می‌توان با باکتری *Bti* ترکیب و مورد کاربرد قرار داد، بطوری که هر دو گونه این باکتری‌ها چه به صورت انفرادی و چه به صورت ترکیب شده با یکدیگر، با فرمولاسیون تجاری در بازار موجود هستند (۶۵، ۸۱). فعالیت لاروکشی این باکتری‌ها به علت فعال شدن سمومی (Toxins) مانند Cry4A، Cry11A و Cry4B Cyt1A است که پس از بلعیدن اسپور باکتری در دستگاه گوارش لارو فعال شده و غشاء سلولی را منهدم می‌کنند (۶۵، ۸۲). باکتری *B. thuringiensis* معمولاً دارای فعالیت کوتاه مدت به ویژه در آب‌های آلوده یا آب‌های غنی از مواد آلی است در حالی که باکتری *L. sphaericus* دارای فعالیت طولانی مدت‌تری است (۸۳). در اروپا، آسیا و آمریکای جنوبی استفاده از باکتری *B. thuringiensis* برای کنترل لارو پشه‌هایی نظیر آندس اجیتی نتایج مثبتی به‌عنوان یک روش کنترل مناسب برای ناقلین دانگک به دنبال داشته است به طوری که این باکتری در ظروف هدف و در طی ۲۴ ساعت تمام فرم‌های نابالغ پشه را از بین می‌برد (۸۲، ۸۴). در سنگاپور نیز کاربرد این باکتری به‌طور قابل توجهی جمعیت آندس آلبویکتوس را کاهش داد (۸۵). لازم به ذکر است علی‌رغم کاربرد موثر این دو باکتری روی گونه‌های آندس نیاز به مطالعات بیش‌تر به خصوص در مورد استفاده از روش‌های مختلف کاربردی جهت ماندگاری بیش‌تر این عامل بیولوژیک ضروری به‌نظر می‌رسد (۸۲). در این خصوص فرموله کردن عوامل باکتریایی داخل میکروکپسول‌های خاص و یا اضافه کردن مواد همراه مانند ساکارز، لاکتوز، آلژینات سدیم،

دارد (۹۴،۹۳). از جمله مزایای اسپینوزاد این است که با تاثیر روی گیرنده های پس سیناپسی نیکوتینیک استیل کولین و GABA احتمال مقاومت تقاطعی (Cross-Resistance) این حشره کش را در مواجهه با جمعیت های آندس آلبویکتوس و آندس اجیپتی که مقاوم به سایر حشره کش ها هستند به حداقل ممکن می رساند (۹۶،۹۵). اثربخشی اسپینوزاد در آزمایش های میدانی مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج قابل قبولی را نمایان کرده است. برای مثال در مکزیک کاربرد اسپینوزاد در لاستیک های مستعمل موجب کنترل موثر جمعیت آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس پس از گذشت ۶-۸ هفته گردید (۶۴). هم چنین کاربرد این لارو کش در جزیره مارتینیک (Martinique)، با اثرات ماندگاری تا ۱۶ هفته، کنترل موثری را روی جمعیت آندس اجیپتی مقاوم به حشره کش تمفوس (Temephos) و تنظیم کننده های رشد حشرات (IGRs) نشان داد (۹۷). در مجموع باید اشاره کرد که مطالعات انجام شده در خصوص عملکرد اسپینوزاد چشم انداز روشنی را برای کنترل آندس ها به ویژه لاروهای آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس در برنامه های کنترل ناقلین به ویژه در جایگزین کردن با حشره کش های ارگانوفسفره چه به صورت انفرادی و چه ترکیب شده با حشره کش تمفوس در برنامه های کنترل تلفیقی ناقلین (IVM) به دنبال دارد (۹۸،۶۴).

#### ۴-۶- باکتری ولباخیا (Wolbachia)

باکتری درون سلولی (Intracellular) و اجباری ولباخیا با نام علمی *Wolbachia pipientis* به عنوان یک باکتری درون همزیست (Endosymbiotic) در طیف وسیعی از بی مهره گان از جمله پشه های آندس آلبویکتوس و کولکس پیپینس وجود دارد (۹۹). گزارش وجود این باکتری در پشه ها برای اولین بار از روی گونه کولکس پیپینس و در سال ۱۹۲۴ میلادی منتشر شد (۱۰۰). این باکتری که بافت های تولید مثل را آلوده می کند و از طریق تخم به نسل بعدی منتقل می شود؛ می تواند موجب

کاهش تکثیر طیف وسیعی از عوامل بیماری زا مانند ویروس ها، قارچ ها، نماتدها، باکتری ها و پروتوزوآها در درون بدن پشه ها شود (۱۰۱). به طور کلی راهکارهای تولید مثل مرتبط با عفونت ولباخیا شامل بکرزایی (Parthenogenesis)، به هم ریختگی نسبت جنسی (Sex-ratio distortions) و ناسازگاری سیتوپلاسمی (Cytoplasmic incompatibility) است. هم چنین این باکتری به طور موثر توانایی ویروس هایی نظیر ویروس دانگ (Dengue virus) را برای آلوده کردن میزبان های متعدد از طریق مسدود کردن تکثیر ویروس در بدن پشه، کاهش می دهد (۱۰۱). به عنوان مثال مطالعات نشان داده است که عفونت پشه های ماده آندس اجیپتی به باکتری ولباخیا ظرفیت انتقال ویروس های دانگ، چیکوگونیا، تب زرد و زیکا را در این گونه محدود می کند (۱۰۲،۱۰۳). در هر حال امروزه یکی از منطقی ترین دلایل استفاده از باکتری ولباخیا به عنوان یک ابزار مناسب در برنامه های کنترل بیولوژیک ناقلین، بر پایه ناسازگاری سیتوپلاسمی استوار است (۶۵). ناسازگاری سیتوپلاسمی که معمولاً به صورت یک طرفه (Unidirectional) یا دو طرفه (Bidirectional) است در نتیجه عفونت در اندام های تولید مثل پشه بوجود می آید و در نهایت تلاقی بین افراد نر و ماده پشه منجر به باروری نمی شود. در ناسازگاری سیتوپلاسمی به صورت یک طرفه، تلاقی باید میان نرها آلوده به باکتری و ماده های غیر آلوده اتفاق بیافتد که نتیجه مرگ جنین است اما در ناسازگاری سیتوپلاسمی دو طرفه، تلاقی بین افراد نر و ماده آلوده به گونه های مختلف ولباخیا اتفاق می افتد که نتیجه باز هم عدم باروری است (۱۰۴). لازم به ذکر است که در مبارزه با پشه ها از طریق ناسازگاری سیتوپلاسمی معمولاً دو راهکار در قالب جایگزینی جمعیت (Population replacement) یا سرکوب جمعیت (Population suppression) توسط ولباخیا اتخاذ می شود. در روش جایگزینی جمعیت که بر اساس ناسازگاری سیتوپلاسمی یک طرفه استوار است، ماده هایی که با ولباخیا آلوده شده اند و طول عمر آنها

روغن‌های طبیعی ضمن ارزان‌تر بودن نسبت به سایر ترکیبات سنتزی به دلیل این‌که از منابع تجدیدپذیر به دست می‌آیند بسیار قابل قبول است (۱۰۵). لازم به ذکر است که سمیت روغن‌های طبیعی روی لارو پشه‌ها بسته به نوع گیاه، سن گیاه، قسمت‌های گیاهی مورد استفاده، نوع فرمولاسیون و شرایط محیطی رشد گیاه، می‌تواند منجر به نتایج متفاوت در آزمایشات زیست‌سنجی لارو شود. بنابراین و در این خصوص کنترل کیفی محصولات گیاهی بسیار حائز اهمیت و قابل توصیه است (۱۰۵).

#### ۵- کنترل ژنتیکی

از آنجایی که در حال حاضر هیچ واکنس یا درمان ضد ویروس برای کاهش بیماری‌های منتقله به وسیله پشه‌های آندس به ویژه بیماری دانگ وجود ندارد، بنابراین موثرترین روش برای کنترل این بیماری‌ها مبارزه با ناقلین آن یعنی پشه‌های آندس است. متأسفانه علی‌رغم استفاده از روش‌های رایج ذکر شده برای کنترل آندس‌ها، به خصوص آندس اجیتی، همواره سلامت انسان در معرض خطر بیماری‌هایی نظیر دانگ قرار دارد که این امر ابداع و توسعه‌ی روش‌های جدید کنترل تلفیقی جهت کاهش موثر جمعیت پشه‌های آندس را ضروری می‌سازد. یکی از این روش‌ها استفاده از تکنیک‌های ژنتیکی (Genetics-based Vector Control: GVC) در برنامه‌های کنترل ناقلین هم در جهت کاهش جمعیت (Population Reduction) و هم جایگزینی جمعیت (Population Replacement) آندس‌ها است (۱۰۸). در سال‌های اخیر کمپانی اکسیتک (Oxitec) واریانت OX513A آندس اجیتی را به روش مهندسی ژنتیکی توسعه داده است که موجب القای مرگ در لاروهای منتج از جفتگیری پشه‌های نر دستکاری ژنتیک شده و ماده‌های وحشی می‌شود. رهاسازی این پشه‌های نر دستکاری ژنتیک شده در عملیات میدانی در کشورهای آمریکا، برزیل، پاناما، هند و غیره موفقیت‌آمیز بوده است (۱۰۹، ۱۱۰). هم‌چنین تحقیق و توسعه روش‌های

کاهش یافته است در محیط هدف به جهت استقرار رهاسازی می‌شوند. هدف در این روش کاهش انتقال عوامل بیماری‌زا است که به دلیل کوتاه شدن طول عمر پشه بالغ و جلوگیری از تکثیر عوامل بیماری‌زا در داخل بدن پشه اتفاق می‌افتد. در روش سرکوب یا کاهش جمعیت (Population reduction) که براساس ناسازگازی سیتوپلاسمی دو طرفه یا یک طرفه استوار است، تعداد زیادی از نرهای آلوده به طور مکرر وارد جمعیت می‌شوند و عقیم شدن ناشی از جفت‌گیری بین نرهای رهاسازی شده و ماده‌های بومی موجب کاهش باروری و در نتیجه کاهش جمعیت ناقل می‌شود (۱۰۴، ۹۹). اگرچه یافته‌های کنونی روی باکتری ولباخیا، در چهارچوب مطالعات آزمایشگاهی یا نیمه آزمایشگاهی استوار است اما نتایج مربوط به استفاده از این باکتری به‌عنوان یک روش مناسب به منظور کاهش جمعیت ناقلین، کاهش تکثیر ویروس و در نهایت کاهش انتقال ویروس از طریق ناسازگاری سیتوپلاسمی، تغییرات فنوتیپیکی و کاهش طول عمر پشه بسیار دلگرم‌کننده است (۱۰۳، ۱۰۱، ۶۵، ۵۳).

#### ۴-۷- حشره‌کش‌های گیاهی (Botanicals)

عصاره‌های گیاهی (Essential oils (EOs)) که به عنوان یکی دیگر از ترکیبات بیورشنال معرفی شده‌اند، مشتقاتی از ترکیبات پیچیده‌ای حاوی مونوترپن‌ها (Monoterpenes)، فنل‌ها (Phenols) و سزکویی‌ترپن‌ها (Sesquiterpenes) هستند که علاوه بر خاصیت دورکنندگی مناسب برای پشه‌ها، پتانسیل لاروکشی بالایی را نیز روی مراحل نابالغ پشه‌ها نشان می‌دهند به طوری که تاکنون فعالیت لاروکشی ۳۶۱ عصاره تولید شده از ۲۶۹ گونه گیاهی روی آندس اجیتی مورد تایید قرار گرفته است (۱۰۵). یکی از این ترکیبات، روغن گیاهی نیم است که از گیاه چریش با نام علمی *Azadirachta indica* استخراج می‌شود که خواص لاروکشی مناسبی روی آندس آلبوپیکتوس و لاروکشی دارد (۱۰۶، ۱۰۷). تولید این گونه

تولید و انتشار و جایگزینی پشه های دستکاری ژنتیکی شده مقاوم در مقابل عوامل بیماریزا (refractory) یکی از استراتژی های مهم کنترل ژنتیکی پشه ها است که امیدواری زیادی به آن وجود دارد (۱۱۱، ۱۱۲). اما برای تحقق پتانسیل کامل این روش ها ضروری است که تحقیق، ارزیابی و در صورت لزوم توسعه این تکنیک ها را به جایی رسانده که بتوان آن ها را در سایت های میدانی در یک یا چند کشور اندمیک به بیماری (Disease-endemic Countries: DEC) استفاده و مستقر کرد (۱۰۸).

#### ۵-۱- تکنیک عقیم سازی حشرات (Sterile Insect Technique : SIT)

اگرچه تکنیک های متعددی در برنامه های کنترل ژنتیکی پشه ها ارائه شده است اما یکی از رایج ترین روش های معرفی شده، تکنیک نر عقیم سازی است، چرا که در حال حاضر و برخلاف سایر روش های کنترل ژنتیکی، نه تنها فناوری لازم برای اجرای برنامه های SIT جهت کنترل گونه های مختلفی از پشه ها به خوبی توسعه یافته است بلکه در آستانه ارزیابی میدانی نیز قرار دارند (۱۱۳). در این روش ابتدا حشرات نر را در معرض اشعه گاما ( $\gamma$ -irradiation) یا ترکیبات شیمیایی عقیم کننده (Sterilising chemicals) قرار داده و موجب بروز جهش های کشنده غالب (Dominant lethal mutations) در افراد نر می شوند؛ سپس رهاسازی و انتشار حجم بسیار زیادی از نرهای عقیم در محیط انجام می شود. نتایج نیز معمولاً به صورت مرگ افراد ماده در نتیجه ایجاد ناسازگاری سیتوپلاسمی، بارور نشدن تخم ها و حتی تغییر نسبت جنسی به سمت افراد نر بروز پیدا می کند و در نهایت جمعیت ناقلین بسیار کاهش می یابد (۱۱۳). برای مثال در تابستان ۲۰۰۴، رهاسازی نرهای عقیم آندس آلبویکتوس در شهر ریمینی (Rimini) در شمال ایتالیا موجب کاهش تعداد تخم و نیز درصد تفریح تخم پشه شد و در نتیجه چشم انداز قابل قبولی را در استفاده از

تکنیک نر عقیمی ایجاد کرد (۱۱۴). گاهی به منظور عقیم سازی کامل پشه ها از تلفیق تابیدن اشعه و باکتری ولباخیا نیز استفاده می شود. در همین خصوص رهاسازی ۱۰۰ الی ۲۰۰ نر عقیم آندس اجیپتی به ازای هر خانوار در شرق تایلند طی یک دوره شش ماهه موجب کاهش قابل توجه جمعیت پشه در منطقه مورد مطالعاتی شد (۱۱۵). در هر حال، علی رغم کارآیی و چشم انداز مناسب در استفاده از روش نر عقیمی برای کنترل جمعیت آندس ها، نکته مهم، انجام آزمایش های میدانی بیش تر و گسترده تر برای تأیید اثر بخشی این تکنیک است تا مشخص شود که آیا استفاده از این روش تأثیر قابل توجهی روی کاهش انتقال بیماری توسط پشه های آندس دارد یا خیر، تأثیر قابل توجهی ندارد (۱۱۵).

#### ۶- ارزیابی روش های کنترل در محدوده های بزرگ میدانی ۶-۱- انتخاب محل مبارزه

دستورالعمل های مختلفی برای انتخاب محل مبارزه در جهت اجرای برنامه های کنترل پشه های آندس چه در مراحل لاروی و چه بالغ ارائه شده است. در این خصوص توصیه می شود که قبل از اجرای برنامه های کنترل، مکان مبارزه براساس جمعیت ناقلین (از لحاظ ایزوله بودن، تراکم، حضور گونه های رقیب) و ویژگی های اکولوژیک منطقه (آب و هوا، پوشش گیاهی) انتخاب شود (۱۱۶). برای مثال آندس اجیپتی و آندس آلبویکتوس چون از طیف گسترده ای از زیستگاه های لاروی استفاده می نمایند، بنابراین این احتمال وجود دارد که مبارزه با لارو در تمام زیستگاه ها امکان پذیر و یا مقرون به صرفه نباشد. در نتیجه، عملیات کنترل می تواند عمدتاً زیستگاه هایی را که بیش ترین تولید پشه های بالغ را دارند و از نظر اپیدمیولوژیک نیز حایز اهمیت بیش تری هستند را مورد هدف قرار دهد (۳۶). البته ذکر این نکته ضروری است که چون این زیستگاه ها بیش تر دست ساز انسان است، بنابراین مشارکت مردمی یک عامل کلیدی در موفقیت

بازرسی) و شاخص تله تخم (Ovitrap index) (متوسط تله‌های حاوی تخم)، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱۸). معمولاً برای پایش جمعیت پشه‌های آندس، استفاده از تله‌های تخم به دلیل صرفه اقتصادی و کارآمد بودن به ویژه در محدوده‌های گسترده بسیار رایج است. اگرچه این روش نسبتاً وقت‌گیر (جمع‌آوری تخم، پرورش تخم تا بالغ جهت شناسایی گونه) است اما با استفاده از تله‌های چسبنده این مشکل تا حدود زیادی رفع می‌شود چرا که تله‌های چسبنده موجب شکار ماده‌ها در زمان استراحت و تخم‌گذاری شده و در نتیجه این امکان فراهم می‌شود تا شناسایی مستقیم بالغین آندس جهت برآورد جمعیت به آسانی میسر باشد (۱۱۹).

۳-۶- اجرای برنامه‌های کنترل تلفیقی پشه‌های آندس در گام اول، پیاده‌سازی و اجرای برنامه‌های کنترل تلفیقی پشه‌های آندس می‌بایست با توجه به گونه‌ی هدف، ویژگی‌های رفتاری و اکولوژیک گونه مورد نظر و نگرانی‌های بهداشتی ناشی از آن (اذیت و آزار پشه یا انتقال بیماری) انجام گیرد (۱۲۰). در مرحله بعد استفاده از حشره‌کش‌های مناسب در کنار حذف حداکثری زیستگاه‌های لاروی پشه‌ها به ویژه در مناطق و کانون‌های آلودگی توصیه می‌شود. این روش تلفیقی مبارزه در اروپا برای محدود کردن انتقال چرخه بیماری چیکونگونیا و دانگ توسط آندس آلبوپیکتوس توصیه و به خوبی اجرا شده است (۱۲۱، ۱۲۲). از سوی دیگر، هنگامی که هدف اصلی در یک برنامه تلفیقی رسیدن به کاهش میان مدت یا طولانی مدت جمعیت پشه‌ها به منظور کاهش نرخ گزش و خطر شیوع آربوویروس‌ها باشد، انتخاب زمان و روش مناسب بسیار حائز اهمیت است. به عنوان مثال، روش‌هایی نظیر اسپری کردن حشره‌کش‌ها برای کاهش سریع پشه‌ها در تراکم بالا موثر است در حالی که استفاده از تکنیک نر عقیمی معمولاً در کنترل جمعیت‌ها در تراکم پایین تر قابل توصیه است (۱۱۶، ۱۲۳). به طور کلی موفقیت برنامه‌های

راه کارهای کنترل ناقل و پیشگیری از طغیان بیماری است (۳۶). هم‌چنین می‌بایست بالغین آندس را علاوه بر اماکن انسانی در محیط‌های اطراف آن نیز که امکان تماس انسان و پشه ناقل وجود دارد (نظیر مدارس، بیمارستان‌ها) همواره مورد پایش و هدف قرار داد چرا که این پشه‌ها به طور معمول زیاد از محل زیست خود دور نمی‌شوند و در فاصله ۴۰۰ تا ۵۰۰ متری اطراف اماکن انسانی باقی می‌مانند (۳۶). هم‌چنین توصیه می‌شود که در چنین مواردی و در صورت امکان گونه اصلی از جمعیت ناقل مورد هدف قرار گیرد چرا که در این صورت کنترل همه گونه‌ها موجب افزایش شدید حجم کاری در زمان پایش خواهد شد. هم‌چنین محل‌های انتخاب شده باید از لحاظ اکولوژیکی ثبات لازم را داشته باشند تا تغییرات محیطی تاثیر ناخواسته بر نتایج نگذارد (۱۱۶). در مناطق شهری یا حومه نیز، شرایط اجتماعی-اقتصادی موجود باید مورد توجه قرار گیرد. برای مثال در نیوجرسی، فقر و سطح تحصیلات پایین به طور قابل توجهی با فراوانی بالای آندس آلبوپیکتوس ارتباط دارد (۱۱۷). علاوه بر این ملاحظات عملیاتی مانند امکانات موجود، وسعت محل، دسترسی کامل به محل، جنبه‌های اجتماعی، اخلاقی و قانونی نیز می‌بایست در برنامه‌های کنترل یکپارچه پشه‌های مهاجم، در دستور کار قرار گیرد (۱۱۶).

#### ۲-۶- برنامه‌های مراقبت پشه‌های آندس

پایش مداوم جمعیت پشه‌های آندس به منظور مقایسه سطح آلودگی و ارزیابی اثربخشی برنامه‌های کنترلی بین مناطق مختلف بسیار مهم است. شاخص‌های متعددی در کشورهای در حال توسعه برای ارزیابی و پایش جمعیت پشه‌های آندس، مانند، شاخص خانه (House index (HI) (درصد خانه‌هایی با حداقل یک مکان تخم‌گذاری فعال، آلوده به لارو یا شفیره)، شاخص ظرف (Container index (CI) (درصد ظروف آب حاوی لارو یا شفیره پشه)، شاخص Breteau (تعداد ظروف آلوده به لارو یا شفیره در هر ۱۰۰ خانه مورد

ارزیابی برنامه‌های کنترل پشه‌های آندس از طریق روش‌های مختلف، به ویژه کنترل تلفیقی، انجام مطالعات آزمایشگاهی، نیمه صحرایی و میدانی دارای اهمیت فراوان است. این کار به عنوان یک قاعده کلی، مستلزم دخالت و هماهنگی مقامات محلی، شرکای خصوصی و عموم جامعه است. بنابراین سطح بالای همکاری‌های عمومی از ابتدای برنامه‌های کنترل آندس ضروری است و تنها با حمایت مداوم مقامات محلی و عموم مردم می‌تواند یک اثر طولانی مدت به دست آورد.

### سپاسگزاری

از معاونت محترم تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران برای حمایت مالی از این تحقیق در قالب طرح تحقیقاتی شماره ۳۲۱۰ تشکر می‌شود.

کنترل تلفیقی پشه‌های آندس متکی بر همکاری میان کلیه ذینفعان، تصمیم‌گیران سیاسی، مقامات دولتی، محققین و عموم مردم است (۱۲۰).

اگرچه در میان روش‌های مختلف کنترل آندس اجبیتی و آندس آلبوپیکتوس روش‌های محیطی اولین و مهم‌ترین روش مدیریتی به شمار می‌رود؛ اما ذکر این نکته ضروری است که روش کنترل آندس‌ها بستگی زیادی به شرایط محیطی منطقه، مرحله استقرار پشه‌ها و نیز فاز جمعیتی پشه‌ها و بیماری‌های ناشی از آن دارد. در هر حال توصیه می‌شود که پس از کاربرد روش‌های محیطی و در صورت عدم حصول نتایج رضایت بخش در خصوص کنترل آندس‌ها، سایر روش‌های کنترلی استفاده شود چرا که کمبود هزینه‌های مالی و عدم مشارکت عموم جامعه، ممکن است اجرای روش‌های محیطی را با چالش جدی مواجه کند. در خصوص پیاده‌سازی و

### References

1. Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H, et al. A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2012; 12(6): 435-447.
2. Schaffner F, Medlock J, Van Bortel. Public health significance of invasive mosquitoes in Europe. *Clin Microbiol Infect* 2013; 19(8): 685-692.
3. Dowling Z, Armbruster P, LaDeau SL, DeCotiis M, Mottley J, Leisnham PT. Linking mosquito infestation to resident socioeconomic status, knowledge, and source reduction practices in suburban Washington, DC. *Ecohealth* 2013; 10(1): 36-47.
4. Weeratunga P, Rodrigo C, Fernando SD, Rajapakse S. Control methods for *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. *Cochrane Database of Syst Rev* 2017; 2017(8): CD012759.
5. Tedjou AN, Kamgang B, Yougang AP, Wilson-Bahun TA, Njiokou F, Wondji CS. Patterns of Ecological Adaptation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and *Stegomyia* Indices Highlight the Potential Risk of Arbovirus Transmission in Yaoundé, the Capital City of Cameroon. *Pathogens* 2020; 9(6): 491.
6. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Vector control with a focus on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: literature review and analysis of information. Stockholm: ECDC, 2017. Available from: <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/Vector-control-Aedes-aegypti-Aedes-albopictus.pdf>.
7. DGS. Instruction no DGS/RII/2015/125 du 16 avril 2015 mettant à jour le guide relatif aux modalités de mise en oeuvre du plan anti-dissémination du Chikungunya et de la

- Dengue en métropole [Directive no DGS/RI1 /2015/125 of 16 April 2015 updating the guide on the implementation of the anti-spreading plan for Chikungunya and Dengue fever in metropolitan France]. Paris: 2015.
8. Sivanathan MM. The ecology and biology of *Aedes aegypti*(L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) and the resistance status of *Aedes albopictus* (field strain) against organophosphates in Penang, Malaysia 2006.
  9. de Oliveira SR, Caleffe RRT, Conte H. Chemical control of *Aedes aegypti*: a review on effects on the environment and human health. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 2017; 21(3): 240-247.
  10. Reiter P. *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: the shape of things to come? *Journal of the American Mosquito Control Association* 1998; 14(1): 83-94.
  11. Caminade C, Medlock JM, Ducheyne E, McIntyre KM, Leach S, Baylis M, et al. Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society Interface* 2012; 9(75): 2708-2717.
  12. Ganushkina LA, Patraman IV, Rezza G, Migliorini L, Litvinov SK, Sergiev VP. Detection of *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and *Aedes koreicus* in the Area of Sochi, Russia. *Vector-borne and Zoonotic Diseases* 2016; 16(1): 58-60.
  13. Zeng Z, Zhan J, Chen L, Chen H, Cheng S. Global, regional, and national dengue burden from 1990 to 2017: A systematic analysis based on the global burden of disease study 2017. *EClinical Medicine* 2021; 32: 100712.
  14. Dengue and severe dengue-WHO: World Health Organization; 2021.
  15. Organization WH. Chikungunya 2020 [Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>].
  16. Bacha HA, Johanson GH. Yellow fever. *Revista da Associação Médica Brasileira* 2017; 63(4): 291-292
  17. WHO. Zika virus disease [Available from: [https://www.who.int/health-topics/zika-virus-disease#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/zika-virus-disease#tab=tab_1)].
  18. Nelson C, Mrozowich T, Gemmill DL, Park SM, Patel TR. Human DDX3X Unwinds Japanese Encephalitis and Zika Viral 5' Terminal Regions. *Int J Mol Sci* 2021; 22(1): 413.
  19. Staples JE, Breiman RF, Powers AM. Chikungunya fever: an epidemiological review of a re-emerging infectious disease. *Clinical infectious Diseases* 2009; 49(6): 942-948.
  20. Obtel M, Malik MR, Nguyen TMN, Buliva E, Elkhobby A, Salim SA, et al. Enhancing surveillance for early detection of Zika virus infection: strategies for the countries of Eastern Mediterranean Region. *East Mediterr Health J* 2019; 25(1): 58-65.
  21. Koenraadt CJ, Spitzen J, Takken W. Innovative strategies for vector control: progress in the global vector control response: Wageningen Academic Publishers; 2021.
  22. Organization WH. Global vector control response: progress in planning and implementation. 2020.
  23. Guidelines for vector control needs assessment. Cairo EWROftEM.
  24. Organization WH, UNICEF. Framework for a national vector control needs assessment. World Health Organization; 2017.
  25. Organization WH. Regional plan of action 2019-2023 for implementation of the global vector control response 2017-2030. World

- Health Organization. Regional Office for the Eastern Mediterranean; 2019.
26. Organization WH, UNICEF. Global vector control response 2017-2030. 2017.
  27. Organization WH. Handbook for integrated vector management: World Health Organization; 2012.
  28. van den Berg H, Velayudhan R, Ejov M. Regional framework for surveillance and control of invasive mosquito vectors and re-emerging vector-borne diseases 2014-2020: World Health Organization, Regional Office for Europe; 2013.
  29. de Gentile L. Protection personnelle antivectorielle: IRD éditions; 2012.
  30. Debboun M, Strickman D. Insect repellents and associated personal protection for a reduction in human disease. *Med Vet Entomol* 2013; 27(1): 1-9.
  31. Banks S, Murray N, WILDER- SMITH A, Logan JG. Insecticide- treated clothes for the control of vector- borne diseases: a review on effectiveness and safety. *Med Vet Entomol* 2014; 28(Suppl 1): 14-25.
  32. Lindsay SW, Wilson A, Golding N, Scott TW, Takken W. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. *Bull World Health Organ* 2017; 95(8): 607-608.
  33. Zaim M, Enayati AA, Sedaghat MM, Gouya MM. Guide to prevention and control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Iran (In Farsi). Mazandaran University of Medical Sciences 2020.
  34. DGS. Guide relatif aux modalités de mise en oeuvre du plan anti-dissémination du Chikungunya et de la Dengue en métropole [Guide to the implementation of the anti-spread of chikungunya and Dengue plan in metropolitan France]. Paris: 2013. Available from: [http://socialsante.gouv.fr/IMG/pdf/Guide\\_annexe\\_a\\_1\\_instruction\\_DGS\\_RI\\_2013.pdf](http://socialsante.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_annexe_a_1_instruction_DGS_RI_2013.pdf).
  35. CNEV. La mobilisation sociale contre *Aedes albopictus*: éléments pour la définition d'une stratégie [Social mobilization against *Aedes albopictus*: elements for defining a strategy]. Montpellier: 2016.
  36. Zaim M, Enayati A, Sedaghat M. A practical guide to controlling vectors of dengue, chikungunya and zika diseases: Ministry of Health and Medical Education, Deputy Minister of Health, Center for Infectious Diseases Management; 2019. (In Persian).
  37. Sarwar M. Stopping breeding of dengue virus spreader *Aedes* mosquitoes (Diptera: Culicidae) with environmental modifications. *International Journal of Bioinformatics and Biomedical Engineering* 2015; 1(2): 169-174.
  38. Organization WH, Research SPf, Diseases TiT, Diseases WHODOCoNT, Epidemic WHO, Alert P. Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control: World Health Organization; 2009.
  39. Deblauwe I, Sohier C, Schaffner F, Rakotoarivony LM, Coosemans M. Implementation of surveillance of invasive mosquitoes in Belgium according to the ECDC guidelines. *Parasites & Vectors* 2014; 7(1): 201.
  40. Tomasello D, Schlagenhauf P. Chikungunya and dengue autochthonous cases in Europe, 2007–2012. *Travel Med Infect Dis* 2013; 11(5): 274-284.
  41. Fonseca DM, Unlu I, Crepeau T, Farajollahi A, Healy SP, Bartlett- Healy K, et al. Area-wide management of *Aedes albopictus*. Part 2: Gauging the efficacy of traditional integrated pest control measures against urban container mosquitoes. *Pest Manag Sci* 2013; 69(12): 1351-1361.

42. Carrieri M, Angelini P, Venturelli C, Maccagnani B, Bellini R. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population size survey in the 2007 Chikungunya outbreak area in Italy. I. Characterization of breeding sites and evaluation of sampling methodologies. *J Med Entomol* 2011; 48(6): 1214-1225.
43. Mangudo C, Aparicio JP, Gleiser RM. Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in urban, suburban and forest habitats in a dengue affected area. *Bull Entomol Res* 2015; 105(6): 679-684.
44. Schaffner F, Bellini R, Petrić D, Scholte E-J, Zeller H, Rakotoarivony LM. Development of guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. *Parasites & Vectors* 2013; 6(1): 209.
45. Unlu I, Faraji A, Indelicato N, Fonseca DM. The hidden world of Asian tiger mosquitoes: immature *Aedes albopictus* (Skuse) dominate in rainwater corrugated extension spouts. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 2014; 108(11): 699-705.
46. Boyer S, Foray C, Dehecq J-S. Spatial and temporal heterogeneities of *Aedes albopictus* density in La Reunion Island: rise and weakness of entomological indices. *PLoS One* 2014; 9(3):e 91170.
47. Maciel-de-Freitas R, Lourenço-de-Oliveira R. Does targeting key-containers effectively reduce *Aedes aegypti* population density? *Trop Med Int Health* 2011; 16(8): 965-973.
48. Ocampo CB, Mina NJ, Carabalí M, Alexander N, Osorio L. Reduction in dengue cases observed during mass control of *Aedes* (*Stegomyia*) in street catch basins in an endemic urban area in Colombia. *Acta Trop* 2014; 132: 15-22.
49. Baldacchino F, Caputo B, Chandre F, Drago A, della Torre A, Montarsi F, et al. Control methods against invasive *Aedes* mosquitoes in Europe: a review. *Pest Manag Sci* 2015; 71(11): 1471-1485.
50. Surveillance and control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the United States. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. 2016: 16.
51. Organization WH. Vector surveillance and control. WHO Dengue haemorrhagic fever: diagnosis, treatment, prevention and control 2nd ed Geneva: WHO. 1997: 48.
52. Vontas J, Kioulos E, Pavlidi N, Morou E, Della Torre A, Ranson H. Insecticide resistance in the major dengue vectors *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 2012; 104(2): 126-131.
53. Pethuan S, Jirakanjanakit N, Saengtharapit S, Chareonviriyaphap T, Kaewpa D, Rongnoparut P. Biochemical studies of insecticide resistance in *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* and *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand. *Trop Biomed* 2007; 24(1): 7-15.
54. Mackay AJ, Amador M, Barrera R. An improved autocidal gravid ovitrap for the control and surveillance of *Aedes aegypti*. *Parasites & Vectors* 2013; 6(1): 225.
55. Degener C, Eiras A, Azara T, Roque R, Rösner S, Codeço C, et al. Evaluation of the effectiveness of mass trapping with BG-sentinel traps for dengue vector control: a cluster randomized controlled trial in Manaus, Brazil. *J Med Entomol* 2014; 51(2): 408-420.
56. Organization WH. Efficacy-testing of traps for control of *Aedes* spp. mosquito vectors. World Health Organization; 2018.
57. Rohde BB, Staunton KM, Zeak NC, Beebe N, Snoad N, Bondarenco A, et al. Waterproof, low-cost, long-battery-life sound trap for surveillance of male *Aedes aegypti* for rear-

- and-release mosquito control programmes. *Parasites & Vectors* 2019; 12(1): 417.
58. Eiras AE, Buhagiar TS, Ritchie SA. Development of the Gravid Aedes Trap for the capture of adult female container-exploiting mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 2014; 51(1): 200-209.
59. Zeichner BC, Debboun M. The lethal ovitrap: a response to the resurgence of dengue and chikungunya. *US Army Med Dep J* 2011.
60. de Santos EMM, de Melo-Santos MAV, de Oliveira CMF, Correia JC, de Albuquerque CMR. Evaluation of a sticky trap (AedesTraP), made from disposable plastic bottles, as a monitoring tool for *Aedes aegypti* populations. *Parasites & Vectors* 2012; 5(1): 195.
61. Ázara TMFd, Degener CM, Roque RA, Ohly JJ, Geier M, Eiras ÁE. The impact of CO<sub>2</sub> on collection of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Culex quinquefasciatus* Say by BG-Sentinel (R) traps in Manaus, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2013; 108(2): 229-232.
62. Englbrecht C, Gordon S, Venturelli C, Rose A, Geier M. Evaluation of BG-Sentinel trap as a management tool to reduce *Aedes albopictus* nuisance in an urban environment in Italy. *J Am Mosq Control Assoc* 2015; 31(1): 16-25.
63. Couret J, Notarangelo M, Veera S, LeClaire-Conway N, Ginsberg HS, LeBrun RL. Biological control of *Aedes* mosquito larvae with carnivorous aquatic plant, *Utricularia macrorhiza*. *Parasites & Vectors* 2020; 13: 1-11.
64. Marina CF, Bond JG, Casas M, Muñoz J, Orozco A, Valle J, et al. Spinosad as an effective larvicide for control of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*, vectors of dengue in southern Mexico. *Pest Manag Sci* 2011; 67(1): 114-121.
65. Huang Y-JS, Higgs S, Vanlandingham DL. Biological control strategies for mosquito vectors of arboviruses. *Insects* 2017;8(1):21.
66. Trpis M. Interaction between the predator *Toxorhynchites brevipalpis* and its prey *Aedes aegypti*. *Bull World Health Organ* 1973; 49(4): 359-365.
67. Jafari A, Enayati A, Jafari F, Haghi FM, Hosseini-Vasoukolaei N, Sadeghnezhad R, et al. A narrative review of the control of mosquitoes by Larvivorous fish in Iran and the world. *Iran J Health Sci* 2019; 7(2): 49-60.
68. Singaravelu G, Mahalingam S, Bharathi KJ. Predatory efficiency of larvivorous fish, *Gambusia affinis* on the mosquito larvae of *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Current Science* 1997; 72(7): 512-514.
69. Martinez-Ibarra J, Guillén YG, Arredondo-Jimenez J, Rodriguez-Lopez M. Indigenous fish species for the control of *Aedes aegypti* in water storage tanks in Southern Mexico. *BioControl* 2002; 47(4): 481-486.
70. de Góes Cavalcanti LP, de Paula Júnior FJ, Pontes RJS, Heukelbach J, de Oliveira Lima JW. Survival of larvivorous fish used for biological control of *Aedes aegypti* larvae in domestic containers with different chlorine concentrations. *J Med Entomol* 2009; 46(4): 841-844.
71. Ranathunge T, Kusumawathie P, Abeyewickreme W, Udayanga L, Fernando T, Hapugoda M. Biocontrol potential of six locally available fish species as predators of *Aedes aegypti* in Sri Lanka. *Biological Control* 2021; 160: 104638.
72. Marten GG. Elimination of *Aedes albopictus* from tire piles by introducing *Macrocyclus albidus* (Copepoda, Cyclopidae). *J Am Mosq Control Assoc* 1990; 6(4): 689-693.

73. Ment D, Churchill AC, Gindin G, Belausov E, Glazer I, Rehner SA, et al. Resistant ticks inhibit *Metarhizium* infection prior to haemocoel invasion by reducing fungal viability on the cuticle surface. *Environ Microbiol* 2012; 14(6): 1570-1583.
74. Marten GG, Reid JW. Cyclopoid copepods. *J Am Mosq Control Assoc* 2007; 23(2 Suppl): 65-92
75. Muspratt J. Destruction of the larvae of *Anopheles gambiae* Giles by a *Coelomomyces* fungus. *Bull World Health Organ* 1963; 29(1): 81-86.
76. Scholte E-J, Takken W, Knols BG. Infection of adult *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* mosquitoes with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Acta Trop* 2007; 102(3): 151-158.
77. Darbro JM, Johnson PH, Thomas MB, Ritchie SA, Kay BH, Ryan PA. Effects of *Beauveria bassiana* on survival, blood-feeding success, and fecundity of *Aedes aegypti* in laboratory and semi-field conditions. *Am J Trop Med Hyg* 2012; 86(4): 656-664.
78. Baldacchino F, Bruno M, Visentin P, Blondel K, Arnoldi D, Hauffe H, et al. Predation efficiency of copepods against the new invasive mosquito species *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in Italy. *The European Zoological Journal* 2017; 84(1): 43-48.
79. Sousa N, Lobo L, Rodrigues J, Luz C. New insights on the effectiveness of *Metarhizium anisopliae* formulation and application against *Aedes aegypti* eggs. *Lett Appl Microbiol* 2013; 57(3): 193-199.
80. de Melo-Santos MAV, de Araújo AP, Rios EMM, Regis L. Long lasting persistence of *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis* larvicidal activity in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) breeding places is associated to bacteria recycling. *Biological Control* 2009; 49(2): 186-191.
81. Guidi V, Lehner A, Lüthy P, Tonolla M. Dynamics of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Lysinibacillus sphaericus* spores in urban catch basins after simultaneous application against mosquito larvae. *PloS One* 2013; 8(2): e55658.
82. Boyce R, Lenhart A, Kroeger A, Velayudhan R, Roberts B, Horstick O. *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) for the control of dengue vectors: systematic literature review. *Trop Med Int Health* 2013; 18(5): 564-577.
83. Mulla MS, Thavara U, Tawatsin A, Chomposri J, Su T. Emergence of resistance and resistance management in field populations of tropical *Culex quinquefasciatus* to the microbial control agent *Bacillus sphaericus*. *J Am Mosq Control Assoc* 2003; 19(1): 39-46.
84. Lagadic L, Roucaute M, Caquet T. Bti sprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands. *Journal of Applied Ecology* 2014; 51(1): 102-113.
85. Lam PH, Boon CS, Yng NY, Benjamin S. *Aedes albopictus* control with spray application of *Bacillus thuringiensis israelensis*, strain AM 65-52. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2010; 41(5): 1071-1081.
86. Ashjaei Z, Talaei-Hassanlou R, Khorramnejad A, Talebi Jahromi K. Optimizing susceptibility, stability and virulence of commercial products of *Bacillus thuringiensis*. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 2021; 52(1): 81-89.
87. de Oliveira JL, Fraceto LF, Bravo A, Polanczyk RA. Encapsulation Strategies for *Bacillus thuringiensis*: From Now to the Future. *J Agric Food Chem* 2021; 69(16): 4564-4577.

88. Tamez-Guerra P, McGuire MR, Behle RW, Shasha BS, Galn Wong LJ. Assessment of microencapsulated formulations for improved residual activity of *Bacillus thuringiensis*. *J Econ Entomol* 2000; 93(2): 219-225.
89. Rodcharoen J, Mulla M. Cross-resistance to *Bacillus sphaericus* strains in *Culex quinquefasciatus*. *J Am Mosq Control Assoc* 1996; 12(2 Pt 1): 247-250.
90. Poopathi S, Mani T, Rao D, Baskaran G, Kabilan L. Cross-resistance to *Bacillus sphaericus* strains in *Culex quinquefasciatus* resistant to *B. sphaericus* 1593M. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1999; 30(3): 477-481.
91. Nielsen-Leroux C, Pasquier F, Charles J-F, SinÈgre G, Gaven B, Pasteur N. Resistance to *Bacillus sphaericus* involves different mechanisms in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) larvae. *J Med Entomol* 1997; 34(3): 321-327.
92. Fernández-Chapa D, Luna-Olvera HA, Ramirez-Villalobos J, Rojas-Verde G, Arévalo-Niño K, Galán-Wong LJ. Viability and reconstitution of delta-endotoxins from *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* extracts after forty years of storage against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 2021; 31(1): 1-7.
93. Hertlein MB, Mavrotas C, Jousseume C, Lysandrou M, Thompson GD, Jany W, et al. A review of spinosad as a natural product for larval mosquito control. *J Am Mosq Control Assoc* 2010; 26(1): 67-87.
94. Organization WH. Spinosad DT in drinking-water: use for vector control in drinking-water sources and containers. Geneva: World Health Organization. 2010.
95. Liu H, Cupp EW, Guo A, Liu N. Insecticide resistance in Alabama and Florida mosquito strains of *Aedes albopictus*. *J Med Entomol* 2004; 41(5): 946-952.
96. Darriet F, Duchon S, Hougard JM. Spinosad: a new larvicide against insecticide-resistant mosquito larvae. *J Am Mosq Control Assoc* 2005; 21(4): 495-496.
97. Marcombe S, Darriet F, Agnew P, Etienne M, Yp-Tcha M-M, Yébakima A, et al. Field efficacy of new larvicide products for control of multi-resistant *Aedes aegypti* populations in Martinique (French West Indies). *Am J Trop Med Hyg* 2011; 84(1): 118-126.
98. Bond J, Marina C, Williams T. The naturally derived insecticide spinosad is highly toxic to *Aedes* and *Anopheles* mosquito larvae. *Med Vet Entomol* 2004; 18(1): 50-56.
99. McGraw EA, O'Neill SL. Beyond insecticides: new thinking on an ancient problem. *Nat Rev Microbiol* 2013; 11(3): 181-193.
100. Hertig M, Wolbach SB. Studies on rickettsia-like micro-organisms in insects. *J Med Res* 1924; 44(3): 329-374.7.
101. Murray JV, Jansen CC, De Barro P. Risk associated with the release of *Wolbachia*-infected *Aedes aegypti* mosquitoes into the environment in an effort to control dengue. *Front Public Health* 2016; 4: 43.
102. Iturbe-Ormaetxe I, Walker T, O'Neill SL. *Wolbachia* and the biological control of mosquito-borne disease. *EMBO Rep* 2011; 12(6): 508-518.
103. Yen P-S, Failloux A-B. A Review: *Wolbachia*-Based Population Replacement for Mosquito Control Shares Common Points with Genetically Modified Control Approaches. *Pathogens* 2020; 9(5): 404.
104. Bourtzis K, Dobson SL, Xi Z, Rasgon JL, Calvitti M, Moreira LA, et al. Harnessing mosquito-*Wolbachia* symbiosis for vector

- and disease control. *Acta Trop* 2014; 132: S150-S163.
105. Dias CN, Moraes DFC. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides. *Parasitol Res* 2014; 113(2): 565-592.
106. Maheswaran R, Ignacimuthu S. A novel herbal formulation against dengue vector mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Parasitol Res* 2012; 110(5): 1801-1813.
107. Mikami A, Yamashita N. The inhibitory effects of a neem formulation on emergence of *Ochlerotatus japonicus* and *Culex pipiens pallens*. *Medical Entomology and Zoology* 2004; 55(3): 239-242.
108. Olson KE, Alphey L, Carlson JO, James AA. Genetic approaches in *Aedes aegypti* for control of dengue: an overview. *Frontis* 2005: 77-87.
109. Oxitec. Draft Environmental Assessment for Investigational Use of *Aedes aegypti* OX513A. Oxitec Ltd., 71 Innovation Drive, Milton Park, Oxfordshire, OX14 4RQ UK. <https://www.fda.gov/files/animal%20&%20veterinary/published/Oxitec-Mosquito---Draft-Environmental-Assessment.pdf>. 2016:1-140.
110. Pérez DR. Draft Environmental Assessment and Preliminary Finding of No Significant Impact Concerning Investigational Use of Oxitec OX513A Mosquitoes. 2016.
111. Alto BW, Civana A, Wiggins K, Eastmond B, Shin D. Effect of Oral Infection of Mayaro Virus on Fitness Correlates and Expression of Immune Related Genes in *Aedes aegypti*. *Viruses* 2020; 12(7): 719.
112. Serrato I, Caicedo P, Orobio Y, Lowenberger C, Ocampo C. Vector competence and innate immune responses to dengue virus infection in selected laboratory and field-collected *Stegomyia aegypti* (= *Aedes aegypti*). *Med Vet Entomol* 2017; 31(3): 312-319.
113. Alphey L, Benedict M, Bellini R, Clark GG, Dame DA, Service MW, et al. Sterile-insect methods for control of mosquito-borne diseases: an analysis. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2010; 10(3): 295-311.
114. Bellini R, Calvitti M, Medici A, Carrieri M, Celli G, Maini S. Use of the sterile insect technique against *Aedes albopictus* in Italy: first results of a pilot trial. *Area-wide control of insect pests: Springer; 2007: 505-515.*
115. Kittayapong P, Ninphanomchai S, Limohpasmanee W, Chansang C, Chansang U, Mongkalagoon P. Combined sterile insect technique and incompatible insect technique: The first proof-of-concept to suppress *Aedes aegypti* vector populations in semi-rural settings in Thailand. *PLoS Negl Trop Dis* 2019; 13(10): e0007771.
116. Iyaloo DP, Elahee KB, Bheecarry A, Lees RS. Guidelines to site selection for population surveillance and mosquito control trials: A case study from Mauritius. *Acta Trop* 2014; 132: S140-S149.
117. Unlu I, Farajollahi A, Healy SP, Crepeau T, Bartlett-Healy K, Williges E, et al. Area-wide management of *Aedes albopictus*: choice of study sites based on geospatial characteristics, socioeconomic factors and mosquito populations. *Pest Manag Sci* 2011; 67(8): 965-974.
118. Petrić D, Bellini R, Scholte E-J, Rakotoarivony LM, Schaffner F. Monitoring population and environmental parameters of invasive mosquito species in Europe. *Parasites & Vectors* 2014; 7(1): 187.
119. Facchinelli L, Koenraadt CJ, Fanello C, Kijchalao U, Valerio L, Jones JW, et al. Evaluation of a sticky trap for collecting *Aedes* (*Stegomyia*) adults in a dengue-

- endemic area in Thailand. *Am J Trop Med Hyg* 2008; 78(6): 904-909.
120. Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Madon M, Dahl C, et al. *Mosquitoes and their control*: Springer Science & Business Media; 2010.
121. La Ruche G, Souarès Y, Armengaud A, Peloux-Petiot F, Delaunay P, Desprès P, et al. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Euro Surveill* 2010; 15(39): 19676.
122. Poletti P, Messeri G, Ajelli M, Vallorani R, Rizzo C, Merler S. Transmission potential of chikungunya virus and control measures: the case of Italy. *PloS One* 2011; 6(5): e18860.
123. Caputo B, Ienco A, Manica M, Petrarca V, Rosà R, Della Torre A. New adhesive traps to monitor urban mosquitoes with a case study to assess the efficacy of insecticide control strategies in temperate areas. *Parasites & Vectors* 2015; 8(1): 134.