پیشگیری و مدیریت مقاومت ناقلین و آفات مهم بهداشتی به حشره‌کش ها

مترجمین:

دکتر مرتضی زعیم

دکتر احمدعلی عنایتی

دکتر احمد رئیسی

مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمین

۱. مقدمه و اهداف
۱.۱ بیماری‌های ناقل زاد - یک مشکل عمده بهداشتی
۲.۱ کنترل ناقل - یک مؤلفه اصلی در مدیریت بیماریهای ناقل زاد
۳.۱ نیاز به کنترل شیمیایی
۴.۱ تهدید مقاومت در برابر حشره کش ها
۱.۵ تعداد محدود حشره کش های مؤثر
۶.۱ نیاز به نگرانی در مورد بروز مقاومت
۷.۱ مخاطبان و اهداف این کتاب راهنما

۲. مقاومت چیست و چگونه بروز می نماید؟
۱.۲تعریف عملی مقاومت
۲.۲مکانیسم های مقاومت
۳.۲ مقاومت متقاطع
۴.۲ مقاومت چندگانه
۵.۲ پایه ژنتیک مقاومت
۶.۲ عوامل اصلی تأثیرگذار بر بروز مقاومت

۳- رویکردهای مختلف در مورد مدیریت مقاومت
۱.۳ رویکردهای مدیریت مقاومت
۲,۳ مدیریت مقاومت و نحوه اثر
۳.۳ سیستم طبقه بندی نحوه اثر کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش
۴.۳ خلاصه مطالب

۴. مبانی مدیریت مقاومت
۱.۴ دروس آموخته شده از کشاورزی
۲.۴ تاکتیک های مدیریت مقاومت
۳.۴ اجرا
۴.۴ پایش عملکرد حشره کش
۵.۴ در صورت یافتن مقاومت چه باید کرد
۶.۴ مدیریت موفقیت آمیز مقاومت در بخش کشاورزی
۷.۴ خلاصه مطالب

۵. اقتصاد مدیریت مقاومت

۱.۵ اقتصاد کوتاه مدت
۲.۵ اقتصاد اتخاذ استراتژی مدیریت مقاومت
۳.۵ اقتصاد عدم موفقیت در مدیریت مقاومت
۴.۵ عواقب طولانی مدت عدم پرداختن به مقاومت
۵.۵ خلاصه مطالب

۶. پایش و تشخیص مقاومت برای کنترل پشه
۱.۶ اهداف پایش
۲.۶ روش‌های پایش
۳.۶ انتخاب سایت های پایش مقاومت

۷- مدیریت بلند مدت یک برنامه کنترل ناقل
۱.۷ تدوین یک برنامه بلند مدت بسیار مهم است
۲.۷ کنترل کیفیت سمپاشی ها
۳.۷ وقتی مشکوک به مقاومت هستید چه باید کرد
۴.۷ در صورت تأیید مقاومت چه باید کرد

۸. داستانهای موفق در مدیریت مقاومت
۱.۸ برنامه کنترل آنکوسرکیازیس در غرب آفریقا
۲.۸ کارآزمایی آنوفل آلبیمانوس در مکزیک
۳.۸ خلاصه مطالب

۹. نیازهای آینده و راه پیش رو
۱.۹ محافظت از ابزارهای فعلی
۲.۹ نیاز به درک خوب از مقاومت
۳.۹ یادآوری اصول اساسی مدیریت مقاومت
۴.۹ محدودیت‌های اجرای مدیریت مقاومت در برنامه های بهداشت
۵.۹ راه پیش رو

پیشگفتار مترجمین

کنترل ناقلین، نقش بسیار مهمی در پیشگیری و کنترل بیماری‌های ناقل زاد ایفا می‌کند و استفاده از حشره‌کش ها رکن مهمی از مدیریت تلفیقی ناقلین را تشکیل می دهد. مقاومت ناقلین به حشره‌کش ها و کمبود چشمگیر ترکیبات حشره‌کش مناسب برای کنترل آن‌ها، تهدیدی جدی می باشد که توجه خاص و فوری مقامات بهداشتی، محققین و صنعت آفت کش را می طلبد. مدیریت مقاومت به حشره‌کش ها باید جزء لاینفک برنامه‌های مبارزه با ناقلین بوده و ساختار، منابع انسانی و سایر منابع مورد لزوم، با اولوبت زیاد، به آن اختصاص داده شود.

پیشرفت چشمگیر جمهوری اسلامی ایران در جهت کاهش بار مالاریا، با تهدید جدی مقاومت به حشره‌کش ها روبرو است. ایران همچنین با خطر روزافزون ورود و استقرار ناقلین بیماریهای دانگ، چیکونگونیا و زیکا مواجه است که مقاومت گسترده آن‌ها به حشره‌کش ها خود یک چالش جهانی است. تدوین طرح ملی برای پیشگیری و مدیریت مقاومت به حشره‌کش ها از اولویت بسزایی برخوردار است.

این راهنما علاوه بر ارائه اطلاعات فنی در مورد مقاومت به حشره کشها در ناقلین بیماریها، از منظر برنامه ای و مدیریتی نیز بلکه بیشتر به موضوع مقاومت به حشره کشها می پردازد که این خود موجب تقویت دانش و نگرش مدیران حوزه کنترل بیماریها نسبت به موضوع مقاومت به حشره کشها می شود. با درک صحیح اساس و اهمیت مقاومت به حشره کشها، ضرورت برنامه ریزی در خصوص پایش مداوم و مدیریت آن نیز بیش از پیش مشخص خواهد شد.

امید است که ترجمه و نشر این کتاب گامی در جهت تقویت برنامه‌های ملی مبارزه با ناقلین و اختصاصا جهت ارتقاء آگاهی و عمل‌کرد مدیران و کارشناسان این حوزه و همچنین اساتید و دانشجویان و دانش آموختگان رشته بیولوژی و کنترل ناقلین بیماریها و حشره شناسی پرشکی و مبارزه با ناقلین باشد.

نسخه اصلی این کتاب با حمایت مالی بنیاد بیل و ملیندا گیتس و توسط کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش ها به رشته تحریر در آمده است. این کمیته فنی تخصصی تحت پوشش CropLife International فعالیت می‌کند و توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان جهانی بهداشت به عنوان یک نهاد مشاور در مورد مسائل مربوط به مقاومت در برابر حشره‌کش ها، شناخته شده است.

دکتر مرتضی زعیم
دکتر احمدعلی عنایتی
دکتر احمد رئیسی
بهار ۱۳۹۹

۱. مقدمه و اهداف

۱.۱ بیماری‌های ناقل زاد – یک مشکل عمده بهداشتی

بار اقتصادی - اجتماعی مرتبط با بیماریهای گرمسیری مانند مالاریا، دانگ، فیلاریازیس و تریپانوزومیازیس یک مانع جدی برای توسعه در بسیاری از کشورهای گرمسیری است و بیشتر این بیماری ها عامل اصلی فقر می باشند. تخمین زده می شود که مالاریا به تنهایی تولید ناخالص ملی قاره آفریقا را در طی ۱۵ سال گذشته بیش از ۲۰٪ کاهش داده است. بیماریهای ناقل زاد بخش بسیار مهمی از ناخوشی ناشی از بیماری های عفونی را تشکیل می دهند و نه تنها درمناطق گرمسیری، بلکه در بسیاری از کشورهای معتدل نیز وجود دارند. به عنوان مثال، پیشروی اخیر ویروس نیل غربی در آمریکای شمالی، بیماری لایم در اروپا، چیکونگونیا در اقیانوس هند و پراکندگی جهانی آئدس آلبوپیکتوس ("پشه ببری") تحولات جدی و تا حد زیادی کنترل نشده است.

۲.۱ کنترل ناقل – یک مؤلفه اصلی در مدیریت بیماریهای ناقل زاد

هیچ دارو و یا واکسن موثری برای بیماریهای مهمی مانند دانگ و بیماری شاگاس وجود ندارد. تنها راه کنترل این بیماری ها جلوگیری از انتقال آنها توسط حشرات ناقل است. کنترل ناقل، محافظت شخصی و مشارکت جامعه از ستونهای استراتژی سازمان جهانی بهداشت برای کنترل بیماری منتقله از حشرات است. متأسفانه، پیشگیری دارویی همگانی از مالاریا به دلایل فنی و اقتصادی به ویژه در آفریقا قابل اجرا نیست. درمان مؤثر موارد مالاریا به دلیل مقاومت در برابر دارو به طور فزاینده ای پیچیده و گران است. در مناطقی که دارای انتقال بالا هستند (که شامل بیشتر قسمتهای آفریقا است)، اگر به موازات تشخیص و درمان زود هنگام، کنترل بسیار مؤثر ناقل و/یا محافظت شخصی انجام نشود، نمی توان بروز بیماری را کاهش داد. کنترل ناقل برای بیماری هایی که با استفاده از تجویز همگانی داروی پیشگیری کنترل می شوند نیز ممکن است مهم باشد. اگر تجویز همگانی داروی پیشگیری با مداخلات کنترل ناقل تکمیل نشود بعید بنظر می‌رسد که در بعضی نقاط، استراتژی فعلی اتحاد جهانی حذف فیلریازیس لنفاوی[۱] کاملاً موفق شود. مثال های بسیار دیگری که بر لزوم کنترل ناقل تأکید می کند می تواند برای بیشتر مناطق گرمسیری و همچنین کشورهای توسعه یافته ارائه شود.

۳.۱ نیاز به کنترل شیمیایی

حشره‌کش ها هنوز مهمترین عنصر رویکرد تلفیقی به کنترل ناقلین هستند. محدودیت اخیر در استفاده از ددت توسط کنوانسیون آلاینده های آلی پایدار[۲] به میزان چشمگیری اتکا مبارزه با بیماری‌های مالاریا و لیشمانیوز به حشره کش های ابقایی نظیر ددت را نشان داده است. به منظور کاهش این اتکا، سازمان جهانی بهداشت مدیریت تلفیقی ناقلین و آفات، شامل استفاده از روشهای جایگزین مانند مبارزه بیولوژیک و مدیریت محیط، هر زمان و مکان که مؤثر و قابل اجرا باشند را ترویج می نماید. سازمان جهانی بهداشت همچنین استفاده ایمن و هدفمند از حشره کش ها را هنگامیکه روش جایگزینی وجود ندارد پیشنهاد می کند. نمونه مثال، برنامه بسیار موفق مبارزه با بیماری شاگاس در قاره آمریکا، به طور کامل مبتنی بر سم پاشی داخلی اماکن با حشره کش های پیرتروئید بوده است. و یا آنکوسرکیاسیس (کوری رودخانه ای)[۳] به مدت سی سال در هشت کشور غرب آفریقا با برنامه های هفتگی سمپاشی لاروکش های کم خطر کنترل شده است. فن آوری های جدید مانند پشه بندهای آغشته به حشره‌کش، و سایر مواد آغشته به حشره‌کش، اکنون برای جلوگیری از بیماری هایی که در شب توسط پشه ها و پشه خاکی ها منتقل می شوند بسیار توصیه شده و مورد استفاده قرار می گیرند. اگرچه استفاده از حشره کش ها بر روی پشه بند، به جای روی دیوار، به طرز چشمگیری مقدار کل حشره کش مورد استفاده را برای پیشگیری از مالاریا کاهش می دهد، پشه بندهای آغشته به حشره کش تنها به دسته حشره کش های پیرتروئید مصنوعی وابسته هستند. بیشتر حشره کشهای متعلق به سایر گروههای شیمیایی دارای تمامی خصوصیات لازم از نظر کارآیی و ایمنی برای استفاده بر روی پشه بند را ندارند. تلاش های گسترده ای که در حال حاضر برای کنترل مالاریا، به ویژه در آفریقا انجام می پذیرد، ممکن است با گسترش مقاومت در برابر پیرتروئیدها به خطر بیفتد.

---

۱ Lymphatic Filariasis

۲ Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)

۳ Onchocerciasis (river blindness)

۴.۱ خطر مقاومت به حشره کش ها

اگرچه مقادیر حشره کش مورد استفاده در بخش بهداشت جزء بسیار کمی از کل حشره‌کش های مصرفی را تشکیل می دهند، بسیاری از ناقلین مهم بهداشتی در برابر یک یا چند حشره کش مقاومت نشان داده اند. ظهور مقاومت روندی پیچیده و پویا است و به عوامل زیادی بستگی دارد. در بیشتر موارد، هنگامی که فراوانی حشرات مقاوم در یک جمعیت ناقل افزایش می یابد، اثربخشی حشره کش تا جایی کاهش می یابد که باید آن را جایگزین نمود. گزینه افزایش دوز در تلاش برای حفظ اثربخشی، به دلیل نگرانی های زیست محیطی و ایمنی، افزایش هزینه های حشره کش و افزایش فراوانی ژن های مقاومت توصیه نمی شود. جایگزینی یک حشره کش با یک مورد جدید، دارای هزینه های مهم، پیامدهای تدارکاتی و جامعه شناختی است که بعدا در این کتاب مورد بحث قرار خواهد گرفت. علاوه بر این، کاهش قابل توجه بیماری و مرگ و میر تنها در صورتی حاصل می شود که اثر مداخلات کنترل ناقل به طور مداوم در سطح بسیار بالا حفظ شود. تقریباً همه حشره‌کش های بهداشتی در کشاورزی نیز استفاده می شوند. هنگامی که ناقلین در داخل یا نزدیک به محصولات کشاورزی پرورش می یابند، می توانند در معرض همان حشره کش و یا ترکیبات مشابه قرار بگیرند و مقاوم شوند. این پدیده برای ناقلین مالاریا از اهمیت ویژه ای برخوردار است. علاوه بر این، بسیاری از حشره کش ها نیز برای کنترل آفات خانگی بصورت شدید مورد استفاده قرار می گیرند و گونه های ناقل که در خانه در حال استراحت هستند را تحت تأثیر قرار می دهند. این ناقلین به اصطلاح داخل دوست، به دلیل تماس نزدیکشان با انسانها از خطرناکترین هستند. معمول است که یک جمعیت ناقل پشه در مرحله لاروی از طریق سمپاشی کشاورزی و دوباره در مرحله بالغ از طریق کنترل آفات خانگی، و همچنین برنامه های کنترل ناقلین، در معرض یک حشره کش مشخص (به عنوان مثال پیرتروئید) قرار بگیرد.

۱.۵ تعداد محدود حشره کش های مؤثر

اگرچه یک لیست نسبتاً طولانی از محصولات حشره کش بهداشتی وجود دارد که می تواند برای کنترل ناقلین بالغ مورد استفاده قرار گیرد، اما این محصولات همگی اعضای تعداد معدودی از گروه های شیمیایی و با مکانیزم های اثر خاص هستند. این لیست با توجه به شباهت ها درمکانیزم های اثر در بعضی از این گروه های شیمیایی و پدیده مقاومت متقاطع، کوتاه می شود. مقاومت متقاطع روشن می‌کندکه چرا، در برخی شرایط، جمعیت ناقل می تواند خیلی سریع در برابر حشره کش های تازه بکار گرفته شده مقاوم شود. علاوه بر این، در برخی شرایط، مقاومت پس از قطع استفاده منظم از یک حشره کش می تواند برای مدت زمان طولانی در جمعیت ناقل باقی بماند. در این موارد، مقاومت در برابر حشره کش های جدید به دلیل استفاده قبلی از سایر حشره کش ها از گذشته به ارث می رسد. چنین شرایطی: الف) درک اینکه حشره کش ها بر روی کدام اهداف عمل می کنند و ب) شناسایی دقیق مکانیسم های مقاومتی که در یک جمعیت ناقل ظاهر می شود، اهمیت زیادی پیدا می کند.

۶.۱ نیاز به نگرانی در مورد بروز مقاومت

اگرچه هیچ راه حل کوتاه مدت معجزه آسایی برای مشکلات مقاومت ناقلین به حشره‌کش ها وجود ندارد، اما برای مدیران برنامه مهم است که موضوعات مقاومت را بهتر بشناسند و شیوه های خوب کنترل شیمیایی ناقل را ترویج نمایند. حشره کش های بهداشتی باید به گونه ای استفاده شوند که ایمن، موثر و مقرون به صرفه باشند، ضمن آنکه مسئله مقاومت به حشره‌کش باید مد نظر باشد. این یکی از شرایطی است که برنامه های کنترل ناقلین باید آن را برآورده کنند تا برنامه مؤثر و پایدار باشد. رابطه بین مقاومت ناقلین و استفاده از حشره‌کش های کشاورزی قبلاً اشاره شده است. کاملاً واضح است که همکاری نزدیک تری بین متخصصین مقاومت به حشره‌کش ها در بخش کشاورزی و بهداشت ضروری است. به همین ترتیب، سازمان های بهداشتی می توانند به طور قطع از تجربیات گسترده حاصل شده توسط بخش کشاورزی در ترویج اصول مدیریت تلفیقی آفات و همچنین تهیه و انتشار دستورالعمل های ساده و عملی برای مدیریت مقاومت در برابر حشره کش ها بهره مند شوند.

۷.۱ مخاطبان و اهداف این کتاب راهنما

مخاطبان این راهنما در درجه اول کارشناسان بهداشت، مدیران و سیاست گذاران برنامه‌های مبارزه با پشه ها و دیگر ناقلین بیماریها هستند. اطلاع رسانی صحیح به این مخاطبین، در مورد موضوعات مقاومت در برابر حشره‌کش ها، باعث تقویت درک آن ها از ضرورت

جلوگیری از بروز مقاومت خواهد شد، و آگاهی آنان را از لزوم اتخاذ و اجرای رویکردهای مبارزه تلفیقی با ناقلین افزایش می دهد. در عین حال، سازمان های بین المللی مانند سازمان جهانی بهداشت و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و همچنین موسسات دانشگاهی، با همکاری سازمان های کشاورزی دولتی و تجاری و تولید کنندگان و توزیع کنندگان حشره کش ها باید منابع را برای توسعه بیشتر و ترویج اصول مدیریت تلفیقی ناقلین، که شامل مدیریت مقاومت است، بسیج کنند. تمرکز اصلی این تلاش ها باید در انتشار و تبادل اطلاعات، تدوین مواد آموزشی، آموزش و ظرفیت سازی باشد.

اهداف این کتاب راهنما عبارتند از:

- ارائه اطلاعات پایه در مورد مکانیسم های مقاومت؛
- درک بهتر از عواملی که ممکن است منجر به ظهور مقاومت در ناقلین شود؛ و
- ارائه اصول اولیه برای جلوگیری ازبروز مقاومت.

۲. مقاومت چیست و چگونه بروز می نماید؟

۱.۲تعریف عملی مقاومت

تعاریف زیادی در مورد مقاومت در برابر حشره کش ها وجود دارد - با این حال تعریفی که توسط کمیته عملیاتی مقاومت به حشره کش ها[۴] ترویج می شود احتمالا مرتبط ترین آن‌ها به مدیریت تلفیقی ناقلین است. این کمیته مقاومت را به عنوان انتخاب ویژگی وراثتی در جمعیت حشره تعریف می کند که منجر به شکست مکرر یک حشره‌کش، برای احراز سطح کنترل مورد نظر، علی رغم استفاده از محصول مطابق توصیه برچسب می شود. بر اساس این تعریف، تغییر در سطح حساسیت ناقل در مطالعات آزمایشگاهی لزوماً مقاومت تلقی نمی‌شود مگر آنکه این اختلاف منجر به تغییر در عملکرد میدانی حشره کش شود.

علاوه بر استفاده از چنین تعریف عملی، لازم است هنگام در نظر گرفتن مقاومت و مدیریت آن نیز بدانیم که مقاومت مفهومی است که برای جمعیت هایی اعمال می شود که تا حدودی از بقیه گونه ناقل مورد نظر جدا باشند. به علاوه، مقاومت یک واژه نسبی است که نسبت به جامعه نرمال حساس تعریف می شود. مقاومت به این معنی نیست که کنترل جمعیت مقاوم و یا جلوگیری از انتقال بیماری غیرممکن است، و یا کنترل کل گونه غیر ممکن بشود. بنابراین یک گزارش واحد از مقاومت در برابر حشره کش به این معنی نیست که این ترکیب دیگر در همان منطقه و یا در مناطق دیگر دنیا مفید نیست. این نکته آخر مشابه وضعیت غرب آفریقا است که در آن، با وجود فرکانس بسیار بالای یک نوع خاص از مقاومت در برابر پیرتروئیدها در بین پشه ها، هنوز هم می توان با استفاده از پشه بند های آغشته به پیرتروئیدها از انتقال مالاریا جلوگیری کرد.

۲.۲ مکانیسم های مقاومت

مکانیسم های مختلفی که حشرات را قادر می سازد در برابر عمل حشره کش ها مقاومت کنند، را می توان به چهار دسته مجزا تقسیم نمود:

۱.۲.۲ مقاومت متابولیک

مقاومت متابولیک رایج ترین مکانیسم مقاومت در حشرات است. این مکانیسم مبتنی بر سیستم های آنزیمی است که همه حشرات برای کمک به سم زدایی مواد خارجی طبیعی از آن‌ها استفاده می کنند. سه دسته از آنزیم ها به طور معمول این عملکرد را انجام می دهند: استرازها ، مونواکسیژنازها و گلوتاتیون-اس- ترانسفرازها[۵]. این سیستم های آنزیمی اغلب در سویه های حشرات مقاوم تقویت می شوند و آنها را قادر می سازند تا قبل از اینکه حشره کش بتواند اثر سمی خود را ایجاد کند آنها را شکسته یا تجزیه کنند. یکی از متداول ترین مکانیسم های مقاومت متابولیک، افزایش سطح یا فعالیت آنزیم هایی استراز، است که موجب هیدرولیز کردن پیوندهای استر یا مهار حشره کشها می شوند. تقریباً کلیه سویه های کولکس کوینکو فاسیاتوس[۶] مقاوم در برابر طیف گسترده ای از حشره کشهای ارگانوفسفات دارای چندین نسخه از یک ژن برای استرازها هستند، که آنها را قادر می سازد تا بیش از حد از این نوع آنزیم تولید کنند. در مقابل، گونه هایی ازآنوفل های مقاوم در برابر مالاتیون، با سطوح غیر افزایش یافته از یک فرم متفاوت استراز یافت شده‌اند که بطور مشخص باعث تجزیه مالاتیون با سرعت بسیار سریع تر از نمونه های طبیعی می شوند. بنابراین مقاومت متابولیک می تواند از مقاومت های خاص به یک ترکیب تا مقاومت عمومی به طیف وسیعی از ترکیب ها متغیر باشد و بر طیف گسترده ای از ترکیبات تأثیر بگذارد. همچنین، سطح مقاومت می‌تواند از کم تا بسیار زیاد و از ترکیبی به ترکیب دیگر متغیر باشد. مکانیسم های مقاومت متابولیک در جمعیت ناقلین برای کلیه کلاسهای اصلی حشره کشها از جمله ارگانوفسفاتها، کارباماتها، پیرتروئیدها و ددت مشخص شده است (شکل شماره ۱)

---

۴ Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)

۵ Esterases, Monooxygenases and Glutathione-S-transferases

۶ *Culex quinquefasciatus*

۲.۲.۲ مقاومت محل اثر

دومین مکانیسم متداول مقاومت در حشرات، مقاومت محل اثر[۷] است. حشره کش ها به طور معمول بر یک سایت خاص در حشرات اثر می کنند. این نقطه معمولا درون سیستم عصبی است (در مورد حشره کشهای ارگانوفسفات، کاربامات و پیرتروئید). این نقطه در گونه های مقاوم به شکلی تغییر می یابد که حشره کش دیگر نمی‌تواند بطور مؤثر به آن متصل شود و در نتیجه این حشرات تحت تأثیر حشره‌کش قرار نگرفته و یا نسبت به حشرات حساس کمتر تحت تأثیر قرار می گیرند. به عنوان مثال، نقطه اثر حشره کشهای ارگانوفسفات و کاربامات آنزیم استیل کولین استراز (AChE) در سیناپس های سلول های عصبی است. تاکنون چندین شکل جهش یافته از AChE (همچنین به آن MACE، استیل کولین استراز تغییر یافته نیز گفته می شود) مشخص شده اند که منجر به کاهش حساسیت به مهار توسط این حشره کش ها می‌شود . مقاومت در برابر ارگانوفسفات ها در کولکس پی پینز به طور معمول از این مکانیسم نتیجه می شود. به طور مشابه، یک جهش (معروف به *kdr*) در توالی اسید آمینه در کانالهای سدیم وابسته به ولتاژ سلولهای عصبی منجر به کاهش حساسیت کانالها به اتصال ددت و حشره کشهای پیرتروئید می شود. به عنوان مثال مقاومت در برابر پیرتروئیدهای ایجاد شده به وسیله جهش های kdr در آنوفل گامبیه در غرب، مرکز و شرق آفریقا ایجاد شده است.

۳.۲.۲ کاهش نفوذ

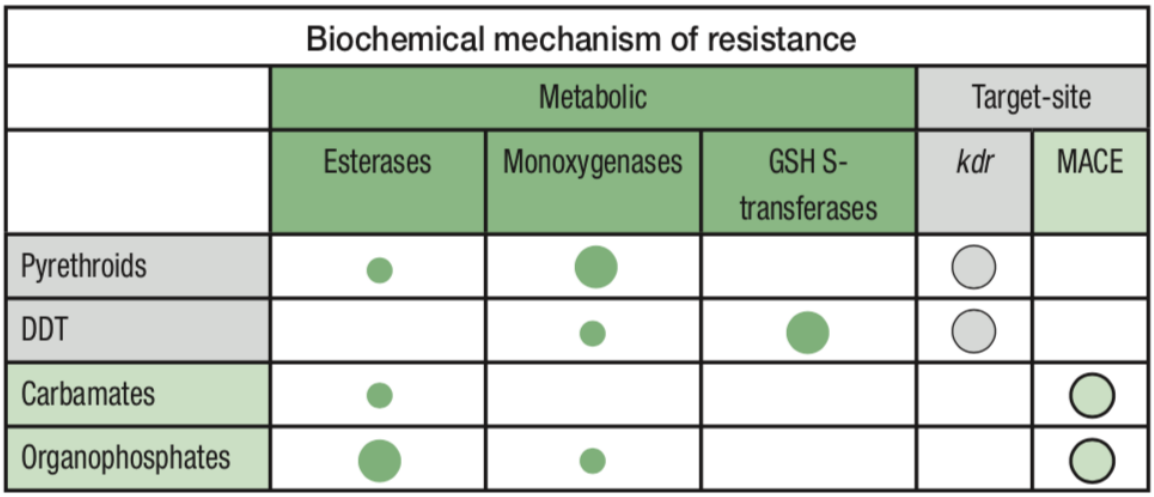
در برخی از انواع حشرات مقاوم تغییراتی در کوتیکول و یا پوشش دستگاه گوارش حشره بوجود می‌آید که مانع و یا باعث کند شدن جذب یا نفوذ حشره کش ها می‌شود. این مکانیسم مقاومت می تواند طیف گسترده ای از حشره کش ها را تحت تأثیر قرار دهد. مکانیسم های کاهش نفوذ در مگس خانگی شناسایی شده اند ولی در هیچ یک از حشرات ناقل دیگر دیده نشده است. این مکانیسم مقاومت یک عامل کمک کننده به حساب می‌آید و به تنهایی یک مکانیسم قدرتمند در نظر گرفته نمی شود.

۴.۲.۲ مقاومت رفتاری

مقاومت رفتاری هرگونه تغییر در رفتار حشرات را توصیف می کند که به جلوگیری از اثرات کشنده حشره کش ها کمک می کند. مقاومت پشه ها به حشره کش همیشه مبتنی بر مکانیسم های بیوشیمیایی مانند سم زدایی متابولیک یا جهش محل اثر نیست، بلکه ممکن است با تغییرات رفتاری و در پاسخ به برنامه های طولانی مدت سمپاشی حشره‌کش ها باشد. اهمیت مقاومت رفتاری به اندازه مقاومت فیزیولوژیک نیست اما ممکن است یک عامل مؤثر در نظر گرفته شود که منجر به جلوگیری از دوز کشنده یک حشره کش شود. یک پاسخ رفتاری، وابسته یا مستقل از یک محرک است. اگر پشه ها از محل سمپاشی شده به دلیل احساس وجود حشره‌کش پرهیز کنند، یک تغییر رفتاری وابسته به محرک است، در حالی که اشغال انتخابی و پایدار یک منطقه سمپاشی نشده می تواند پاسخ مستقل از یک محرک تلقی شود.

---

۷ Target-site resistance



شکل ۱. مکانیسمهای مهم بیوشیمیایی مقاومت در برابر کلاسهای اصلی حشره کشها در پشه های بالغ (اندازه نقطه تأثیر نسبی مکانیسم بر مقاومت را نشان می دهد)

۳.۲ مقاومت متقاطع

مقاومت متقاطع هنگامی اتفاق می افتد که یک مکانیسم مقاومت، که به حشرات امکان می‌دهد تا نسبت به یک حشره‌کش مقاوم باشند، در مقابل سایر ترکیبات همان کلاس هم مقاوم بوده و ممکن است به کلاس های شیمیایی دیگر نیز (بسته به مکانیسم) مقاومت نشان دهد. پدیده مقاومت متقاطع در جمعیتهای ناقل نسبتاً شایع است. به عنوان مثال، حشره کش های ددت و پیرتروئید از نظر شیمیایی بی ارتباط هستند اما هر دو بر محل اثر یکسان (کانال سدیم) اثر می کنند. استفاده گذشته از ددت منجر به بروز مقاومت در چندین گونه از حشرات در برابر ددت توسط جهش *Kdr* در محل اثر شده است. در جائیکه این جهش ها در جمعیت حفظ شده است، حشرات علاوه بر ددت نسبت به همه پیرتروئیدها نیز مقاوم می شوند. همچنین اگر مقاومت ناشی از تغییر در AChE باشد، مقاومت متقاطع می تواند بین حشره کش های اورگانوفسفات و کاربامات اتفاق بیفتد (شکل ۱)

۴.۲ مقاومت چندگانه

مقاومت چندگانه یک پدیده شایع است و هنگامی رخ می دهد که چندین مکانیسم مقاومت مختلف به طور همزمان در حشرات مقاوم وجود داشته باشد. مکانیسم های مختلف مقاومت ممکن است موجب ایجاد مقاومت در برابر کلاس های مختلف حشره کشها شوند. همچنین در طول زمان بطور معمول با تغییر فرآیندهای انتخاب، سهم مکانیسم های مختلف مقاومت تغییر می کند.

۵.۲ پایه ژنتیک مقاومت

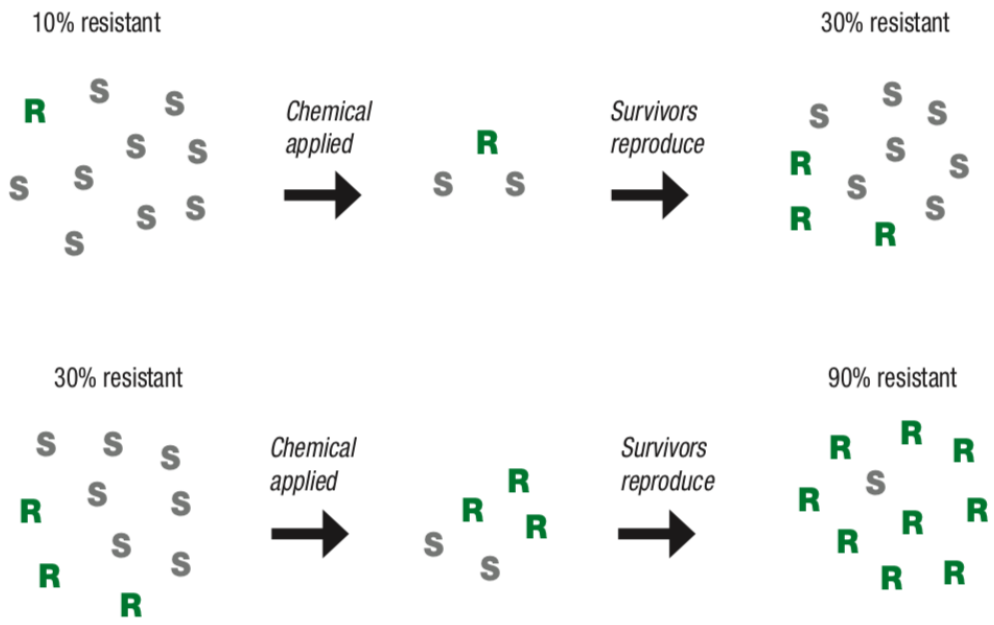
استفاده از حشره کشها به خودی خود مقاومت ایجاد نمی کند. مقاومت در شرایطی رخ می دهد که جهش های ژنتیکی که به طور طبیعی اتفاق می افتند موجب مقاومت و زنده ماندن تعداد کمی از جمعیت (به طور معمول حدود ۱ در ۱۰۰۰۰۰ فرد) شود. اگر این مزیت با استفاده مداوم از همان حشره کش حفظ شود، حشرات مقاوم تولید مثل می کنند و تغییرات ژنتیکی که باعث مقاومت می شود از والدین به فرزندان منتقل می شود، تا در نهایت تعداد آنها در جمعیت زیاد شود. این فرآیند "انتخاب" همان روشی است که باعث سایر تحولات تکاملی می شود. اگر ژن ارائه دهنده مقاومت بسیار نادر یا در فرکانس پایین باشد، این روند طولانی تر خواهد بود. مقاومت نباید با تحمل اشتباه گرفته شود، که می تواند پس از قرار گرفتن در معرض دوز های زیر کشنده حشره کش رخ دهد، و به فرزندان منتقل نشود.

ژن مقاومت می تواند از غالب تا نیمه غالب تا مغلوب باشد. اگر غالب یا نیمه غالب باشد، فقط یکی از والدین باید صفت را داشته باشند که بطور کامل یا جزئی در فرزندان بیان شود. اگر ژن مغلوب باشد، هر دو والدین باید این ویژگی را داشته باشند. خوشبختانه اکثر مکانیسم های مقاومت (به عنوان مثال ***kdr***) توسط ژن های مغلوب یا نیمه غالب کنترل می شوند که این امر احتمال مدیریت جمعیت های مقاوم را افزایش می دهد. اگر مقاومت از نظر ژنتیکی غالب باشد، می تواند به سرعت در بین جمعیت برقرار شود و مدیریت آن دشوار است (شکل ۲).

۱.۵.۲ هزینه سازش

جمعیت حشراتی که هرگز در معرض حشره کش ها قرار نگرفته اند معمولاً کاملاً حساس و ژن های مقاومت در آن جمعیت بسیار نادر هستند. این معمولاً به دلیل "هزینه سازش" است، بدین معنی که حشرات دارای ژن مقاومت فاقد بعضی از سایر خصوصیات و یا کیفیت هستند که به حشرات حساس در شرایط عدم وجود حشره‌کش مزیت می‌بخشند. تفاوت در تعداد فرزندان، طول عمر یا توانمندی کلی، اغلب در حشرات مقاوم قابل اندازه گیری است. شواهد آزمایشگاهی و میدانی خوبی وجود دارد که نشان می دهد عدم وجود فشار انتخاب (به شکل سمپاشی حشره کش) در بیشتر موارد علیه مقاومت عمل می کند. اگر فشار انتخاب حشره کش حفظ نشود، کلنی های مقاوم آزمایشگاهی اغلب به حساسیت باز می گردند. به همین ترتیب هنگامی که مقاومت در شرایط میدانی انتخاب شد، اغلب با تغییر رژیم سمپاشی حشره کش ها، حساسیت به سرعت بر می گردد. نمونه خوبی از این اتفاق در آنوفل ارابینسیس در سودان رخ داده است، جایی که مقاومت اختصاصی به حشره کش مالاتیون در اوایل دهه ۱۹۸۰ از طریق سمپاشی منازل برای مبارزه با مالاریا انتخاب شد. بروز مقاومت باعث شد تا حشره‌کش فنیتروتیون جایگزین و حساسیت به مالاتیون به سرعت در طی چند سال بعد، برگردد.

این بازگشت به حساسیت است که فرض اساسی در پشت هر استراتژی موثر مدیریت مقاومت به حشره‌کش ها است. با این حال، نرخ برگشت به طور بالقوه متغیر است و ممکن است بسیار کند باشد، به ویژه هنگامی که سال ها از یک حشره کش استفاده بشود. اگر هزینه سازش برای مقاومت وجود نداشته باشد، دلیلی وجود ندارد که ژنهای مقاومت در جمعیت از بین بروند و حساسیت کامل باز گردد. به عنوان مثال، از ددت برای کنترل مالاریا در طی یک دوره ۲۰ ساله تا دهه ۱۹۶۰ در سریلانکا برای کنترل آنوفل کولیسیفاسیس و آنوفل سوبپیکتوس استفاده شد. در اوایل دهه ۱۹۷۰ با ممنوع کردن استقاده از ددت، این حشره‌کش با مالاتیون در سریلانکا جایگزین شد. پایش منظم متعاقب آن نشان داده است که مقاومت به ددت بسیار آهسته به سمت حساسیت برگشته است. حدود ۸۰٪ از جمعیت پشه بالغ در دهه ۱۹۷۰ در مقایسه با حدود ۵۰٪ در دهه ۱۹۹۰ مقاوم بودند. این نرخ برگشت به وضوح برای ایجاد هرگونه استراتژی مؤثر برای مدیریت مقاومت در مورد بازگرداندن ددت بسیارکند است.



شکل ۲. **سناریوی ممکن برای بروز مقاومت**

۶.۲ عوامل اصلی تأثیرگذار بر بروز مقاومت

۱.۶.۲ دفعات سمپاشی

یکی ازمهمترین عوامل تأثیر گذار بر بروز مقاومت آنست که هر چند وقت یکبار از یک حشره کش یا روش کنترل استفاده می شود. با هر بار استفاده، مزیتی به حشرات مقاوم در بین جمعیت داده می شود. سرعت افزایش مقاومت در یک جمعیت، در صورت وجود هزینه کمتر سازش، سریعتر خواهد بود.

۲.۶.۲ مقدار مصرف و ماندگاری اثر

مدت اثر یا ماندگاری یک حشره کش تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی شیمیایی حشره کش، نوع فرمولاسیون و میزان کاربرد آن است. محصولاتی که تأثیر ماندگار را ایجاد می کنند، همانند سمپاشی های متعدد، فشار مداوم انتخاب را فراهم می آورند. به عنوان مثال، اثر ابقایی یک مه پاشی بر علیه پشه ها برای مدت زمان بسیار کوتاهی است و انتخاب افراد مقاوم بر علیه یک نسل انجام می‌پذیرد. حال آنکه در سمپاشی ابقایی اماکن و یا با کاربرد پشه بندهای آغشته به سم اثر ابقایی برای ماه ها و یا سال‌ها باقی می‌ماند و انتخاب روی نسل های مختلف یک جمعیت صورت می پذیرد. بنابراین مهم است که همیشه توصیه های سازمان جهانی بهداشت و یا تولید کننده حشره کش را رعایت نموده و از دوز کامل توصیه شده آنها استفاده شود.

۳.۶.۲ میزان تولید مثل

سرعت بروز مقاومت در حشراتی که چرخه زندگی آنان کوتاه و میزان تولید مثل زیادی دارند به احتمال زیاد نسبت به گونه هایی که میزان تولید مثل کمتری دارند بیشتر می باشد، زیرا نسل ها و حشرات بیشتری ممکن است به سرعت در معرض حشره کش قرارگیرند. پشه ها، با یک چرخه زندگی نسبتاً کوتاه و باروری زیاد (ماده ها چند صد تخم در طول عمر تولید مثل خود می گذارند) دارای سابقه مقاومت به حشره کش ها هستند. در مقابل، مگس های تسه تسه به طور معمول به حشره کش ها مقاوم نمی‌شوند زیرا دارای چرخه عمر طولانی تر و تولید مثل نسبتاً کم (ماده ها در کل کمتر از ۱۰ لارو تولید می کنند) هستند.

۴.۶.۲ جدایی جمعیت

در مبارزه با ناقلین بیماری ها هدف اغلب از بین بردن تمام و یا بیشتر جمعیت ناقل است، اما هرچه فشار انتخاب به یک جمعیت بیشتر وارد شود، مقاومت سریعتر بروز می نماید. مهاجرت افراد واجد آلل های حساس به حشره کش، از مناطق سمپاشی نشده به مناطق سمپاشی شده، باعث رقیق شدن و رقابت با افراد با آلل های مقاوم می گردد. بنابراین، قدم اولیه در برنامه های کنترل ناقلین باید شناسایی منبع ناقلین و برآورد اهمیت مهاجرت حشرات از مناطق سمپاشی نشده باشد. به عنوان مثال، جزیره ای که کل منطقه آن مورد سمپاشی قرار می گیرد، در معرض خطربسیار زیاد بروز مقاومت می باشد. آگاهی و هماهنگی با سایر برنامه های کنترل ناقلین و با فعالیت های کشاورزی جهت در نظر گرفتن تأثیر کل این عملیات بر روی جمعیت ناقل هدف ضروری است.

۳- رویکردهای مختلف مدیریت مقاومت

۱.۳ رویکردهای مدیریت مقاومت

با استفاده از روشهای مبتنی بر حشره کش، همراه با سایر روشهای کنترل غیر شیمیایی ناقل (مدیریت تلفیقی ناقلین و آفات؛ به فصل های ۵,۲ و ۱۰,۳ نیز توجه کنید)، می توان مقاومت را مدیریت نمود. در عمل، بسیاری از برنامه های کنترل تلفیقی تحت شرایط آزمایشی به خوبی کار می کنند، اما وقتی در مقیاس وسیعتر در برنامه های کنترل بلند مدت قرار می گیرند، عملیاتی نمی شوند. از نظر عملیاتی، ساده ترین شکل مدیریت مقاومت به احتمال زیاد مبتنی بر حشره کش است و این می تواند اشکال مختلفی به خود بگیرد.

۱.۱.۳ چرخش

استراتژی های چرخش مبتنی بر چرخش دو کلاس، یا ترجیحاً کلاس های بیشتر حشره کش، با مکانیزم های مختلف اثر در طول زمان است. فرض این رویکرد بر آن است که اگر مقاومت در برابر هر یک از حشره کشها نادر باشد، مقاومت چندگانه بسیار نادر خواهد بود. از این رو، با استفاده از کلاس دوم حشره کش هرگونه مقاومت در برابر حشره کش اول کاهش می یابد. دوره زمانی برای چرخش باید به اندازه کافی کوتاه باشد تا مقاومت در صورت ایجاد، دوباره به سرعت برگردد. اگرچه در اکثر برنامه های کنترل بیماری‌های ناقل زاد چرخش سالانه حشره‌کش ها عملی است، اما چرخش چندین کلاس از حشره کش ها (با مکانیزم های مختلف اثر) در یک فصل رشد در بسیاری از سیستم های کشت زراعی انجام می شود.

۲.۱.۳ مخلوط

استفاده از مخلوط آنتی بیوتیک ها برای جلوگیری از ایجاد مقاومت رایج است. یک بار دیگر، فرض بر آن است که اگر مقاومت در برابر هر دو ترکیب حشره کش در یک مخلوط نادر باشد، مقاومت چندگانه در برابر هر دو بسیار نادر خواهد بود. البته بعید به نظر میرسد که این رویکرد، در صورتیکه مقاومت به یکی از حشره‌کش های بکاررفته در این مخلوط در سطح قابل تشخیص باشد، موفق گردد. مخلوط کردن سموم، درمخزن سمپاش، یک روش ساده برای مدیریت مقاومت است که می تواند مزایای دیگری از لحاظ افزایش طیف فعالیت، به ویژه در سیستم های کشاورزی، داشته باشد. با این حال، برای آنکه استراتژی مخلوط در عمل به خوبی کار کند، باید هر دو حشره کش در حداکثر دوز عملیاتی مجازخود بکار رفته، و اثر و ماندگاری آن دو باید کم و بیش مشابه باشد. مخلوط کردن سموم در مخزن سمپاش به ندرت در برنامه های کنترل ناقلین به دلیل هزینه، ایمنی و تعداد محدودی از ترکیبات توصیه شده، بکار رفته است. با این حال، این نباید مانع تحقیقات بیشتر در مورد استفاده از مخلوط ها به عنوان ابزاری برای مدیریت مقاومت در جمعیت ناقلین در آینده شود.

۳.۱.۳ موزائیک در مقیاس کوچک

سمپاشی حشره‌کش های مختلف، بر علیه یک حشره، در مکان های مجزا از هم، یک رویکرد "موزائیک" برای مدیریت مقاومت است. برای مثال، با استفاده از دو حشره کش در خانه های مختلف در یک روستا می توان روش موزائیک در مقیاس کوچک را در برنامه های کنترل ناقل عملی نمود. این امر پتانسیل تماس حشرات یک نسل را با هر دو حشره کش فراهم می آورد و میزان انتخاب مقاومت را در جمعیت کاهش می دهد - مشروط بر اینکه مقاومت چند گانه در جمعیت ناقل بسیار نادر باشد. اگر از چنین روش موزائیک در مقیاس کوچک استفاده شود، ثبت دقیق که در هر خانه از کدام حشره کش استفاده شده است، ضروری است. در حال حاضر تحقیقات در حال بررسی آغشته کردن پشه بند با دو حشره کش با مکانیزم های اثر متفاوت است. این روش همانند اثر سمپاشی منازل با ترکیبات مختلف است ولی در یک مقیاس کوچک تر.

2.3 مدیریت مقاومت و نحوه اثر

به منظور تدوین و اجرای موفقیت آمیز مدیریت مقاومت (چرخش ،اختلاط، موزائیک)، آگاهی از نحوه اثر و یا کلاس شیمیایی محصولات حشره کش موجود ضروری است. اگرچه قوانین به طور کلی الزام به درج نام شیمیایی خاص و رایج در برچسب های محصول دارند، اما کلاس شیمیایی و نحوه اثر معمولاً ارائه نمی شود. به طور معمول این اطلاعات در بولتن های فنی تجاری ارائه می شوند. یک روش برای تعیین نحوه اثر، جستجوی نام شیمیایی در طبقه بندی نحوه اثر متعلق به کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش (IRAC MOA) است که می توانید در وب سایت (www.irac-online.org) پیدا کنید. جزئیات بیشتر در بخش ۳.۳ در زیر آورده شده است.

اگرچه ترکیبات موجود در کلاس شیمیایی مشابه (مانند کارباماتها، ارگانوفسفات ها یا پیرتروئیدها) نحوه اثر یکسان دارند ولی ممکن است محصولات تجاری مختلفی در یک کلاس شیمیایی واحد وجود داشته باشد. برای مثال تمام پیرتروئیدها دارای نحوه اثر مشابه هستند و چرخش یک پیرتروئید با پیرتروئیدی دیگر جمعیت را با یک نحوه اثر واحد مواجه می نماید و این عمل هیچ ارزشی در مدیریت مقاومت ندارد. در حقیقت، انتخاب مقاومت افزایش می یابد. از لحاظ تئوری، چرخش با محصولات داخل یک کلاس شیمیایی یا با نحوه اثر واحد می تواند در شرایطی اتفاق بیفتد که یک ترکیب واحد تحت تأثیر مکانیسم مقاومت سایر اعضا آن کلاس قرار نگیرد. ولی این شرایط رایج نیست و نیاز به درک دقیق مکانیسم های مقاومت دارد. بنابراین تقریباً همیشه بهتر است بدون توجه به مکانیسم مقاومت، نسبت به چرخش حشره کشها با نحوه اثر متفاوت مبادرت کرد.

حشره کش ها در هر دو مرحله لارو و بالغ بر علیه تعدادی از دوبالان ناقل و مهم بهداشتی بکار میروند. در جایی که این روش معمول است، باید یک سیستم چرخشی ایجاد شود تا از مواجهه هر دو مرحله زندگی با حشره‌کش هایی با نحوه اثر مشابه جلوگیری شود.

۳.۳ سیستم طبقه بندی نحوه اثر ـ کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش

کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش اخیراً با چندین سازمان دولتی همکاری کرده است تا بتواند یک سیستم جامع طبقه بندی نحوه اثر حشره‌کش ها را (در جدول ۱ نشان داده شده است و در وب سایت IRAC در آدرس: www.irac-online.org در دسترس است) با هدف نهایی ارائه چنین اطلاعاتی بر روی برچسب تمام محصولات ارائه دهد. این سیستم، نحوه های اثر شناخته شده کنونی کلیه حشره‌کش ها را (مشخص شده توسط یک عدد منحصر به فرد) به همراه کلاس های شیمیایی مورد استفاده و نمونه هایی از محصولات موجود در هر کلاس را نشان می دهد. بنابراین با جستجوی نام شیمیایی ترکیب می توان نحوه اثر آن را مشخص کرد (این کار به راحتی با استفاده از ابزاری به نام eClassification در وب سایت IRAC قابل انجام است). ممکن است زیر گروههای شیمیایی (تعیین شده توسط یک حرف) وجود داشته باشند که دارای نحوه اثر یکسان هستند اما از نظر شیمیایی متفاو تند و بنابراین به احتمال زیاد منجر به مقاومت متقاطع نمی شوند. به عنوان مثال ، اورگانوفسفات (1A) و کاربامات ها (1B) نحوه اثر یکسان دارند، اما همیشه مقاومت متقاطع بین دو گروه وجود ندارد، به خصوص هنگامی که مقاومت متابولیکی درگیر است. در شرایط خاص محصولات 1A و 1B می توانند به صورت چرخشی بکار برده شوند (بر خلاف محصولات در همان کلاس که نمی توانند). اگر چرخش بین کلاس ها امکان پذیر نباشد، به جای ادامه استفاده از همان ماده شیمیایی، چرخش زیر کلاس ها ترجیح داده می شوند.

۱.۳.۳ توضیح برچسب IRAC برحسب نحوه اثر

پیشنهاد می شود که برچسب محصول، حداقل گروه شیمیایی و نوع ماده را، همان‌گونه که در مثال ذیل آمده نشان دهد - شرکت ها می توانند جزئیات بیشتر اضافه کنند.

گروه شیمیایی	1A	حشره کش

برای مقاصد مدیریت مقاومت ، هر محصول حشره کش (X) به یک گروه شیمیایی تعلق می گیرد (به عنوان مثال اورگانوفسفات). تعداد مشخصی از حشرات ممکن است حاوی افرادی باشند که به طور طبیعی در برابر X مقاوم هستند (و سایر حشره کش های گروه اورگانوفسفات) و در صورت استفاده مکرر از چنین حشره کش ها، این افراد به نوع غالب تبدیل می شوند. سرانجام ممکن است این

حشرات مقاوم توسط X (یا هر نوع حشره‌کش اورگانوفسفات) کنترل نشوند و برای توصیه های مدیریت محلی مقاومت باید با کارشناسان محلی و توزیع کنندگان تجاری مشورت شود. اگرچه طرح طبقه بندی نشان داده شده در جدول ۱ مبتنی بر نحوه اثر است، اما همانطور که در فصل ۲ بیان شده است، مقاومت در حشرات و هیره ها، به ترتیب، در برابر حشره کش ها و کنه کشها، همچنین می تواند ناشی از افزایش متابولیسم، کاهش نفوذ و یا تغییرات رفتاری باشد. این‌ها به طبقه بندی محل اثر مربوط نمی‌شوند بلکه مخصوص یک کلاس شیمیایی و گاهی یک ماده شیمیایی خاص است. با وجود این، چرخش ترکیبات از کلاسهای مختلف شیمیایی یک روش مدیریتی مناسب برای به تأخیر انداختن مقاومت در برابر حشره کش ها است:

- از استفاده مکرر از حشره کش های یک زیر گروه شیمیایی خودداری کنید.
- سایر روشهای کنترل (شیمیایی، بیولوژیکی) را در برنامه های کنترل حشرات ادغام کنید.

۴.۳ خلاصه مطالب

- مدیریت موفقیت آمیز مقاومت به کاهش فشار انتخابی که توسط یک نحوه اثر و یا ماده شیمیایی خاص روی جمعیت اعمال می شود، بستگی دارد.

- فشار انتخاب می تواند از طریق استراتژی های متعددی نظیر چرخش، استفاده از مخلوط های حشره کش ها و کاربردهای موزائیک کاهش یابد.

- روش طبقه بندی IRAC یک راهنمای به روز و دقیق است که می تواند در تدوین دستورالعمل های مدیریت مقاومت استفاده شود.

جدول ۱: **طبقه بندی نحوه اثر IRAC برای ماده فعال مورد استفاده در کنترل ناقلین**

Primary target site of action	Group	Subgroup	Chemical subgroup	Examples
Acetylcholinesterase inhibitors	1	A	carbamates	bendiocarb, propoxur
		B	organophosphates[2]	fenitrothion, pirimiphos-methyl, malathion, temephos
GABA-gated chloride channel antagonists	2	B	fiproles	fipronil
Sodium channel modulators	3	B	DDT, pyrethroids and pyrethrins	allethrin, bifenthrin, lambda-cyhalothrin, alpha-cypermethrin, deltamethrin, cyfluthrin, permethrin, etofenprox, phenothrin, transfluthrin
Nicotinic acetylcholine receptor agonists	5		spinosyns	spinosad
Juvenile hormone mimics	7	A	juvenile hormone analogues	methoprene, hydroprene
		C	pyriproxyfen	pyriproxyfen
Microbial disrupters of insect midgut membranes	11	A1	*Bacillus thuringiensis var. israelensis*	
		A2	*Bacillus sphaericus*	
Inhibitors of chitin biosynthesis	15		benzoylureas	diflubenzuron, triflumuron, novaluron

توجه:

۱.شامل لاروکش و حشره‌کش بالغین. این طبقه بندی سالانه ویرایش و به روز می شود تا محصولات جدید را شامل شود. لطفاً برای لیست کامل نحوه اثر، به www.irac-online.org مراجعه کنید.

۲. همه ترکیبات موجود در اورگانوفسفات ها مقاومت متقاطع ندارند. مکانیسم های مختلف مقاومت که به محل مورد هدف مرتبط نیستند، مانند متابولیسم تقویت شده برای اورگانوفسفات ها معمول است (شکل ۱). بعضی از این مکانیسم های مقاومت متابولیک گاهی برای یک زیر گروه خاص یا ترکیبات خاص درون اورگانوفسفات ها اختصاص دارند. در نتیجه مثال های اثبات شده ای از مدیریت موفقیت آمیز مقاومت در برابر یک ترکیب خاص یا زیر گروه خاص از ترکیبات اورگانوفسفات با استفاده از ترکیبات اورگانوفسفات از زیر گروه های متفاوت وجود دارد.

۴. مبانی مدیریت مقاومت

۱.۴ دروس آموخته شده از کشاورزی

اساسی ترین درس آموخته شده در مورد مقاومت در کشاورزی و بهداشت، لزوم مدیریت دقیق فشار انتخاب است که توسط حشره کش روی حشره اعمال می شود. مقاومت در شرایطی بوجود می آید که جمعیت حشرات در معرض فشار بالای انتخاب، ناشی از مواجهه بیش از حد یک حشره کش خاص یا کلاس شیمیایی حشره کش قرار بگیرند. بیشتر زارعین انتخاب خود را از حشره کش ها بر اساس دلایل دیگری غیر از نگرانی های مربوط به مدیریت مقاومت عنوان می کنند. تصمیمات معمولاً براساس منافع اقتصادی (کوتاه مدت) است، در حالی که ایمنی کارگران، سهولت در استفاده، عرضه و نگرانی در مورد تأثیرات زیست محیطی نیز می تواند بر انتخاب محصول تأثیر بگذارد. نتیجه نهایی استفاده از چنین معیارهایی اغلب مشابه استفاده از یک محصول واحد یا کلاس شیمیایی است که بطور مداوم و به طور غیر پایدار مورد استفاده قرار می گیرد. هنگامی که مقاومت در برابر ترکیب ایجاد می شود، هزینه یا مزایای مرتبط با انتخاب یک محصول جایگزین ممکن است برای کشاورز بسیار کمتر جذاب باشد. تقریباً همیشه رویکردهای پایدار برای کنترل آفات در طولانی مدت مقرون به صرفه تر است، اگرچه ممکن است در کوتاه مدت کمی گرانتر به نظر برسند. پیشگیری بهتر از درمان است و بهتر است برای به حداقل رساندن بروز مقاومت یک استراتژی داشت و نه اینکه آن را به شانس سپرد.

عوامل زیادی در سرعتی که مقاومت ایجاد می شود نقش دارند:

- حشرات دارای چندین نسل در سال و ظرفیت تولید مثل بالا، خطر بیشتری را نسبت به آنهایی که تولید تک نسل در سال دارند، نشان می دهند.

- شیمی حشره کش، نوع فرمولاسیون و الگوی استفاده از آن نیز بر میزان بروز مقاومت تأثیر می گذارند. به عنوان مثال، مقاومت به طور کلی با سرعت بیشتری نسبت به حشره کشهایی که پایداری بیشتری دارند یا نیاز به کاربرد مکرر دارند، نسبت به حشره کشهایی که پایدار نیستند و به ندرت بکار می روند، بروز می نماید.

تاریخچه مقاومت یک گونه حشره نیز نشانگر خوبی از پتانسیل بروز مشکلات مقاومت در آینده است. تاریخ نشان می دهد که شته ها، مگس های سفید و کنه ها ظرفیت بالاتری برای بروز مقاومت نسبت به سایر گروه های حشرات دارند. مشخصا آنها در هر فصل، نسل های بسیاری دارند، از ظرفیت باروری بالایی برخوردار هستند، میزبان هایشان اغلب محدود بوده، در بسیاری ازموقعیت های کشاورزی بصورت جمعیت های محلی رشد نموده و شانس اختلاط ژنتیکی در آن‌ها کم است. در بهداشت، پشه ها و مگس ها دارای ویژگی های مشابهی با این آفات کشاورزی هستند و قادر به ایجاد مقاومت در برابر محصولات و کلاس های متداول حشره کش هستند.

۲.۴ تاکتیک های مدیریت مقاومت

۱.۲.۴ تاکتیکهای قبل از عملیات

تجزیه و تحلیل خطر را برای تعیین خطر مقاومت آفت می توان انجام داد. این تجزیه و تحلیل باید براساس عوامل مختلفی از جمله نحوه اثر حشره کش، خصوصیات شیمیایی محصول و فرمولاسیون آن، سابقه مقاومت در آفت هدف، زیست شناسی آفت و الگوی استفاده پیشنهادی حشره کش انجام شود. براساس نتیجه این آنالیز و میزان محافظه کاری در تفسیر آن، می توان یک استراتژی مدیریتی مناسب برای حشره‌کش تدوین کرد. اگر ارزیابی نشان می دهد که احتمال بروز مقاومت در آفت زیاد است، بهتر است یک برنامه مدیریتی طراحی شود که شامل روشهای مختلف کنترل شیمیایی و غیر شیمیایی باشد. تأکید بر این نکته مهم است که برنامه های مدیریت مقاومت در صورت اجرا، قبل از بروز مقاومت، و یا هنگامی که فرکانس ژن مقاومت هنوز بسیار کم است، موثرتر هستند.

۲.۲.۴ پایش خط مبدأ

در جائیکه احتمال وقوع مقاومت وجود دارد، خوب است که بین آفت و حشره‌کش و در مراحل اولیه، به ویژه قبل از استفاده از یک حشره کش با نحوه اثر و یا شیمی جدید، رابطه دوز-پاسخ تعریف شود. سازمان جهانی بهداشت برای ایجاد یک خط مبدأ تست زیست سنجی (bioassay) را توسعه داده است و این باید به عنوان یک مرجع برای پایش های آینده مورد استفاده قرار گیرد. پس از برقراری خط مبدأ، باید عملکرد میدانی حشره‌کش با پایش منظم بررسی شود. در صورت بروز هرگونه تغییر در عملکرد، باید آزمایشاتی انجام شود و نتیجه آن با داده های پایه مقایسه شود تا تأیید شود که مسئله مقاومت است و سایر عوامل در نتیجه مشاهده شده تأثیر نداشته اند. پس از تأیید مقاومت، باید تاکتیکی تدوین شود تا فشار انتخاب ناشی از آن حشره کش (یا خانواده حشره کشها) کم و یا بطور کلی برداشته شود. این ویژگی اصلی یک استراتژی مدیریت است (برای حصول موفقیت، بهتر است که تاکتیک‌هایی که پس از شناسایی مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرند قبل از بروز مشکل پیاده شوند).

۳.۲.۴ اقدامات تکمیلی

استراتژی مدیریت مقاومت شامل اقدامات مکمل یا "اصلاحی" است. اقدام اصلاحی، هر فعالیت عملی است که شانس بروز مقاومت را کاهش دهد. اینها می توانند مبتنی بر اقدامات شیمیایی، مانند تغییر در الگوی استفاده باشد (به عنوان مثال محدود کردن تعداد سمپاشی ها در هر فصل یا گردش حشره‌کش با حشره کشی با نحوه اثر متفاوت) و یا اقدامات غیر شیمیایی مانند مدیریت محیط زیست (به عنوان مثال، حذف مکان های تولید پشه و یا حفظ مناطق سمپاشی نشده).

۳.۴ اجرا

اطلاع رسانی و آموزش احتمالاً مهمترین عوامل در اجرای موفقیت آمیز برنامه مدیریت مقاومت هستند. برای تأثیرگذاری و اطلاع رسانی در این تصمیم، اطلاعات باید در دسترس افرادی باشد که حشره کش را انتخاب می کنند، تا آگاهانه تصمیم بگیرند. طرح های مدیریتی موفق در سیستم های کشاورزی اختصاصا آن‌هایی بوده‌اند که دارای زیر ساخت های موثر برای انتشار اطلاعات داشته اند. در مدیریت ناقلین، سازمان جهانی بهداشت، سازمانهای دولتی و تولید کنندگان آفت کش ها باید بتوانند پشتیبانی فنی، آموزش و اطلاعات را از طریق کارگاه ها، جلسات و نشریات ارائه دهند تا اطمینان حاصل شود که اپراتورها و مقامات محلی به طور کامل اصول و عملکرد مدیریت مقاومت را در رابطه با حشرات ناقل درک می کنند. شبکه ای از پرسنل آموزش دیده از شرکت های تولید کننده آفت کش ها نیز باید بتواند در مورد استفاده صحیح از حشره کش مشاوره حرفه ای ارائه دهد و برنامه های مدیریت مقاومت را تعریف کند. تولید کنندگان حشره کشها باید از وجود برچسب های محصول به زبان های محلی اطمینان حاصل کنند و صرف نظر از روش کاربرد یا الگوی استفاده، واضح و ساده است. به همین ترتیب، ادبیات حاوی اطلاعات فنی در مورد مدیریت مقاومت، همراه با نمونه هایی از برنامه های سمپاشی، نیز باید از طرف تولید کنندگان در دسترس باشد.

۴.۴ پایش عملکرد حشره کش

این مرحله شامل تعدادی عناصر است:

- پیگیری اثربخشی در کارآزمایی های استفاده تجاری.

- پیگیری گزارش در مورد عملکرد ضعیف و یا شکست در عملیات میدانی، هنگامی که سایر عواملی که ممکن است باعث عدم موفقیت و یا کاهش اثربخشی حشره کش شوند حذف شده است (به فصل ۷ مراجعه کنید)، مقاومت باید به عنوان یک دلیل احتمالی مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان مثال، در مورد پشه ها، باید با استفاده از همان روش های توصیه شده سازمان جهانی بهداشت، پشه ها جمع آوری و سطح حساسیت پایه آن‌ها تعیین شود.

- در مناطقی که احتمال بروز مقاومت ناقلین در آنها زیاد است ممکن است با استفاده از غلظت های تشخیصی، برخی پایش

های انتخابی در طول فصل انجام پذیرد (به فصل ۶ مراجعه کنید).

- گزارش دهی: کلیه موارد مقاومت تأیید شده در این زمینه باید مستند، نقشه برداری شده و در اختیار مقامات محلی و سازمان جهانی بهداشت قرار گیرد.

۵.۴ در صورت یافتن مقاومت چه باید کرد

سیر عملی که باید انجام شود به شرایط بستگی دارد. در صورت لزوم می توان تغییراتی را در استراتژی مدیریت مقاومت ایجاد کرد و ممکن است شامل محدودیت های بیشتر در تناوب استفاده، چرخش با حشره کشهای مختلف و یا محدودیت استفاده از حشره کش برای حفظ اثربخشی وکاهش سطح مقاومت باشد. این امر ممکن است استفاده مجدد از محصول در آینده را امکان پذیر نماید. به طور کلی، اقدامات زیر باید در نظر گرفته شود:

- از حشره کشها بصورت بهینه و ترجیحا در یک سیستم مدیریت تلفیقی آفات استفاده کنید.
- در صورت مشاهده مقاومت، داده ها را با آزمایش های بعدی تأیید کرده و سمپاشی نامناسب و یا سایر دلایل عدم موفقیت سمپاشی را رد کنید.
- سطح منطقه مشکل را تعیین کنید. این امر البته برای کنترل ناقلین ممکن است به دلایل زیادی مشکل باشد.
- سازمان جهانی بهداشت و مقامات منطقه ای را مطلع کنید.
- به تولید کننده حشره کش اطلاع دهید.
- علت اصلی مقاومت را مشخص کنید.
- یک برنامه چاره ساز با همکاری مقامات ملی، سازمان جهانی بهداشت و تولید کننده تهیه کنید.

در سیستم های کشت کشاورزی، منبع فشار انتخاب بر روی حشرات معمولا مشخص است. ولی در مورد کنترل ناقلین این مسئله بسیار پیچیده تر است، زیرا منشاء فشار انتخاب نه تنها از حشره‌کشی است که برای مبارزه با بیماری به کار رفته است بلکه ممکن است از حشره‌کش هایی که در کشاورزی و یا برای کنترل آفات خانگی به کار رفته نیز باشد. درک مناسب از رفتار ناقل برای تعیین نسبی نقش آفت کش بهداشتی و کشاورزی در این امر لازم است. به عنوان مثال، در سریلانکا، آنوفل کولیسیفاسیس (پشه درون زی، مزارع برنج زیستگاه لارویش نیست) تحت تأثیر حشره‌کش هایی که در مزارع برنج استفاده می‌شود نیست، حال آنکه مقاومت در آنوفل سوبپیکتوس و آنوفل نیجریموس (بترتیب درون زی و برون زی، زیستگاه لاروی در مزارع برنج) عمدتا تحت تأثیر آفت کش های کشاورزی است. در یک چنین سناریو ای مدیریت مقاومت در آنوفل کولیسیفاسیس میتواند عمدتا در بخش بهداشت انجام شود ولی مدیریت مقاومت دو گونه دیگر نیاز به همکاری مشترک دو بخش بهداشت و کشاورزی دارد.

۶.۴ مدیریت موفقیت آمیز مقاومت در بخش کشاورزی

یکی از نمونه های موفق مدیریت مقاومت را می توان در مناطق عمده رشد پنبه در استرالیا یافت. با گذشت سالها، کرم پنبه، *Helicoverpa armigera*، به بسیاری از حشره کش ها مقاومت پیدا کرد. یک برنامه تحقیقاتی فشرده منجر به شناسایی عوامل ایجاد مقاومت، و تدوین اصول مدیریتی شد که هر ساله توسط ادارات محلی کشاورزی مورد بازبینی و به روزرسانی قرار می گیرند.

توصیه های اصلی استراتژی مدیریت مقاومت در برابر حشره کش ها [۸] در زیر نشان داده شده است، و شامل و اصلاحات شیمیایی و هم غیر شیمیایی است:

- شخم زدن بقایای پنبه و سایرگیاهان میزبان بلافاصله پس از برداشت محصول برای از بین بردن شفیره های زمستان گذران.
- استفاده از آستانه های توصیه شده برای کنترل لارو برای به حداقل رساندن استفاده از آفت کش ها و کاهش فشار انتخاب مقاومت.
- اجتناب از کاربرد حشره‌کش های با اثر طیف گسترده نظیر اورگانوفسفات و پیرتروییدها در اوایل فصل به منظور حفظ جمعیت بندپایان مفید .
- چرخش گروه های شیمیایی، به منظور جلوگیری از استفاده مداوم از یک نوع خاص. از حداکثر تعداد قابل قبول دفعات سمپاشی در هر فصل، همانطور که در نمودار شماره ۱ استراتژی مدیریت مقاومت پنبه ذکر شده است پرهیز کنید.
- شکست عملیات سمپاشی را با کاربرد حشره‌کشی با همان نحوه اثر جبران نکنید مگر اینکه این شکست به وضوح ناشی از عواملی مانند کاربرد نامناسب یا زمان بندی و غیره حشره کش باشد.
- محدودیتهای استفاده ازحشره کش ها در محصولات غیر از پنبه به منظور مدیریت مقاومت را رعایت کنید.

دستورالعمل های مدیریت مقاومت که توسط IRAC تهیه شده است نیز در نظر دارد پایه های فنی کاملی را برای برنامه های مدیریت محلی مقاومت و مدیریت تلفیقی آفات فراهم کند. مثال خوبی از این، راهنماهایی است که برای مدیریت مقاومت در کنه های عنکبوتی در میوه تهیه شده است، که اکنون در برنامه های منطقه ای مدیریت تلفیقی آفات در اروپا به کار می رود. این دستورالعملها به دلایل مختلفی بر چرخش حشره کش بنا شده اند، از جمله هزینه و الزام مخلوط کردن حشره کشها با اثربخشی و ماندگاری برابر - عاملی که معمولاً استفاده از مخلوط ها را به عنوان ابزاری برای مدیریت مقاومت رد میکند.
گروه بندی ترکیبات مختلف بدون مقاومت متقاطع پس از جستجوی گسترده اسناد علمی، مشاوره با کارشناسان مستقل و ترکیب تجربیات شرکتهای دارای نماینده در IRAC پیشنهاد شدند. اصلاحات بعدی به دنبال یک برنامه تحقیقاتی تحت حمایت IRAC در دانشگاه کرنل آمریکا و پس از به بازار آمدن محصولات کنه کش مهارکننده انتقال الکترون در میتوکندری (METI) انجام شد.

اصول راهنمایی مورد استفاده در رابطه با گروه بندی حشره کشها عبارتند از:

- بیش از یک ترکیب از هر گروه، نباید در همان فصل در همان محصول استفاده شود.
- از هر ترکیب فقط در هر فصل باید یک بار در هر محصول استفاده شود. اگرچه ممکن است از مخلوط های کنه کش، از گروه های مختلف استفاده شود، اما استفاده از مخلوط حشره کشها از همان گروه توصیه نمی شود.

این اصول نسبتاً ساده از طریق خدمات مشاوره، نشریات حشره کشها و برچسب آنها بطور مؤثر اطلاع رسانی شده و در تعدادی از مناطق تولید میوه در اروپا به اجرا درآمد.

۷.۴ خلاصه مطالب

- جلوگیری از مقاومت بهتر از درمان آن است.
- استراتژی های مدیریت مقاومت باید قبل از شروع برنامه های کنترل تدوین شوند.
- سمپاشی گونه هدف با دوز "صحیح" انجام پذیرد.
- از هر دو روش شیمیایی و غیر شیمیایی برای کنترل استفاده کنید.
- در صورت بروز مقاومت، اقدامات فوری برای مهار آن و کاهش فشار انتخاب ایجاد شده توسط حشره کش انجام دهید.

۵. اقتصاد مدیریت مقاومت

۱.۵ اقتصاد کوتاه مدت

انتخاب مقرون به صرفه ترین راه حل کنترل ناقل، یک فرآیند ساده نیست، حتی اگر مدیریت مقاومت مورد توجه اصلی نباشد. هزینه حشره کش ها اغلب، صرف نظر از تاکتیک اتخاذ شده کنترل، بیشترین هزینه مربوط به یک برنامه کنترل ناقل را در برمیگیرد. به همین دلیل، ملاحظات حاکم بر انتخاب حشره کش بیشتر اقتصادی است تا بیولوژیکی.

دامنه گسترده قیمت حشره کشهای مختلف به این فرآیند کمک نمی کند. به عنوان مثال، برخی از حشره کشهای کاربامات می توانند تا ۱۵ برابر گرانتر از ددت، به ازای هر کیلوگرم باشند. با این حال، محاسبات هزینه باید عوامل بیشتری را، تا صرفاً هزینه هر کیلوگرم فرمولاسیون حشره کش، در نظر بگیرد. به عنوان مثال برای محاسبه نیاز حشره کش های یک برنامه سمپاشی ابقایی اماکن داخلی، لازم است میزان کاربرد، اندازه خانه، تعداد خانه ها، غلظت فرمولاسیون، پایداری اثر و دفعات سمپاشی های مورد نیاز در نظر گرفته شود. هزینه های کوتاه مدت با بهینه سازی استراتژی انتخاب حشره کش و کنترل، با استفاده از درک دقیق از موقعیت محلی، با توجه به اپیدمیولوژی بیماری، زیست شناسی و وفور ناقل، رفتار حشره کش روی سطوح محلی و از همه مهمتر وضعیت مقاومت جمعیت ناقل به حداقل می رسد.

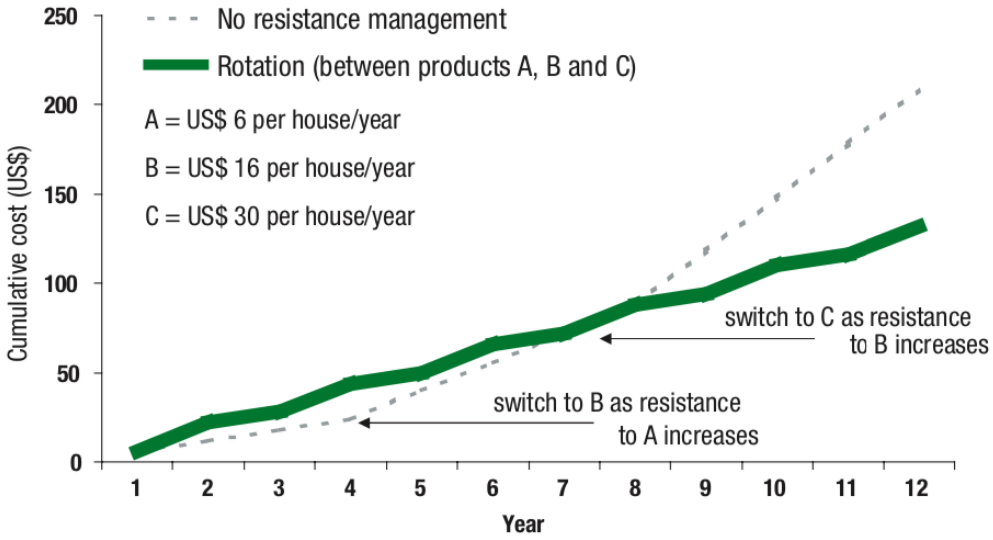
با این وجود واقعیت باقی‌مانده آن است که هزینه یکی از مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب حشره کش است، به ویژه هنگامی که تصمیمات در جایی اتخاذ شود که ارزیابی تصدی و عمل‌کرد مسولین (و چرخه برنامه ریزی و بودجه) نسبتاً کوتاه مدت باشد. مزایای آینده‌نگر حفظ حساسیت جمعیت ناقل به دلیل ملاحظات فوری بودجه و تدارکاتی پیش روی مدیران برنامه های کنترل ناقل، به آسانی آشکار نمی شود. در شرایطی که عواقب انتخاب حشره کشهای نامناسب بعید است که ظرف چند سال آشکار شود، رویکرد طولانی مدت در تصمیم گیری برای افزایش شانس موفقیت ضروری است.

۲.۵ اقتصاد اتخاذ استراتژی مدیریت مقاومت

برای مؤثر بودن، برنامه های مدیریت مقاومت باید منجر به کاهش استفاده حداقل یک ترکیب در کوتاه مدت شوند. بسته به شرایط و برنامه مدیریتی، تخمین زده شده است که با نصف کردن تعداد کاربردهای یک ترکیب یا شیمی معین (به عنوان مثال با کاهش منطقه تحت سمپاشی به نصف یا با نصف کردن تعداد دفعات سمپاشی در هر فصل)، عمر موثر آن ترکیب حداقل دو برابر خواهد شد. بدیهی است که این امر مستلزم استفاده از ترکیبات جایگزین، احتمالاً پرهزینه تر، برای حفظ سطح مورد نیاز کنترل حشرات است.

هرگونه مزیت بالقوه مالی کوتاه مدت ناشی از تکیه بر یک ترکیب یا شیمی واحد، به ناچار هنگامی که مقاومت الزام به جایگزین کردن با ترکیبات مقاومت شکن پر هزینه تر می کند، ازبین می رود. این چرخه تا زمانی که تمام مواد شیمیایی مؤثر موجود از دست بروند ادامه خواهد یافت. اگرچه استراتژی چرخش ممکن است هزینه های فوری بالاتری داشته باشد، زیرا ترکیب های پرهزینه تر در مرحله اولیه در برنامه ادغام می شوند، چنین استراتژی برای مدت طولانی تری پایدار خواهد بود. هزینه های بلند مدت در نهایت پایین تر از زمانی است که هیچ استراتژی مدیریت مقاومت اتخاذ نمی شود، اثربخشی ترکیبات حفظ می شود و از پیامدهای گسترده مالی کنترل های مکرر ناموفق جلوگیری می شود. در واقع، هزینه هر حشره کش مورد استفاده علیه حشرات حساس امروز باید افزایش یابد تا هزینه های مرتبط با شکست آتی ناشی از مقاومت را در بر بگیرد. مقایسه هزینه های برنامه با یا بدون مدیریت مقاومت در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۳. **هزینه های برنامه فرضی با مدیریت مقاومت یا بدون آن**



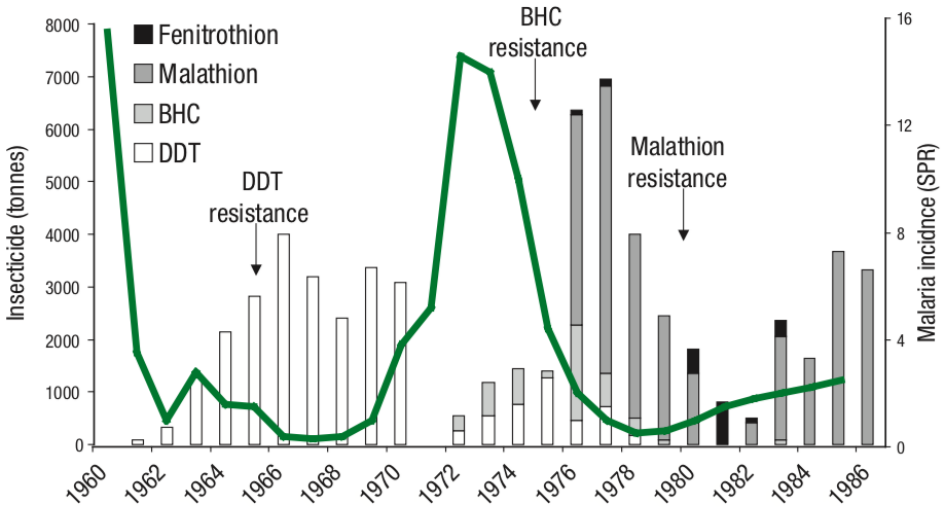
۳.۵ اقتصاد عدم موفقیت در مدیریت مقاومت

یکی از دلایل اصلی اجرای مدیریت مقاومت این است که مقاومت در برابر حشره کشها باعث کاهش کارآیی کنترل حشرات می شود. پیامدهای اقتصادی عدم رسیدگی به این امر در بخش کشاورزی به آسانی مشاهده می شود، جایی که ارزش تجاری مواد غذایی محاسبات هزینه و فواید سرمایه گذاری را نسبتاً ساده می نماید. عواقب کاهش بازده یا افزایش هزینه های ناشی از عدم کنترل مؤثر حشرات مقاوم، فوری و آشکار است.

این امر به خوبی نشانگر عدم موفقیت صنعت پنبه در منطقه دره رود اردی استرالیا در افزایش مقاومت به ددت در *Helicoverpa armigera* در دهه ۱۹۷۰ است. در طی یک دوره ۴ ساله هزینه برنامه های حشره کشی برای کنترل این آفت بیش از ۳ برابر افزایش یافت. در نتیجه، تولید پنبه از نظر اقتصادی قابل دوام نبود و رها شد. جالب اینجاست که فروپاشی صنعت و اثرات مخرب بر اقتصاد محلی متعاقباً تأثیر عمده ای در اجرای موفقیت آمیز برنامه های مدیریت مقاومت در برابر پیرتروئیدها در صنعت پنبه استرالیا در دهه ۱۹۸۰ شد - این برنامه ها به میزان قابل توجهی در گسترش صنعت در این دوره زمانی کمک نمود.

همزمان با تجربه استرالیا، وضعیت کاملاً متفاوتی در صنعت پنبه تایلند به وجود آمد. برنامه ای برای کنترل مقاومت در برابر پیرتروئیدها در *Helicoverpa armigera* به طور مؤثر اجرا نشد و تولید کنندگان مجبور شدند تولید پنبه را در زمانی که بازار با افزایش تقاضا روبرو بود رها نموده و صنعت پنبه کشور سقوط نماید. رویدادهای مشابه دیگر در مکزیک و تگزاس ایالات متحده رخ داده است.

شرایط مشابهی در بهداشت نیز رخ داده است. به عنوان مثال ددت بصورت چشمگیری در کنترل انتقال مالاریا توسط آنوفل استیفنسی در پاکستان در اوایل دهه ۱۹۶۰ موفق بود. اگرچه مقاومت در طی ۵ سال مشاهده شد، استفاده تنها از این محصول ادامه یافت و در نتیجه کشور شاهد افزایش ۵ برابر انتقال مالاریا در طی ۵ سال آینده (شکل ۴) شد. به همین ترتیب، بازخیز مالاریا را در هند، در دهه ۱۹۷۰ را نیز می توان به مقاومت حشره کش در ناقلین نسبت داد.



شکل ۴. **انواع و مقادیر حشره کش ها که سالانه برای کنترل ناقل مالاریا در پاکستان استفاده می شود**

عواقب اقتصادی عدم کنترل مؤثر حشرات ناقل بیماری به آشکاری عواقب اقتصادی در بخش کشاورزی نیست و ممکن است این عواقب بسیار شدیدتر باشد. بیماریهای منتقله توسط حشرات می توانند هم در سطح شخصی (داروها) و هم در خدمات عمومی (خدمات بالینی) و همچنین هزینه های غیرمستقیم از نظر ضرر تولید، تحصیلات از دست رفته، غیبت و غیره، بار اقتصادی غیر مستقیمی داشته باشند. هرچند تعیین میزان این ضررها نسبت به ضررهای محسوس (مانند کاهش بازده در کشاورزی) سخت تر است ولی باید در هنگام بررسی اقتصاد مدیریت مقاومت ناقل مورد توجه قرار گیرد.

۴.۵ عواقب طولانی مدت عدم پرداختن به مقاومت

رویکردهای واکنشی برای مدیریت مقاومت متأسفانه به ویژه در برنامه های کنترل ناقلین متداول هستند (شکل ۳ را ببینید). چنین رویکردهایی در سالهای اولیه حشره کش های شیمیایی امکان پذیر بود، اما اکنون دیگر پایدار نیستند و در نهایت می توانند به عدم وجود کامل حشره کشهای مؤثر منجر شوند. حشره کش های مؤثر باید به عنوان یک منبع اقتصادی با ارزش و تجدید ناپذیر در نظر گرفته شوند که باید حفظ شوند - همانطور که حساسیت به حشره‌کش ها باید حفظ شود.

حشره کش های جدید، با نحوه های اثر لازم برای کنترل جمعیت های مقاوم در برابر ناقلین، در چشم انداز نیستند. اگرچه حشره کش ها با شیوه های جدید اثر اخیراً در بازارهای کشاورزی معرفی شده اند، اما به نظر می رسد تعداد کمی از این ترکیبات جدید خاصیت بیولوژیکی یا فیزیکی مورد نیاز مه پاشی، سمپاشی ابقایی اماکن و یا آغشته کردن پشه بند را داشته باشند. علاوه بر این، افزایش هزینه های مرتبط با دستیابی و ثبت حشره کش های جدید بدان معنی است که محصولات به طور کلی و قبل ار آنکه پتانسیل آن‌ها برای بهداشت مورد توجه قرار گیرد وارد بازارهای سودآورتر کشاورزی می شوند.

۵.۵ خلاصه مطالب

- حساسیت حشرات و حشره‌کش های مؤثر، هر دو منابع با ارزش اقتصادی و تجدید ناپذیر هستند که باید حفظ شوند.
- هزینه های آتی از دست دادن حساسیت حشرات باید در هنگام انتخاب محصولات مورد نظر قرار گیرند.
- عدم موفقیت در مدیریت مقاومت، پیامدهای مالی کاملاً مستند در هر دو بخش کشاورزی و ناقلین دارد.
- مدیریت موفقیت آمیز مقاومت بستگی به رویکردهای بلند مدت برای برنامه ریزی و بودجه دارد.

۶. پایش و تشخیص مقاومت برای کنترل پشه

۱.۶ اهداف پایش

پایش کردن سطح مقاومت ابزاری اساسی برای گرفتن تصمیمی است که می توان قبل از اینکه کنترل حشرات ناموفق شود و خطر انتقال بیماری افزایش یابد، حشره کش و کلاس آن را به نفع دیگری تغییر داد.
تغییر استراتژی ممکن است نه تنها یک تغییر حشره کش، بلکه تغییر از مبارزه با بالغ به لارو کشی و یا اجرای سایر استراتژی ها باشد.
پایش همچنین باید ارزیابی مقاومت متقاطع را شامل شود زیرا تغییر از یک حشره کش نا موفق به حشره کش دیگری که با حشره کش اولیه مقاومت متقاطع دارد اتلاف وقت و هزینه است.
پایش مقاومت به حشره کش در برنامه های کنترل ناقل دارای سه هدف مهم است:

- تهیه خط مبدأ قبل از شروع یک برنامه کنترل، و برای برنامه ریزی و انتخاب حشره‌کش.
- مقاومت را در مراحل اولیه تشخیص دهید تا بتوان مدیریت مقاومت را اجرا نمود. اگر مقاومت دیر و هنگامی تشخیص داده شود که کنترل ناموفق بوده است، در آن صورت فقط صورت مسئله تعریف شده نه یک استراتژی برای مدیریت.
- پایش سطح مقاومت در طول زمان و مقایسه داده ها با داده های پایه قبل از مداخله، اثرات عملیات کنترل بر مقاومت را مشخص می نماید.

مشکل اصلی مرتبط با بروز مقاومت عدم موفقیت در کنترل حشرات ناقل و بنابراین عدم پیشگیری از انتقال بیماری است. پایش امکان تغییر استراتژی را فراهم می کند، اما در بعضی موارد مانند پشه بندهای آغشته به حشره کش، گزینه جایگزین وجود ندارد. خوشبختانه نشان داده شده است که با وجود فراوانی بالای پشه های مقاوم به پیرتروئید، هنوز هم میتوان با استفاده از این پشه بندها بطور مؤثر از انتقال مالاریا پیشگیری نمود .

در حالی که پایش و ارزیابی دقیق از سطح حساسیت جمعیت ناقل برای هر برنامه اساسی است، دلایل متعددی غیر از مقاومت وجود دارد که باعث شکست برنامه کنترل شود. در بسیاری از موارد روش نامناسب سمپاشی، سمپاشی کمتر از دوز لازم، سمپاشی در زمان نامناسب روز (مه پاشی) می توانند باعث عدم موفقیت کنترل شوند. این موارد باید ابتدا از بین بروند.

مقاومت می تواند بسیار موضعی باشد، بنابراین قبل از اینکه واکنش شدیدی نسبت به کشف مقاومت ایجاد شود، ابتدا توزیع آن باید مشخص شود. پایش و کشف مقاومت دارای ارزش اندکی است مگر اینکه یک استراتژی مدیریتی تعریف شده باشد و یک برنامه عملیاتی برای واکنش به آن تدوین شده باشد.

۲.۶ روش‌های پایش

۱.۲.۶ کیت سازمان جهانی بهداشت - پشه های بالغ

اساس این آزمایش در معرض قرار دادن پشه ها برای مدت معین در یک لوله پلاستیکی مخصوص که سطح درونیش با کاغذ صافی آغشته به غلظت استاندارد حشره کش پوشیده شده است. میزان دوز روی کاغذ (غلظت تشخیصی) ۲ برابر دوز کشنده (برای جلوگیری از گزارش های نادرست مقاومت در عرصه هنگامیکه چنین مقاومتی وجود ندارد) مورد نیاز برای از بین بردن ۱۰۰٪ از پشه های ماده حساس است. این کیت یک روش تست ساده برای استفاده دارد که در آزمایشگاه و یا عرصه برای تشخیص مقاومت در پشه های بالغ

استفاده می شود.
کیت وکاغذهای آغشته با دستورالعمل کامل در مورد استفاده از آنها را می توان به راحتی خریداری کرد. جزئیات عرضه کننده را می توان روی سایت سازمان جهانی بهداشت[۹] یافت.

طیف وسیعی از کاغذ های آغشته شده در دسترس است و میزان دوز تشخیصی باید حداقل ۹۸ درصد مرگ و میر را در یک جمعیت حساس به همراه داشته باشد. پشه های بالغ مورد استفاده باید ترجیحا ۲ تا ۵ روز سن داشته و نسل اول بدست آمده از لاروهای جمع آوری شده از عرصه باشند، و یا بعنوان آخرین انتخاب پشه هایی که مستقیماً از عرصه جمع آوری شده باشند. استفاده از پشه های نسل اول از لاروهای جمع آوری شده از عرصه بهتر است زیرا واریانس مرتبط با وضعیت فیزیولوژیک آن ها (سن، وضعیت تغذیه خون یا مرحله چرخه گونوتروفیک) را از بین می برد.

پشه ها به مدت ۱ ساعت[۱۰] در معرض کاغذ آغشته قرار می گیرند و سپس به لوله های نگهداری منتقل شده و تعداد مرده ها پس از ۲۴ ساعت بررسی می شود. کاغذ های استاندارد نتایجی را ارائه می دهند، که به شرح زیر تفسیر می شوند[۱۰]:

- بیش از ۹۸ در صد مرده=حساس
- مرگ و میر بیش از ۸۰٪ و کمتر از ۹۸٪=مشکوک به مقاومت ولی تأیید آن لازم است
- مرگ و میر کمتر از ۸۰٪=تعدادی پشه مقاوم وجود دارد

مثلا وقتی مرگ و میر کمتر از ۹۵٪ در یک تست با شرایط استاندارد و تعداد پشه بیشتر از ۱۰۰ عدد به دست آید، می توان قویا مشکوک به مقاومت شد.
توصیه می شود برای جزییات بیشتر روش های آزمایش به راهنمای سازمان جهانی بهداشت[۱۱] مراجعه شود.
برای حشره کش های جدید باید غلظت تشخیصی جدید مشخص شود. غلظت های تشخیصی توصیه شده سازمان جهانی بهداشت برای هر گروه از ناقلین (جدول ۲) به گونه ای انتخاب شده است که با مواجهه یک دوره زمانی استاندارد (معمولاً ۱ ساعت) و به دنبال آن ۲۴ ساعت نگهداری، می توان انتظار داشت که باعث ۱۰۰٪ مرگ و میر افراد حساس شود. جزئیات مربوط به تعیین غلظت تشخیصی در دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت[۱۲] آورده شده است.

۹: https://www.inreskit.usm.my

۱۰ مترجمین: توجه داشته باشید که در دستورالعمل تست پشه ها در سال ۲۰۱۶، تغییراتی در زمان تماس و زمان نگهداری و نیز تفسیر نتایج داده شده است. به عنوان نمونه زمان تماس نگهداری طولانی تر برای حشره کشهای دارای اثر کشندگی کندتر در نظر گرفته شده است. همچنین در تفسیر نتایج تست، مرگ و میر کمتر از ۹۰٪ به مفهوم مقاومت و مرگ و میر بین ۹۰ تا ۹۸٪ به معنی مقاومتی که باید تأیید شود در نظر گرفته شده است. در هر صورت چنانچه مرگ و میر بین ۹۰ تا ۹۸٪ باشد باید دو بار تست به روشهای مندرج در دستورالعمل مربوطه تکرار تا وضعیت مقاومت تعیین تکلیف شود. برای مطالعه بیشتر به رفرنس ذیل مراجعه فرمایید:
WHO, 2016. Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes, World Health Organization, Geneva

۱۱: *Test procedures for insecticide resistance* (WHO/CDS/CPC/MAL/98.12).

۱۲ *Guidelines for testing mosquito adulticides for indoor residual spraying and treatment of mosquito nets* (WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.3).

جدول ۲: **میزان دوز تشخیصی کاغذ های آغشته به حشره کش ها از سازمان جهانی بهداشت**

Class	Insecticide	Anophelines	*Aedes aegypti*	*Culex quinquefasciatus*
Organochlorines	DDT	4%	4%[a]	4%[b]
Organophosphates	Fenitrothion	1%[c]		1%[d]
	Malathion	5%	0.8%	5%
Carbamates	Bendiocarb	0.1%		
	Propoxur	0.1%	0.1%	0.1%[c]
Pyrethroids	Alpha-cypermethrin			
	Bifenthrin			
	Cyfluthrin	0.15%		
	Deltamethrin	0.05%	0.025%	
	Etofenprox	0.5%		
	Lambda-cyhalothrin	0.05%[e]	0.03%	0.025%
	Permethrin	0.75%	0.25%	0.25%

[a] half an hour exposure
[b] 4-hour exposure
[c] 2-hour exposure for *Anopheles sacharovi*
[d] 0.1% for *Anopheles sacharovi*
[e] 2-hour exposure

Control (blank) papers

Control in risella oil
Control in silicone oil
Control in olive oil

غلظت های دیگر در صورت درخواست موجود است. لازم به ذکر است که کاغذ های آغشته کیت سازمان جهانی بهداشت برای بیشتر حشره کش ها ۱ سال عمر مفید دارند. این مدت برای پیرتروییدها ۶ ماه است.

توجه: کاغذ ها نباید چندین بار مورد استفاده قرار گیرند زیرا با هربار تست حشره کش از روی سطح برداشته شده و با چند بار استفاده میزان حشره‌کش بسیار کمتر و در نتیجه مقاومت مثبت کاذب حاصل شود.

تفسیر نتایج

کیت سازمان جهانی بهداشت – پشه های بالغ

مرگ و میر ۲۴ ساعته را برای هر آزمایش بخوانید و درصدهای آن را محاسبه کنید. اگر میزان مرگ و میر در گروههای کنترل بیش از ۵٪ اما کمتر از ۲۰٪ باشد اصلاح مرگ و میر با استفاده از فرمول Abbots انجام می شود:

$$\frac{100 \times (\text{درصد مرگ و میر تست} - \text{درصد مرگ و میر شاهد})}{100 - (\text{درصد مرگ و میر شاهد})}$$

هنگامی که میزان مرگ و میر در گروه کنترل بیش از ۲۰ درصد باشد، نتایج آزمایش دور انداخته می شوند. میانگین میزان مرگ و میر در هر غلظت را در حداقل سه تکرار محاسبه کنید.

۲.۲.۶ کیت سازمان جهانی بهداشت- لاروکش ها (شیمیایی)

هدف این روش تعیین مقاومت در لارو پشه ها، بر اساس غلظت های تشخیصی که از خطوط دوز-پاسخ گونه های حساس به دست می آید است. این آزمایش ممکن است مقاومت در برابر حشره کش مورد استفاده را ارزیابی کند، اما همچنین می تواند برای تعیین وجود مقاومت متقاطع نیز مورد استفاده قرار گیرد.
جزئیات مربوط به روش آزمون را می توان در دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت[۱۳] یافت. به طور خلاصه این تکنیک نیاز به آزمایش لاروهای سن ۳ و ۴ دارد که از عرصه جمع آوری شده اند. برای شروع کار از طیف وسیعی از غلظت ها استفاده می‌شود تا سطح تقریبی مشخص شود. سپس یک محدوده کوچکتر از ۴-۵ غلظت که منجر به مرگ ۱۰٪ و ۹۵٪ در ۲۴ یا ۴۸ ساعت می شود، برای تعیین مقادیر LC50 و LC90 استفاده می شود.

کیت سازمان جهانی بهداشت

این کیت با کلیه تجهیزات مورد نیاز از قبیل پیپت، بطری، فرم گزارش و غیره همراه است.

The range of insecticides available at present are:

Malathion	781.25 mg/l	156.25 mg/l	31.25 mg/l	6.25 mg/l
Temephos	156.25 mg/l	31.25 mg/l	6.25 mg/l	1.25 mg/l
Bromophos	31.25 mg/l	6.25 mg/l	1.25 mg/l	0.25 mg/l
Fenitrothion	31.25 mg/l	6.25 mg/l	1.25 mg/l	0.25 mg/l
Fenthion	31.25 mg/l	6.25 mg/l	1.25 mg/l	0.25 mg/l
Chlopyrifos	6.25 mg/l	1.25 mg/l	0.25 mg/l	0.05 mg/l

Control: alcohol only
The test kit stock solutions available do not include pyrethroids.

کیت سازمان جهانی بهداشت -لاروکش های تنظیم کننده رشد

آزمایشاتی که با تنظیم کننده های رشد انجام می شود متفاوت است زیرا مرگ و میر ممکن است کندتر باشد یا تا مرحله شفیره اتفاق نیفتد. بنابراین میزان مرگ و میر هر روز یا هر سه روز تا زمان تکمیل ظهور حشرات بالغ ارزیابی می شود. نتیجه از نظر درصد لاروها که موفق به تبدیل به بالغ نمی‌شوند adult emergence inhibition بیان می گردد.
جزئیات مربوط به روش آزمایش را می توان دردستورالعمل سازمان جهانی بهداشت [۱۴]یافت.

Methoprene	20 mg/l	4 mg/l	0.8 mg/l	0.16 mg/l	0.032 mg/l
Diflubenzuron	20 mg/l	4 mg/l	0.8 mg/l	0.16 mg/l	0.032 mg/l

Control: alcohol only
Note that there is no stock solution for pyriproxyfen.

۱۳ *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides* (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13).

۱۴ *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides* (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13).

لاروکش های باکتریایی

لاروکش های باکتریایی مانند Bti یا Bsph ممکن است در آزمایشگاه برای تعیین مقاومت و مطابق همان روشی که برای لاروکش های شیمیایی وجود دارد آزمایش شوند، به جز تفاوتی که در تهیه محلول مادر وجود دارد.
جزئیات مربوط به روش آزمایش را می توان در راهنمای سازمان جهانی بهداشت [۱۵] مشاهده نمود.

۳.۲.۶. *سایر روش های پایش*

روشهای آزمایش مبتنی بر سنجشهای بیوشیمیایی یا مولکولی نیز هم اکنون برای پایش مقاومت در دسترس هستند. آنها چندین مزیت نسبت به بیواسی دارند: آنها می توانند مقاومت را در فرکانس بسیار کم تشخیص دهند؛ می توانند حضور افراد هتروزیگوت با ژنهای مقاومت مغلوب را نشان دهند که از طریق بیواسی تشخیص داده نمی شوند؛ و سرانجام می توان از پشه های بسیار کمتری نسبت به بیواسی استفاده نمود. این نکته آخر مورد توجه ویژه گونه هایی است که لاروها و حتی بالغ آنها معمولاً در تعداد زیادی مشاهده نمی شوند. این سنجشهای بیوشیمیایی یا مولکولی وجود مکانیسم / ژن خاص مقاومت را تشخیص داده و برای برخی قادر به شناسایی ژنوتیپها (هتروزیگوت یا هموزیگوت برای مقاومت) هستند.

این سنجش ها یک مکمل ایده آل برای بیواسی هستند، و به ویژه برای پایش بر روند فرکانس ژن مقاومت در طول زمان. با این حال، آنها جایگزین بیواسی نیستند، به ویژه هنگامی که چندین مکانیسم مقاومت در یک حشره دخیل هستند. استفاده از آنها در حال حاضر به آزمایشگاه های تحقیقاتی محدود می شود زیرا کیت های تست مقاومت با استفاده از این روش های آزمایش هنوز ساخته نشده اند. توضیحات و روش های کامل را می‌توان راهنمای سازمان جهانی بهداشت[۱۶] مشاهده کرد.

۴.۲.۶ *پشه بندها*

پشه بند شاید به بزرگترین روش مداخله برای کنترل ناقلین مالاریا در چند سال گذشته تبدیل شده اند. در حالی که فن آوری های فوق می توانند حساسیت پشه ها به حشره کش موجود در پشه بند را بررسی کنند، چندین روش آزمایش برای ارزیابی پشه بند وجود دارد، اما اینها باید به عنوان ارزیابی خود پشه بند در نظر گرفته شوند و نه به عنوان تست حساسیت. زیرا واریانس دوز واقعی حشره کش که در معرض پشه ها قرار دارند ممکن است بسیار زیاد باشد و نتایج حاصله نشانگر مقاومت نخواهد بود. باید دقت کرد که یک پشه بند با عملکرد ضعیف باعث نمی شود که بررسی کننده به طور خودکار نتایج را به عنوان مقاومت در جمعیت پشه ها تفسیر کند.

۳.۶ انتخاب سایت های پایش مقاومت

یکی از چالش های پایش مقاومت، برقرار نمودن تعداد کافی پایگاه دیده ور است که در آنها به طور مداوم جمعیت هدف در طول سال های متمادی مورد بررسی قرار گیرند. در انتخاب این محل های جمع آوری نه تنها باید به وفور گونه های هدف بلکه سهولت دستیابی به این سایت‌ها و احتمال حفظ آن ها برای چندین سال توجه شود. نقش حشره کش های کشاورزی در انتخاب مقاومت ناقلین به وضوح برای برخی از پشه های مهم ناقل مالاریا مشخص شده است. از این رو، اولویت باید، به ویژه در مورد ناقلین مالاریا، به مناطقی که حشره کش ها به شدت مورد استفاده قرار می گیرند، اعم از برای کشاورزی یا مصارف خانگی و یا هر دو، داده شود زیرا که در بسیاری از موارد، این حشره کش ها مشابه همان حشره‌کش هایی هستند که برای مبارزه با بیماریهای ناقل زاد استفاده می شوند.

---

۱۵ *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides.* *(WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13).*

۱۶ *Techniques to detect insecticide resistance mechanisms (field and laboratory manual).* (WHO/CDS/CPC/MAL/98.6).

۷- مدیریت بلند مدت یک برنامه کنترل ناقل

۱.۷ تدوین یک برنامه بلند مدت بسیار مهم است

ابزاری که ما برای کنترل ناقل در اختیار داریم محدود است و در دسترس بودن مولکولهای جدید که هیچ مقاومتی در برابر آنها وجود ندارد، در آینده نزدیک اندک خواهد بود. بنابراین هنگامی که مقاومت در برابر بیشتر حشره کش های کلیدی ایجاد شد، گزینه ها بسیار محدود می شوند. از این رو، استفاده بهینه از حشره کشها برای هر برنامه پایدار و مؤثر کنترل ناقل اساسی است.

استراتژی فعلی در اکثر کشورها استفاده از حشره کش به طور مداوم تا زمان شکست آن است. نتیجه، از دست دادن مقرون به صرفه ترین ابزار و در نتیجه برنامه های پرهزینه تر و کم اثربخش تر در آینده خواهد بود. درعوض، کشورها باید برنامه هایی را بکار گیرند که از چندین ابزار استفاده می کنند (مدیریت تلفیقی ناقلین و آفات) و از طریق هیچ مداخله واحدی فشار زیاد برای انتخاب ایجاد نکنند. علاوه بر این، فقط تعداد معدودی از کشورها مرتباً میزان حساسیت را در جمعیت ناقل پایش می کنند و از این رو مطمئن نیستند که برنامه های آنها به همان اندازه که انتظار می رود مؤثر باشند.

۲.۷ کنترل کیفیت سمپاشی ها

در بسیاری از موارد، مقاومت را به عنوان مقصر در شکست کنترل ناقل می گمارند، حال آنکه دلایل زیادی برای این شکست ممکن است وجود داشته باشد که برخی از آنها در زیر ذکر شده است:

الف) سمپاشی نامناسب

- عدم آموزش پرسنل سمپاش
- نگهداری نامناسب سمپاش
- کالیبراسیون نادرست سمپاش
- عدم رعایت توصیه های تولید کنندگان
- سمپاشی نادرست
- سمپاشی در زمان نامناسب

ب) پوشش ناکافی

- پذیرش محدود استراتژی کنترل توسط مردم (پشه بندهای آغشته به سم، مه پاشی، سمپاشی ابقایی اماکن)
- عدم دستیابی و سمپاشی کلیه مناطق زیستگاه های لاروی در برنامه‌های لاروکشی
- بررسی ناکافی برای شناسایی مناطق اصلی پرورش قبل از سمپاشی

ج) رقت و یا میزان کاربرد نادرست

- عدم رقیق سازی صحیح حشره کش، طبق توصیه های برچسب، توسط کارگران سمپاش متداول است.
- عدم سمپاشی حجم صحیح حشره‌کش در هر هکتار در مورد مه پاشی و یا حجم صحیح در هر متر مربع در مورد سمپاشی ابقایی.

د) دفعات نادرست سمپاشی

- عدم هماهنگی سمپاشی های ابقایی با فصل انتقال.
- مه پاشی با اوج فعالیت ناقل همزمان نیست.

نکات فوق را قبل از در نظر گرفتن احتمال مقاومت به حشره‌کش باید بررسی کرد. علاوه بر این، سمپاشی نامناسب، مانند سمپاشی در زیر دوز لازم، سرعت بروز مقاومت را تسریع می کند زیرا جمعیت ناقل در معرض انتخاب دوزهای زیر کشنده حشره کش ها قرار می گیرند، از این رو تمام نکات فوق در تأخیر در مقاومت بسیار مهم هستند.

۳.۷ وقتی مشکوک به مقاومت هستید چه باید کرد

سوال اول این است: "چرا مقاومت مشکوک است؟"
دلایل مختلفی وجود دارد:

- کاهش سطح حساسیت هنگام پایش تشخیص داده شد
- شکایت کاربران محلی
- میزان انتقال بیماری در حال افزایش است
- جمعیت بالای ناقلین در مناطق سمپاشی شده و شواهدی از پرورش وجود دارد

در بسیاری از موارد، شکست کنترل ممکن است به دلایل دیگری غیر از مقاومت، یا خود حشره کش باشد. بنابراین سوء ظن مقاومت باید با استفاده از سنجش های زیستی یا سنجش های بیوشیمیایی تأیید شود. بررسی منطقه باید انجام شود و پشه ها جمع آوری و آزمایش شوند. اگر مقاومت تأیید شود، بررسی باید گسترش یابد تا وسعت مشکل مشخص شود.

۴.۷ در صورت تأیید مقاومت چه باید کرد

قبل از تصمیم گیری در مورد هر اقدامی چندین نکته وجود دارد که باید در نظر گرفته شود و این موارد به شرح زیر است:

الف) مقاومت تا چه حد گسترده است؟

مقاومت می تواند بسیار موضعی باشد و بنابراین تصمیماتی که لازم نیست ممکن است زود هنگام گرفته شوند. باید بررسی ها انجام شود تا گستردگی مقاومت تعیین شود. سپس باید نقشه ای برای دیدن منطقه مشکل ترسیم شود تا مداخلات مطابق آن منطقه تدوین شوند.

ب) کدام گونه مقاوم است؟

بسیار نادر است که مقاومت در همه گونه های منطقه بروز نماید و ممکن است فقط یک گونه درگیر باشد. آیا گونه مقاوم یک ناقل مهم است؟ در غیر اینصورت ممکن است مشکلی پیش نیاید. علاوه بر این، زیر گونه ها می توانند خطرات متفاوتی در بروز مقاومت داشته باشند. این به طور واضح در هند و آفریقا مشخص شده است، که در آنجا برخی از گونه های سیبلینگ ناقل مالاریا مقاوم به پیرتروئید شده‌اند حال آنکه زیر گونه های دارای قرابت زیاد مقاوم نشده اند.

ج) میزان مقاومت و تأثیر آن بر مداخله چقدر است؟

آیا مقاومت باعث شکست کنترل می شود و اگر چنین است، اقدام فوری ضروری است؟ اگر اینگونه نباشد، ممکن است برنامه فعلی در کوتاه مدت با پایش مداوم ادامه یابد تا مشخص شود آیا سطح مقاومت افزایش می یابد، تا بتوان یک استراتژی مدیریت تدوین کرد. در بالا ذکر شد که مکانیسم های مهم مقاومت به پیرتروئیدها در ناقلین مالاریا باعث کاهش اثربخشی محافظت پشه بندهای آغشته به حشره کش نشده است. اگرچه ممکن است تغییر زودرس به حشره کش یا روش جایگزین مطلوب باشد، اما وقتی چنین جایگزینی وجود نداشته باشد یا در دسترس محلی نباشد، این کار همیشه ممکن نیست. در مورد پشه بندهای آغشته به حشره‌کش در حال حاضر به غیر از پیرتروئیدها هیچ گونه جایگزینی وجود ندارد.
بنابراین یک استراتژی جایگزین وجود ندارد. با این حال نشان داده شده است که پشه بندهای آغشته به پیرتروئیدها حتی در صورت وجود مقاومت همچنان تا حدودی باعث محافظت می شوند. اقدام ممکن در این شرایط انجام لاروکشی با یک ترکیب کاملاً متفاوت است، به عنوان مثال یک لاروکش باکتریال و یا تنظیم کننده رشد حشرات.

د) مکانیسم (های) مسئول مقاومت و سطح مقاومت گونه های هدف را مشخص کنید.

تعویض حشره کشها در همان گروه نحوه اثر هیچ فایده ای ندارد؛ حشرات هدف در بیشتر موارد مقاومت متقاطع خواهند داشت. علاوه بر این باید توجه داشت که ترکیب مورد استفاده مکانیسمی را انتخاب نکرده باشد که باعث مقاومت متقاطع به یک گروه حشره کش دیگر شود. شناسایی کلیه مکانیسم های مقاومت درگیر نشان می دهد که از کدام ترکیبات جایگزین باید استفاده شود. به شکل ۱ مراجعه کنید تا ببینید مقاومت متقاطع در بین کدام گروه‌های حشره‌کش و مکانیسم های مقاومت وجود دارد. حساسیت به این حشره کشهای جایگزین نیز باید قبل از تغییر آنها بررسی شود.

ه) منشأ مقاومت و منبع فشار حشره کش را مشخص کنید

این مهم است که بدانیم چرا مقاومت در جمعیت حشرات بوجود آمده است. ممکن است طی سالها استفاده مکرر از همان نوع حشره کش باشد و یا ممکن است این فشار انتخاب از استفاده حشره کشهای مشابه در کشاورزی در این منطقه باشد. حتی ممکن است این مقاومت در اثر استفاده زیاد از محصولات آفت کش های خانگی باشد.

مهم است که علت را شناسایی کنیم تا در استراتژی های آینده، مشکلات را در نظر گرفته، و سعی شود از استفاده از حشره کش های مشابه در کشاورزی و غیره خودداری شود.

علاوه بر این، ادارات مبارزه با ناقلین باید همکاری نزدیک با بخش کشاورزی داشته باشند تا از این گونه مشکلات جلوگیری کنند.

۸. داستانهای موفق در مدیریت مقاومت

پتانسیل مدیریت مقاومت سالهاست که مدل سازی شده است، اما تعداد محدودی داده های مبتنی برمطالعات میدانی برای اثبات هر یک از استراتژی های مختلف برای کنترل مقاومت در حشرات ناقل بیماری وجود دارد.

۱.۸ برنامه کنترل آنکوسرکیازیس در غرب آفریقا

در غرب آفریقا، برنامه کنترل آنکوسرکیازیس که توسط سازمان جهانی بهداشت اداره می شد تقریباً کاملاً مبتنی بر کنترل ناقل و از طریق لاروکشی هفتگی در رودخانه ها، برای از بین بردن لاروهای blackfly ناقل بود. لاروکشی مداوم هفتگی، حداقل برای ۱۵سال، در بیش از ۸ کشور حفظ شد و در نتیجه این عمل فشار انتخابی بسیار بالایی را بر روی جمعیت ناقل وارد نمود. این برنامه با سرعت با مشکل بسیار جدی مقاومت به لاروکش تمفوس روبرو شد (تمفوس تنها لارو کشی بود که در اوایل برنامه استفاده شد). برنامه پایش مقاومت را تقویت نمودند و یک برنامه مدیریت مقاومت بسیار کارآمد تدوین شد. در این برنامه، به جای استفاده مداوم از یک لاروکش اورگانوفسفات بصورت تنها، یک چرخش از پیش برنامه ریزی شده از حشره کشهای غیرمرتبط، با استفاده مجدد ولی برای مدت محدود از اورگانوفسفات بهمراه یک لاروکش میکروبی (*Bacillus thuringiensis israelensis*)، یک پیرتیروئید و یک حشره کش کاربامات استفاده شد. لاروکش های میکروبی و شیمیایی براساس وضعیت مقاومت و روند آن، پویایی جمعیت ناقل، تأثیر بر محیط زیست، هزینه و فاکتورهای تدارکاتی به صورت استراتژیک استفاده شدند.

این استراتژی در طی ۱۷ سال اجرای خود بسیار موفقیت آمیز بوده است: مقاومت در برابرتمفوس، تا جایی که می توانستند دوباره آن را در طرح چرخش وارد نمایند، پایین آمد، و هرگز در مناطقی که قبلاً مقاومت به آن وجود نداشت بروز ننمود. هیچ مقاومتی نسبت به سایر حشره کشهای مورد استفاده نیز ایجاد نشد. استفاده گسترده از لاروکش میکروبی Bti بدلیل داشتن و کاربرد همزمان چندین توکسین، امکان مدیریت مقاومت موفق را با استفاده از لارو کشی مداوم هفتگی، بدون تاثیر محسوس میان- و یا طولانی مدت در تعادل بیولوژیکی رودخانه های تحت سمپاشی فراهم آورد.

۲.۸ کارآزمایی آنوفل آلبیمانوس در مکزیک

۱.۲.۸ زمینه و اهداف

مدل های مدیریت مقاومت، بسته به فرضیات ارائه شده به نتایج متفاوتی می رسند، اگرچه آنها نشان دادند که با تاکتیکهای مدیریت که در این کتاب در گذشته توضیح داده شده انتخاب مقاومت کند شده است اما کاملاً متوقف نشده است.

برای بررسی مستقیم استراتژی های موزائیک و چرخشی و مقایسه نتایج آن‌ها با استفاده دراز مدت از یک حشره کش واحد در شرایط صحرایی، یک برنامه در مقیاس بزرگ برای چندین سال در مکزیک برپا شد که با حمایت کمیته عملیاتی مقاومت به حشره کش ها و تحت نظارت سازمان جهانی بهداشت به اجرا در آمد. مکزیک به عنوان منطقه مورد مطالعه صحرایی انتخاب شد زیرا آنوفل البیمانوس دارای سابقه مقاومت شدید به حشره کش ها از طریق سمپاشی گیاه پنبه در دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ بود. این منجر به انتخاب مکانیسم های مقاومت چندگانه در این ناقل شده بود. برنامه ای در سال ۱۹۹۵ برای پایش دقیق سطح مقاومت پایه به مدت یک سال و سپس چندین منطقه مشابه برای سمپاشی حشره‌کش واحد (یک پیرتروئید یا ددت)؛ چرخش سالانه ارگانوفسفات، پیرتروئید، کاربامات، پیرتیروئید، ارگانوفسفات و غیره؛ و یا استراتژی موزائیک در داخل یک روستا با سمپاشی ارگانوفسفات و یک پیرتروئید انتخاب شدند. این تحقیق اجازه میداد تا به سوالات زیر پاسخ داده شود:

- هنگامی که فشار انتخاب ددت از فعالیت‌های برنامه مبارزه برداشته شود، حساسیت به آن چقدر سریع برمی گردد؟
- هنگامی که از پیرتروئید به طور مداوم برای کنترل مالاریا استفاده می شود، مقاومت در برابر آن چقدر سریع بوجود می آید؟
- آیا میزان انتخاب مقاومت به پیرتروئید در مناطق چرخشی و موزائیک در مقایسه با مناطق استفاده واحد از آن کاهش می

یابد؟

- آیا استراتژی های چرخش و موزائیک در سطح عملیاتی قابل قبول هستند؟
- آیا استراتژی های چرخش یا موزائیک مفیدتر هستند؟

۲.۲.۸ *نتایج حاصل از کارآزمایی*

پایش اولیه نشان داد که مقاومت در برابر ارگانوفسفاتها، کارباماتها و پیرتروئیدها در فرکانس پایین در جمعیت صحرایی آنوفل آلبیمانوس وجود دارد. استفاده از تکنیک های مختلف پایش (بیواسی، سنجش های بیوشیمیایی و مولکولی) نشان داد که، همانطور که انتظار می رود، حساسیت تست بیواسی سازمان جهانی بهداشت هنگامیکه ژن های مقاومت در فرکانس پایین و یا بسیار کم در جمعیت هستند، بسیار کم است.

از نظر عملیاتی، اجرای هر دو استراتژی چرخش یا موزائیک هیچ مشکل اساسی ایجاد نکرد. قابل قبول بودن سمپاشی حشره‌کش های مختلف توسط خانه وارها برای همه آن ها مشابه بود. این امر با در نظر گرفتن میزان پوشش سمپاشی و یا به طور مستقیم توسط پرسشنامه هایی که در ابتدا و انتها از خانه وارها تهیه شده بود مشخص می شد.

مقاومت به پیرترو ئید در مناطقی که فقط تحت سمپاشی با این حشره‌کش قرار داشت به سرعت و به میزان قابل توجهی بالاتر از مناطق تحت پوشش چرخش و یا موزائیک افزایش یافت. با این وجود، در همه مناطق، افزایش مقاومت به پیرترو ئید مشاهده شد. داده ها واریانس بالایی داشت که احتمالاً به دلیل تأثیر استفاده از پیرتیروئید در محصولات کشت موز محلی بوده است که اثرات مفید استراتژی های چرخش و یا موزائیک را کم رنگ ولی منتفی نکرده است.

حساسیت به ددت در طول دوره مداخله شش ساله این آزمون صحرایی برنگشت و مقاومت در مناطق زیر پوشش ددت پایدار بود. از این رو، مانند سریلانکا، به نظر می رسد که این مقاومت تا سطحی انتخاب شده است که دیگر سازش منفی با آن نداشته باشد. در طی یک دوره زمانی شش ساله مداخله با تیمارهای مختلف، تفاوت عمده ای در عملکرد راهبردهای موزائیک و چرخش وجود ندارد. از این رو می توان در مورد اینکه از کدامین استراتژی در عمل استفاده نمود، بر اساس عوامل اجرایی تصمیم گیری کرد.

سنجشهای بیوشیمیایی و مولکولی برای تشخیص مقاومت، اندازه گیری دقیق تری از فرکانسهای ژن مقاومت در جمعیت صحرایی نسبت به بیو اسی سنتی نشان داد. بیواسی های تشخیصی سازمان جهانی بهداشت (با استفاده از یک دوز واحد قوی برای تشخیص مقاومت در بیواسی)، اگرچه ساده ترین سیستم برای بررسی مقاومت است تصور می شود مقاومت را وقتی که در یک جمعیت مستقر می شود نشان بدهد، ولی مشکل مقاومت را کمتر از واقعیت نشان می دهد.
در طول مدت مداخله ، بیش از ۸۰٪ از پشه های حساس در تمام سطوح سمپاشی شده با تمام حشره کش ها کشته شدند.

۳.۸ خلاصه مطالب

- مدیریت مقاومت در برابر حشره کش ها در ناقلین از اصولی که در سایر بخش‌ها تهیه شده پیروی می‌کند با ارزشی که چرخش حشره‌کش ها و یا استفاده بصورت موزائیک ایجاد می کنند.
- استفاده بصورت چرخش و یا موزائیک حشره کش های غیرمرتبط (نحوه اثر متفاوت) در مدیریت مقاومت به حشره کش ها

نسبت به استفاده مداوم از یک حشره کش تنها، مؤثرتر بوده است.

- دو کارآزمایی نشان می دهد که استراتژی چرخش هم از نظر فنی و هم از نظر عملیاتی برای کنترل مقاومت در برنامه های مدیریت ناقل قابل قبول است.

۹. نیازهای آینده و راه پیش رو

۱.۹ محافظت از ابزارهای فعلی

تقریباً تمام حشره کش ها که برای بهداشت استفاده می شوند، برای کشاورزی ساخته شده اند و برای این منظور استفاده می شوند. ساختن مولکول های جدید یک فرآیند به طور فزاینده پیچیده، طولانی و پرهزینه است که تولید آن انحصارا برای کنترل ناقلین قابل توجیه نیست، که در حال حاضر کمتر از ۱٪ از کل بازار آفت کش ها راتشکیل می دهد. در طول ۲۰ سال گذشته، تعداد کمی از حشره کش های جدید برای سمپاشی ابقایی اماکن داخلی تولید شده اند. همه این‌ها عمدتا پیرتروئید هستند. علاوه بر این، به دلیل رویه های جدید ثبت مجدد و محدودیت های زیست محیطی، تعدادی از حشره کش ها به زودی توسط صنعت از بازار خارج شده و ممکن است به زودی بخش بهداشت با افزایش اتکا به تعداد محدودی حشره‌کش روبرو شود. چشم انداز دسترسی به حشره کش های جدید بهداشتی در سال های آینده بسیار محدود به نظر می رسد. بنابراین ضروری است که با ارتقاء اصول مدیریت تلفیقی ناقلین و آفات و با استفاده از مواد شیمیایی فقط در مواقع و جایی که واقعاً مورد نیاز هستند، اتکا به حشره کشها را تا حد امکان کاهش داد. این امر به ویژه در مدیریت بیماری هایی مانند مالاریا و دانگ که کنترل شیمیایی یک جزء مهم مبارزه با ناقل است، صادق می باشد. این بیماریهای ناقل زاد از نظر جهانی بسیار مهم هستند و ترویج روش ها و راهکارهای لازم برای جلوگیری از پیشرفت مقاومت یا محدود کردن افزایش و گسترش جغرافیایی پس از بروز آن، بسیار مهم است.

۲.۹ نیاز به درک خوب از مقاومت

مقاومت ناقل را تنها با پایش دقیق جمعیت ناقل در عرصه می توان فهمید و نهایتا مدیریت نمود. عوامل مرتبط با ناقل برای درک ظهور، تکامل و گسترش مقاومت ضروری است. از جمله این عوامل می توان به پویایی جمعیت ناقل (اندازه ، رشد ، انزوا ...) و انتقال ژنهای مقاومت در بین گونه های سیبلینگ که معمولاً در ناقلین بیماری (به عنوان مثال ناقلین مالاریا) یافت می‌شوند اشاره کرد. پس از شناسایی مقاومت، لازم است مدیران برنامه اهمیت اجرایی آن (تأثیر بر اثربخشی مداخلات مداوم یا برنامه ریزی شده) را درک کنند. نیاز به شناسایی منشاء مقاومت نیز مهم است زیرا این امر میتواند ناشی از سمپاشی در غیر از بهداشت باشد (به عنوان مثال در کشاورزی یا کنترل آفات خانگی). مدیریت مقاومت حشره کشی که در نتیجه کاربرد آن در کشاورزی است بدون همکاری نزدیک و مؤثر بین دو بخش امکان‌پذیر نیست.

۳.۹ یادآوری اصول اساسی مدیریت مقاومت

- حشره کشها را باید فقط در زمان و مکانی لازم است و هیچ مداخله کنترل مؤثر دیگری وجود ندارد استفاده کرد.
- حشره‌کش ها باید در دوز توصیه شده توسط سازمان جهانی بهداشت و توسط تولید کنندگان استفاده شوند (دستورالعمل برچسب) و از استفاده از دوزهای بالاتر که پرهزینه تر و بالقوه خطرناک هستند، و همچنین از دوزهای کم که به اندازه کافی کارآمد نیستند و می توانند باعث پیشرفت روند مقاومت شوند ،پرهیز گردد.
- حشره کشهای هم گروه شیمیایی که نحوه و محل اثر مشابهی دارند، از نظر مقاومت، به عنوان یک محصول واحد در نظر گرفته می شوند.
- باید از استفاده از یک کلاس شیمیایی در هر دو مرحله لارو و بالغ پرهیز شود.
- استفاده ترکیبی از حشره کش های غیرمرتبط (به عنوان مثال در چرخش) باید بر استفاده مداوم از یک حشره کش واحد برای دوره های طولانی ترجیح داده شود.

- پس از شناسایی مقاومت در یک جمعیت ناقل هدف، به سرعت باید حشره کش غیرمرتبط دیگری به تنهایی یا ترکیبی بکار گرفته شود.

- در صورت لزوم، یک حشره کش هنوز می تواند برای مدتی استفاده شود زمانی که مقاومت در فراوانی پایین باشد، به خصوص هنگامی که مقاومت در حالت مغلوب بوده و افراد بیشتر هتروزیگوت هستند. با این وجود، وقتی جمعیت ناقل فصلی در حال گسترش است و یا در اوج جمعیت خود است (به عنوان مثال در آغاز و در طول فصل باران برای گونه پشه های گرمسیری)، ترجیحاً باید چنین حشره‌کشی با یک حشره کش غیر مرتبط جایگزین شود. چرخش فصلی یا سالانه حشره کش های غیرمرتبط، در مکان و زمانی که امکان‌پذیر باشد، با در نظر گرفتن دینامیزم جمعیت ناقل، گزینه خوبی است.

۴.۹ محدودیت‌ها در اجرای مدیریت مقاومت در برنامه های بهداشت

در حال حاضر، در اکثر برنامه های کنترل ناقلین، یک تمایل واضح وجود دارد که از عملیات عمودی، به خوبی برنامه ریزی شده، به مداخلات مبتنی بر همکاری مردم، برای مثال استفاده از پشه بندهای آغشته به حشره‌کش، تغییر کند. غلظت حشره کش ها روی این پشه بندها بسیار متغیر است زیرا بستگی به نحوه استفاده و شستشوی آنها دارد. کنترل این غلظت ها تقریباً غیرممکن است و بنابراین اجرای مدیریت مقاومت آن دشوارتر می شود.

بسیاری از کشورهای در حال توسعه در حال حاضر در یک فرآیند تمرکز زدایی قرار دارند. در نتیجه، خدمات بهداشتی استان ها به طور فزاینده مسئولیت انتخاب، برنامه ریزی و اجرای مداخلات کنترل ناقل، از جمله انتخاب و خرید حشره کش ها را بر عهده دارند. با توجه به عدم وجود متخصصان واجد شرایط کنترل ناقلین در سطح محیطی در اکثر کشورهای آندمیک، نیاز فوری به آموزش و ظرفیت سازی، تدوین و انتشار دستورالعمل های ساده و مواد آموزشی مربوط به شیوه های صحیح مدیریت آفت کش ها، از جمله مدیریت مقاومت، وجود دارد.

هنگامی که یک حشره کش هنوز هم در جلوگیری از انتقال بیماری مؤثر است، متقاعد کردن مدیران برنامه های بهداشتی برای جایگزینی آن، معمولاً توسط یک محصول پرهزینه تر، یا تغییر استراتژی ها و روش های کنترل ناقل فقط برای جلوگیری از ایجاد مقاومت در برابر حشره کش دشوار است. بسیاری از برنامه ها ادعا می کنند که به دلیل منابع مالی بسیار محدودی که برای کنترل ناقل اختصاص داده شده، قادر به کنار آمدن با محدودیت های مالی و تدارکاتی که مربوط به تغییر حشره کش ها یا رویکردهای کنترل ناقل است نیستند. با این وجود، عواقب عدم برخورد فعال با برنامه های مدیریت مقاومت، احتمالاً در درازمدت بسیار پرهزینه تر و بالقوه فاجعه انگیز خواهد بود، اگر زرادخانه محدود فعلی ابزارهای کنترل ناقل به دلیل مقاومت بیش از پیش محدود شود.

۵.۹ راه پیش رو

مشکلات و محدودیت ها، مخالفت با پیشرفت را توجیه نمی کند. کشاورزی با مشکلات نسبتاً مشابه که در کنترل ناقلین وجود دارد روبرو شده است (اگرچه با محدودیتهای متفاوت)، لیکن اقدامات اصلاحی تدوین و به اجرا گذاشته و مواد آموزشی مناسب را تهیه کرده است. بخش بهداشت باید از این تجربه بهره مند شود و اصول مدیریت مقاومت را به عنوان بخشی از فعالیت های کنترل ناقل و سیاست های مدیریت ملی آفت کش ها اتخاذ کند. مؤسسات بزرگی مانند CropLife International، فدراسیون صنعت و کمیته عملیاتی مقاومت به حشره‌کش ها در حال همکاری با سازمان جهانی بهداشت برای ارائه کمک های عملی به برنامه های بهداشت هستند. تبادل اطلاعات و به اشتراک گذاری تجربه یکی از مؤلفه های مهم این همکاری خواهد بود. پایش مقاومت ناقلین باید تقویت شود و به سرعت و به طور گسترده ای از طریق وب سایت هایی که به راحتی در دسترس هستند ، اطلاعات بخش‌های بهداشت و کشاورزی در یک جا منتشر شوند. برای تولید کنندگان آفت کش ها بسیار مهم است که از وضعیت مقاومت ناقلین آگاه باشند،

همانگونه که برای مدیران کنترل ناقلین ضروری است که اطلاعات بیشتری در مورد استفاده کشاورزی از حشره کش ها داشته باشند. امید است این دفترچه که برای مدیران برنامه کنترل ناقلین تدوین شده گامی مثبت در این همکاری باشد.