

اثرات دو حشره‌کش ایندوکساکارب و متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)

رقیه کریم زاده^{۱*} و میرجلیل حجازی^۲

۱- استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

* مسئول مکاتبه: r_karimzadeh@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۵

چکیده

در این مطالعه، اثرات کشندگی دو حشره‌کش ایندوکساکارب و متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بررسی شدند. برای انجام زیست‌سنجی‌ها، برگ‌های سیب‌زمینی با روش غوطه‌ور کردن در سوسپانسیون آبی حشره‌کش‌ها تیمار شدند و بعد از خشک شدن، در اختیار لاروهای مورد آزمایش قرار داده شدند. با توجه به نحوه عمل متفاوت دو حشره‌کش، نقطه پایانی آزمایش یا زمان ثبت نتایج برای متوکسی فنوزاید ۷۲ ساعت بعد از تیمار و برای ایندوکساکارب ۲۴ ساعت بعد از تیمار در نظر گرفته شد. LC_{50} متوکسی فنوزاید برای لاروهای سن اول $mg ai/l$ ۸۰/۶ و LC_{50} ایندوکساکارب برای سنین اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۴/۵، ۶/۸۵، ۹/۴۲ و $mg ai/l$ ۷/۲۸۸ برآورد گردید. به دلیل این‌که LC_{50} متوکسی فنوزاید برای لاروهای سن اول نسبتاً زیاد بود غلظت کشنده برای سنین بعدی برآورد نشد و با توجه به اهمیت اثرات غیر کشنده در این گروه از حشره‌کش‌ها، اثرات غیر کشنده متوکسی فنوزاید بررسی شد. برای این منظور لاروهای سن اول به مدت ۴۸ و ۹۶ ساعت از برگ‌های تیمار شده با دو غلظت زیر کشنده LC_1 و LC_7 متوکسی فنوزاید تغذیه کرده و سپس به روی برگ‌های تیمار نشده منتقل و تا مرحله حشره کامل پایش شدند. باروری حشرات کامل حاصل نیز بررسی شد. در غلظت‌های فوق، تعداد لاروهای تبدیل شده به شفیره و حشره کامل در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد و لاروهای تیمار شده به نسل بعدی نرسیدند. بر اساس نتایج حاصل، ایندوکساکارب و متوکسی فنوزاید در شرایط آزمایشگاهی روی سوسک کلرادو مؤثر بودند و به شرط تکرار این نتایج در مزرعه، می‌توانند انتخاب مناسبی برای مدیریت این آفت مهم باشند.

واژه‌های کلیدی: سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، متوکسی فنوزاید، ایندوکساکارب، اثرات غیر کشنده.

مقدمه

عدم رعایت قرنطینه داخلی، این آفت امروزه علاوه بر اردبیل در اکثر مناطق سیب‌زمینی‌کاری کشور استقرار یافته و خسارت می‌زند (خانجانی ۱۳۸۴). روش‌های غیر شیمیایی، جمعیت سوسک کلرادو را به صورت قابل قبولی کنترل نمی‌کنند بنابراین در حال حاضر کنترل شیمیایی مؤثرترین روش کنترل این آفت می‌باشد. از سوی دیگر این حشره به سرعت به

سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، *Leptinotarsa decemlineata* (Say) مخرب‌ترین و مهم‌ترین آفت حشره‌ای سیب‌زمینی در دنیا می‌باشد (هیر ۱۹۹۰). این حشره تا سال ۱۳۶۳ آفت قرنطینه‌ای کشور محسوب می‌شد ولی در همین سال برای اولین بار از مزارع سیب‌زمینی اردبیل گزارش شد (کاظمی ۱۳۶۳). به دلیل

ایندوکساکارب می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی باغ‌های سیب مورد استفاده قرار گیرد.

متوکسی‌فنوزاید یک حشره‌کش دی‌اسیل هیدرازینی است که به‌عنوان آگونست یا مشابه هورمون پوست‌اندازی، ۲۰- هیدروکسی اکدایسون عمل می‌کند. این حشره‌کش توان بالایی در کنترل طیف وسیعی از آفات به‌ویژه بالپولکداران دارد. متوکسی‌فنوزاید نیز مشابه ایندوکساکارب اغلب از طریق گوارشی موثر است (کارلسن و همکاران ۲۰۰۱). گزارش‌های منتشر شده توسط پژوهشگران مختلف نشان داده‌اند که متوکسی‌فنوزاید حاشیه امنیتی بالایی برای موجودات غیر هدف از جمله حشرات مفید دارد.

اثرات کشندگی و غیر کشندگی متوکسی‌فنوزاید توسط پژوهشگران مختلف روی آفات و دشمنان طبیعی آنها بررسی شده است (شاهوت و همکاران ۲۰۱۱، پیندا و همکاران ۲۰۰۷، اشنايدر و همکاران ۲۰۰۴).

بورچرت و همکاران (۲۰۰۵) اثرات غیر کشنده متوکسی‌فنوزاید را روی کرم ثانوی آلو *Grapholita molesta* (Busck) در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای بررسی و مشاهده کردند که در لاروهای تیمار شده با دوزهای زیر کشنده^۱، وزن شفیره‌ها و تعداد حشرات کامل ظاهر شده کاهش یافت.

در مطالعه دیگری اثرات کشندگی و غیرکشندگی متوکسی‌فنوزاید روی *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) از طریق تغذیه لاروهای سن پنج با غذای تیمار شده با LC_{۱۰} و LC_{۲۵} این ترکیب بررسی شد. در آخر این سن لاروی و قبل از تبدیل شدن به شفیره، تلفات ناشی از تیمار با غلظت‌های مذکور به ترتیب به ۱۲ و ۶۰ درصد رسید. افزایش مرگ و میر و بدشکلی در شفیره‌ها و حشرات کامل نیز در تیمارها مشاهده شد. تیمار با متوکسی‌فنوزاید طول دوره لاروی را نیز در مقایسه با شاهد افزایش داد؛ ولی روی طول دوره

حشره‌کش‌های مقاومت نشان داده و مقاومت آن به اکثر حشره‌کش‌های مورد استفاده از گروه‌های مختلف اعم از فسفره، کارباماتی و کلره گزارش شده است (محمدی شریف و همکاران ۲۰۰۷، فرنچ و همکاران، ۱۹۹۲). سوسک کلرادو توان بالقوه بالایی برای مقاومت به حشره‌کش‌های جدید دارد و مقاومت آن حتی به حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی نیز گزارش شده است (موتا- سنچز و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین باید همواره حشره‌کش‌های موثر و جدید با نحوه عمل متفاوت برای کنترل این آفت در دسترس باشند. دو حشره‌کش نسبتاً جدید ایندوکساکارب و متوکسی‌فنوزاید در ایران برای کنترل سوسک کلرادو استفاده نمی‌شوند. ایندوکساکارب حشره‌کشی اکسادیازینی است که ورود آن به بدن حشرات اغلب از طریق گوارشی بوده و موجب کاهش تحرک و توقف تغذیه می‌شود. امنیت بالای ایندوکساکارب برای پستانداران و سایر موجودات غیر هدف و توقف سریع تغذیه حشرات تیمار شده موجب شده این حشره‌کش به‌عنوان یک ترکیب قابل استفاده در مدیریت آفات باشد (وینگ و همکاران ۲۰۰۰). در بررسی‌های متعددی اثر این حشره‌کش روی آفات مختلف و دشمنان طبیعی مطالعه شده است (گل محمدی و همکاران ۲۰۰۹، لیو و همکاران ۲۰۰۲، تیلمن و همکاران ۲۰۰۱).

بستانیان و آکالاچ (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای اثر ایندوکساکارب و پنج حشره‌کش دیگر را روی کنه‌های *Phytoseiulus persimilis* و *Amblyseius fallacies* Athias-Henriot و نیز پوره‌های سن *Orius insidiosus* (Say) که از شکارگرهای مهم مورد استفاده در برنامه‌های مدیریت آفات باغ‌های سیب آمریکای شمالی می‌باشند، بررسی نموده و نشان دادند که ایندوکساکارب سمیتی روی پوره‌های سن و کنه‌های بالغ ندارد درحالی‌که پنج حشره‌کش دیگر مطالعه شده حداقل روی یکی از این گونه‌ها اثرات سمی نشان دادند. این محققان نتیجه گرفتند که

¹Sublethal dose

شده و به ظروف پرورش که در بالا توضیح داده شد، انتقال داده شدند. با کامل شدن سنین لاروی، پیش‌شفیره‌های نارنجی رنگ تشکیل شده به روی ماسه استریل منتقل شدند تا داخل ماسه به شفیره تبدیل شوند. حشرات کامل نسل جدید بعد از حدود ۱۳ روز خارج شدند. این حشرات قبل از انتقال به ظروف تخم‌گیری به داخل قفس جفت‌گیری منتقل شدند. قفس جفت‌گیری قفسی به ابعاد $78 \times 98 \times 60$ سانتی‌متر بود که اطرافش با توری پوشانده شده بود و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از کف آن یک ورقه یونولیتی قرار داشت. روی ورقه سوراخ‌هایی ایجاد شده و در زیر سوراخ‌ها ظروف پر از آب قرار داده شده بودند. ساقه‌های ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متری سیب‌زمینی طوری در این سوراخ‌ها قرار داده می‌شدند که برای حفظ شادابی انتهای آنها داخل آب قرار گیرد. با مشاهده اولین دسته تخم داخل قفس، تعداد ۳۵ حشره در هر ظرف به ظروف تخم‌گیری منتقل شدند.

زیست‌سنجی

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل متوکسی فنوزاید (Runner[®] 2F) ساخت شرکت داو آگرو ساینسز و ایندوکساکارب (Avaunt[®] 150 SC) ساخت شرکت دوپان فرانسه بودند.

برای بررسی اثر حشره‌کش‌ها روی لاروها از لاروهای تا ۲۴ ساعته استفاده شد و برگ‌های سیب‌زمینی تیمار شده با غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها در اختیار لاروها قرار داده شدند. با انجام آزمایش‌های مقدماتی محدوده غلظت‌ها برای آزمایش‌های اصلی تعیین شد. از توین ۸۰ به غلظت ۵۰۰ ppm به عنوان خیس کننده و از برگ‌های تیمار شده با آب و ماده خیس کننده به عنوان شاهد آزمایش‌ها استفاده شد. برگ‌های سیب‌زمینی پنج برگچه‌ای به مدت پنج ثانیه داخل غلظت‌های تهیه شده فرو برده شدند و بعد از تیمار به مدت ۲۰ دقیقه در

شفیرگی و حشره کامل تأثیری نداشت. تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط حشرات کامل حاصل از لاروهای تیمار شده، درصد تفریح تخم‌ها و نسبت جنسی تحت تأثیر قرار نگرفت (زیریت و همکاران ۲۰۱۱).

با توجه به این‌که متوکسی فنوزاید و ایندوکساکارب در ایران علیه سوسک کلرادو مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و میزان تأثیر آنها روی این آفت مشخص نیست این مطالعه با هدف بررسی اثرات این دو حشره‌کش روی سوسک کلرادو طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش سوسک کلرادو

برای تشکیل کلنی آزمایشگاهی، حشرات کامل و تخم‌های سوسک کلرادو از یک مزرعه سیب‌زمینی واقع در منطقه گل‌تپه شهرستان عجب‌شیر جمع‌آوری و در یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز در دمای 2 ± 26 درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شدند. تخم‌های جمع‌آوری شده جهت تفریح داخل ظروف شفاف پلاستیکی به ابعاد $20 \times 14 \times 6$ سانتی‌متر که کف آنها با حوله کاغذی مفروش شده بود، قرار داده شدند. برای تأمین رطوبت، حوله کاغذی مرطوب نگه داشته شد. به منظور تأمین تهویه، بخشی از درپوش ظروف به شکل مستطیلی به ابعاد 9×6 سانتی‌متر بریده شده و با توری ۲۳ مش پوشانده شد. برای پرورش لاروها نیز از همین ظروف استفاده شد. برگ‌های سیب‌زمینی مورد استفاده برای پرورش کلنی از مزرعه سیب‌زمینی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه می‌شدند. این مزرعه در طول فصل علیه هیچ آفتی سمپاشی نشد. برای تخم‌گیری از حشرات کامل جمع‌آوری شده، از ظروف پلاستیکی سفید رنگ به ابعاد $30 \times 30 \times 20$ سانتی‌متر که دیواره آنها با حوله کاغذی مفروش شده بود، استفاده شد. تخم‌های گذاشته شده روی حوله‌های کاغذی به طور روزانه جدا

میزان زنده‌مانی لاروهای تیمار شده با غلظت زیرکشنده متوکسی فنوزاید بررسی شد. بدین منظور، ابتدا غلظت ۴۸ میلی‌گرم ماده مؤثر در لیتر که معادل LC₂₀ این حشره‌کش روی لاروهای سن اول بود همراه با شاهد در سه تکرار با ۶۰ لارو آزمایش شد. لاروهای تیمار شده به طور روزانه پایش شدند. چون همه این لاروهای تیمار شده تا رسیدن به سن چهار از بین رفتند و هیچ لاروی به پیش شفیره تبدیل نشد، دو غلظت پایین‌تر یعنی ۱۵ و ۳۶ میلی‌گرم ماده مؤثر در لیتر که معادل LC_۱ و LC_۷ برای لاروهای سن یک بودند انتخاب و همراه با شاهد در دو حالت امتحان شدند. در حالت اول لاروهای سن اول به مدت ۴۸ ساعت روی برگ‌های تیمار شده تغذیه کردند سپس به روی برگ‌های تیمار نشده انتقال یافتند. در حالت دوم لاروهای سن اول به مدت ۹۶ ساعت روی برگ‌های تیمار شده تغذیه کردند سپس به روی برگ‌های تیمار نشده منتقل شدند و مرگ و میر آنها تا رسیدن به مرحله شفیرگی ثبت شد. به منظور بررسی اثر حشره‌کش روی میزان باروری حشرات کامل، تمام حشرات خارج شده از یک تیمار، داخل ظرف تخم‌گیری که در بالا ذکر شد منتقل و به مدت دو هفته در گلخانه نگهداری شدند تا تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط آنها ثبت شود. این آزمایش‌ها سه بار تکرار شدند. برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

با انجام آزمایش‌های مقدماتی، محدوده غلظت‌ها برای آزمایش‌های اصلی متوکسی فنوزاید روی لاروهای سن اول ۴۸-۱۲۰ mg ai/l و برای ایندوکساکارب روی لاروهای سنین اول تا چهارم به ترتیب ۳-۹ mg ai/l، ۴/۵-۲۲/۵، ۶-۲۲/۵ و ۱۸-۴/۵ به دست آمد.

معرض هوا خشک شدند. سپس دم‌برگ آنها به صورت مورب بریده شده و به منظور شاداب ماندن به مدت طولانی‌تر، به دور دم‌برگ پنبه مرطوب پیچانده شد. در مورد متوکسی فنوزاید چون طول دوره آزمایش طولانی‌تر بود و برگ‌ها می‌بایستی به مدت ۷۲ ساعت شادابی خود را حفظ می‌کردند، دم‌برگ‌ها از طریق سوراخ تعبیه شده در درپوش میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری پلاستیکی در داخل آنها قرار داده شدند. میکروتیوب‌ها هر روز با آب مقطر پر می‌شدند.

هر برگ داخل یک ظرف پلاستیکی شفاف به ابعاد ۱۲×۶×۴ سانتی‌متر قرار داده شده و ۲۰ لارو روی آن منتقل شدند. به منظور تامین تهویه، روی درپوش این ظرف‌ها، سوراخی به قطر چهار سانتی‌متر تعبیه شده و با توری ۲۳ مش پوشانده شد. همچنین برای جلوگیری از تماس مستقیم برگ تیمار شده با ظرف پلاستیکی کف ظرف با یک لایه فویل آلومینیومی مفروش و برگ روی فویل قرار داده شد. جعبه‌ها تا زمان ثبت نتایج داخل اینسکتاریوم در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگه داشته شدند.

با توجه به نحوه عمل و سرعت اثر متفاوت دو حشره‌کش مورد آزمایش، نقطه پایانی متفاوتی برای ثبت نتایج در نظر گرفته شد. در مورد متوکسی فنوزاید نتایج بعد از ۷۲ ساعت یعنی زمانی که لاروهای شاهد همه پوست‌اندازی کرده بودند ثبت شد و معیار اثر حشره‌کشی، مرگ کامل لارو بود. نتایج آزمایش‌های ایندوکساکارب بعد از ۲۴ ساعت ثبت شد و لاروهایی که از روی برگ به پشت افتاده و پاهایشان دچار رعشه شدید شده بود به عنوان مرده ثبت شدند. این لاروها بعد از قرار داده شدن روی برگ هم قادر به حفظ تعادل خود نبوده و به زمین می‌افتادند.

با توجه به این‌که در تنظیم کننده‌های رشد حشرات، اثرات غیر کشنده اهمیت دارند در بخش دیگر مطالعه،

در این مورد بخشی از تفاوت می‌تواند مربوط به روش زیست‌سنجی یا گونه حشره باشد، این پژوهشگر از تیمار غذای مصنوعی استفاده نموده است. مطابق نتایج حاصل از مطالعه شیخ‌زاده (۱۳۸۷) در روش تیمار غذای مصنوعی، مقدار LC_{50} متوکسی فنوزاید کمتر از روش تیمار برگ می‌باشد. ایری‌گاری و همکاران (۲۰۰۵) اثر متوکسی فنوزاید را روی مراحل رشدی کرم خوشه‌خوار انگور *Lobesia botrana* Den. and Schiff. بررسی کردند و مقادیر LC_{50} را با روش اختلاط با غذای مصنوعی برای لاروهای سن اول 0.1 ai/l به دست آوردند. مقایسه این نتایج با نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اثر کشندگی متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادو نسبت به لارو بالپولکداران ضعیف‌تر می‌باشد. ولی نتایج حاصل از بررسی اثرات غیرکشندگی، نشان دهنده پتانسیل این حشره‌کش برای استفاده در مدیریت این آفت می‌باشد.

جدول ۱ نتایج حاصل از آزمایش متوکسی فنوزاید روی لاروهای سن اول را نشان می‌دهد. مقدار LC_{50} به دست آمده یعنی $80/6 \text{ mg ai/l}$ در مقایسه با مقادیر LC_{50} به دست آمده برای بالپولکداران نسبتاً زیاد است و نشان می‌دهد سوسک کلرادو در مقایسه با بالپولکداران حساسیت کمتری نسبت به متوکسی فنوزاید دارد. به عنوان مثال پیندا و همکاران (۲۰۰۷) مقدار LC_{50} این حشره‌کش را روی سنین اول و چهارم *Spodoptera littoralis* (Boisd.) که از برگ‌های فلفل سمپاشی شده و فروبرده شده در محلول سمی تغذیه کرده بودند بعد از ۷۲ ساعت به ترتیب 0.6 و $15/58 \text{ mg ai/l}$ به دست آوردند. صبور مقدم (۱۳۸۴) نیز مقدار LC_{50} متوکسی فنوزاید را روی لاروهای سن اول کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* (H.) به روش اختلاط با غذای مصنوعی 0.262 mg ai/l به دست آورد. البته

جدول ۱- سمیت متوکسی فنوزاید روی لاروهای سن اول سوسک کلرادوی سیب‌زمینی.

χ^2	LC_{90} (mg ai/l) (حدود اطمینان ۹۵٪)	شیب خط $SE \pm$	LC_{50} (mg ai/l) (حدود اطمینان ۹۵٪)	تعداد حشرات مورد آزمایش	حشره کش
$1/73^{ns}$	$160/54$ (۱۳۷/۱۸-۲۰۹/۳۵)	$4/28 \pm 0/55$	$80/60$ (۷۴/۵۰-۸۷/۷۶)	۶۰	متوکسی فنوزاید

ns: غیر معنی‌دار در سطح ۵٪

شد. این اثرات در مطالعه کیم و همکاران (۲۰۰۶) هم مشاهده شدند. آنها اثر متوکسی فنوزاید را روی *Deraeocoris brevis* (Knight) در آزمایشگاه بررسی کرده و مشاهده کردند که این حشره‌کش در دوزهای زیرکشنده باعث طولانی‌تر شدن دوره پورگی سن شکارگر و کاهش ۳۰ درصدی زادآوری حشرات کامل نسل بعد می‌شود.

همانطور که در جدول‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، هر دو غلظت زیر کشنده در مقایسه با شاهد باعث کاهش معنی‌دار در تعداد افراد وارد شده به مراحل مختلف رشدی شدند و در مواردی خود تیمارها هم با همدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. حشرات کامل خارج شده از تیمارها در مقایسه با شاهد جثه کوچکتری داشتند و بد شکلی بال در آنها مشاهده شد. این حشرات به مدت دو هفته پایش شدند و به دلیل مرگ تعدادی از آنها و نامناسب بودن نسبت جنسی، در تیمارها هیچ دسته تخمی مشاهده نشد در حالیکه در شاهد‌ها به ترتیب در دو حالت آزمایش تعداد ۱۰ و هفت دسته تخم شمارش

جدول ۲- مقایسه اثر غیرکشندگی متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادوی سیب زمینی.

حشرات کامل خارج شده از خاک	تعداد پیش شفییره‌ها	تعدادی که			مجموع تعداد لارو سن ۱ آزمایش شده در سه تکرار	غلظت‌ها
		تعدادی که به سن ۴ رسیدند	تعدادی که به سن ۳ رسیدند	تعدادی که به سن ۲ رسیدند		
۹ ^b	۱۸ ^c	۲۰ ^c	۳۰ ^c	۵۵ ^{b*}	۶۰	LC _v
۱۳ ^b	۲۵ ^b	۲۸ ^b	۳۸ ^b	۵۶ ^b	۶۰	LC _۱
۴۸ ^a	۵۵ ^a	۵۸ ^a	۵۸ ^a	۶۰ ^a	۶۰	شاهد

* حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشند.

لاروهای سن اول سوسک کلرادو ۴۸ ساعت از برگ‌های تیمار شده تغذیه کردند

جدول ۳- مقایسه اثر غیرکشندگی متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادوی سیب زمینی.

حشرات کامل خارج شده از خاک	تعداد پیش شفییره‌ها	تعدادی که			مجموع تعداد لارو سن ۱ آزمایش شده در سه تکرار	غلظت‌ها
		تعدادی که به سن ۴ رسیدند	تعدادی که به سن ۳ رسیدند	تعدادی که به سن ۲ رسیدند		
۲ ^b	۷ ^b	۹ ^b	۱۵ ^c	۱۸ ^{c*}	۶۰	LC _v
۵ ^b	۱۰ ^b	۱۴ ^b	۲۴ ^b	۳۳ ^b	۶۰	LC _۱
۴۰ ^a	۵۵ ^a	۵۶ ^a	۵۶ ^a	۶۰ ^a	۶۰	شاهد

* حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشند.

لاروهای سن اول سوسک کلرادو ۹۶ ساعت از برگ‌های تیمار شده تغذیه نمودند.

نتایج حاصل نشان می‌دهند که با اینکه اثرات کشندگی متوکسی فنوزاید روی سوسک کلرادو نسبت به بالپولکداران ضعیف می‌باشد ولی دوزهای زیرکشنده، جمعیت آفت را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند و لاروهای تیمار شده با غلظت‌های پایین به نسل بعد نمی‌رسند. بنابراین با توجه به امنیت بالای زیست محیطی این حشره‌کش، ترکیب اثرات کشنده و زیرکشنده آن می‌تواند در برنامه‌های مدیریت سوسک کلرادو مفید باشد.

مقادیر LC_{۵۰} ایندوکساکارب برای سنین مختلف لاروی در جدول ۴ آورده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود این مقادیر از لحاظ عددی به همدیگر نزدیک می‌باشند و اختلاف چندانی باهم ندارند. نکته قابل توجه دیگر این که LC_{۵۰} لاروهای سن ۴ کمتر از لاروهای

متوکسی فنوزاید همچنین باعث کاهش خروج حشرات کامل و بدشکلی در بال‌های آنها شد، طوری که ۲۳ درصد از حشرات کامل خارج شده در تیمار ۱۵ mg ai/l بدشکل بوده و تلف شدند و در تیمار ۳۶ mg ai/l در حالتی که لاروها ۹۶ ساعت از برگ تیمار شده تغذیه کرده بودند یکی از دو حشره کامل خارج شده بدشکل بوده و دو روز بعد از خروج از خاک تلف شد. ایری‌گاری و همکاران (۲۰۰۵) اثرات غیر کشنده متوکسی فنوزاید را روی کرم خوشه‌خوار انگور بررسی و مشاهده نمودند در دوزهای بالا (۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۸) حشره کاملی خارج نشد و در دوزهای پایین ۰/۵۰۰ و ۰/۲۵۰۰ mg ai/l به ترتیب ۶۵٪ و ۴۰٪ لاروهای مورد آزمایش به حشره کامل تبدیل شدند.

کردند که سنن بالاتر حساس‌تر از سنن پایین‌تر هستند. این پژوهشگران LC_{50} را برای سن اول 0.1 mg ai/l و برای سن ۴، 0.08 mg ai/l به دست آوردند.

سن ۳ می‌باشد. این اختلاف احتمالاً به دلیل تغذیه بیشتر لاروهای سن ۴ نسبت به سن ۳ بوده که باعث ورود سم بیشتری به داخل بدن لارو شده است. چنین حالتی در مطالعه برخی حشره‌کش‌ها مشاهده شده است. ایری‌گاری و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه اثر متوکسی فنوزاید روی کرم خوشه‌خوار انگور مشاهده

جدول ۴- سمیت ایندوکساکارب روی سنن مختلف لاروی سوسک کلرادو.

χ^2	LC_{90} (mg ai/l) (حدود اطمینان ۹۵٪)	شیب خط $\pm SE$	LC_{50} (mg ai/l) (حدود اطمینان ۹۵٪)	سن لاروی
$3/60^{NS}$	$10/14$ (۸/۵۵-۱۳/۳۳)	$3/64 \pm 0/48$	$4/50$ (۴/۰۲-۴/۹۶)	سن اول
$1/36^{NS}$	$39/20$ (۲۵/۹۳-۹۰/۴۲)	$1/69 \pm 0/31$	$6/85$ (۵/۰۵-۸/۴۳)	سن دوم
$4/16^{NS}$	$23/38$ (۱۹/۴۹-۳۰/۹۱)	$3/24 \pm 0/40$	$9/42$ (۸/۳۰-۱۰/۵۲)	سن سوم
$1/77^{NS}$	$18/86$ (۱۵/۵۹-۲۵/۳۴)	$3/09 \pm 0/39$	$7/28$ (۶/۲۵-۸/۱۶)	سن چهارم

NS: غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

Chrysoperla carnea بررسی کرده و نشان دادند که این حشره کش امنیت نسبتاً بالایی برای این حشره مفید دارد. ریمولدی و همکاران (۲۰۱۲) اثر چند حشره‌کش از جمله متوکسی فنوزاید را روی بالتوری *Chrysoperla externa* (Stephens) بررسی کردند و این ترکیب را به عنوان یک حشره‌کش امن برای این دشمن طبیعی معرفی کردند. با توجه به امنیت بالای ایندوکساکارب و متوکسی فنوزاید برای موجودات غیر هدف، انجام مطالعات تکمیلی جهت گنجاندن این دو حشره‌کش در مدیریت سوسک کلرادو توصیه می‌شود.

با این‌که ایندوکساکارب اغلب علیه آفات بالپولکی به ثبت رسیده است ولی نتایج جدول ۴ نشان می‌دهند که این حشره‌کش روی سوسک کلرادو هم حتی در سنن بالای لاروی در غلظت‌های نسبتاً پایین مؤثر است. صبور مقدم (۱۳۸۴) مقدار LC_{50} ایندوکساکارب را برای لارو سن اول کرم غوزه پنبه با روش اختلاط با غذای مصنوعی $1/211$ میلی‌گرم ماده مؤثر در لیتر به دست آورد که تقریباً یک چهارم مقدار به دست آمده برای لارو سن ۱ سوسک کلرادو می‌باشد. گل محمدی و همکاران (۲۰۰۹) اثرات کشندگی و غیرکشندگی ایندوکساکارب را روی بالتوری سبزی

منابع

- خانجانی م، ۱۳۸۴. آفات گیاهان زراعی ایران. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. ۷۰۹ صفحه.
- شیخ‌زاده ب، ۱۳۸۷. اثر سه حشره‌کش تنظیم کننده رشد حشرات، متوکسی فنوزاید، لوفنوران و فلوفنوکسوران روی برگ‌خوار چغندر قند *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) در شرایط آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۷۷ صفحه.

- صبور مقدم ن، ۱۳۸۴. بررسی حساسیت کرم قوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) به حشره‌کش‌های متوکسی‌فنوزاید، ایندوکساکارب، تیاکلوپرید، پایریدالیل و RH-5849 در شرایط آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۷۳ صفحه.
- کاظمی م ح، ۱۳۶۳. سوسک کلرادوی سیب‌زمینی. آزمایشگاه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی تبریز. ۵۰ صفحه.
- Borchert DM, Walgenbach JF and Kennedy GG, 2005. Assessment of sublethal effects of methoxyfenozide on oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 98: 765-771.
- Bostanian NJ and Akalach M, 2006. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacies* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Management Science* 62: 334-339.
- Carlson GR, Dhadialla TS, Hunter R, Jansson RK, Jany CS, Lidert Z and Slawewski RA, 2001. The chemical and biological properties of methoxyfenozide, a new insecticidal ecdysteroid agonist. *Pest Management Science* 57: 115-119.
- French NM, Heim DC and Kennedy GG, 1992. Insecticide resistance patterns among Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), populations in North Carolina. *Pesticide Science* 36: 95-100.
- Golmohammadi G, Hejazi MJ, Iranipour S and Mohammadi SA, 2009. Lethal and sublethal effects of endosulfan, imidacloprid and indoxacarb on first instar larvae of *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 28: 37-47.
- Hare JD, 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* 35: 81-100.
- Irigaray SFJ, Marco V, Zalom FG and Perez-Moreno I, 2005. Effects of methoxyfenozide on *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) egg, larval and adult stages. *Pest Management Science* 61: 1133-1137.
- Kim DS, Brooks DJ and Riedl H, 2006. Lethal and sublethal effects of abamectin, spinosad, methoxyfenozide and acetamiprid on the predaceous plant bug *Deraeocoris brevis* in laboratory. *BioControl* 51: 465-484.
- Liu TX, Sparks AN, Chen W, Liang G and Brister C, 2002. Toxicity, persistence and efficacy of indoxacarb on cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) on cabbage. *Journal of Economic Entomology* 95: 360-367.
- Mohammadi Sharif M, Hejazi MJ, Mohammadi SA and Rashidi MR, 2007. Resistance status of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, to endosulfan in East Azarbaijan and Ardabil provinces of Iran. 7pp. *Journal of Insect Science* 7:31, available online: insectscience.org/7.31.
- Mota-Sanchez D, Hollingworth RM, Grafius EJ and Moyer DD, 2006. Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science* 62: 30-37.
- Pineda S, Schneider MI, Smagghe G, Martinez AM, Del Estal P, Vinuela E, Valle J and Budia F, 2007. Lethal and sublethal effects of methoxyfenozide and spinosad on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 100: 773-780.
- Rimoldi F, Schneider MI and Ronco AE, 2012. Short and long-term effects of endosulfan, cypermethrin, spinosad, and methoxyfenozide on adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* 105: 1982-1987.
- Schneider MI, Smagghe G, Pineda S and Vinuela E, 2004. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. *Biological Control* 31: 189-198.

- Shahout HA, Xu JX, Qiao J, Yao XM and Jia QD, 2011. Sublethal effects of methoxyfenozide on growth and development of common cutworm *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera Noctuidae). Research Journal of Biological Sciences 6: 58-64.
- Tilman PG, Hammes GG, Sacher M and Connair M, 2001. Toxicity of a formulation of the insecticide indoxacarb to the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae), and the big-eyed bug, *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). Pest Management Science 58: 92-100.
- Wing KD, Sacher M, Kagaya Y, Tsurubuchi Y, Mulderig L, Connair M and Schnee M, 2000. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects. Crop Protection 19: 537-545.
- Zarate N, Diaz O, Martinez AM, Figueroa JI, Schneider MI, Smagghe G, Vinuela E, Budia F and Pineda S, 2011. Lethal and sublethal effects of methoxyfenozide on the development, survival and reproduction of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology 40: 129-137.

The Effects of Indoxacarb and Methoxyfenozide against Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)

R Karimzadeh^{1*} and MJ Hejazi²

¹Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

²Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding author: r_karimzadeh@tabrizu.ac.ir

Received: 6 Sep 2014

Accepted: 26 Nov 2014

Abstract

In this study, lethal effects of indoxacarb and methoxyfenozide were assessed on Colorado potato beetle. To do the bioassays, potato leaflets were dipped in aqueous suspensions of the insecticides and the larvae were transferred on the leaflets after drying. The results were recorded 24 and 72h after treatment for indoxacarb and methoxyfenozide, respectively. LC₅₀ of methoxyfenozide for the 1st instars was 80.6 mg ai/l and LC₅₀ values for indoxacarb were 4.5, 6.85, 9.42 and 7.28 mg ai/l for 1st, 2nd, 3rd and 4th instars, respectively. LC₅₀ value of methoxyfenozide for 1st instar was relatively high; therefore lethal concentration was not estimated for next instars. Because of the importance of sublethal effects in insect growth regulators (IGRs) application, the sublethal effects were evaluated for methoxyfenozide by using its LC₁ and LC₇. First instars were fed on treated leaves for 48 or 96h and then on untreated leaves; and were monitored until adult stage. Fecundity of these adults was evaluated. The number of larvae developed to prepupae and adults was significantly lower in sublethal concentrations of methoxyfenozide compared with control. The treated larvae did not reach next generation. The results indicated that indoxacarb and methoxyfenozide were effective against Colorado potato beetle; and if they perform equally well in the field, they can be suitable candidates for management of this important pest.

Keywords: Colorado potato beetle, Indoxacarb, Methoxyfenozide, Sublethal effects.