

اثر حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات روی پروانه‌ی مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) در شرایط آزمایشگاهی

مینا اسماعیلی^۱، موسی صابر^{۲*}، محمد باقری^۳ و غلامحسین قره‌خانی^۳

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

۲- استاد گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

۳- دانشیاران گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

*مسئول مکاتبه moosaber@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۵

چکیده

پروانه‌ی مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae)) یکی از آفات مهم و مخرب گوجه‌فرنگی است. این آفت از تمام بخش‌های هوایی گیاه میزبان تغذیه نموده و از طریق کاهش رشد میزبان، ایجاد دالان روی برگ و میوه و همچنین کاهش بازارپسندی به محصول خسارت می‌زند. کنترل این آفت در اکثر نقاط دنیا با استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی صورت می‌گیرد. در این تحقیق اثر آفت‌کش‌های ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات روی لاروهای سن دوم پروانه‌ی مینوز برگ گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های زیست‌سنجی به روش غوطه ورکردن برگ و در دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی در آزمایشگاه انجام شد و مرگ و میر آن‌ها بعد از ۲۴ ساعت ثبت گردید. همچنین اثرات زیرکشنده غلظت LC_{30} ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات روی برخی از فراسنجه‌های زیستی آفت مورد مطالعه قرار گرفت. مقادیر LC_{50} برای امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب به ترتیب 0.11 و $3/88$ میلی گرم ماده موثر بر لیتر محاسبه شد. نتایج زیست‌سنجی‌ها نشان دهنده کارایی بیشتر امامکتین بنزوات نسبت به ایندوکساکارب روی لارو سن دو مینوز گوجه‌فرنگی بود. نتایج نشان داد که غلظت LC_{30} هر دو حشره‌کش فراسنجه‌های طول عمر، باروری، وزن شفیرگی و طول دوره لاروی و شفیرگی را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار می‌دهد. میانگین باروری در شاهد، ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات به ترتیب $132/2$ ، $52/7$ و $23/9$ تخم بود. بطور کلی امامکتین بنزوات هم از نظر کشندگی و هم زیرکشنده‌ی پتانسیل خوبی در کنترل مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آورمکتین‌ها، اکسادیازین، زیست‌سنجی، فراسنجه زیستی، مینوز برگ گوجه‌فرنگی.

جدی برای مزارع و گلخانه‌های کشت گوجه‌فرنگی

مطرح شده است (فرا ۲۰۰۹). این آفت برای ایران جزو

آفات قرنطینه‌ای بود اما در آذرماه سال ۸۹ از ارومیه

جمع‌آوری شده و تا خرداد ماه ۱۳۹۰ در ۲۰ منطقه

مختلف در ایران شناسایی گردید (بنی عامری و

چراغیان ۲۰۱۱). آفات قرنطینه‌ای معمولاً در مرحله‌ی

ابتدایی ورود به یک منطقه‌ی جدید در غیاب عوامل

کنترل زیستی توانایی بالایی خسارت زایی دارند

مقدمه

پروانه‌ی مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick))

متعلق به خانواده Gelechiidae که بیشتر به گیاهان

تیره Solanaceae خسارت وارد می‌کند. این آفت که

بومی آمریکای جنوبی است در سال ۲۰۰۶ از اسپانیا

گزارش شده است که به سرعت به سایر کشورهای

اروپایی و مدیترانه‌ای انتشار یافته و به عنوان آفت

شکارگرها و پارازیتوئیدها به ویژه مراحل نابالغ آنها، در مقابسه با آفات اثر کمتری دارد (ای پی آ ۲۰۰۰). امامکتین بنزوات^۲ از گروه آورمکتین‌ها می‌باشد و از اکتینومایست^۳ خاکزی با نام علمی *Stereptomyces avermitilis* بدست می‌آید (بورگ و همکاران ۱۹۷۹). آورمکتین‌ها به بخش‌های مختلف از جمله گیرنده‌های گلوتامات و گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA) در کانال‌های یون کلر سیستم عصبی حشرات متصل می‌شوند (جانسون و همکاران ۱۹۹۷). امامکتین بنزوات یک سم گوارشی است، اگرچه تاثیر تماسی نیز دارد. این حشره‌کش علیه کنه‌ها و مینوزها استفاده شده است (وینگ و همکاران ۲۰۰۰). این ترکیبات سازگار با محیط زیست بوده و نحوه‌ی اثر جدیدی دارند و در مقایسه با حشره‌کش‌های سنتی رایج، برای پستانداران و دشمنان طبیعی امن‌تر هستند. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات کشندگی و زیر کشندگی امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی *T. absoluta* می‌باشد تا در صورت موفقیت در نحوه عملکرد، در مطالعات مزرعه-ای استفاده گردند.

مواد و روش‌ها

پرورش مینوز برگ گوجه‌فرنگی *T. absoluta*

جمعیت صحرایی حشرات از مزارع سم پاشی نشده‌ی گوجه‌فرنگی شهرستان میانه در سال ۱۳۹۲ جمع آوری شده و به آزمایشگاه گروه گیاه پزشکی دانشگاه مراغه منتقل گردید. پرورش حشرات در اتاقک رشد در دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام گرفت. از برگ تازه و سمپاشی نشده گوجه‌فرنگی برای تغذیه‌ی حشرات استفاده شد. حشرات تا سه نسل در آزمایشگاه پرورش داده شدند و از لارو سن دو نسل سوم برای آزمایش‌ها استفاده گردید.

(بارینتوس و همکاران ۱۹۹۸). این حشره نیز با ورود به ایران به یک آفت کلیدی و خسارت‌زا در مزارع گوجه‌فرنگی تبدیل شد (بنی عامری و چراغیان ۲۰۱۱). مینوز گوجه‌فرنگی حشره‌ای چند نسلی و فاقد دیاپوز اجباری می‌باشد که دوره‌ی رشد و نمو آن با توجه به شرایط محیطی، متغیر است (سانینو و اسپینوسا ۲۰۱۰). مراحل مختلف رشدی گیاه گوجه‌فرنگی توسط این آفت دچار خسارت می‌شود. ماده‌های این حشره بیشتر سطح برگ‌ها را برای تخم‌گذاری ترجیح می‌دهد. لاروها بعد از ظهور، از بافت پارانشیم برگ و قسمت‌های نازک ساقه تغذیه می‌کنند (به ویژه جوانه‌های انتهایی). این آفت علاوه بر برگ، از میوه‌های رسیده و نارس نیز تغذیه کرده و باعث بد شکلی میوه‌ها، توقف رشد جوانه‌های انتهایی و کاهش شدید سطح سبز برگ می‌شود (تورس و همکاران ۲۰۰۱). کنترل این آفت در اکثر نقاط دنیا با استفاده از حشره‌کش‌ها صورت می‌گیرد. به علت اینکه گوجه‌فرنگی مصرف تازه خوری دارد بایستی از آفت‌کش‌هایی استفاده گردد که دوام کمتر و اثرات سوء کمتری روی سلامتی انسان داشته باشند. بر همین مبنا استفاده از ترکیبات زیست سازگار و سازگار با برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات می‌تواند راهکار مناسبی باشد. در ایران بر اساس دستورالعمل کمیته فنی شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی صادره از سازمان حفظ نباتات کشور، حشره‌کش‌های اسپاینوسد و ایندوکساکارب^۱ توصیه شده‌اند (بی نام ۱۳۹۰). ایندوکساکارب، حشره‌کشی غیرسیستمیک با خاصیت تماسی و گوارشی از گروه اکسادیازین است به طور انتخابی آفات راسته پروانه‌ها را مورد هدف قرار می‌دهد و در کنترل طغیان توتا موثر است (فرا ۲۰۰۹؛ وکیل و همکاران ۲۰۰۹). ایندوکساکارب از طریق کوتیکول یا سیستم گوارشی وارد بدن حشره می‌شود و کانال‌های سدیم را در سیستم‌های عصبی مسدود می‌نماید (ای پی آ ۲۰۰۰). این حشره کش روی بیشتر

²Emamectin benzoate

³Actinomycet

¹Indoxacarb

حشره‌کش‌های مورد استفاده

- ۱- امامکتین بنزوات (Proclaim® 5SG) ساخت شرکت Syngenta کشور سوئیس.
- ۲- ایندوکساکارب (Avaunt® 15 SC) ساخت شرکت DuPont کشور فرانسه.

زیست‌سنجی حشره‌کش‌ها

به دلیل ماهیت حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب که بیشتر از طریق گوارشی و تماسی موثر هستند، زیست‌سنجی‌ها به روش قرار دادن حشرات در معرض برگ‌های تیمار شده انجام شد. ابتدا با چند آزمایش مقدماتی، محدوده‌ی بالا و پایین غلظت‌های سمی محاسبه گردید. سپس آزمایش اصلی با استفاده از حداقل پنج غلظت برمبنای فاصله‌ی لگاریتمی انجام گرفت. برای امامکتین بنزوات پنج غلظت (۲۰، ۹/۵، ۴/۵، ۲، ۱ پی‌پی‌ام) بر مبنای ماده فرموله شده و برای ایندوکساکارب پنج غلظت (۱۰۰، ۶۷/۶۰، ۴۵/۷۰، ۳۰/۸۹، ۲۰/۸۸ پی‌پی‌ام) استفاده شد. پس از تهیه‌ی غلظت‌های مورد نظر، برگ‌های گوجه‌فرنگی به مدت پنج ثانیه در هر غلظت فرو برده شده و جهت خشک شدن به مدت یک ساعت روی سکوی آزمایشگاه قرار داده شدند. برای شاهد، برگ‌ها به مدت پنج ثانیه در آب مقطر فرو برده شدند. از توین ۸۰ به عنوان خیس‌کننده با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام استفاده شد. برای هر تکرار تعداد ۱۰ عدد لارو سن ۲ (با عمر زیر ۲۴ ساعت) در داخل ظروف پتری (به قطر ۹ سانتی‌متر) قرار داده شدند. دور تا دور ظروف پتری با پارافیلیم پوشانده شد تا از فرار لاروها جلوگیری شود. ظروف پتری در داخل اتاق رشد در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند. مرگ و میر لاروها پس از ۲۴ ساعت یادداشت گردید. لاروهای بی‌حرکتی که به تحریک بوسیله قلم موی ظریف واکنشی نشان ندادند مرده محسوب شدند. آزمایشات زیست‌سنجی سه بار تکرار گردید.

آزمایش‌های زیرکشنده‌گی

برای بررسی اثر زیرکشنده‌گی حشره‌کش‌ها روی برخی از فراسنجه‌های زیستی همچون باروری، طول عمر و تفریح تخم‌های پروانه‌ی مینوز برگ‌گوجه‌فرنگی از غلظت‌کشنده‌ی LC₃₀ حشره‌کش‌ها استفاده شد. پس از تهیه غلظت‌ها، برگ‌ها به این غلظت‌ها آغشته شدند. پس از خشک شدن برگ‌ها تعداد ۱۰۰ عدد لارو سن دوم (با عمر زیر ۲۴ ساعت) در شش عدد پتری روی برگ‌ها انتقال داده شدند. پتری‌ها به اتاق رشد با شرایط پیش‌گفته منتقل گردیدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت لاروهای زنده مانده به روی برگ‌های سالم انتقال داده شدند. لاروهای تیمار شده تا زمان شفیره شدن روی برگ‌گوجه‌فرنگی و در اتاق رشد نگهداری شدند. طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی و وزن شفیره‌ها برای تیمارهای ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات ثبت گردید. برای اندازه‌گیری باروری حشرات کامل، حشرات نر و ماده ظاهر شده، جمع‌آوری شده و به صورت یک جفت نر و ماده در داخل ظروف پلاستیکی مستطیلی به ابعاد ۷×۱۵ سانتی‌متر نگهداری شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده و درصد تفریح آنها برای هر ماده تا زمان مرگ به صورت روزانه ثبت شد تا در محاسبه زادآوری و باروری مورد استفاده قرار گیرند. طول عمر حشرات کامل نر و ماده هم به طور جداگانه یادداشت گردید. برای تغذیه حشرات کامل از آب عسل ۱۰ درصد استفاده شد.

آنالیز داده‌ها

تجزیه‌ی داده‌های زیست‌سنجی با استفاده از آنالیز Probit در نرم افزار SAS انجام گردید (SAS Institute 2002). آزمایشات زیرکشنده‌گی در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی طراحی گردید. آنالیز واریانس و مقایسه داده‌های مربوط به فراسنجه‌های بیولوژیکی هم با استفاده از نرم افزار SAS انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد (SAS Institute 2002). با عنایت به نرمال بودن داده‌ها

تبدیل داده صورت نگرفت. برای رسم نمودارها، برنامه Excel مورد استفاده قرار گرفت.

دارد (جدول ۱). بر مبنای محدوده ی اطمینان مقادیر LC_{50} کارایی امامکتین بنزوات بطور معنی داری بیش از ایندوکساکارب بود.

نتایج

نتایج نشان داد که حشره کش امامکتین بنزوات، LC_{50} پایین تری در مقابل مینوز برگ گوجه فرنگی

جدول ۱- نتایج زیست سنجی حشره کش های امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی لاروسن دو مینوز برگ گوجه فرنگی، *Tuta absoluta*

| غلظت های کشندگی ($\mu\text{g a.i./ml}$) | | | شیب خط | تعداد | حشره کش |
|---|----------------------|----------------------|-----------|-------|-----------------|
| LC_{90} (95%FL) | LC_{50} (95%FL) | LC_{30} (95%FL) | | | |
| ۰/۴۶۹ (۰/۳۲۳-۰/۸۷۶) | ۰/۱۱ (۰/۰۷-۰/۱۴۳) | ۰/۰۵۸ (۰/۰۳۲-۰/۰۸۳) | ۱/۹۹±۰/۳۲ | ۱۸۰ | امامکتین بنزوات |
| ۱۱/۲۷ (۸/۷۴-۱۸/۴۵) | ۳/۸۸ (۲/۶۸-۴/۸۲) | ۲/۴۶ (۱/۳۶-۳/۳۸) | ۲/۷۶±۰/۵۵ | ۱۸۰ | ایندوکساکارب |

اثرات زیر کشندگی

دو حشره کش، طول دوره ی لاروی ($P < ۰/۰۰۰۱$)، $df=۲$ و شفیگیری ($F=۱۹۷۸/۱$)، $P < ۰/۰۰۰۱$ ، $df=۲$ را افزایش و وزن شفیره های ($F=۴۳۶/۵$)، $P < ۰/۰۰۰۱$ ، $df=۲$ پروانه ی مینوز برگ گوجه فرنگی را کاهش می دهند. با این توضیح که اثر امامکتین بنزوات روی این عوامل بیشتر بود.

اثرات زیر کشندگی غلظت LC_{30} امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی طول دوره لاروی، شفیگیری و وزن شفیره های پروانه ی مینوز برگ گوجه فرنگی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که هر

جدول ۲- اثرات زیر کشندگی غلظت LC_{30} امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی طول دوره ی لاروی و شفیگیری و وزن شفیره ی مینوز برگ گوجه فرنگی.

| حشره کش | خطای معیار ± طول دوره ی لاروی (روز) | خطای معیار ± طول دوره ی شفیگیری (روز) | خطای معیار ± وزن شفیره ی (روز) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| امامکتین بنزوات | ۱۵/۱۰ ± ۰/۰۹ c | ۱۶/۵۱ ± ۰/۰۹ c | ۱/۱۳ ± ۰/۰۵ c |
| ایندوکساکارب | ۱۳/۵۲ ± ۰/۰۴ b | ۱۴/۶۰ ± ۰/۰۶ b | ۱/۸۴ ± ۰/۰۲ b |
| شاهد | ۱۱/۴۴ ± ۰/۰۳ a | ۱۱/۷۰ ± ۰/۰۴ a | ۳/۰۳ ± ۰/۰۳ a |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در بین تیمارها است (LSD; $P < 0.05$).

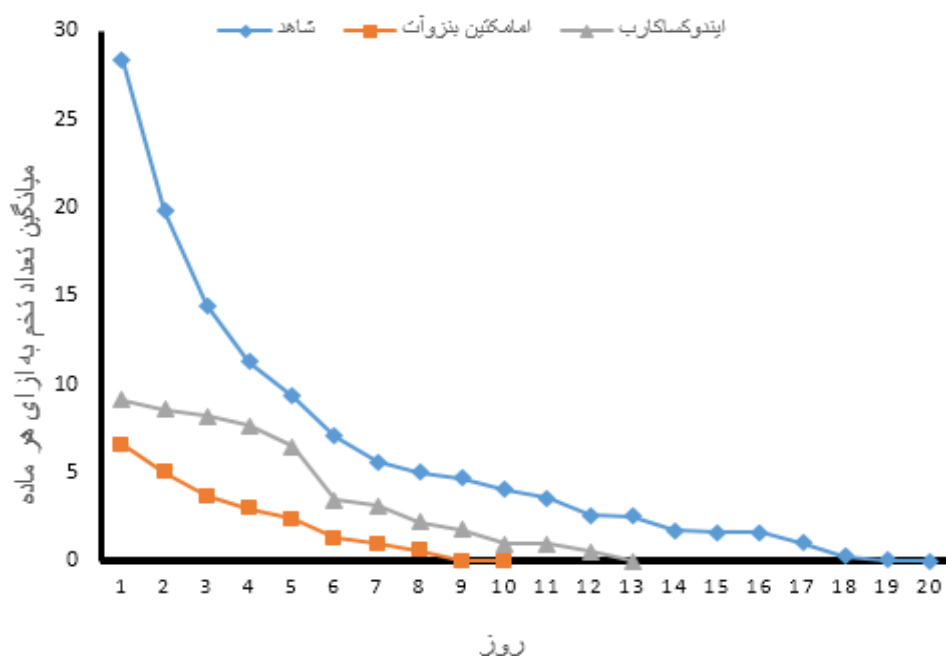
جدول ۳- اثرات زیر کشندگی LC_{30} حشره کش های امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی برخی فراسنجه های زیستی مینوز برگ گوجه فرنگی.

| حشره کش | خطای معیار ± طول عمر حشرات ماده (روز) | خطای معیار ± طول عمر حشرات نر (روز) | خطای معیار ± میانگین زادآوری | خطای معیار ± میانگین باروری |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| امامکتین بنزوات | ۸/۹۳ ± ۰/۲۰ c | ۱۸/۰۷ ± ۰/۲۳ c | ۲۳/۹۴ ± ۰/۵۹ c | ۲۰/۱۱ ± ۰/۶۴ c |
| ایندوکساکارب | ۱۳/۵۲ ± ۰/۰۸ b | ۲۲/۳۸ ± ۰/۰۹ b | ۵۲/۷۰ ± ۰/۵۶ b | ۳۴/۷۶ ± ۰/۵۳ b |
| شاهد | ۱۷/۷۰ ± ۰/۱۷ a | ۳۲/۵۰ ± ۰/۱۸ a | ۱۳۲/۲۴ ± ۰/۸۵ a | ۸۵/۲۵ ± ۰/۹۱ a |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در بین تیمارها است (LSD; $P < 0.05$).

اثر زیرکشندگی LC_{30} امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب روی طول عمر حشرات نر و ماده، باروری و زادآوری حشرات کامل پروانه ی مینوز برگ گوجه‌فرنگی در جدول ۳ نشان داده شده است. امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب میانگین تعداد تخم زادآوری را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش دادند. امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب میانگین طول عمر حشرات نر و ماده و ظرفیت باروری را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند. ($P < 0.0001$)، ($F = 836/9$ ، $df = 2$ ، $P < 0.0001$)، ($P < 0.0001$)، ($F = 751/8$ ، $df = 2$)، طول عمر حشرات نر، ($P < 0.0001$)، ($F = 265/4$ ، $df = 2$)، طول عمر حشرات ماده، ($P < 0.0001$)، میانگین تخم‌گذاری حشرات ماده در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در همه‌ی تیمارها، بیشترین تخم‌گذاری در روزهای اول تا پنجم صورت گرفته است و میزان تخم‌گذاری ماده‌های شاهد بیشتر از ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات می‌باشد.

اثر حشره‌کش‌های ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات روی مینوز برگ گوجه‌فرنگی حاصل از لاروهای تیمارنشده و تیمار شده با ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد، بیشترین تخم‌گذاری در روزهای اول تا پنجم صورت گرفته است و میزان تخم‌گذاری ماده‌های تیمار شده با ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات کمتر از تیمار شاهد است. ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد، میانگین تعداد تخم زادآوری را کاهش دادند. امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب میانگین طول عمر حشرات نر و ماده و ظرفیت باروری را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند. ($P < 0.0001$)، ($F = 836/9$ ، $df = 2$ ، $P < 0.0001$)، ($P < 0.0001$)، ($F = 751/8$ ، $df = 2$)، طول عمر حشرات نر، ($P < 0.0001$)، ($F = 265/4$ ، $df = 2$)، طول عمر حشرات ماده، ($P < 0.0001$)، میانگین تخم‌گذاری حشرات ماده در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در تیمارها، بیشترین تخم‌گذاری در روزهای اول تا پنجم صورت گرفته است و میزان تخم‌گذاری ماده‌های تیمار شده با ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات کمتر از تیمار شاهد است.



شکل ۱- روند تخم‌گذاری حشرات کامل مینوز برگ گوجه‌فرنگی حاصل از لاروهای تیمارنشده و تیمار شده با ایندوکساکارب و امامکتین بنزوات.

بحث

شرایط گلخانه‌ای بسیار موثر بود و اثرات آن برای ۲۱-۱۴ روز بعد از کاربرد دز مزرعه‌ای همچنان ادامه داشت. همچنین بیان کردند در شرایط مزرعه‌ای نیز این فرمولاسیون روی آفات، *H. zea* و *S. exigua* روی گوجه فرنگی اثرات عالی دارد.

دو حشره‌کش امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب تاثیر خوبی روی مینوز برگ گوجه‌فرنگی نشان دادند. جانسون و همکاران (۱۹۹۶) کارایی امامکتین بنزوات را در کنترل آفات پروانه‌ای در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که این ترکیب در کنترل دو آفت بال‌پولکدار مهم و اقتصادی در *Helicoverpa armigera* و *Spodoptera exigua*

همچنین کاهش ظرفیت تولید مثلی، طول عمر و وزن شفیرگی را به همراه داشته و نتایج منفی در دینامیسم جمعیت حشره را به دنبال دارد (پیندا و همکاران ۲۰۰۷). لوپز و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر امامکتین بنزوات بر روی مرگ و میر، تغذیه و تولید مثل *H. zea* مورد بررسی قرار دادند، طبق آزمایشات آن‌ها میزان LC_{50} پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، برای حشرات نرگرفته شده با تله فرمونی که با محلول امامکتین و شکر ۲/۵ مولار تغذیه شده بودند به ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۰/۴۶ و ۰/۱۸ پی پی ام بود.

لیکسیا و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثرات زیرکشندهی امامکتین بنزوات را روی نشو و نماي *H. armigera* مورد بررسی قرار دادند. زمانی که لاروهای سن ۳ کرم غوزه‌ی پنبه در معرض غلظت LC_{25} امامکتین بنزوات قرار گرفتند نرخ خالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت به ترتیب از ۳۸۵/۶۰، ۰/۲۱ و ۱/۲۱ به ۹۱/۸۶، ۰/۱۵ و ۱/۱۶ کاهش یافت و میانگین زمانی یک نسل و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت نیز به ترتیب از ۲۸/۲۴ و ۳/۲۹ روز به ۲۹/۹۳ و ۴/۶۴ روز به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی نتایج نشان داد که امامکتین بنزوات اثرات منفی روی نشو و نماي کرم غوزه‌ی پنبه داشت.

در مطالعه حاضر نیز همین موضوع اثبات شد و حشره‌کش‌های امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب نیز باعث افزایش طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی و کاهش طول عمر و وزن شفیرگی و کاهش ظرفیت باروری شدند. این مطالعه نشان داد که اثرات کشندهی همراه با اثرات زیرکشندهی امامکتین بنزوات و ایندوکساکارب، می‌تواند اثرات منفی بر روی دینامیسم جمعیت *T. absoluta* داشته باشد. دان بار و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که امامکتین بنزوات بر روی طیف وسیعی از بندپایان مفید انتخابیت اکولوژیک داشته و با برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات سازگاری دارد.

رودیتاکیس و همکاران (۲۰۱۳) اثر حشره‌کش‌های فلوبندیامید^۱، کلرانترانیلی پرول^۲، امامکتین بنزوات، اسپینوسد، متاافلومیزون^۳، ایندوکساکارب، کلرپایریفوس^۴ و سایپرمتترین^۵ را روی لارو سن ۲ مینوز برگ گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند و میزان مرگ و میر لاروها را بعد از ۷۲ ساعت ثبت کردند. مقدار LC_{50} بدست آمده به ترتیب ۱/۳۱ - ۰/۳۱، ۰/۵۳ - ۰/۱۲، ۰/۲۶ - ۰/۰۸، ۱۵۸/۵ - ۳۱/۸، ۱۷/۵ - ۱/۷۳، ۲۰۳۸ - ۵۳۰، $۱۷۴۹ - ۴۷۵ \text{ mg L}^{-1}$ بود. هادی (۲۰۱۲) اثر حشره‌کش ایندوکساکارب را به روش غوطه ورسازی برگ در محلول سمی روی شش سویه از مینوز برگ گوجه‌فرنگی بررسی کرد و LC_{50} نژادهای Pachino، Caivano، Freddo، Vittoria، Marsala و Salerno را به ترتیب ۲/۲۱، ۷/۳۵، ۷/۳۷، ۰/۹۸، ۲/۲۹ و ۰/۹۴ پی پی ام به دست آورد.

بروالت و همکاران (۲۰۰۹) فعالیت اولیه و پایداری امامکتین بنزوات، اندوسولفان^۶، پروفنوفوس^۷، سایپرمتترین، ایندوکساکارب و اسپینوسد را به روش انتقال لاروها به روی دیسک‌های برگ‌ی سم پاشی شده با دز مزرع‌ای، برای کنترل کرم غوزه‌ی پنبه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که امامکتین بنزوات، ایندوکساکارب، تیودیکارب^۸ و اندوسولفان فعالیت اولیه بالایی در برابر کرم غوزه‌ی پنبه دارند. دز مزرع‌ای استفاده شده در این آزمایش برای تیمار امامکتین بنزوات ۱۰ گرم ماده موثره بر هکتار بود. همچنین در این مطالعه اثرات زیرکشندهی نیز به دلیل ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری احتمالی در موجودات زنده بررسی شد (هینی و ماهر ۲۰۰۳) و

¹Flubendiamide

²Chlorantraniliprole

³Metaflumizone

⁴Chlorpyrifos

⁵Cypermethrin

⁶Endosulfan

⁷Prophenofus

⁸Thiodicarb

حشره برخوردار بود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که امامکتین بنزوات پتانسیل بالاتری برای کنترل لاروهای *T. absoluta* در ایران دارد. با عنایت به نتایج حاضر، ارزیابی نهایی پتانسیل ترکیبات شیمیایی با مطالعات تکمیلی مزرعه‌ای توصیه می‌گردد و در صورت تایید نتایج آزمایشگاهی امامکتین بنزوات گزینه بسیار خوبی برای کنترل مینوز برگ گوجه فرنگی خواهد بود.

بر طبق مطالعات مقایسه‌ای، حشره‌کش‌های زیست‌سازگار از جمله امامکتین بنزوات در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی مثل ایندوکساکارب اثر بیشتری در کنترل لاروهای *H. armigera* و *T. absoluta* داشته است (حمدی و السید ۲۰۱۳). در مطالعه حاضر نیز، در مقایسه بین دو حشره‌کش، امامکتین بنزوات بر روی لاروهای *T. absoluta* از سمیت بالاتر و خاصیت تاثیرگذاری بیشتری در مقایسه با ایندوکساکارب در کلیه‌ی مراحل زیستی

منابع

- بی‌نام. ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی، جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۵۸ ص
- Baniameri V and Cheraghian A, 2011. The current status of *Tuta absoluta* in Iran and initial control strategies. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on Management of *Tuta absoluta* (tomato borer, Lepidoptera: Gelechiidae) in collaboration with the IRAC and IBMA. November 16-18, 2011, Agadir, Morocco. p: 20
- Barrientos R, Norero JAA and Estay P, 1998. Temperatura base y constant termica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Ciencia e Investigacion Agraria 25(3): 133-137.
- Brevault T, Oumarou Y, Achaleke J, Vaissayre M and Nibouche S, 2009. Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton crops. Crop Protection 28: 401-406.
- Burg RW, Miller BM, Baker EE, Birnbaum J, Currie SA, Hartman R, Yu-Lin Kong, Monaghan RL, Olson G, Putter I, Tunac JB, Wallick H, Stapley EO, Oiwa R and Omura S, 1979. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. Antimicrobial Agents Chemotherapy 15: 361-367.
- Dunbar DM, Lawson DS, White SM and Ngo N, 1998. Emamectin benzoate: Control of the Heliothine complex and impact on beneficial arthropods. Proceedings of Beltwide Cotton Conferences National Cotton Council 2: 1116-1119.
- EPA, 2000. Pesticide Fact Sheet: Name of Chemical: Indoxacarb. Issued October 30, 2000. Environmental Protection Agency, Washington, D. C.
- FERA. 2009. South American tomato moth *Tuta absoluta*. Food and Environment Research Agency, Department for Environment Food and Rural Affairs. Plant Pest Notice 56. Available at: www.ndefre.gov.uk/fera
- Haddi, K. 2012. Studies on insecticide resistance in *Tuta absoluta* (Meyrick), with special emphasis on characterisation of two target site mechanism. International Ph.D. Programme In Entomological Sciences and Protection of Agro-Ecosystem Cycle XXIV. 146pp.
- Hamdy HEM and El-Sayed W, 2013. Efficacy of bio-and chemical insecticides in the control of *Tuta absoluta* (Meyrick) and *Helicoverpa armigera* (Hubner) infesting tomato plants. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7(2): 943-948.
- Hynes RV and Maher WA, 2003. Invertebrate biomarkers; links to toxicosis that predict population decline. Ecotoxicology and Environmental Safety 54: 366-374.

- Jansson RK, Brown R, Cartwright B, Cox D, Dunbar DM, Dybas RA, Eckel C, Lasota JA, Mookerjee PK, Norton JA, Peterson RF, Starner VR and White S, 1997. Emamectin benzoate: a novel avermectin derivative for control of lepidopterous pests. In: Proceeding of the Third International Workshop. The management of diamondback moth and other crucifer pests, November 1996, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 171-177.
- Jansson RK, Peterson RF, Halliday WR, Mookerjee, PK and Dybas RA, 1996. Efficacy of solid formulations of emamectin benzoate at controlling lepidopterous pests. Florida Entomologist 79(3): 434-449.
- Lixia D, Changhui R and Xiaowei T, 2011. Effect of sublethal dose of emamectin benzoate on growth and development of *Helicoverpa armigera* (Hübner). Acta Phytophylacica Sinica. 38(6): 530-544.
- Lopez JD, Latheef MA and Hoffmann WC, 2010. Effect of emamectin benzoate on mortality, proboscis extension, gustation and reproduction of the corn earworm, *Helicoverpa zea*. Journal of Insect Science 10(89): 1-16.
- Pineda S, Schneider M, Smaghe G, Martinez AN, 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.
- Roditakis E, Skarmoutsou C, Staurakaki M, Mart´inez-Aguirre MR, Garc´ı Vidal L and Bielza P, 2013. Determination of baseline susceptibility of European populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) to indoxacarb and chlorantraniliprole using a novel dip bioassay method. Pest Management Science 69(2): 217-227.
- Sannino L and Espinosa B. (eds.), 2010. *Tuta absoluta*. Guida alla conoscenza e recenti acquisizioni per una corretta difesa. L'Informatore Agrario. 46/2010. Suppl. 1, 113 pp.
- SAS Institute, 2002. SAS/STAT user's guide, release 9.0. SAS Institute, Carey, NC.
- Torres JB, Faria CA, Evangelista WS and Pratisoli D, 2001. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. International Journal of Pest Management 47:173-178.
- Wakil W, Ashfaq M, Ghazanfar MU, Afzal M and Riasat T, 2009. Integrated management of *Helicoverpa armigera* in chickpea in rainfed areas of Punjab, Pakistan. Phytoparasitica 37:415-420.
- Wing KD, Sacher M, Kagaya Y, Tsurubuchi Y, Mulderig L, Connair M and Schnee M, 2000. Bioactivation and mode of action of the oxidiazine indoxacarb in insects. Crop Protection 19: 537-545.

Effect of Emamectin Benzoate and Indoxacarb on Tomato Leaf Minor, *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) in Laboratory Conditions

M Esmaily¹, M Saber^{2*}, M Bagheri³ and Gh H Gharekhani³

¹MSc Student of Agricultural Entomology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

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

³Associate Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

*Corresponding author: E-mail: moosaber@gmail.com

Received: 25 Apr 2015

Accepted: 14 Aug 2015

Abstract

Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick is one of the most destructive pests of tomato in the world. In Iran, it was reported for the first time in 2010 from West Azerbaijan province. The pest feeds on foliage of the host plant and causes damages by reducing plant growth, creating galleries in leaves, making damage on fruits and reducing the marketable quality of the yield. Chemical method is the main measure for controlling the pest in the most parts of the world. In current study, the effects of indoxacarb and emamectin benzoate were studied against 2nd larval instar of tomato leaf miner. Rearing of the pest was carried out at 25±1 °C, 65±5% RH and a photoperiod of 16:8 (L: D) h. Bioassays were done on the larvae by leaf dipping method. Each concentration included three replications and there were 10 larvae for each replication. Treatments consisted of five concentrations for each pesticide and one for control. Insect mortality was recorded 24 h after initial exposure. In addition, sublethal effects of emamectin benzoate and indoxacarb were studied on some of biological parameters of the pest. LC₅₀ values for emamectin benzoate and indoxacarb were 2.13 and 25.87 mg/L, respectively. Emamectin benzoate was more effective against 2nd instars larvae compared to indoxacarb. The sublethal effect study results showed that emamectin and indoxacarb reduced longevity, fecundity and pupal weight and increased larval and pupal periods. Overall, the results showed that emamectin benzoate has high potential for controlling tomato leaf miner.

Keywords: Avermectines, Bioassay, Biological parameters, Oxadiazine, Tomato leaf minor.