

مقایسه‌ی تاثیر حشره کش‌های کلرانترانیلی پرول، اسپیروتترامات، دی‌متوات و دیازینون روی مگس مینوز سبزی و جالیز (*Liriomyza sativae*) در شرایط گلخانه

فاطمه گرایلی مرادی* و میرجلیل حجازی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۳۰

چکیده

مگس مینوز سبزی و جالیز، (*Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae)، از نظر اقتصادی یکی از مهم‌ترین آفات محصولات کشاورزی از جمله سبزی و زینتی می‌باشد. لاروهای این حشره از مزوفیل برگ تغذیه کرده و موجب کاهش فتوسنتز و محصول می‌شوند. شناسایی حشره‌کش‌هایی با کارایی موثر و در عین حال انتخاب یک روش تیمار مناسب می‌تواند در مدیریت این آفت اهمیت بسیاری داشته باشد. در این پژوهش، تاثیر حشره‌کشی کلرانترانیلی پرول، اسپیروتترامات، دی‌متوات و دیازینون روی لاروهای سن اول حشره‌ی *L. sativae* مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در شرایط گلخانه‌ای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی انجام شدند. آزمایش‌های اولیه برای مقایسه‌ی تاثیر حشره‌کشی تیمار برگ و ریشه‌ی هر یک از حشره-کش‌ها انجام شد. برای تیمار برگ از شیوه‌ی غوطه‌ور کردن برگ استفاده شد و برای تیمار خاک نیز مقدار مشخصی از محلول حشره‌کش در داخل خاک هر گلدان ریخته شد. تخمین غلظت‌های کشنده برای تیمارهایی که دارای بیشترین تاثیر حشره‌کشی بودند، انجام شد. نتایج نشان دادند که تنها تیمار خاک دی‌متوات ($LC_{50} : 53/73 \text{ mg ai L}^{-1}$) موثرتر از تیمار برگ ($LC_{50} : 162/91 \text{ mg ai L}^{-1}$) آن بود. مقادیر LC_{50} برای تیمار برگ کلرانترانیلی پرول، اسپیروتترامات و دیازینون به ترتیب $0/24$ ، $6/11$ و $53/72$ میلی گرم ماده موثر بر لیتر بودند. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از زیست‌سنجی‌ها، تیمار برگ گیاهان با حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول و اسپیروتترامات و تیمار خاک گیاهان با حشره‌کش دی‌متوات به عنوان حشره‌کش‌هایی موثر و روش‌های تیمار مناسب برای کنترل این آفت پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش‌های سیستمیک، تیمار برگ، تیمار خاک، *Liriomyza sativae*

* نویسنده مسئول: f.graily@tabrizu.ac.ir

مقدمه

اصطلاح سیستمیک برای یک ماده‌ی شیمیایی زمانی به کار می‌رود که آن ماده به اندازه‌ی کافی قابل حل در چربی باشد تا بتواند از طریق کوتیکول گیاه جذب شود و در عین حال، به اندازه‌ی کافی در آب قابل حل باشد تا بتواند از طریق شیره‌ی گیاهی به نواحی تیمار نشده‌ی گیاه حرکت کند (Bennett, 1957). حشره‌کش‌های سیستمیک دارای مزیت‌های زیادی هستند که موجب کاربرد فراوان آن‌ها در کشاورزی و حفاظت از گیاهان شده است. در این قبیل از حشره‌کش‌ها، جذب در گیاه از ماده‌ی موثر حشره‌کش در برابر باران و اشعه‌ی فرابنفش خورشید محافظت می‌کند و دوره‌ی حفاظتی طولانی‌تری را در گیاه فراهم می‌کند (Van Timmeren et al., 2011).

کلرانترانیلی پرول^۲ یک حشره‌کش سیستمیک جدید از گروه آنترانیلیک دی‌آمید^۳ با نحوه عمل بسیار خاص و جدید می‌باشد (شکل ۱-ا). کلرانترانیلی پرول با اتصال به گیرنده‌ی ریانودین^۴ موجب تحریک رهاسازی ذخایر کلسیم از شبکه‌ی سارکوپلاسمی سلول‌های ماهیچه می‌شود و در نتیجه، موجب فلج شدن و در نهایت مرگ گونه‌های حساس می‌شود. کلرانترانیلی پرول باید در مرحله‌ی حساس حشره، به طور معمول در زمان تفریح تخم و یا لاروهای تازه تفریح شده به کار رود (Dinter et al., 2009).

اسپیروتترامات^۵، یک حشره‌کش سیستمیک از مشتقات اسید تترامیک^۶ می‌باشد (شکل ۱-ب). اسپروتترامات مشابه با مشتقات اسید تترونیک (اسپیرودیکلوفن و اسپیرومسیفن) بازدارنده‌ی تولید لیپید است. به دلیل نحوه‌ی عمل اسپروتترامات، به طور ویژه روی مراحل جوانی آفات مکنده تاثیر می‌گذارد. در مورد حشرات بالغ ماده، این ترکیب به طور قابل توجهی باروری و زادآوری را کاهش می‌دهد و در نتیجه جمعیت حشرات کاهش می‌یابد (Nauen et al., 2008).

مگس‌های مینوز جنس *Liriomyza* از آفات مهم انواع محصولات کشاورزی از جمله سبزی و زینتی می‌باشند (Petitt, 1990). جنس *Liriomyza* دارای بیش از ۳۰۰ گونه است و مگس مینوز سبزی و جالیز، *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) از مهم‌ترین گونه‌های این جنس محسوب می‌شود. گونه‌ی *L. sativae* اولین بار در سال ۱۹۳۸ از آرژانتین گزارش شد و در بیشتر نقاط جهان به خصوص در مناطق گرمسیری دیده می‌شود (Parrella, 1987). در ایران این آفت اولین بار در سال ۱۳۷۹ از استان خوزستان گزارش شد (Kalantar Hormozi et al., 2000). خسارت اصلی این حشرات به دلیل تغذیه‌ی لاروها می‌باشد. در واقع، لاروها با ایجاد دالان در بین اپیدرم رو و زیری برگ از مزوفیل برگ تغذیه می‌کند و در تراکم بالا موجب ضعف شدید گیاه و کاهش محصول می‌شوند (Parrella, 1987). مگس مینوز جالیز دارای میزبان‌های زیادی است ولی به نظر می‌رسد که بیشتر گیاهان تیره‌ی کدوئیان، بادنجانیان و بقولات را ترجیح می‌دهد (Capinera, 2001).

اصطلاح "کمپگیشن"^۱ به کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی از جمله: علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و کودها از طریق سامانه‌های آبیاری اطلاق می‌شود (Chalfant and Young, 1982). اولین کاربرد حشره‌کش از طریق سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای مربوط به ایالات متحده بود که توسط گیدیو و اسمیت (Ghidu and Smith, 1980) انجام شد و از آگزمایل کاربامات برای کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت استفاده کردند. با تزریق حشره‌کش به انواع سامانه‌های آبیاری می‌توان مولکول‌های حشره‌کش را به سطح گیاه و یا سطح خاک رساند. بنابراین، داشتن آگاهی کافی درباره‌ی موثر بودن تیمار برگ و یا خاک هر حشره‌کش می‌تواند کارایی این سامانه‌ها را در حفاظت از گیاهان افزایش دهد.

2. Chlorantraniliprole

3. Anthranilic diamide

4. Ryanodine receptor

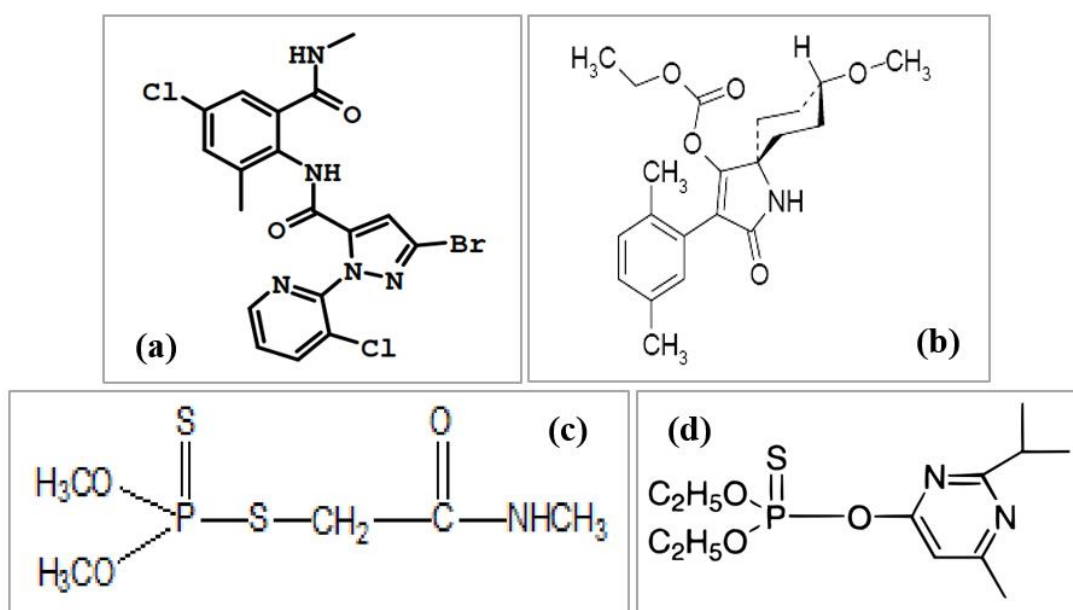
5. Spirotetramat

6. Tetramic acid

1. Chemigation

دiazinon (Diazinon) یک حشره کش و کنه کش با فعالیت تماسی-گوارشی و تنفسی می باشد (شکل ۱-د). Diazinon یک ترکیب فسفره و بازدارندهی آنزیم کولین-استراز می باشد (Nemeth-Konda *et al.*, 2002). Diazinon هم در خاک و هم روی اندامهای هوایی گیاهان مصرف می شود. این حشره کش برای کنترل حشرات جونده، مکنده و کنه ها روی طیف وسیعی از گیاهان قابل استفاده است (Zhang and Pehkonen, 1999; Nemeth-Konda *et al.*, 2002).

دی متوات (Dimethoate) یک حشره کش تماسی-گوارشی و با خاصیت سیستمیک از گروه فسفره می باشد. دی متوات بازدارندهی آنزیم استیل کولین استراز است که در پستانداران، ماهی ها، پرندگان و حشرات وجود دارد (شکل ۱-ج). این ترکیب برای کنترل طیف وسیعی از حشرات از جمله کنه ها، مگس ها، شته ها و زنجرفک های گیاهی به کار می رود. دی متوات دوام کمی در خاک دارد و می تواند برای گیاهان بسیاری از قبیل میوه، سبزی، حبوبات و زینتی به کار رود (Van Scoy *et al.*, 2016).



شکل ۱- ساختار شیمیایی حشره کش های کلرانترانلیپرول (a) (Malhat, 2012)، اسپروتترامات (b) (Salazar-Lopez *et al.*, 2016)، دی متوات (c) (Van Scoy *et al.*, 2016) و دیازینون (d) (Zhang and Pehkonen, 1999).

Figure 1. Chemical structure of chlorantraniliprole (a) (Malhat, 2012), spirotetramat (b) (Salazar-Lopez *et al.*, 2016), dimethoate (c) (Van Scoy *et al.*, 2016) and diazinon (d) (Zhang and Pehkonen, 1999).

مواد و روش ها

حشره کش های مورد آزمایش

در این پژوهش از فرمولاسیون تجاری چهار حشره کش کلرانترانلیپرول، اسپروتترامات، دی متوات و دیازینون برای تیمار برگ و خاک گیاهان لوبیای آلوده به لاروهای *L. sativae* استفاده شد. مشخصات این حشره کش ها در جدول ۱ آورده شده است.

شناسایی حشره کش های موثر و روش های تیمار مناسب می تواند در بهبود مدیریت یک آفت تاثیرگذار باشد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی کارایی تیمار خاک و برگ سه حشره کش سیستمیک کلرانترانلیپرول، اسپروتترامات و دی متوات و حشره کش غیرسیستمیک دیازینون روی لاروهای سن اول حشره *L. sativae* می باشد.

جدول ۱- مشخصات حشره کش‌های مورد آزمایش روی لاروهای *Liriomyza sativae*Table 1. Characteristics of experimental insecticides against *Liriomyza sativae*

Active ingredient	Trade name	Formulation used	Percent of active ingredient	Company name	Recommended concentration (ppm)
Chlorantraniliprole	Coragen®	SC	18.4	Dupont	20-50
Spirotetramat	Movento®	SC	10	Bayer	500-700
Dimethoate	Dimethoat®	EC	40	Aria Chemical	1000-1500
Diazinon	Diazinon®	EC	60	Sadat Mahan	1500-2000

جمعیت حشرات مورد آزمایش

در این پژوهش از جمعیت مگس مینوز سبزی و جالیز، *L. sativae* موجود در گلخانه‌ی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز استفاده شد. جمعیت اولیه‌ی این آفت در سال ۱۳۹۰ از روی علف‌های هرز در مزرعه‌ای واقع در شریف آباد یزد جمع‌آوری شد و چندین نسل در گلخانه پرورش داده شد.

پرورش گیاه میزبان

برای انجام آزمایش و پرورش حشرات از گیاهان لویا چیتی رقم خمین که بذر آن‌ها از مرکز تحقیقات کشاورزی خمین خریداری شده بود، استفاده شد. در ابتدا، بذرها برای ضدعفونی و تحریک جوانه‌زنی داخل آب ژاول پنج درصد به مدت ۱۰ دقیقه خیسانده شدند. سپس، برای جوانه‌زنی، بذرها به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت داخل ظروف پلاستیکی بین دو دستمال مرطوب قرار گرفتند. برای کشت گیاهان از گلدان‌هایی به قطر دهانه‌ی هشت سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای تهیه‌ی بستر کشت گیاهان مخلوطی از خاک، کوکوپیت، پرلیت و شن به نسبت‌های برابر استفاده شد. در هر گلدان دو بذر لویا کاشته شد و پس از کاشت بذر، گلدان‌ها به قفس‌هایی عاری از هر گونه حشره‌ی آفت منتقل و روزانه بر حسب نیاز گیاه آبیاری می‌شدند. این گیاهان در شرایط گلخانه‌ای 26 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی نگهداری شدند. گیاهان پرورش یافته، در مرحله‌ی دو برگگی یعنی حدود

هشت روز بعد از کشت برای انجام آزمایش و یا پرورش حشرات مورد استفاده قرار گرفتند.

پرورش حشرات

برای پرورش حشرات از قفس‌های چوبی پوشیده شده با توری ۸۰ مش به ابعاد ۷۰×۷۰×۶۰ سانتی‌متر (طول×عرض×ارتفاع) استفاده شد. این حشرات نیز در شرایط گلخانه پرورش داده شدند. برای تغذیه و افزایش جمعیت حشرات روزانه حدود ۱۰-۸ گیاه در داخل قفس پرورش حشرات که محتوی حدود ۱۰۰ حشره‌ی کامل بود، قرار می‌گرفت. پس از ۱۲ ساعت، حشرات کامل از سطح گیاهان حذف و گلدان‌ها به قفس دیگری که عاری از مگس مینوز بود، منتقل می‌شدند. هم‌زمان با ظهور لاروهای سن سوم، برگ‌های لویا چیده می‌شد و داخل ظروف پلاستیکی نگهداری می‌شدند. برای حفظ رطوبت برگ‌ها، انتهای دمبرگ‌ها در پنبه‌ی خیس پیچیده می‌شدند. پس از ظهور شفیره‌ها، به وسیله‌ی قلم مویی نازک شفیره‌ها از سطح برگ جدا و به قوطی‌های فیلم عکاسی منتقل شدند. روی درب قوطی‌ها سوراخ‌هایی جهت تهویه تعبیه شد و سپس به وسیله‌ی توری پوشانده شد. با ظهور حشرات کامل، برای افزایش توان جنسی و تولید مثلی حشرات، قوطی‌های فیلم به ظروف پلاستیکی شفاف که حاوی یک ظرف محلول آب عسل ۱۰ درصد دارای فتیله‌ی پنبه‌ای بودند، منتقل شدند. دهانه‌ی ظروف پلاستیکی توسط توری ۸۰ مش پوشانده شده بود و حشرات داخل آن توسط پنبه‌ی آغشته به محلول آب عسل درون آن تغذیه می‌شدند. پس از ۴۸ ساعت این حشرات به قفس پرورش حشرات منتقل شدند.

آلوده‌سازی گیاهان

برای انجام زیست‌سنجی، گیاهان لویبایی که تقریباً از نظر سن، شکل و اندازه همسان بودند، انتخاب و داخل قفس پرورش حشرات به مدت سه ساعت قرار داده شدند. آزمایش‌ها با در معرض قرار دادن حدود ۸-۶ گلدان با تعدادی از حشرات بالغ صورت گرفت. سپس، حشرات بالغ از روی گیاهان حذف و گلدان‌ها به قفس دیگری (قفس عاری از حشره) منتقل شدند. حدود ۲۴ ساعت پس از ظهور سن اول لاروی (حدود سه روز پس از آلوده‌سازی)، تعداد لاروها با کمک یک عدسی با بزرگنمایی $10 \times$ شمارش و به وسیله‌ی روان‌نویس علامت‌گذاری شدند. برای جلوگیری از تنش‌های غذایی احتمالی در اثر رقابت تغذیه‌ای لاروها، به طور معمول برگ‌های حاوی ۱۰-۵ لارو برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شدند. این تقسیم‌بندی به گونه‌ای بود که تعداد کل لاروهای شمارش شده برای هر تیمار به یکدیگر نزدیک باشند. هر تیمار از یک گلدان و چهار برگ (دو گیاه دوبرگی در هر گلدان) تشکیل شده بود.

ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌های مختلف در تیمار برگ و خاک علیه لارو مگس مینوز *L. sativae*

زیست‌سنجی برگ

زیست‌سنجی برگ با استفاده از روش غوطه‌ور کردن برگ مطابق روش کاکس و همکاران (Cox et al., 1995) انجام شد. قبل از شروع آزمایش، ابتدا خاک هر گلدان آبیاری و سپس روی خاک با ورقه‌های کاغذی پوشانده شد (برای جلوگیری از ریزش قطرات سمی برگ روی خاک). آزمایش‌های مقدماتی در محدوده‌ی غلظت-های مزرعه‌ای هر حشره‌کش انتخاب شد. برای تهیه‌ی محلول اولیه، فرمولاسیون تجاری هر یک از حشره‌کش‌ها در آب مقطر به‌علاوه‌ی توین-۸۰ (۵۰۰ پی‌پی‌ام) حل شد. از این محلول بلافاصله برای تهیه‌ی محلول‌هایی با غلظت-های مختلف و از آب مقطر به‌علاوه‌ی توین-۸۰ جهت

رقیق کردن آن‌ها و نیز به عنوان شاهد استفاده شد. در تمامی آزمایش‌ها پنج غلظت به همراه شاهد در نظر گرفته شد. برای تیمار لاروهای سن اول، هر برگ از گیاه تا انتهای دم‌برگ خود به مدت پنج ثانیه داخل محلول سمی غوطه‌ور شد. پس از تیمار برگ‌ها، گلدان‌ها به مدت یک ساعت در فضای گلخانه قرار گرفتند تا سطح برگ آن‌ها به طور کامل خشک شود. سپس، گلدان‌ها به قفس‌های عاری از حشره منتقل شدند. با ظهور لاروهای سن سوم (حدود سه روز پس از تیمار)، برگ‌های مربوط به هر تیمار جدا و با پیچیدن دم‌برگ در پنبه‌ی مرطوب به ظروف پلاستیکی شفاف منتقل شدند. در نهایت، ۲۴ ساعت پس از ظاهر شدن اولین شفیره در تیمار شاهد (حدود شش روز پس از تیمار)، تعداد شفیره‌های زنده در هر تیمار شمارش و درصد تلفات با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Leibee, 1988):

$$100 \times \left(\frac{\text{تعداد شفیره سالم} - \text{تعداد کانال لاروی}}{\text{تعداد کانال لاروی}} \right) = \text{درصد مرگ و میر}$$

زیست‌سنجی ریشه

آزمایش‌های تیمار خاک یا ریشه نیز همانند آزمایش‌های غوطه‌وری برگ انجام شد، تنها با این تفاوت که برای ایجاد تشنگی و جذب بهتر محلول سمی از طریق ریشه، خاک از دو روز قبل از شروع زیست‌سنجی آبیاری نشد. مقدار حجم محلول سمی به کار رفته در هر گلدان برای هر غلظت برابر ۵۰ میلی‌لیتر بود. سایر مراحل همانند زیست‌سنجی برگ انجام و درصد تلفات ثبت شد.

در آزمایش‌های مقایسه‌ی تاثیر حشره‌کش‌ها بین تیمار خاک و برگ از غلظت‌های یکسان استفاده شد. محدوده‌ی غلظت‌های مورد استفاده برای مقایسه‌ی تیمار خاک و برگ برای حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول ۱۰-۰/۶، اسپیروترامات ۵۰-۸۰، دی‌متوات ۱۶۰۰-۱۰۰ و دیازینون ۲۰۰-۴۰ پی‌پی‌ام بود.

تخمین غلظت‌های کشنده حشره‌کش‌های مختلف

در تیمار برگ علیه لارو مگس مینوز *L. sativae*

زیست‌سنجی‌های مقدماتی برای تخمین غلظت‌هایی که تلفات بین ۲۰ تا ۸۰ درصد را روی لاروهای سن اول *L.*

1. Tween-80

شدند. برای تخمین مقادیر غلظت‌های کشنده (LCs) و حدود اطمینان از روش پروبیت^۳ نرم‌افزار SPSS (نسخه‌ی ۲۰) استفاده شد.

نتایج

ارزیابی تاثیر حشره‌کش‌های مختلف در تیمار برگ و خاک علیه لارو مگس مینوز *L. sativae*

آزمایش‌های مقایسه‌ی بین تیمار برگ و ریشه‌ی کلرانترانیلی پروول در محدوده‌ی غلظت‌های ۰/۶-۱۰ پی‌پی‌ام انجام شد. نتایج نشان دادند که در تمام غلظت‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار وجود داشت و تیمار برگ گیاهان تاثیر حشره‌کشی بیشتری در مقایسه با تیمار ریشه‌ی این گیاهان دارد. در غلظت‌های به کار رفته، در تیمار برگ بیشترین تاثیر حشره‌کشی در غلظت‌های ۲/۵ و ۵ پی‌پی‌ام به ترتیب با میزان تلفات ۷۲ و ۱۰۰ درصد مشاهده شد. اما در تیمار ریشه‌ی این گیاهان در غلظت ۱۰ پی‌پی‌ام همچنان درصد تلفات زیر ۴۰ درصد بود (جدول ۲). بنابراین تیمار برگ این گیاهان برای ادامه‌ی آزمایش‌ها انتخاب شد.

آزمایش‌های مقایسه‌ی تیمار برگ و ریشه‌ی اسپروتترامات در محدوده‌ی غلظت‌های ۵۰-۸۰۰ پی‌پی‌ام انجام شدند. نتایج نشان دادند که در تمام غلظت‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار وجود داشت. در تیمار برگ بیشترین تاثیر حشره‌کشی با ۶۴ و ۱۰۰ درصد تلفات به ترتیب در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد، اما در تیمار ریشه‌ی این گیاهان در غلظت ۸۰۰ پی‌پی‌ام تلفات حدود ۲۳ درصد بود (جدول ۲). از این رو تیمار برگ گیاهان برای ادامه‌ی آزمایش‌های این حشره‌کش انتخاب شد.

آزمایش‌های مقایسه‌ی تیمار برگ و ریشه‌ی دی‌متوات در محدوده‌ی غلظت‌های ۱۰۰-۱۶۰۰ پی‌پی‌ام انجام شدند. نتایج زیست‌سنجی‌ها نشان دادند که در محدوده‌ی غلظت‌های ۸۰۰-۱۰۰ پی‌پی‌ام اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار

sativae ایجاد می‌کنند، برای تعیین مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ حشره‌کش‌های مورد بررسی در تیمار برگ انجام شد. محدوده‌ی غلظت‌های مورد استفاده برای تعیین غلظت‌های کشنده تیمار برگ کلرانترانیلی پروول ۳-۰/۸، اسپروتترامات ۳۰-۱۲۰، دی‌متوات ۸۰۰-۲۰۰ و دیازینون ۲۰۰-۴۰ پی‌پی‌ام و تیمار ریشه‌ی دی‌متوات ۲۰۰-۱۰۰ پی‌پی‌ام بود. آزمایش‌های اصلی با استفاده از حداقل ۱۵۰ لارو در پنج غلظت و یک شاهد (در هر تیمار حداقل ۲۵ لارو) و در سه تکرار (در روزهای مختلف) انجام شدند. روش آزمایش مشابه آزمایش قبل و با غوطه‌وری برگ‌ها در محلول غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها بود. سپس، با استفاده از نتایج حاصل، مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ برای حشره‌کش‌های مورد بررسی تخمین زده شد.

همه‌ی آزمایش‌ها در شرایط گلخانه‌ای 26 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی انجام شدند. نور و دمای گلخانه توسط سامانه‌ی خودکار تنظیم می‌شد. برای تامین نور علاوه بر نور طبیعی، از هشت عدد لامپ فلورسنت ۴۰ وات، هشت عدد لامپ معمولی ۱۰۰ وات، یک عدد لامپ جیوه‌ای ۲۵۰ وات و یک عدد لامپ سدیمی ۲۵۰ وات استفاده شد. رطوبت درون گلخانه نیز با یک رطوبت‌سنج عقربه‌ای اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌های آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. درصد تلفات در زیست‌سنجی‌ها با استفاده از فرمول آبوت اصلاح شد (Abbott, 1925). جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ ($P < 0.05$) استفاده شد. تمامی داده‌ها از توزیع نرمالی برخوردار بودند. برای مقایسه‌ی میانگین بین تیمار برگ و ریشه‌ی گیاهان از آزمون t مستقل^۲ نسخه‌ی ۲۰ نرم‌افزار SPSS (IBM Corp, 2011) استفاده شد و در زمانی که $P < 0.05$ تفاوت‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته

1. Kolmogorov-Smirnov test

2. Independent samples t test

3. Probit analysis

نشان دهنده‌ی سمیت بالای کلرانترانیلی‌پرول روی لارو *L. sativae* در تیمار برگ است. بیشترین شیب خط نیز مربوط به تیمار خاک حشره‌کش دی‌متوات می‌باشد (جدول ۳). در مقایسه‌ی فاصله‌های اطمینان، مقادیر LC₅₀ تمامی حشره‌کش‌ها به جز تیمار ریشه‌ی دی‌متوات با تیمار برگ دیازینون، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در مقایسه‌ی فاصله‌های اطمینان مقادیر LC₉₀، تمام حشره‌کش‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

بحث

انتخاب یک روش کاربردی مناسب برای استفاده از یک آفت‌کش می‌تواند با کاهش غلظت مصرفی، هزینه‌های کنترل آفت و با کاهش تعداد دفعات سمپاشی، پیامدهای نامطلوب آن‌ها روی موجودات غیرهدف و محیط زیست را کاهش دهد. کاربرد حشره‌کش‌ها از طریق سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای کنترل بسیاری از حشرات آفت سبزی موفقیت‌آمیز بوده است (Palumbo, 2008; Schuster *et al.*, 2009). از آنجاکه هنوز تولیدکنندگان سبزی از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای مدیریت آب استفاده می‌کنند، تزریق آفت‌کش در ناحیه‌ی نزدیک به ریشه می‌تواند به آسانی و با هزینه‌ی کم از طریق یک پمپ تزریق و تجهیزات ایمنی مورد نیاز انجام شود. از این رو در صورت موثر بودن تیمار خاک یک حشره‌کش می‌توان از این سامانه‌ها برای تزریق حشره‌کش به ناحیه‌ی ریشه استفاده کرد و تاثیر گیاه سوزی ناشی از سمپاشی شاخ و برگ برخی از حشره‌کش‌ها را کاهش داد (Kuhar *et al.*, 2010; Palumbo, 2015).

وجود داشت و برخلاف حشره‌کش‌های قبلی، تیمار ریشه‌ی گیاهان با دی‌متوات تاثیر حشره‌کشی بیشتری در مقایسه با تیمار برگ این گیاهان داشته است. به دلیل رسیدن به بیشترین درصد تلفات در غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام تیمار ریشه، در غلظت‌های بالاتر از آن (۱۶۰۰ پی‌پی‌ام) اختلاف بین دو تیمار معنی‌دار نشد. در غلظت‌های به کار رفته، در تیمار ریشه بیشترین تاثیر حشره‌کشی در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب با تلفات ۸۳ و ۱۰۰ درصد مشاهده شد. در تیمار برگ این گیاهان بیشترین تاثیر حشره‌کشی در غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۶۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب با تلفات حدود ۷۴ و ۹۸ درصد مشاهده شد (جدول ۲). هر دوی این تیمارها برای تخمین غلظت‌های کشنده (LC) انتخاب شدند.

حشره‌کش دیازینون در محدوده‌ی غلظت‌های ۲۰۰-۴۰۰ پی‌پی‌ام برای آزمایش‌های تیمار برگ و ریشه‌ی گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که در تمام غلظت‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار وجود داشت. در آزمایش‌های تیمار ریشه‌ی گیاهان، در محدوده‌ی غلظت‌های ۲۰۰-۹۰ پی‌پی‌ام، درصد تلفات بین ۱۰-۰ درصد بود که با توجه به غیرسیستمیک بودن این حشره‌کش چندان دور از انتظار نبود. اما برخلاف آزمون ریشه، در آزمایش‌های تیمار برگ در محدوده‌ی غلظت‌های ۲۰۰-۴۰ پی‌پی‌ام، درصد تلفات بین ۷۸-۲۰ درصد بود. از این رو تیمار برگ گیاهان برای ادامه‌ی آزمایش‌های این حشره‌کش انتخاب شدند (جدول ۲).

تخمین غلظت‌های کشنده حشره‌کش‌های مختلف در تیمار برگ علیه لارو مگس مینوز *L. sativae*

مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ تیمار برگ حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول، اسپیروترامات، دیازینون و تیمار برگ و ریشه‌ی دی‌متوات در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار LC₅₀ و LC₉₀ به ترتیب مربوط به تیمار برگ حشره‌کش‌های دی‌متوات و کلرانترانیلی‌پرول بود که

جدول ۲- میانگین درصد تلفات \pm خطای معیار لاروهای سن اول *Liriomyza sativae* در برگ و ریشه‌ی تیمار شده با غلظت-های مختلف حشره کش‌های کلرانترانیلی‌پرول، اسپیروتترامات، دی‌متوات و دیازینون

Table 2. Mean mortality% \pm SE of 1st instar larvae of *Liriomyza sativae* on leaf and root treated with different concentrations of chlorantranilprole, spirotetramat, dimethoate and diazinon

Insecticide	Treatment	Percent mortality at different concentrations (ppm)				
		0.6	1.25	2.5	5	10
Chlorantranilprole	Leaf	17.31 \pm 1.16 a	33.53 \pm 2.38 a	72.21 \pm 5.85 a	100 \pm 0 a	100 \pm 0 a
	Root	0 b	3.49 \pm 2.01 b	12.77 \pm 2.24 b	17.26 \pm 1.97 b	36.22 \pm 1.28 b
<i>T-value</i> (df)		14.84 (4)	9.61 (4)	9.47 (4)	41.87 (4)	49.46 (4)
Insecticide	Treatment	Percent mortality at different concentrations (ppm)				
		50	100	200	400	800
Spirotetramat	Leaf	40.83 \pm 0.48 a	63.81 \pm 0.10 a	100 \pm 0 a	100 \pm 0 a	100 \pm 0 a
	Root	0 b	0 b	4.36 \pm 0.20 b	10.34 \pm 1.15 b	22.65 \pm 1.97 b
<i>T-value</i> (df)		84.87 (4)	607.95 (4)	456.39 (4)	77.36 (4)	39.07 (4)
Insecticide	Treatment	Percent mortality at different concentrations (ppm)				
		100	200	400	800	1600
Dimethoate	Leaf	4.13 \pm 2.38 b	24.56 \pm 1.27 b	49.40 \pm 1.57 b	73.57 \pm 0.90 b	97.60 \pm 1.38 a
	Root	19.14 \pm 3.93 a	83.40 \pm 0.13 a	100 \pm 0 a	100 \pm 0 a	100 \pm 0 a
<i>T-value</i> (df)		-3.26 (4)	-45.90 (4)	-32.04 (4)	-29.08 (4)	-1.73 (4)
Insecticide	Treatment	Percent mortality at different concentrations (ppm)				
		40	60	90	140	200
Diazinon	Leaf	20.44 \pm 2.17 a	31.59 \pm 1.74 a	49.04 \pm 1.54 a	68.15 \pm 0.62 a	77.74 \pm 0.01 a
	Root	0 b	0 b	0 b	7.73 \pm 0.34 b	9.83 \pm 0.09 b
<i>T-value</i> (df)		9.37 (4)	18.10 (4)	31.67 (4)	85.08 (4)	717.04 (4)

Different letters for each insecticide in the same column indicate statistical significant differences using independent t test ($P < 0.05$).

جدول ۳- مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ حشره کش های کلرانترانیلی پرول، اسپیروتترامات، دی متوات و دیازینون روی مگس مینوز سبزی و جالیز (*Liriomyza sativae*).

Table 3. LC₅₀ and LC₉₀ values of chlorantraniliprole, spirotetramat, dimethoate and diazinon on *Liriomyza sativae*.

Insecticide	Treatment	No. tested ¹	Slope ± SE ²	LC ₅₀ (mg ai L ⁻¹) (95% CL) ³	LC ₉₀ (mg ai L ⁻¹) (95% CL) ⁴	χ ² * (df)	p-value*
Chlorantraniliprole	Leaf	477	2.64 ± 0.35	0.24 (0.21-0.27)	0.74 (0.59-1.08)	0.218 (3)	0.97
Spirotetramat	Leaf	438	2.86 ± 0.37	6.11 (5.40-6.90)	17.12 (13.56-24.96)	0.577 (3)	0.90
	Leaf	505	2.40 ± 0.32	162.91 (142.97-185.40)	556.64 (420.78-886.72)	0.083 (3)	0.99
Dimethoate	Root	534	5.60 ± 0.70	53.73 (50.29-56.92)	90.94 (81.86-107.29)	0.300 (3)	0.96
	Leaf	495	2.46 ± 0.32	53.72 (46.30-61.67)	177.94 (137.28-269.79)	0.063 (3)	0.99

¹. Number of insects tested; ². slope ± standard error; ^{3,4}. the lethal concentrations at 50% (LC₅₀) and 90% (LC₉₀) values are expressed as 95% confidence limits for lower and upper concentration.

*Statistical tests are significantly different at P < 0.05.

(Sans, 1983). در پژوهش حاضر، در مقایسه‌ی نتایج تیمار برگ و خاک حشره کش‌های مورد آزمایش، تیمار خاک دی‌متوات موثرتر از تیمار برگ آن بود. از این رو، در صورت استفاده از این حشره کش برای کنترل *L. sativae* تیمار خاک آن پیشنهاد می‌شود و در صورت انجام آزمایش‌های تکمیلی امکان استفاده از آن در سامانه‌های آبیاری خاک نیز فراهم شود.

در بررسی نتایج حاصل از زیست‌سنجی‌ها مشاهده شد که شیب خطوط دز- اثر تمامی حشره کش‌ها به استثنای تیمار خاک دی‌متوات، تقریباً یکسان بود. بالا بودن شیب خط این حشره کش نشان می‌دهد که با تغییر کمی در غلظت این حشره کش میزان تلفات بسیار تغییر می‌یابد. بنابراین در صورت استفاده از این ترکیب باید دقت لازم را در نظر داشت تا بی‌جهت از غلظت‌های بالا استفاده نشود تا موجب از بین رفتن افراد حساس و گزینش افراد مقاوم در جمعیت آفت نشود.

در پژوهش حاضر، با مقایسه‌ی مقدار LC₅₀ تیمار برگ چهار حشره کش کلرانترانیلی پرول، اسپیروتترامات، دیازینون

حرکت آفت‌کش‌ها در خاک به ویژگی‌های خاک (بافت و مقدار ماده آلی خاک) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی حشره کش بستگی دارد. خاک‌های شنی با بافت درشت در جریان‌های بالا تمایل به حرکت آب و خاک-های رسی با بافت ریز تمایل به نگهداری طولانی مدت آب را دارند. علاوه بر این، خاک‌هایی با ماده‌ی آلی بالا ممکن است دسترسی یک حشره کش برای جذب از طریق ریشه را بسته به خصوصیات شیمیایی حشره کش کاهش دهند. حلالیت در آب و ضریب تفکیک یک حشره کش نیز در حرکت حشره کش در خاک اثر می‌گذارد. برای مثال، حشره کش‌هایی همچون ایمیداکلوپرید و کلرانترانیلی پرول به دلیل ضریب تفکیک و حلالیت آبی پایین دارای تحرک کمی در خاک هستند (Ghidiu et al., 2012). در مقابل، حشره کش‌هایی همچون دی‌متوات حلالیت آبی و تحرک بالایی در خاک دارند (Van Scoy et al., 2016). دی-متوات حشره کشی با قابلیت بالای حل شدن در حلال‌های آلی می‌باشد و به خوبی در آب (بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۲۰ درجه سلسیوس) حل می‌شود (Bowman and

در پژوهش حاضر در شرایط گلخانه، تیمار برگ گیاهان با حشره کش کلرانترانیلی پرول بسیار موثرتر از تیمار خاک آن بود که نشان‌دهنده‌ی نفوذ کافی و ویژگی‌های تحرک مناسب این حشره کش در برگ برای رسیدن به لاروها و بروز تاثیر حشره کشی مناسب می‌باشد. با این حال، برخی از پژوهشگران تیمار خاک گیاهان با کلرانترانیلی پرول را با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای کنترل آفات سبزی از جمله *Liriomyza* موثر گزارش کردند (Palumbo, 2008; Schuster et al., 2009). این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل انتخاب در نوع تیمار خاک، نوع گیاه (از جمله اندازه‌ی گیاه و نوع ریشه)، بافت خاک و محدوده‌ی غلظت‌های استفاده شده باشند. همچنین، در مقایسه با سایر حشره‌کش‌های مورد آزمایش در این پژوهش مقادیر LC₅₀ و LC₉₀ این حشره کش بسیار پایین بوده که نشان‌دهنده‌ی حساسیت بالای لاروهای *L. sativae* نسبت به این حشره کش می‌باشد.

اسپیروترامات نیز یک ترکیب با قابلیت حل شدن پایین در آب (۳۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۲۰ درجه سلسیوس) است و به آسانی در حلال‌های آلی حل می‌شود. وزن مولکولی آن ۳۷۳/۴ گرم بر مول می‌باشد (Pesticide Properties DataBase, 2008). تاثیر حشره کشی اسپیروترامات نیز با توجه به نتایج به دست آمده بسیار قابل توجه می‌باشد و بعد از حشره کش کلرانترانیلی پرول کمترین میزان LC₅₀ (mg ai L⁻¹: ۶/۱۱) برای تیمار برگ این حشره کش به دست آمد. اسپیروترامات در مقایسه با سه حشره کش دیگر جدیدتر می‌باشد و تاکنون تنها برای حشرات مکنده توصیه شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، تیمار برگ حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول، اسپیروترامات و دپازینون تاثیر کشندگی مناسب‌تری در مقایسه با تیمار ریشه‌ی این گیاهان روی لاروهای سن اول *L. sativae* دارند. همچنین استفاده از تیمار ریشه‌ی حشره‌کش دی-متوات در مقایسه با تیمار برگ آن پیشنهاد می‌شود. در مقایسه‌ی LC₅₀ و LC₉₀ حشره‌کش‌های مورد مطالعه، تیمار

و دی‌متوات به ترتیب کلرانترانیلی پرول دارای کمترین مقدار LC₅₀ و دی‌متوات نیز دارای بیشترین مقدار LC₅₀ بود.

در پژوهش‌های مشابه دیگر، کونروی و همکاران (Conroy et al., 2008) نیز کلرانترانیلی پرول را به عنوان حشره کشی موثر روی مگس مینوز ماریچی گزارش کردند و مقدار LC₅₀ آن را روی لاروهای سن اول ۰/۲۱ mg ai L⁻¹ تخمین زدند که به نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر روی *L. sativae* بسیار نزدیک است.

خورشیدی و همکاران (Khorshidi et al., 2017) نیز با مقایسه‌ی تیمار برگ حشره‌کش‌های کلرانترانیلی پرول با آزادیراکتین^۱ و بازدارنده‌های رشد حشرات روی لارو سن اول *L. sativae*، کلرانترانیلی پرول را به عنوان موثرترین حشره کش گزارش کردند.

کارادجوا (Karadjova, 2001) با بررسی تیمار برگ چندین حشره کش روی مراحل لاروی و شفیره‌ی مگس مینوز *Liriomyza huidobrensis* Blanch نشان دادند که سایرومازین^۲، آبامکتین^۳ و ایمیداکلوپرید بیشترین تاثیر و دی‌متوات، آسفات^۴، متومیل^۵ و بی‌فنترین^۶ کمترین تاثیر را روی این حشره داشتند.

نفوذ یک آفت کش در برگ گیاهان به عوامل متعددی مانند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماده‌ی موثر به خصوص چربی دوستی و اندازه‌ی مولکول بستگی دارد. با توجه به ویژگی لیپیدی موم اپی کوتیکول و کوتیکول، با افزایش چربی دوست بودن مواد شیمیایی، جذب در شاخ و برگ نیز افزایش می‌یابد (Wang and Liu, 2007). کلرانترانیلی پرول یک حشره کش چربی دوست و با قابلیت حل شدن بسیار پایین در آب است (۰/۹ میلی‌گرم بر لیتر در ۲۰ درجه سلسیوس). وزن مولکولی آن ۴۸۳/۱ گرم بر مول می‌باشد (Pesticide Properties DataBase, 2007).

1. Azadirachtin
2. Cyromazine
3. Abamectin
4. Acephate
5. Methomyl
6. Bifenthrin

هستند، پیشنهاد می‌شود تاثیر جانبی و زیرکشدگی این حشره‌کش‌ها روی این آفت و دشمنان طبیعی آن مورد توجه قرار گیرد.

برگ حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و اسپیروتترامات در اولویت پیشنهاد برای مدیریت این آفت قرار دارند. از آنجا که حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول و اسپیروتترامات جدید

References

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18: 265-267.
- Bennett, S. H. 1957. The behaviour of systemic insecticides applied to plants. **Annual Review of Entomology** 2: 279-296.
- Bowman, B. T. and Sans, W. W. 1983. Further water solubility determinations of insecticidal compounds. **Journal of Environmental Science and Health Part B** 18: 221-227.
- Capinera, J. L. 2001. Vegetable Leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard (Insecta: Diptera: Agromyzidae). University of Florida, Department of Entomology and Nematology [Aquired, March3, 2014]. Available from http://creatures.ifas.ufl.edu/veg/leaf/vegetable_leafminer.htm.
- Chalfant, R. B., and J. R. Young. 1982. Chemigation, or application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pests affecting vegetable and agronomic crops. **Journal of Economic Entomology** 75: 237-241.
- Cox, D. L. Remick, M. D., Lasota, J. A. and Dybas, R. A. 1995. Toxicity of avermectins to *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae and adults. **Journal of Economic Entomology** 88: 1415-1419.
- Conroy, L., Scott-Dupree, C. D., Harris, C. R., Murphy, G. and Broadbent, A. B. 2008. Susceptibility of two strains of American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii* (burgess) to registered and reduced risk insecticides in Ontario. **Journal of the Entomological Society of Ontario** 139: 41-47.
- Dinter, A., Brugger, K. E., Frost, N. M. and Woodward, M. D. 2009. Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): A novel DuPont™ insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management. **Julius-Khn-Archiv** 423: 84-96.
- Ghidiu, G., Kuhar, T., Palumbo, J. and Schuster, D. 2012. Drip chemigation of insecticides as a pest management tool in vegetable production. **Journal of Integrated Pest Management** 3: E1-E5.
- Ghidiu, G. M., and N. L. Smith. 1980. Trickle irrigation system injected insecticides to control the European corn borer in bell pepper. **Results of Pest Control Studies, Rutgers University Cooperative Extension Service Publication Report** 1: 5-6.
- IBM Corp. 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kalantar Hormozi, F., Sahragard, A., Mohajeri, R. and Jalali Sandi, J. 2000. Introduction of vegetable leafminer *Liriomyza sativae* (Dip.: Agromyzidae) in Khuzestan Province. Proceedings of the 14 th Iranian Plant Protection Congress, pp. 251. (In Persian)
- Karadjova, O. 2001. Susceptibility of the South American leafminer (*Liriomyza huidobrensis* Blanch) to some insecticides. **Bulgarian Journal of Agricultural Science** 7: 279-284.
- Khorshidi, M., Hejazi, M. J. and Iranipour, S. 2017. Effect of azadirachtin, chlorantraniliprole and some insect growth regulators on vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Crop Protection** 6: 115-123.
- Kuhar, T. P., Walgenbach, J. F. and Doughty, H. B. 2010. Control of *Helicoverpa zea* in tomatoes with chlorantraniliprole applied through drip chemigation. **Plant Health Progress** 11: 21.
- Leibee, G. L. 1988. Toxicity of abamactin to *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology** 81: 738-740.
- Malhat, F. M. 2012. Determination of chlorantraniliprole residues in grape by high-performance liquid chromatography. **Food Analytical Methods** 5: 1492-1496.
- Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento®)-a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. **Bayer Crop Science Journal** 61: 245-278.

- Nemeth-Konda, L., Füleky, G., Morovjan, G. and Csokan, P. 2002. Sorption behaviour of acetochlor, atrazine, carbendazim, diazinon, imidacloprid and isoproturon on Hungarian agricultural soil. **Chemosphere** 48: 545-552.
- Palumbo, J. C. 2008. Systemic efficacy of Coragen applied through drip irrigation on romaine lettuce, fall 2007. **Arthropod Management Tests** 33: E36.
- Palumbo, J. C. 2015. Sweetpotato whitefly control with soil Insecticides applied through drip chemigation in fall cantaloupes, 2014. **Arthropod Management Tests** 40: 1-2.
- Parrella, M. P. 1987. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology** 32: 201-224.
- Pesticide Properties DataBase. 2007. chlorantraniliprole (Ref: DPX E2Y45), University of Hertfordshire, Available from <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1138.htm>.
- Pesticide Properties DataBase. 2008. spirotetramat (Ref: BYI 08330), University of Hertfordshire, Available from <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1119.htm>.
- Petitt, F. L. 1990. Distinguishing larval instars of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Florida Entomologist** 73: 280-286.
- Salazar-Lopez, N. J., Aldana-Madrid, M. L., Silveira-Gramont, M. I. and Aguiar, J. L. 2016. Spirotetramat-an alternative for the control of parasitic sucking insects and its fate in the environment. In: Insecticides Resistance, S. Trdan (ed.), IntechOpen, pp. 41-54.
- Schuster, D. J., Shurtleff, A. and Kalb, S. 2009. Management of armyworms and leafminers on fresh market tomatoes, fall 2007. **Arthropod Management Tests** 34: E79.
- Van Timmeren, S., Wise, J. C., VanderVoort, C. and Isaacs, R. 2011. Comparison of foliar and soil formulations of neonicotinoid insecticides for control of potato leafhopper, *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae), in wine grapes. **Pest Management Science** 67: 560-567.
- Van Scoy, A., Pennell, A. and Zhang, X. 2016. Environmental fate and toxicology of dimethoate. In: Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, P. de Voogt (ed.), Springer, Cham, pp. 53-70.
- Wang, C. J. and Liu, Z. Q. 2007. Foliar uptake of pesticides-present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 87: 1-8.
- Zhang, Q. and Pehkonen, S. O. 1999. Oxidation of diazinon by aqueous chlorine: kinetics, mechanisms, and product studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 47: 1760-1766.

Comparitive insecticidal effect of chlorantraniliprole, spirotetramat, dimethoate and diazinon on vegetable leaf miner (*Liriomyza sativae*) under greenhouse condition

F. Graily-Moradi* and M. J. Hejazi

Department of Plant Protection, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Received: April 18, 2020- Accepted: June 6, 2020)

Abstract

Vegetable leaf miner, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), is one of the most economically important pests of agricultural products, including vegetables and ornamentals. The larvae feed on leaf mesophyll and reduce photosynthesis and yield. Identifying more effective insecticides and choosing the suitable treatment method can be very important in managing this pest. In this study, the insecticidal effect of chlorantraniliprole, spirotetramat, dimethoate and diazinon were investigated on 1st instar larvae of *L. sativae*. The study was conducted under greenhouse condition at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ RH and 16: 8 (L: D) h photoperiod. Preliminary experiments were performed to compare the insecticidal effects of leaf and root treatment of each insecticide. Leaf treatment was performed using leaf dipping method and soil treatment carried out by adding a certain amount of insecticide solution into the soil of each pot. Lethal concentrations were estimated for the treatments which caused higher mortality of the larvae. The results showed that only soil treatment of dimethoate (LC_{50} : $53.73 \text{ mg ai L}^{-1}$) was more effective than its leaf treatment (LC_{50} : $162.91 \text{ mg ai L}^{-1}$). The LC_{50} values for leaf treatment of chlorantraniliprole, spirotetramat and diazinon were 0.24, 6.11 and $53.72 \text{ mg ai L}^{-1}$, respectively. Considering the results of the bioassays, treatment of plant leaves by chlorantraniliprole and spirotetramat, and treatment of plant soil by dimethoate are proposed as effective insecticides and suitable treatments to control this pest.

Key words: Leaf treatment; *Liriomyza sativae*; soil treatment, systemic insecticides.

*Corresponding author: f.graily@tabrizu.ac.ir