فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۵، شماره ۲، پیاپی ۷۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۶۲-۷۹

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology
Vol.36, No.2, Sering.72, Summer 2022, p. 62-79

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir

10.22051/JAB.2021.34309.1398

بررسی مقایسه‌ای و تلفیقی کشندگی چند آفت‌کش میکروبی، شیمیایی و گیاهی روی تریپس گندم *Haplothrips tritici* K. (Thysanoptera: Phlaeothripidae) در شرایط آزمایشگاهی

فرشید شکوهی نیا[۱]، علی میرشکار[*۲]، عباس خانی[۳]

چکیده

تلفیق حشره‌کش‌های زیستی و شیمیایی جهت کنترل تریپس گندم و کاهش دوز حشره‌کش‌های شیمیایی بسیار حائز اهمیت است. لذا در این تحقیق، کارایی حشره‌کش‌های گیاهی (تنداکسیر و پالیزین) و میکروبی (Bacillus thuringiensis) در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی تیاکلوپرید و تیاکلوپرید+دلتامترین بررسی شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج تیمار شامل غلظت‌های حشره‌کش‌های مورد استفاده و در سه تکرار انجام شد. بر اساس کمترین LC_{50}، یک حشره‌کش شیمیایی و یک حشره‌کش گیاهی انتخاب شد. غلظت‌های LC_{15} و LC_{30} آنها با حشره‌کش میکروبی تلفیق و ۴۸ ساعت بعد تلفات محاسبه گردید. با افزایش غلظت حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی، تلفات افزایش یافت. کمترین LC_{50} مربوط به حشره‌کش‌های تیاکلوپرید+دلتامترین و پالیزین بود که در تلفیق با حشره‌کش میکروبی استفاده شد. بیشترین تلفات (۷۶/۶۷ درصد) مربوط به تیمار تلفیقی B.t+تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{15} بود که می‌توان آن را پس از مطالعات مزرعه‌ای به عنوان یک جایگزین حشره‌کش‌های شیمیایی برای محافظت گندم از تریپس در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات توصیه کرد.

واژه های کلیدی: آفت‌کش گیاهی، باکتری بیمارگر حشرات، بیسکایا، پروتئوس، کنترل تلفیقی، مهار زیستی

---

۱ . دانشجوی ارشد سابق گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲ . استادیار گروه گیاهپزشکی (نویسنده مسئول)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل (* نویسنده مسئول: mirshekar@uoz.ac.ir)
۳ . دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

مقدمه

گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) بیشترین تولید و سطح زیر کشت را در ایران و جهان دارد و بخش زیادی از نیازهای غذایی بشر را تامین می‌کند (Giraldo *et al*., 2019). تلفات گندم، از آفاتی که به سطح فتوسنتزی و اندام‌های مولد گیاه آسیب می‌رسانند، با میزان آسیب به گیاهان و مقاومت آنها در برابر آسیب تعیین می‌شود (Kozulina *et al*., 2019). آفاتی همچون تریپس که به برگ، سنبله و دانه این محصول آسیب می‌رسانند از نظر اقتصادی بسیار نگران‌کننده هستند (Kozulina *et al*., 2019; Kozulina *et al*., 2021). تریپس گندم *Haplothrips tritici* (Kurdjumov) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) یک آفت مکنده مهم در مزارع گندم است که به‌علت سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف در سراسر دنیا پراکنده است (Ivantsova *et al*., 2017). حشره کامل آن به سطح فتوسنتزی گیاه (برگ، گلوم و ریشک) آسیب می‌زند و لارو آن باعث آسیب دانه، تخمدان و گل می‌شود و نهایتا سبب کاهش عملکرد و ارزش نانوایی گندم می‌شود (Kozulina *et al*., 2021).

در کنترل آفات از روش‌های مختلف زراعی، ارقام مقاوم، عوامل زیستی و حشره‌کش‌ها استفاده می‌شود (Baker *et al*., 2020). آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل آفات موثرتر اند، اما کاربرد آنها تأثیرات منفی بر سلامت انسان و محیط‌زیست دارد و نیز کاربرد مداوم آنها می‌تواند در حشرات مقاومت ایجاد کند (Wakgari & Yigezu, 2018). مدیریت تلفیقی آفات برای بهره‌برداری از تعامل بین عوامل کنترل زیستی و شیمیایی به دنبال توسعه آفت‌کش‌های انتخابی است. از این‌رو کاربرد سموم کم‌دوام و ناپایدار که برای آفت هدف بسیار تخصصی هستند، اهمیت دارد. همچنین کاربرد آفت‌کش‌های زیستی در ترکیب با آفت‌کش‌های شیمیایی مقرون به صرفه‌تر است (Ouma *et al*., 2014). کاربرد برنامه‌های مدیریت تلفیقی در جهت محافظت گیاهان در برابر آفات سازگار با محیط‌زیست است. در این زمینه، استفاده از حشره‌کش‌های گیاهی و کاربرد دشمنان طبیعی حشرات، به خصوص عوامل بیماری‌زای حشرات مثل باکتری‌ها، یک راهکار جایگزین مفید است (Wakgari & Yigezu, 2018; Fernández-Chapa *et al*., 2019).

پروتئوس®[1] با نام عمومی تیاکلوپراید+دلتامترین ۱۱ درصد OD است (Soleymanzade *et al*., 2017)؛ تیاکلوپرید موجود در حشره‌کش پروتئوس® دارای خاصیت تماسی، گوارشی و سیستمیک است و با ایجاد اختلال در انتقال پیام‌های عصبی واقع در سیستم عصبی حشره، باعث مرگ آن می‌شود. دلتامترین دارای خاصیت تماسی و غیر سیستمیک است که وجود آن در حشره‌کش پروتئوس سبب مسدود شدن کانال‌های سدیم در سطح سلول‌های عصبی حشره و در نهایت باعث فلج شدن و مرگ آن می‌شود. پروتئوس دارای اثر ضربه‌ای، ضد تغذیه‌ای و نیز دوام اثر طولانی است. این حشره‌کش برای کنترل بسیاری از آفات مثل عسلک، شته و تریپس است و با آفت‌کش‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد و کودهای ریزمغذی قابل اختلاط است (Soleymanzade *et al*., 2017; Behnam-Oskuyee *et al*., 2020).

در مطالعه اثرات کشنده مخلوط تیاکلوپراید+دلتامترین روی شته پنبه در گیاه خیار در آزمایش زیست‌سنجی تلفات-غلظت (دامنه غلظت ۵۲/۲۵ - ۳/۳ در هزار) مشخص شد که شته پنبه تحت تاثیر منفی تیاکلوپراید+دلتامترین به‌ویژه در بالاترین غلظت قرار گرفت و باروری و زنده‌مانی شته کاهش یافت (Majidpour *et al*., 2020). با بررسی اثرات سمیت حاد حشره‌کش‌های

---

۱. حشره‌کشی سیستمیک، گوارشی و تماسی است که حاوی فرمولاسیون جدید او-دی یا روغن قابل انتشار است.

نئونیکوتینوئیدی استامی‌پرید، تیاکلوپراید، ایمیداکلوپراید و تیامتوکسام بر شته سبز هلو در گیاهچه فلفل مشخص شد که میزان LC_{50} برای تیاکلوپراید کمتر از دیگر حشره‌کش‌ها بود و تلفات بیشتری را در شته سبز هلو ایجاد کرد (Lin *et al*., 2021). با مطالعه اثر حشره‌کش‌های فلوپیرادیفورون (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ در هزار)، اسپیروتترامات (۰/۵ در هزار) و تیاکلوپرید (۰/۵ در هزار) به‌همراه آبیاری روی پوره پسیل پسته در باغ پسته گزارش شد که هفت روز پس از سم‌پاشی، کمترین تعداد پوره پسیل زنده (۲/۲۷ پوره) مربوط به تیمار تیاکلوپراید بود (Gheibi & Taheri, 2017). در بررسی اثرات کشندگی سه حشره‌کش شیمیایی لامبداسی‌هالوترین (۷۵ میلی-لیتر در هکتار)، دلتامترین+تیاکلوپرید (۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) و دلتامترین (۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) و دو عصاره گیاهی تجاری پالیزین و سیرینول (۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) روی سن گندم مشخص شد که حشره‌کش دلتامترین+تیاکلوپرید با میانگین تلفات ۱۰۰ درصد بیشترین کارایی را در کنترل حشرات بالغ سن داشت و عصاره‌های گیاهی اثر حشره‌کشی کمتری داشتند (Honarmand *et al*., 2016).

حشره‌کش‌های گیاهی به‌دلیل اثرات مضر کمتر بر ارگانیسم غیرهدف، ایمنی برای انسان و قابلیت تجزیه‌زیستی آسان به‌عنوان جایگزینی برای حشره‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌شوند (Wakgari & Yigezu, 2018). حشره‌کش گیاهی تنداکسیر® حاوی عصاره فرآوری شده سیر و فلفل قرمز است و در غلظت توصیه شده، برای پستانداران و سایر موجودات غیرهدف مثل زنبور عسل بدون ضرر است و باعث ایجاد مقاومت در حشرات نمی‌شود (Toorani *et al*., 2020). پالیزین یک حشره‌کش گیاهی و تماسی است که شامل صابون غلیظ روغن نارگیل (۶۰ تا ۷۰ درصد) به‌همراه عصاره نعنا و اکالیپتوس است (Ali Bazhashi *et al*., 2018; Toorani *et al*., 2020). در بررسی اثرات کشندگی حشره‌کش تنداکسیر (غلظت‌های ۹۰۰، ۱۵۰۰، ۲۳۰۰، ۳۵۰۰ و ۵۳۰۰ در هزار) و دورکنندگی پالیزین (غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ در هزار) روی بالغ کنه دولکه‌ای مشخص شد که در آزمایش سمیت تماسی، تنداکسیر در غلظت ۵۳۰۰ در هزار بالاترین تلفات کنه دو لکه‌ای را ایجاد کرد و مقدار LC_{50} آن در مدت زمان ۴۸ ساعت برابر با ۹۰۷/۹۳۱ در هزار بود. با افزایش غلظت پالیزین، شاخص دورکنندگی از خنثی به طرف دورکنندگی تغییر یافت، به‌طوری که پالیزین در غلظت ۲۵۰ در هزار بی‌اثر بود ولی در بقیه غلظت‌ها دورکننده بود (Mirfakhraie & Mohammadian, 2017). افزایش تلفات با کاربرد حشره‌کش پالیزین نسبت به شاهد در آفات مکنده شته سیاه مرکبات، سفیدبالک و کنه تارتن دو نقطه‌ای گزارش شده است (Gholamzadeh-Chitgar & Pourmoradi, 2017; Ali Bazhashi *et al*., 2018; Toorani *et al*., 2020).

حشره‌کش‌های میکروبی به‌دلیل اختصاصی بودن، بی‌خطر بودن و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست یک جایگزین برای حشره-کش‌های شیمیایی هستند (Savini & Vincenzo, 2016; Fernández-Chapa *et al*., 2019). موفق‌ترین عامل بیماری‌زای باکتریایی برای کنترل حشرات، *Bacillus thuringiensis* Berliner است که باکتری گرم مثبت و میله‌ای شکل است (Savini & Vincenzo, 2016; Babin *et al*., 2020). حشره‌کش‌های حاوی این باکتری از نوع گوارشی بوده زیرا این باکتری ترکیبات حشره‌کش و کریستال-های پروتئینی (مانند پروتئین حشره‌کش رویشی، پروتئین حشره‌کش ترشحی و تورینجینسین) تولید می‌کند که برای بسیاری از حشرات به‌ویژه مراحل لاروی آنها سمی هستند. این پروتئین‌ها حشرات را از طریق اختلال در بافت روده میانی می‌کشند (Savini & Vincenzo, 2016; Fernández-Chapa *et al*., 2019; Babin *et al*., 2020).

ترکیب حشره‌کش‌ها و بیمارگرها برای افزایش کارایی کنترل آفات ممکن است به‌صورت هم‌افزایی عمل کند و باعث مصرف غلظت‌های کم‌تر سموم و حفظ دشمنان طبیعی شود، در حالی‌که می‌تواند آلودگی محیط‌زیست در اثر حشره‌کش‌های شیمیایی و ایجاد مقاومت حشرات به حشره‌کش‌ها را کاهش دهد (Fernández-Chapa *et al*., 2019; Toorani *et al*., 2020). با توجه به این که در ایران تاکنون به بررسی اثر تلفیقی حشره‌کش‌های شیمیایی، گیاهی و میکروبی علیه تریپس گندم پرداخته نشده است، لذا در این تحقیق کارایی چند حشره‌کش گیاهی و شیمیایی نسبتا جدید (طبق توصیه سازمان حفظ نباتات) و یک فرآورده تجاری مبتنی بر اسپورهای باکتری *B. thuringiensi* به صورت منفرد آزمایش گردید و تاثیر اختلاط کاراترین حشره‌کش گیاهی و شیمیایی در دزهای زیر کشنده با حشره‌کش میکروبی روی تریپس گندم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

بذور گیاه میزبان (گندم رقم کراس) در گلدان پلاستیکی (قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر) با بستر کشت (خاک باغچه، ماسه و خاکبرگ با نسبت مساوی) کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه (دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و ۸:۱۶ ساعت روشنایی:تاریکی) نگهداری شدند. برای جلوگیری از آلودگی سایر آفات مثل شته‌ها، گلدان‌های حاوی گندم به قفس‌های توری‌دار منتقل شدند. آبیاری در فواصل مناسب انجام شد. زمانی‌که گیاه به مرحله چند برگی رسید، برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. تعدادی از گلدان‌ها جهت پرورش کلنی آفت در قفس جداگانه‌ای نگهداری شدند.

جمع‌آوری و پرورش تریپس گندم

تریپس گندم از مزارع گندم آلوده به آن در مناطق مختلف شهرستان زهک (استان سیستان و بلوچستان) جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و شناسایی شدند. جهت همسن‌سازی تریپس و بدست آوردن جمعیت یکنواخت، حشرات بالغ تریپس روی برگ‌های فاقد آلودگی گندم (سه هفته پس از جوانه‌زنی بذر) قرار داده و پس از ۲۴ ساعت حشرات بالغ از برگ‌ها جدا شدند. گیاهان آلوده به تخم تریپس به درون قفس با شرایط کنترل‌شده منتقل شدند. سپس نتاج حاصل روی گیاهان گندم مذکور درون قفس توری به ابعاد (۷۰× ۱۰۰× ۸۰ سانتی‌متر) با شرایط دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت روشنایی: تاریکی نگهداری شدند.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

در این تحقیق از حشره‌کش‌های شیمیایی تیاکلوپرید (بیسکایا®) و تیاکلوپرید+دلتامترین (پروتئوس®) ساخت شرکت بایر آلمان، حشره‌کش‌های گیاهی تنداکسیر® و پالیزین® ساخت شرکت کیمیا سبزآور و حشره‌کش میکروبی *B. thuringiensis* var. kurstaki (۳۲ درصد p/p، ۳۲ میلیون IU/G) به صورت پودر وتابل با نام تجاری پروبلت® ساخت شرکت نوآوران حیات پاک استفاده شد. بر اساس کاتالوگ شرکت بایر آلمان حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید دارای فرمولاسیون روغن قابل انتشار (OD) و ماده موثره تیاکلوپرید

۲۴ درصد است. حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین دارای فرمولاسیون OD و ماده موثره ۱۱ درصد است (Bayer Crop Science, 2016). بر اساس کاتالوگ شرکت کیمیا سبزآور، نوع فرمولاسیون حشره‌کش پالیزین و تنداکسیر به ترتیب به صورت مایع غلیظ قابل حل در آب و روغن امولسیون شونده است. ماده موثر پالیزین و تنداکسیر به ترتیب صابون روغن نارگیل ۵±۶۵ درصد و روغن خوراکی حاوی عصاره فلفل تند ۵ ±۸۵ درصد است (شرکت کیمیا سبزآور).

زیست‌سنجی مقدماتی و تعیین غلظت مناسب

این تحقیق در سال ۱۳۹۸ در شرایط آزمایشگاهی اجرا شد. از آنجا که خسارت عمده آفت تریپس گندم مربوط به سنین اول و دوم پورگی است (Omkar, 2020) و حشره کامل آن بسیار فعال بوده و حین کار در تشتک پتری با سرعت زیادی حرکت می‌کند به طوری که اغلب از آن خارج می‌شود، لذا از پوره سن دوم در این آزمایش استفاده شد. ابتدا آزمایش‌های مقدماتی برای بدست آوردن غلظت‌های حداقل و حداکثر (۲۵ درصد و ۷۵ درصد تلفات) هر یک از سموم روی این آفت از روش رقیق‌سازی انجام شدند. تعداد ۱۵ عدد پوره سن دوم تریپس انتخاب گردید. برگ‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در آفت‌کش‌ها فرو برده شدند و سپس به ظروف نگهداری منتقل گردیدند. تعداد ۱۵ عدد پوره سن دوم روی برگ قرار گرفت. آزمایش سه تکرار داشت. برای هر یک از تیمارهای آزمایش، سه تکرار بود که مجموعا ۴۵ عدد پوره سن دوم مورد استفاده قرار گرفت. تلفات به صورت درصد حشرات کاملا مرده به تعداد اولیه در هر تیمار، پس از ۱۲ ساعت محاسبه شد. برای اصلاح درصد تلفات از فرمول ابوت (Abbott, 1925) استفاده شد. غلظت‌هایی که ۲۵ و ۷۵ درصد تلفات ایجاد کردند مشخص شدند و با استفاده از فاصله لگاریتمی سه غلظت بینابین تعیین و آزمایش‌های نهایی با پنج غلظت برای هر حشره‌کش به همراه تیمار شاهد انجام شد (Robertson & Preisller, 1992). آب مقطر به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. جهت ایجاد سوسپانسیون یکنواخت، یک قطره از محلول توین ۸۰ (۰/۰۵ درصد) در شاهد و تیمارها استفاده شد. از توئین ۸۰ برای تشکیل سوسپانسیون یکنواخت از باکتری *B. thuringiensis*، استفاده شد. غلظت سموم مورد استفاده در آزمایش‌ها برای بیسکایا شامل پنج غلظت ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، برای تیاکلوپرید+دلتامترین شامل پنج غلظت ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، برای پالیزین شامل پنج غلظت ۱۳۰۰، ۳۲۰۰، ۶۵۰۰، ۹۸۰۰ و ۱۳۰۰۰ پی‌پی‌ام و حشره‌کش تنداکسیر شامل پنج غلظت ۱۷۰۰، ۴۲۵۰، ۸۵۰۰، ۱۲۵۰۰ و ۱۷۰۰۰ پی‌پی‌ام بود. همچنین باکتری بیمارگر *B. thuringiensis* در پنج غلظت ۰/۰۰۰۲۵، ۰/۰۱۶، ۰/۹، ۵۳ و ۳۲۰ پی‌پی‌ام مورد ارزیابی قرار گرفت. محدوده غلظت‌ها در هر یک از حشره‌کش‌ها بر حسب پی پی ام در جدول ۱ ارائه شده است. محدوده غلظت‌ها برای تیاکلوپرید و تیاکلوپرید+دلتامترین ۱۰۰۰-۱۰۰ پی‌پی‌ام، برای پالیزین ۱۳۰۰۰-۱۳۰۰ پی‌پی‌ام، برای تنداکسیر ۱۷۰۰۰-۱۷۰۰ پی‌پی‌ام و برای *B. thuringiensis* ۳۲۰- ۰/۰۰۰۲۵ پی‌پی‌ام بود (جدول ۱).

پس از تعیین غلظت‌های لگاریتمی، آزمایش اصلی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکـرار و پنج غلظت برای هر حشره‌کش به همراه شاهد انجام شد. ابتدا کف تشتک پتری پلاستیکی به قطر ۶ سانتی‌متر با دیسک برگ گندم به صورت رو به پشت برگ‌ها، پوشانده شد. از دیسک برگی تهیه شده از پهنک برگ گندم استفاده شد به طوری‌که به شکل کاملا دایره‌ای (قطر ۶ سانتیمتر) کف تشتک پتری را مفروش کند. واحد آزمایش در اینجا تشتک پتری مفروش با برگ بود که این برگ در غلظت‌های تهیه شده از سموم به مدت ۱۰ ثانیه غوطه‌ور شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط قرار گرفته تا کاملا خشـک شـود. در ادامه، تعداد ۱۵ عدد

پوره سن دوم همسن تریپس به هر یک از واحدهای آزمایشی منتقل شد. این آزمایش در شرایط دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی:روشنایی انجام شد. سپس ۱۲ ساعت بعد از تیمار، تعداد پوره‌های مرده و زنده توسط بینوکولار شمارش شد. پوره‌هایی کـه بـا وجود تحریک با سوزن پس از ۵ ثانیه قادر به راه رفتن نبودند، مرده تلقی شدند (Walter *et al*., 2018). پس از تعیین غلظت ۲۵ و ۷۵ درصد، غلظت‌های بینابین با فاصله لگاریتمی و انجام آزمایش نهایی، غلظت ۵۰ درصد بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار محاسبه شد.

تعیین غلظت‌های زیر کشندگی (LC_{15} و LC_{30}) حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی

به منظور انجام آزمایش تاثیر اختلاط حشره‌کش میکروبی با حشره‌کش‌های گیاهی و شیمیایی، یک حشره‌کش شیمیایی و یک حشره‌کش گیاهی که کمترین غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50}) بر پوره سن دوم تریپس گندم داشتند، انتخاب شدند و بر اساس داده‌های خروجی نرم‌افزار، دو غلظت زیر کشنده ۱۵ و ۳۰ درصد (LC_{15} و LC_{30}) از آنها تعیین شد. خسارت آفت‌کش‌ها روی دشمنان طبیعی را با کم کردن مقدار مصرف آن می‌توان کاهش داد. از آنجائی که انتخاب آفت‌کش با کمترین غلظت مدنظر است، از غلظت‌های زیرکشنده مذکور جهت تعیین کارایی آنها بر مرگ آفت استفاده شد. از این دو غلظت زیر کشنده در آزمایش تاثیر اختلاط حشره‌کش میکروبی با حشره‌کش‌های گیاهی و شیمیایی استفاده شد.

آزمایش کاربرد تلفیقی حشره‌کش شیمیایی و گیاهی با حشره‌کش میکروبی روی تریپس گندم

به‌منظور بررسی اثر اختلاط حشره‌کش شیمیایی و گیاهی با حشره‌کش میکروبی، دیسک برگی تهیه شده از پهنک برگ گندم که کف تشتک پتری را مفروش کرده بود به عنوان واحد آزمایشی در یکی از غلظت‌های LC_{15} و LC_{30} حشره‌کش شیمیایی و گیاهی به مدت ۱۰ ثانیه غوطه‌ور شد. پوره‌های سن دوم تریپس بلافاصله بعد از خشک شدن برگ‌ها (۱۰ دقیقه بعد)، داخل پتری قرار داده شدند. سپس ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از تیمار با حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی، غلظت LC_{50} باکتری بیمارگر *B. thuringiensis*، اعمال شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: LC_{15} حشره‌کش، LC_{30} حشره‌کش، LC_{50} بیمارگر، LC_{15} حشره‌کش+LC_{50} بیمارگر، LC_{30} حشره‌کش+LC_{50} بیمارگر و شاهد (آب مقطر حاوی توئین). با توجه به داده‌های حاصل از آزمایش‌های مقدماتی زیست‌سنجی، یک حشره‌کش شیمیایی و یک حشره‌کش گیاهی که کمترین غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50}) را روی پوره سن دوم تریپس داشتند، انتخاب و دو غلظت زیر کشنده ۱۵ و ۳۰ درصد از آنها محاسبه گردید و در آزمایش‌های مربوط به کاربرد هم زمان حشره‌کش میکروبی با حشره‌کش‌های گیاهی و شیمیایی، مورد استفاده قرار گرفت. تلفات پوره‌ها ۴۸ ساعت بعد از تیمار حشره‌کش میکروبی ثبت و تلفات مشاهده شده در تیمارها با فرمول ابوت اصلاح گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

مقدار LCها با روش تجزیه پروبیت و توسط نرم افزار SPSS 16، (SPSS, 2011)، محاسبه گردید. قبل از تجزیه داده‌ها برقراری شرایط آنالیز واریانس از نظر نرمال بودن و تصادفی بودن خطاها، همگنی واریانس‌ها و همبستگی واریانس‌ها با میانگین، توسط نرم‌افزار

SPSS بررسی شد و از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد. تجزیه و تحلیل آماری به روش آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA-One-Way و مقایسه میانگین آنها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد. قبل از مقایسه میانگین، برای اصلاح درصد تلفات از فرمول ابوت (Abbott, 1925) استفاده شد. نمودارها با نرم افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم شدند.

نتایج

نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی حشره‌کش‌های شیمیایی تیاکلوپرید و تیاکلوپرید+دلتامترین، حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین و تنداکسیر و حشره‌کش میکروبی *B. thuringiensis* بر پوره سن دوم تریپس گندم در جدول ۱ آورده شده است. نمودارهای پروبیت تلفات-لگاریتم غلظت نشان دادند که با افزایش غلظت حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی میزان تلفات پوره سن دوم تریپس گندم افزایش یافت. با افزایش مدت زمان بعد از کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی میزان LC_{50}، LC_{30} و LC_{15} کاهش یافت و تلفات تریپس افزایش یافت، به‌طوری که کمترین میزان LC_{50}، LC_{30} و LC_{15} ۴۸ ساعت بعد از کاربرد تیاکلوپرید، تیاکلوپرید+دلتامترین، پالیزین و تنداکسیر مشاهده شد. بعد از گذشت ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت کمترین میزان LC_{50} در بین حشره‌کش‌های شیمیایی تیاکلوپرید و تیاکلوپرید+دلتامترین مربوط به حشره‌کش تیاکلوپرید+دلتامترین بود و در بین حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین و تنداکسیر مربوط به پالیزین بود. در نتیجه از حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین و حشره‌کش گیاهی پالیزین در آزمایش مربوط به کاربرد تلفیقی حشره‌کش میکروبی با حشره‌کش‌های گیاهی و شیمیایی استفاده گردید (جدول ۱). میزان LC_{50} حشره‌کش میکروبی با افزایش گذشت زمان بعد از کاربرد آن کاهش یافت و درصد مرگ افزایش یافت و در ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن کمترین میزان LC_{50} با غلظت ۲/۳۴ پی پی ام بدست آمد (جدول ۱).

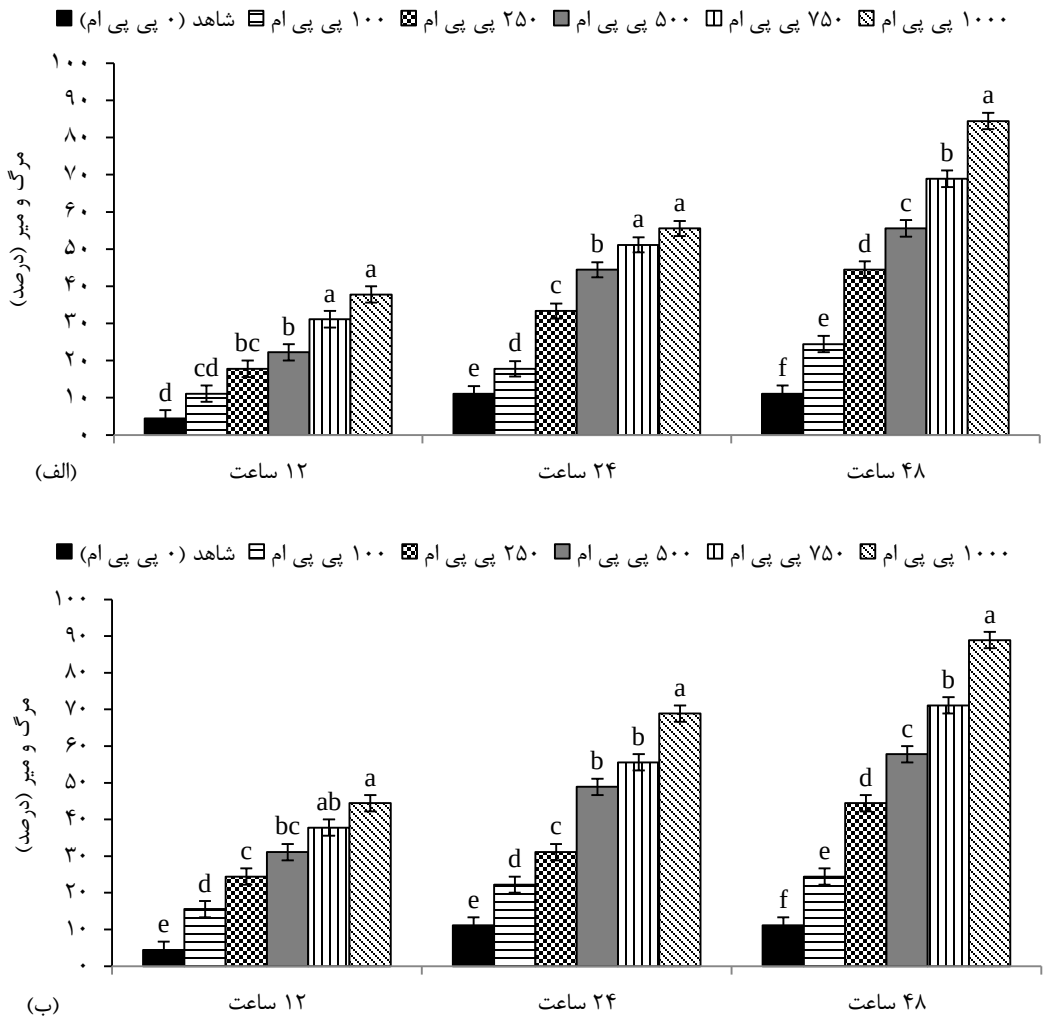
نتایج تجزیه واریانس کارایی حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید بر میزان تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن نشان داد که غلظت‌های مختلف تیاکلوپرید بر درصد تلفات آفت تریپس گندم در سطح احتمال ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که غلظت‌های مختلف تیاکلوپرید (۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (صفر) از نظر تلفات تریپس داشتند و با افزایش غلظت و نیز با افزایش گذشت زمان از کاربرد آنها درصد مرگ تریپس افزایش یافت. بیشترین درصد مرگ پوره سن دوم تریپس (۸۴/۴۴ درصد) در غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام تیاکلوپرید و بعد از گذشت مدت ۴۸ ساعت از کاربرد آن بدست آمد (شکل ۱الف).

نتایج تجزیه واریانس اثر حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین بر میزان تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن نشان داد که غلظت‌های مختلف تیاکلوپرید+دلتامترین بر درصد مرگ آفت تریپس گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که غلظت‌های مختلف تیاکلوپرید+دلتامترین (۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد از نظر میزان تلفات تریپس داشتند و با افزایش غلظت تیاکلوپرید+دلتامترین و نیز با افزایش گذشت زمان از کاربرد آن، درصد تلفات تریپس افزایش یافت. بیشترین تلفات پوره سن دوم تریپس با ۸۸/۸۹ درصد در غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام تیاکلوپرید+دلتامترین و بعد از گذشت ۴۸ ساعت از کاربرد آن بدست آمد (شکل ۱ب).

نتایج تجزیه واریانس کارایی حشره‌کش گیاهی پالیزین بر میزان تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف پالیزین بر درصد تلفات تریپس گندم ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که غلظت‌های مختلف پالیزین (۱۳۰۰، ۳۲۰۰، ۶۵۰۰، ۹۸۰۰ و ۱۳۰۰۰ پی پی ام) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (صفر) از نظر درصد مرگ تریپس داشتند و با افزایش غلظت پالیزین و نیز با افزایش گذشت زمان از کاربرد آن درصد مرگ تریپس افزایش یافت. بیشترین درصد مرگ پوره سن دوم تریپس (۸۲/۲۲ درصد) در غلظت ۱۳۰۰۰ پی پی ام پالیزین و بعد از گذشت مدت ۴۸ ساعت از کاربرد آن بدست آمد (شکل ۲).

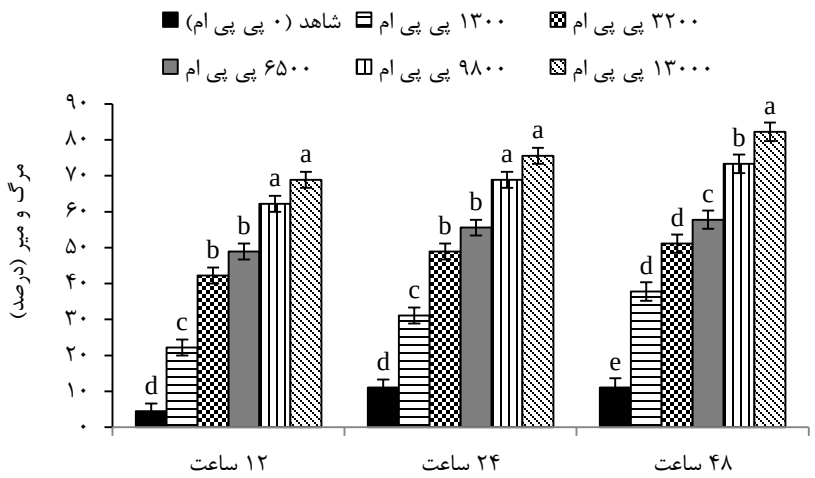
جدول ۱-تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی برای پاسخ غلظت-تلفات پوره تریپس گندم به حشره‌کش‌های تیاکلوپرید، تیاکلوپرید+دلتامترین، پالیزین، تنداکسیر و *Bacillus thuringiensis* (B.t) در زمان‌های ۱۲ ساعت بعد از کاربرد آن

حشره‌کش	تعداد حشره	دامنه غلظت‌ها (پی‌پی‌ام)	شیب خط (±SE)	LC_{15} (پی‌پی‌ام) (حدود اطمینان ۹۵٪)	LC_{30} (پی‌پی‌ام) (حدود اطمینان ۹۵٪)	LC_{50} (پی‌پی‌ام) (حدود اطمینان ۹۵٪)	کای اسکور (df=۱)	سطح احتمال انطباق (P)
تیاکلوپرید	۴۵	۱۰۰۰ - ۱۰۰	۰/۸۸ ± ۰/۲۸	۱۸۲ (۳۲-۳۱۱)	۶۹۱ (۴۲۷-۱۸۹۲)	۲۷۱۴ (۱۲۳۹-۵۷۷۵)	۹/۸۵	۰/۹۹
تیاکلوپرید+دلتامترین	۴۵	۱۰۰۰ - ۱۰۰	۰/۸۵ ± ۰/۲۶	۹۹/۲۲ (۹/۰۲-۱۹۵/۸۵)	۳۹۹/۴۳ (۲۰۷/۳۱-۶۹۲/۷۷)	۱۶۶۳ (۸۸۰/۱۲-۱۴۷۴۷)	۱۰/۴۸	۰/۹۹
پالیزین	۴۵	۱۳۰۰۰-۱۳۰۰	۱/۱۹ ± ۰/۲۵	۷۴۱ (۱۸۰-۱۳۹۸)	۱۹۹۲ (۹۰۳-۲۹۷۸)	۵۴۷۹ (۳۸۵۷-۷۸۹۲)	۲۳/۱۱	۰/۹۹
تنداکسیر	۴۵	۱۷۰۰۰ – ۱۷۰۰	۱/۲۸ ± ۰/۲۹	۳۴۱۰ (۱۵۱۶-۵۰۲۵)	۸۵۳۱ (۶۰۰۴-۱۲۴۵۰)	۲۱۸۲۳ (۱۴۴۱۴-۵۳۷۵۵)	۱۹/۵۳	۰/۹۹
B.t	۴۵	۳۲۰ - ۰/۰۰۰۲۵	۰/۲۶ ± ۰/۰۴	-	-	۱۹/۸۰ (۳/۱۹۴-۸۷/۶۰)	۳۵/۳۹	۰/۹۹



شکل ۱- مقایسه میانگین ± خطای معیار درصد تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌های تیاکلوپرید (الف) و تیاکلوپرید+دلتامترین (ب) در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت.

در هر زمان، ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۲- مقایسه میانگین ± خطای معیار درصد تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر غلظت‌های مختلف پالیزین در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت. در هر زمان،

ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتایج تجزیه واریانس اثر حشره‌کش گیاهی تنداکسیر بر میزان مرگ پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف حشره‌کش تنداکسیر بر درصد مرگ تریپس در سطح احتمال ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که غلظت‌های مختلف تنداکسیر (۱۷۰۰، ۴۲۵۰، ۸۵۰۰، ۱۲۵۰۰ و ۱۷۰۰۰ پی پی ام) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد از نظر درصد مرگ تریپس داشتند و با افزایش غلظت تنداکسیر و نیز با افزایش گذشت زمان از کاربرد آن درصد تلفات تریپس افزایش یافت. بیشترین درصد مرگ پوره سن دوم تریپس (۶۲/۲۲ درصد) در غلظت ۱۷۰۰۰ پی پی ام تنداکسیر و بعد از گذشت ۴۸ ساعت از کاربرد آن بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین ± خطای معیار درصد تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر غلظت‌های مختلف تنداکسیر در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت

زمان (ساعت)	غلظت (ppm)						خطای معیار
	کنترل (صفر)	۱۷۰۰	۴۲۵۰	۸۵۰۰	۱۲۵۰۰	۱۷۰۰۰	
۱۲	۴/۴۴ ^{e}	۸/۸۹ ^{e}	۱۷/۷۸ ^{cd}	۲۶/۶۷ ^{bc}	۳۵/۵۶ ^{b}	۴۸/۸۹ ^{a}	±۳/۳۹
۲۴	۱۱/۱۱ ^{e}	۱۵/۵۶ ^{de}	۲۴/۴۴ ^{cd}	۳۳/۳۳ ^{bc}	۳۷/۷۸ ^{b}	۵۱/۱۱ ^{a}	±۳/۰۱
۴۸	۱۱/۱۱ ^{e}	۲۲/۲۲ ^{d}	۳۱/۱۱ ^{c}	۴۴/۴۴ ^{b}	۵۵/۵۶ ^{a}	۶۲/۲۲ ^{a}	±۲/۲۲

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

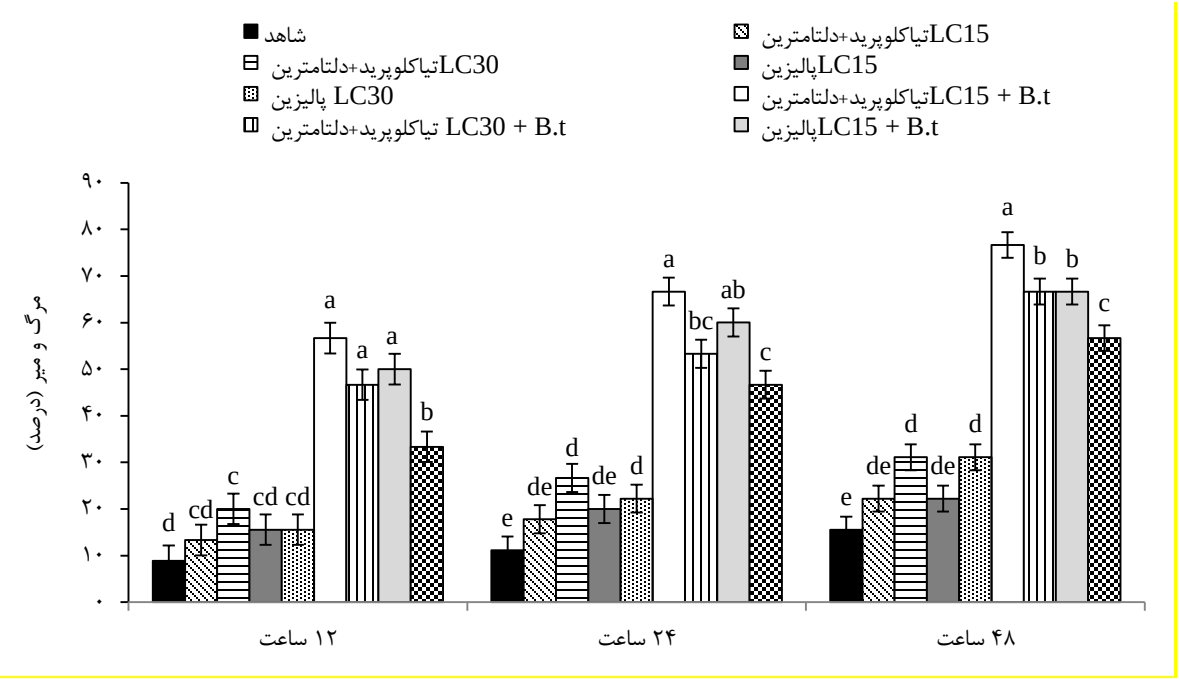
نتایج تجزیه واریانس اثر حشره‌کش میکروبی *B. thuringiensis* بر میزان مرگ‌و میر پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از کاربرد آن نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف آن بر درصد مرگ تریپس ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که غلظت‌های مختلف حشره‌کش میکروبی (۰/۰۰۰۲۵، ۰/۰۱۶، ۰/۹، ۵۳ و ۳۲۰ پی پی ام) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد از نظر تلفات تریپس گندم داشتند و با افزایش غلظت حشره‌کش میکروبی و نیز با افزایش گذشت زمان از کاربرد آن درصد تلفات افزایش یافت. بیشترین درصد مرگ پوره سن دوم تریپس (۸۸/۸۹ درصد) در غلظت ۳۲۰ پی پی ام حشره‌کش میکروبی و بعد از گذشت ۴۸ ساعت از کاربرد آن حاصل شد (جدول ۳).

در آزمایش تلفیق حشره‌کش‌های شیمیایی، گیاهی و میکروبی، غلظت‌های ۷ و ۲۰ پی پی ام از حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین، غلظت‌های ۲۶ و ۷۲ پی پی ام از حشره‌کش گیاهی پالیزین و غلظت ۲۲۱ پی پی ام از حشره‌کش میکروبی *B. thuringiensis* روی پوره سن دوم تریپس گندم بررسی شدند. نتایج تجزیه واریانس اثر تلفیق حشره‌کش‌های تیاکلوپرید+دلتامترین، پالیزین و *B. thuringiensis* بر میزان تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت نشان داد که اثر حشره-کش‌های تلفیقی بر درصد مرگ در سطح احتمال ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای مختلف تلفیق حشره‌کش‌ها (تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{15}، تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{30}، پالیزین LC_{15}، پالیزین LC_{30}، *B. thuringiensis* + تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{15}، *B. thuringiensis* + تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{30}، *B. thuringiensis* +پالیزین LC_{15}، *B. thuringiensis* +پالیزین LC_{30}) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (صفر) از نظر تلفات تریپس داشتند. بیشترین درصد مرگ پوره سن دوم تریپس گندم (۷۶/۶۷ درصد) با کاربرد تلفیقی *B. thuringiensis*+ تیاکلوپرید+ دلتامترین LC_{15} به‌ویژه بعد از ۴۸ ساعت بدست آمد (شکل ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین ± خطای معیار درصد تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر غلظت‌های مختلف *Bacillus thuringiensis* در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت

زمان (ساعت)	غلظت (ppm)						خطای معیار
	کنترل (صفر)	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۱۶	۰/۹	۵۳	۳۲۰	
۱۲	۴/۴۴ ^{e}	۱۳/۳۳ ^{d}	۲۰/۰۰ ^{d}	۳۳/۳۳ ^{c}	۴۶/۶۷ ^{b}	۷۱/۱۱ ^{a}	±۲/۵۷
۲۴	۱۱/۱۱ ^{e}	۱۳/۳۳ ^{e}	۲۲/۲۲ ^{d}	۳۳/۳۳ ^{c}	۴۸/۹۰ ^{b}	۷۵/۵۶ ^{a}	±۲/۴۱
۴۸	۱۱/۱۱ ^{e}	۱۳/۸۹ ^{e}	۲۲/۲۲ ^{d}	۳۷/۷۸ ^{c}	۵۵/۵۶ ^{b}	۸۸/۸۹ ^{a}	±۲/۰۴

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین± خطای معیار درصد تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر تیمارهای تلفیقی تیاکلوپرید+دلتامترین، پالیزین و *Bacillus thuringiensis* (B.t) در زمان‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت.

در هر زمان، ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بحث

روش‌های شیمیایی به‌دلیل ضریب اطمینان بالای آنها به‌عنوان رایج‌ترین روش مبارزه با آفات در سراسر جهان استفاده می‌شوند (Iglesias *et al*., 2021). توجه بشر به اهمیت مواد غذایی بدون پسماند حشره‌کش‌های شیمیایی، مقاومت آفات به سموم، آلودگی محیط‌زیست و اثر مضر سموم بر سلامت انسان موجب افزایش تحقیقات برای دستیابی به روش‌های کنترل ایمن، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست و آفت‌کش‌های کم‌خطر شده است (Wakgari & Yigezu, 2018; Iglesias *et al*., 2021). این تحقیق درباره اثر حشره‌کش‌های شیمیایی تیاکلوپرید و پروتئوس (تیاکلوپرید+دلتامترین)، حشره‌کش‌های زیستی تنداکسیر، پالیزین و *B. thuringiensis* و تلفیق آنها روی پوره سن دوم تریپس گندم در ایران بود. گزارش‌های زیادی تأثیرات منفی حشره‌کش‌های تیاکلوپرید و دلتامترین را بر آفات تأیید کردند، اما مطالعات در مورد مخلوط آنها محدود است و در تریپس گندم نیز بررسی نشده است (Majidpour *et al*., 2020). مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که تیاکلوپرید برای حشرات بالغ سفیدبالک با LC_{50} متوسط ۱۴/۷ میلی‌گرم بر لیتر بسیار سمی است (Dong *et al*., 2017). کاربرد غلظت‌های زیرکشنده تیاکلوپرید اثر منفی بر فراسنجه‌های جدول زندگی شته سبز گندم از قبیل نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولید مثل، مدت زمان طول یک نسل و نرخ متناهی افزایش جمعیت داشت و LC_{50} آن برابر با ۲۱۲/۷ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر گزارش گردید (Aeinechi & Naseri, 2020). مشخص شده

است که کنترل آفت با تیاکلوپرید می‌تواند به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم پروتئاز در اثر اتصال تیاکلوپرید به پروتئازها و تشکیل کمپلکس باشد که موجب ممانعت از فعالیت آنها و نهایتا کاهش جمعیت آفت می‌شود (Aeinechi & Naseri, 2020).

مطالعه حشره‌کش‌های تیاکلوپرید+دلتامترین و پیری‌پروکسی‌فن بر سفیدبالک نیشکر نشان داد که مخلوط تیاکلوپرید+دلتامترین سمی‌ترین حشره‌کش برای مراحل مختلف زندگی سفیدبالک بود و زنده‌مانی حشرات بالغ در برگ‌های نیشکر تحت تیمار غلظت بالای تیاکلوپرید+دلتامترین (۱۵۰۰ پی پی ام) ۴۳/۳ درصد بود (Behnam-Oskuyee *et al*., 2020). دوره رشد پوره‌های سن سوم تا چهارم شته پنبه تحت تأثیر مخلوط تیاکلوپرید+دلتامترین قرار گرفت، و مقدار LC_{50} برای شته ۱۴/۱ میلی‌گرم در لیتر بود. غلظت LC_{30} اثرات بیشتری نسبت به LC_{10} روی شته پنبه ایجاد کرد و باروری آفت به طور معنی داری کاهش یافت (Majidpour *et al*., 2020). با کاربرد حشره‌کش‌های دلتامترین+تیاکلوپرید و لامبداسی‌هالوترین روی سن گندم مشخص شد که بیشترین تلفات حشرات بالغ سن با ۱۰۰ درصد مربوط به حشره‌کش دلتامترین+تیاکلوپرید بود (Honarmand *et al*., 2016). نتایج این مطالعه مبنی بر افزایش تلفات پوره سن دوم تریپس گندم در اثر حشره‌کش‌های تیاکلوپرید و مخلوط تیاکلوپرید+دلتامترین با نتایج مطالعات فوق مطابقت داشت.

سایر مطالعات ثابت کردند که حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی در کاهش جمعیت آفات موثر هستند (Dong *et al*., 2017; Koohzad-Mohammadi *et al*., 2017). حشره‌کش تیاکلوپرید یک نئونیکوتینوئید است و بنابراین بر گیرنده‌های استیل کولین حشرات تاثیر می‌گذارد در حالی‌که دلتامترین (پیرتروئید) با تعدیل ورود سدیم به سیستم عصبی مداخله می‌کند (Majidpour *et al*., 2020). ترکیب تیاکلوپرید و دلتامترین در فرمولاسیون تیاکلوپرید+دلتامترین ممکن است اثرات هم‌افزایی داشته باشد (Behnam-Oskuyee *et al*., 2020). تمام حشره‌کش‌های با فرمولاسیون او-دی تاثیر ضربه‌ای و ماندگاری بهتری دارند و بر اساس کاتولوگ شرکت بایر حشره‌کش‌های بیسکایا و تیاکلوپرید+دلتامترین اثر ضربه‌ای فوق العاده بالایی دارند و در نتیجه سمپاشی آنها با توجه به متحرک بودن تریپس گندم، می‌تواند بسیار مفید باشد (Rezaei *et al*., 2020).

تنداکسیر اثرات کشندگی و زیرکشندگی بالایی بر رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی داشت و باعث طولانی‌تر شدن دوره یک نسل شد (Kabiri Raeisabad, 2019). پالیزین در ۷۲ ساعت پس از کاربرد سبب مرگ ۹۶/۳۹ درصد از آفت شته سیاه مرکبات شد (Gholamzadeh-Chitgar & Pourmoradi, 2017). تلفات حشرات کامل سفیدبالک در زمان کاربرد پالیزین بسیار کمتر از زمان کاربرد سم کنفیدور بود (Ali Bazhashi *et al*., 2018). کارایی کمتر حشره‌کش‌های گیاهی نسبت به حشره‌کش‌های شیمیایی در این مطالعه مانند مطالعات فوق مشاهده گردید. نتایج این تحقیق مبنی بر افزایش تلفات پوره سن دوم تریپس گندم با افزایش غلظت حشره‌کش-های تنداکسیر و پالیزین و با افزایش گذشت زمان از مصرف آنها با نتایج مطالعات فوق مطابقت داشت. نتایج نشان داد که هرچند تنداکسیر و پالیزین دارای اثرات کشنده مشابه حشره‌کش‌های شیمیایی نیستند اما با توجه به پژوهش‌هایی که در ارتباط با اثر عصاره‌های گیاهی بر آفات دیگر انجام شده است، این عصاره‌ها به‌ویژه پالیزین تاثیر نسبتا مناسبی بر پوره سن دوم تریپس گندم داشتند. در مطالعه کاربرد حشره‌کش‌های دلتامترین+تیاکلوپرید، لامبداسی‌هالوترین و پالیزین روی سن گندم مشخص شد که میزان تلفات حشرات بالغ سن با حشره‌کش گیاهی پالیزین کمتر از حشره‌کش شیمیایی دلتامترین+تیاکلوپرید بود (Honarmand *et al*., 2016). وجود ماده فعال کاپسیسین در گیاه فلفل قرمز و اثرات کشندگی و ضد تغذیه‌ای این ماده در بی‌مهرگان تایید شده است و

می‌تواند دلیلی برای اثر کشندگی حشره‌کش تنداکسیر باشد (Li *et al*., 2019). اثر کشندگی حشره‌کش پالیزین به نقش آن در صدمه به اسکلت خارجی آفت و اختلال سیستم تنفسی نسبت داده می‌شود که نهایتا سبب خروج مایعات حیاتی از بدن آفت و مرگ آن می‌شود (Toorani *et al*., 2020).

باکتری *B. thuringiensis* به‌عنوان یک عامل کنترل بیولوژیکی آفات در مطالعات زیادی گزارش شده است (Ali *et al*., 2010; Babin *et al*., 2020; Plata-Rueda *et al*., 2020). از آنجا که این باکتری عامل بیماری‌زای حشرات، میزبان خود را از طریق روده میانی آلوده می‌کند، بنابراین پتانسیل بیشتری را به‌عنوان عوامل کنترل‌کننده زیستی برای آفات دارد (Plata-Rueda *et al*., 2020). کاربرد حشره‌کش *B. thuringiensis* موجب تلفات بالای کرم برگ‌خوار پاییزه در برنج شد (Del Valle Loto *et al*., 2019). حشره‌کش *B. thuringiensis* سبب کاهش یا مهار رشد، نمو و وزن لارو می‌شود و چرخه زندگی آفت کرم میوه‌خوار بادمجان را مختل می‌کند (Prodhan *et al*., 2019). اثر باکتری *B. thuringiensis* روی آفت تریپس گندم باعث کاهش مصرف اولیه برگ شد که این نشان‌دهنده اثر مسمومیت و ضدتغذیه‌ای باکتری روی این آفت است. نتایج این مطالعه مبنی بر افزایش تلفات تریپس در اثر کاربرد *B. thuringiensis* با مطالعات فوق مطابقت داشت. تغییر نفوذپذیری و آسیب روده میانی ناشی از *B. thuringiensis* در جذب غذا اختلال ایجاد می‌کند، بر فعالیت آنزیم‌های مرتبط با گوارش تأثیر می‌گذارد و متابولیسم انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین مسمومیت ناشی از این باکتری موجب تغییر pH همولنف آفت شده و پاسخ ایمنی را سرکوب می‌کند و نهایتا سبب مرگ آفت می‌شود (Plata-Rueda *et al*., 2020).

تاثیر مثبت تلفیق آفت‌کش‌های میکروبی با آفت‌کش‌های شیمیایی و گیاهی در کنترل آفات در دیگر مطالعات گزارش شده است (Ouma *et al*., 2014; Narkhede *et al*., 2017). نتایج تحقیق نشان داد که جمعیت پوره سن دوم تریپس گندم با کاربرد تلفیقی *B. thuringiensis*+ تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{15}، کاهش یافت. در کاربرد همزمان آفت‌کش‌ها، زمانی‌که حشره‌کش میکروبی ۲۴ ساعت بعد از تیمار اول اعمال گردید، مشخص شد که تلفیق *B. thuringiensis*+پالیزین LC_{15} بعد از تیمار تلفیقی *B. thuringiensis*+ تیاکلوپرید+دلتامترین LC_{15} بیشترین تلفات تریپس را داشت. اثر هم‌افزایی لاروکش تمفوس با *B. thuringiensis*، LC_{50} را در پشه آنوفل کاهش داد و پتانسیل لاروکشی تمفوس+باکتری *B. thuringiensis* در مقایسه با کاربرد منفرد آنها افزایش یافت (Narkhede *et al*., 2017). کاهش ۶۰ درصدی تریپس در لوبیا سبز پس از سم‌پاشی ترکیبی آفت‌کش گیاهی تجاری چریش (*Azadirachta indica*) و قارچ بیمارگر *Metarrhiziam anisopliae* گزارش گردید (Ouma *et al*., 2014). کاربرد اسانس گیاهان زنیان رومی، مرزه، پونه کوهی، رازیانه، زیره سبز و زوفا اثر هم‌افزایی با حشره‌کش تیاکلوپرید+دلتامترین در برابر تخم و بالغ سفیدبالک داشت که به وجود متابولیت‌های ثانویه و نقش دفاعی آنها در گیاهان نسبت داده شده است (Ouma *et al*., 2014; Soleymanzade *et al*., 2017). نتایج این تحقیق مبنی بر اثر مثبت تلفیق *B. thuringiensis* با تیاکلوپرید+دلتامترین و پالیزین در کنترل تریپس گندم با نتایج مطالعات فوق مطابقت داشت. محققان افزایش پتانسیل لاروکشی با فرمولاسیون ترکیبی *B. thuringiensis* و آفت‌کش شیمیایی را به تغییر شرایط فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لاروها مثل کاهش سطح آلفا استراز، استیل‌کولین استراز و پروتئین و افزایش فعالیت قلیایی فسفاتاز نسبت دادند (Narkhede *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد ترکیبی حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین در غلظت LC_{15} با حشره‌کش باکتریایی *B. thuringiensis* برای تریپس گندم بسیار سمی بود و پوره سن دوم این آفت را به‌طور قابل توجهی کنترل کرد. حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین و تنداکسیر و حشره‌کش *B. thuringiensis* در کاربرد منفرد می‌توانند در کنترل تریپس گندم مفید واقع شده و به‌عنوان جایگزین حشره‌کش‌های شیمیایی مورد استفاده قرار بگیرند. کاربرد تلفیقی حشره‌کش‌ها می‌تواند کنترل تریپس گندم را بهبود بخشد و خطر مقاومت تریپس به حشره‌کش‌ها و نیز آلودگی زیست‌محیطی را کاهش دهد. تلفیق باکتری *B. thuringiensis* به همراه حشره‌کش شیمیایی تیاکلوپرید+دلتامترین می‌تواند برای کنترل تریپس گندم به‌عنوان بخشی از استراتژی مفید مدیریت تلفیقی آفات استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تحقیقات مزرعه‌ای برای تایید بیشتر یافته‌های این مطالعه انجام شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل به خاطر حمایت مالی این مطالعه (IR-UOZ-GR-0821) تشکر و قدردانی می‌نمایند. پژوهش حاضر بخشی از پایان‌نامه‌ی دوره کارشناسی ارشد نگارنده‌ی اول در رشته‌ی حشره‌شناسی کشاورزی است.

منابع

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, 18(2): 265-267.

Aeinechi, P. and Naseri, B. (2020). Effect of Thiacloprid and Eforia on the life table parameters and detoxification enzymes activity in wheat aphid, *Schizaphis graminum* (Rondani). Journal of Entomological Research, 12(2): 83-101. (In Farsi with English summary).

Ali, S., Zafar, Y., Ali, G.M. and Nazir, F. (2010). *Bacillus thuringiensis* and its application in agriculture. African Journal of Biotechnology, 9(14): 2022-2031.

Ali Bazhashi, Z., Seddigh, S. and Tafaghodinia, B. (2018). Comparison of Confidor and Palizin in control of greenhouse whitefly adults in Gerbera commercial greenhouses in Pakdasht. Applied Plant Protection, 6(1): 55-63. (In Farsi with English summary).

Babin, A., Nawrot-Esposito, M.P., Gallet, A., Gatti, J.L. and Poirie, M. (2020). Differential side-effects of *Bacillus thuringiensis* bioinsecticide on non-target *Drosophila* flies. Scientific Reports, 10: 16241.

Baker, B.P., Green, T.A. and Loker, A.J. (2020). Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. Biological Control, 140: 104095.

Behnam-Oskuyee, S., Ziaee, M. and Shishehbor, P. (2020). Evaluation of different insecticides for the control of sugarcane whitefly, *Neomaskellia andropogonis* Corbett (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 19(4): 255-260.

Del Valle Loto, F., Carrizo, A.E., Romero, C.M., Baigorí, M.D. and Pera, L.M. (2019). *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strains from northern Argentina: Esterases, profiles, and susceptibility to *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae). Florida Entomologist, 102: 347-352.

Dong, S., Ren, X., Zhang, D., Ji, X., Wang, K. and Qiao, K. (2017). Single basal application of Thiacloprid for the integrated management of *Meloidogyne incognita* and *Bemisia tabaci* in tomato crops. Scientific Reports, 7: 41161.

Fernández-Chapa, D., Ramírez-Villalobos, J. and Galán-Wong, L. (2019). Toxic potential of *Bacillus thuringiensis*: An overview. Pages 1-22. In: Jia, Y. (ed.), Protecting rice grains in the post-genomic era. London: IntechOpen.

Gheibi, M. and Taheri, Y. (2017). Effect of flupyradifurone, spirotetramat and thiacloprid insecticides on common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hem.: Psyllidae). IAU Entomological Research Journal, 8(4): 255-270. (In Farsi with English summary).

Gholamzadeh-Chitgar, M. and Pourmoradi, S. (2017). An evaluation of the effect of botanical insecticide, palizin in comparison with chemical insecticide, imidacloprid on the black citrus aphid, *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe and its natural enemy, *Aphidius colemani* Viereck. Journal of Plant Protection Research, 57: 101-106.

Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F. and Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. Agronomy, 9(7): 352.

Honarmand, P., Nouri, G., Rafiee-Dastjerdi, H., Hassanpour, M. and Fathi, S.A.A. (2016). Lethal effect of three synthetic insecticides and two commercial botanical extracts on the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton under the field and laboratory conditions. Plant Pest Research, 6(3): 65-77. (In Farsi with English summary).

Iglesias, L., Havey, M.J. and Nault, B.A. (2021). Management of onion thrips (*Thrips tabaci*) in organic onion production using multiple IPM tactics. Insects, 12(3): 207.

Ivantsova, E.A., Novochadov, V.V., Onistratenko, N.V. and Postnova, M.V. (2017). Ecological aspects of phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the south of Russia. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 23(5): 834-842.

Kabiri Raeisabad, M. (2019). Lethal and sublethal effects of botanical insecticide, tondexir (Tondexir®) and chemical insecticide, indoxacarb (Avaunt®) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 42(1): 45-64. (In Farsi with English summary).

Koohzad-Mohammadi, P., Ziaee, M. and Nikpay, A. (2017). Insecticides from different classes impact on *Neomaskellia andropogonis* population under sugarcane field conditions. Sugar Tech, 19: 623-631.

Kozulina, N.S., Vasilenko, A.A. and Shmeleva, Z.N. (2019). The development of the environmentally safe method for disinfection and biostimulation of spring wheat seeds using electromagnetic field of super-high frequency (AGRITECH Scopus). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 315: 022047.

Kozulina, N.S., Vasilenko, A.V., Vasilenko, A.A. and Shmeleva, Z.N. (2021). Effective protection of grain crops from pests. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 677: 042014.

Li, B., Yang, M., Shi, R. and Ye, M. (2019). Insecticidal activity of natural capsaicinoids against several agricultural insects. Natural Product Communications, 14(7): 1934578X1986269.

Lin, Q., Chen, H., Dai, X., Yin, S., Shi, C., Yin, Z., Zhang, J., Zhang, F., Zheng, L. and Zhai, Y. (2021). *Myzus persicae* management through combined use of beneficial insects and Thiacloprid in pepper seedlings. Insects, 12: 791.

Majidpour, M., Maroofpour, N., Ghane-Jahromi, M. and Guedes, R.N.C. (2020). Thiacloprid +Deltamethrin on the life-table parameters of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), and the parasitoid, *Aphidius flaviventris* (Hymenoptera: Aphelinidae). Journal of Economic Entomology, 113(6): 2723-2731.

Mirfakhraie, S. and Mohammadian, P. (2017). Effects of botanical insectides Sirinol, Tondexir and repellency of Palizin on two spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) in the laboratory conditions. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 40(3): 1-12. (In Farsi with English summary).

Narkhede, C., Patil, C., Suryawanshi, R., Koli, S., Mohite, B. and Patil, S. (2017). Synergistic effect of certain insecticides combined with *Bacillus thuringiensis* on mosquito larvae. Journal of Entomological and Acarological Research, 49(1): 6265.

Omkar, A. (2020). Sucking Pests of Crops. Springer Nature, Singapore. 515 pp.

Ouma, B., Muthomi, J., Nderitu, J. and Toroitich, F. (2014). Management of thrips in French beans by integrating biological and synthetic pesticides in conventional spray regimes. Journal of Renewable Agriculture, 2: 27-37.

Plata-Rueda, A., Quintero, H.A., Serrão, J.E. and Martínez, L.C. (2020). Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* strains on the nettle caterpillar, *Euprosterna elaeasa* (Lepidoptera: Limacodidae). Insects, 11(5): 310.

Prodhan, M., Haider, Z., Shirale, D.K., Islam, M., Hossain, M., Paranjape, V. and Shelton, A.M. (2019). Susceptibility of field populations of eggplant fruit and shoot borer (*Leucinodes orbonalis* Guenée) to Cry1Ac, the protein expressed in Bt eggplant (*Solanum melongena* L.) in Bangladesh. Insects, 10(7): 198.

Rezaei, M., Gheibi, M., Hesami, S. and Zohdi, H. (2020). Effect of sub-lethal concentration of Biscaya®, Neem Azal®, and Tondexir® on life parameters of *Habrobracon hebetor* say (Hymenoptera: Braconidae). International Journal of Tropical Insect Science, 40(1): 119-129.

Robertson, J.L. and Preisller, H.K. (1992). Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press, 127 Pp. USA.

Savini, V. and Vincenzo, P. (2016). *Bacillus thuringiensis* insecticide properties. Pages 139-155. In: Savini, V. (ed.), The diverse faces of Bacillus cereus. USA: Academic Press.

Soleymanzade, A., Khorrami, F., Forouzan, M., Noori, H. and Poushand, F. (2017). Insecticidal activity of some medicinal plant essential oils combined with Proteus® against greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. Journal of Entomological Research, 9(3): 13-20.

Spss, I. (2011). IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0. IBM Corp, New York.

Toorani, A.H., Amiri Besheli, B. and Abbasipour, H. (2020). Toxicity of selected plant derived pesticides to the citrus spider mites (Acari: Tetranychidae) and their predator, *Stethorus gilvifrons*, in the semi-field conditions. International Journal of Acarology, 46(8): 644-651.

Wakgari, M. and Yigezu, G. (2018). Evaluation of some botanical extracts against two-spotted spider mite (Tetranychidae: *Tetranychus urticae* koch) under laboratory condition. Ethiopian Journal of Science, 41(1): 1-7.

Walter, N.T., Adeleye, V.O., Muthomi, P.K., Rojas, R.J.O., Strzyzewski, I., Funderburk, J. and Martini, X. (2018). Toxicity of different insecticides against two thrips (Thysanoptera: Thripidae) pests of concern in central america. Florida Entomologist, 101(4): 627-633.

Comparative and combined toxicity of some microbial, chemical and botanical pesticides on *Haplothrips tritici* K. (Thysanoptera: Phlaeothripidae) in laboratory conditions

F. Shokouhi-Nia[1], A. Mirshekar[2*], and A. Khani[3]

Received:2021.11.30
Accepted: 2022.3.12

Abstract

The combination of biological and chemical insecticides is very important to control wheat thrips and reduce the dose of chemical insecticides. Therefore, in this study, insecticidal activity of botanical (Tondexir and Palizin) and microbial pesticides (*Bacillus thuringiensis* (B.t)) in comparison with chemical (Thiacloprid and Thiacloprid+Deltamethrin) insecticides on wheat thrips was investigated. A completely randomized experiment was performed with three replications and five concentrations of each insecticide. Based on the lowest LC_{50}, a chemical insecticide and a botanical insecticide were selected. Their LC_{15} and LC_{30} concentrations were combined with microbial insecticide and 48 h later, the mortality was calculated. The mortality increased with increasing concentrations of chemical and botanical insecticides. The lowest amount of LC_{50} was related to Thiacloprid+Deltamethrin and Palizin which were used in combination with microbial insecticide. The highest mortality (76.67%) was related to the combination treatment of B.t+Thiacloprid+Deltamethrin $LC_{15,}$ which can be recommended after field studies as an alternative of chemical insecticides to protect wheat against thrips.

Keywords: Botanical pesticide, Entomopathogenic bacteria, Biscaya, Proteus, Integrated control, Biological control

1. Former MSc student of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol
2. Assistant Professor of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol
(*Corresponding author: mirshekar@uoz.ac.ir)
3. Associate Professor of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol