Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023, 43 (3), 301-315
Research Article
https://doi.org.10.61186/jesi.43.3.9
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

کارایی حشره‌کش جدید تیوسیکلام هیدروژن اکسالات در کنترل کرم ساقه‌خوار نواری برنج *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Grambidae) در شرایط مزرعه‌ای

فرزاد مجیدی شیل‌سر[1] و مهرداد عموقلی طبری[2]

۱- موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترو یج کشاورزی، رشت، ایران

۲- موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترو یج کشاورزی، آمل، ایران

majidi14@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-4066-0279
ma_tabari@yahoo.com https://orcid.org/0000-0003-3152-2867

چکیده: با توجه به مصرف طولانی مدت برخی از حشره‌کش‌های شیمیایی برای کنترل ساقه‌خوارنواری برنج، *Chilo suppressalis*در شالیزارهای شمال کشور و به منظور جلوگیری از توسعه مقاومت کرم ساقه‌خوار به آن‌ها، لزوم بکارگیری حشره‌کش‌های جدید نظیر تیوسیکلام هیدروژن اکسالات گرانول ۴ درصد (ویبرانت®) در کنترل این آفت ضروری است. تیمارهای آزمایشی در این پژوهش شامل، ۱-حشره‌کش (ویبرانت®) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار ۲-حشره‌کش (ویبرانت®) به میزان ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار ۳-حشره‌کش (ویبرانت®) به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار ۴-حشره‌کش دیازینون گرانول ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار ۵-حشره‌کش فیپرونیل گرانول ۰/۲ درصد به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار ۶-تیمار شاهد (آب‌پاشی) بودند. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. صفات زیر شامل، درصد جوانه‌های مرکزی مرده در نسل اول، درصد خوشه‌های سفید شده در نسل دوم، درصد کارایی حشره‌کش‌ها، جمعیت لاروها و عملکرد محصول برنج مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین حشره‌کش‌های مورد آزمایش، حشره‌کش (ویبرانت®) در مقادیر ۱۲/۵ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار، به طور معنی‌داری در کنترل ساقه‌خوار نواری برنج به ترتیب برای نسل‌های اول و دوم آفت مؤثر بودند. نتایج این بررسی نشان داد که کمترین آلودگی جوانه‌های مرکزی مرده (۵/۲۲ درصد) و کمترین آلودگی خوشه‌های سفید شده (۲/۳۳ درصد)، بیشترین مرگ و میر لارو (۸۶/۰۱ درصد) و بیشترین عملکرد محصول (۴۰۲۰/۸۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ویبرانت ۴٪ به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این است که حشره‌کش جدید تیوسیکلام هیدروژن اکسالات پتانسیل خوبی در کنترل کرم ساقه‌خوارنواری برنج دارد و می‌تواند برای مدیریت تلفیقی ساقه‌خوار در زیست‌بوم شالیزار مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، گرانول، ساقه‌خوار نواری، کنترل شیمیایی.

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰
دبیر تخصصی: معصومه ضیایی

Citation: Majidi-Shilsar, F. & Amooghli-Tabari, M. (2023) Efficacy of the new insecticide thiocyclam hydrogen oxalate in the control of rice striped stem borer *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Grambidae) under field conditions. *J. Entomol. Soc. Iran*, 43 (3), 301–315.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در دنیا است که در طول رشد خود تحت تاثیر عوامل مختلف زیان آور مانند آفات حشره‌ای، قرار می‌گیرد. در میان حشرات زیان‌آور ساقه‌خوارها از زیان‌آورترین گروه‌ها محسوب می‌شوند (Rehman *et al.*, 2002). از گونه های مهم این گروه در ایران، ساقه‌خوار نواری برنج، *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae) می‌باشد. راهکارهای مختلفی برای کنترل ساقه‌خوار نواری برنج در زیست بوم شالیزار در نظر گرفته شده است که حشره‌کش‌ها یکی از ارکان مهم آن‌ها هستند. حشره‌کش-های شیمیایی نقش مهمی در کنترل حشرات زیان‌آور محصولات کشاورزی به عهده دارند، اما کاربرد ترکیبات شیمیایی کم‌خطر روی دشمنان طبیعی و محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست (Srivastava *et al.*, 2003). از آن جا که ساقه‌خوار نواری برنج مهم‌ترین آفت مزارع برنج شمال ایران محسوب می‌شود، در صورت عدم مدیریت صحیح این آفت، ممکن است سالانه درصد قابل توجهی از محصول برنج از بین برود. از سویی دیگر ایجاد رویکردی جدید در کشت ارقام اصلاح شده برنج در کشور و توسعه کشت مجدد برنج و برداشت راتون (وارویش) به ویژه در استان مازندران و برخی از مناطق شمال کشور، زمینه افزایش انبوهی جمعیت ساقه‌خوار نواری برنج در زیست بوم شالیزار را فراهم می-کند. در چنین شرایطی، حشره‌کش‌ها تنها سلاح قابل اعتماد برای کشاورزان جهت کاهش جمعیت ساقه‌خوار، محسوب خواهند شد. امروزه در بیشتر کشورهای جهان، به ویژه کشورهای در حال توسعه، کنترل شیمیایی در حفاظت گیاهان نقش اصلی را ایفا می‌کند. همانند دیگر کشورهای

Corresponding author Farzad Majidi – Shilsar (E-mail: majidi14@yahoo.com)
© 202x by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

جهـان، در ایـران نیـز متـداولترین روش بـرای کنتـرل آفـت مزبـور روش شـیمیایی مـی‌باشـد (Fathipour *et al.*, 2006؛ Rashid *et al.*, 2012؛ Hammad *et al.*, 2000) و گرانولـه در شهرسـتان آمـل انجـام دادنـد. آن‌هـا نشـان دادندکـه از بـین حشـره‌کش‌هـای آزمایشـی تـاثیر کـاربوفوران (فـورادان) نسـبت بـه دیمکـرون و سومی‌تیون بیشتر بود، و از میان سموم گرانولـه، تـاثیر کـاربوفوران بیشـتر از گرانـول دیـازینون و لبایسـید بـود، ولـی بـا توجـه بـه سـمیت شـدید کـاربوفوران روی دشمنان طبیعـی و سـایر جـانوران غیـر هـدف، حشـره‌کـش دیـازینون جـایگزین سـم کـاربوفوران شـد. حشـره‌کـش‌هـا بـا انـواع فرمولاسـیون در بـازار عرضه می‌شوند، در بـین حشـره‌کـش‌هـای مختلـف، حشـره‌کـش‌هـای گرانولـه دارای اهمیـت بیشـتری هسـتند، زیـرا پـس از اسـتفاده در مـزارع بـرنج، روی اندام‌های هوایی گیاه برنج باقی نمانـده و اثـرات منفـی آن روی موجـودات مفیـد و غیـر هـدف بسـیار کمتـر اسـت. بررسـی هـای بـه عمـل آمـده در کشـور نشان می‌دهد که تعداد حشـره‌کـش‌هـای ثبـت شـده روی سـاقه‌خـوار نـواری بـرنج در زیسـت بـوم شـالیزار محـدود و ناکـافی اسـت. صـرف نظـر از میـزان مصرف حشره‌کش‌ها در شالیزارهای شمال کشـور، بـه‌کارگیری حشـره‌کـش جدیـد کـم‌خطـر در تنـاوب بـا سـایر حشـره‌کـش‌هـای شـیمیایی، یکـی از مـوارد مهم در اصول مبارزه با آفـات و کـاهش خطـرات زیسـت محیطـی در زیسـت بـوم شـالیزار و جلـوگیری از مـرگ و میـر موجـودات غیـر هـدف مـی‌باشـد. از این رو امکان مصرف مداوم و غیرتکراری این حشره‌کش از تکوین و توسـعه جمعیـت‌هـای مقـاوم کـرم سـاقه‌خـوار بـه حشـره‌کـش‌هـای مصـرفی بـه شـکل منطقی‌تـری جلـوگیری خواهـد نمـود. از آنجـایی‌کـه اسـتفاده بـی‌رویـه از حشـره‌کـش‌هـای شـیمیایی، نگرانـی‌هـای مختلفـی ماننـد افـزایش هزینـه تولیـد، افزایش خطرات زیست محیطی، از بین رفـتن موجـودات غیـر هـدف و دشـمنان طبیعـی را در بـر دارد، لـذا تغییـر رویکـرد در مـدیریت انبـوهی آفـت در دنیـا توجه خاصی را بخود معطوف نموده است (Greathead, 1990).

گاهی اوقات تأثیر حشره‌کش‌هـا بـر موجـودات مفیـد (بـه عنـوان مثـال دشـمنان طبیعـی) مـی‌توانـد شـدیدتر از آفـات هـدف باشـند. اسـتفاده مکـرر از آفت‌کش‌هـای معمـولی منجـر بـه از بـین بـردن دشـمنان طبیعـی، جابجـایی آفـات ثانویـه و ایجـاد مقاومـت در برابـر بسـیاری از حشـره‌کـش‌هـا مـی‌شـود (Khorshidi *et al.*, 2017). Li *et al.* (2007) گزارش کردند که مصـرف حشـره‌کـش‌هـا بایسـتی در زمـان حملـه آفـت بـه گیـاه باشـد تـا موجـب کـاهش تعداد جوانه‌های مرکزی مرده (Dead hearts) و نیز کاهش مرگ و میر جمعیت شکارگرها و پارازیتوییدها (شبه انگل) شود.

Pasalu (2000) اعلام نمود که در کنترل کرم سـاقه‌خـوار بـرنج بایسـتی از فرمولاسـیون گرانـول بـه همـراه ماسـه خشـک بـرای پوشـش بهتـر سـم و در صورت اسـتفاده از محلـول‌هـا، از فرمولاسـیون مـایع بـا حجـم کـم اسـتفاده شـود. همچنـین، در اسـتفاده مـوثر از آفـت‌کـش‌هـا دانسـتن فرمولاسـیون حشـره‌کـش، مقـدار حشـره‌کـش، سـازگاری، زمـان و روش مصـرف آن و تـاثیر آن روی دشـمنان طبیعـی و اکوسیسـتم بسـیار مهـم و اساسـی مـی‌باشـد. او همچنین گـزارش نمـود کـه مصـرف عمـده حشـره‌کـش‌هـا و اثـر بخشـی آن‌هـا تـا مرحلـه گلـدهی بـرنج بـه صـورت گرانـول و در مرحلـه زایشـی بیشـتر محلـول‌پاشـی اسـت. Islam *et al.* (2001) اظهـار داشـتند کـه در سـال ۱۹۹۷ حـدود ۱۲۰۰۰ تـن آفـت‌کـش در مـزارع بـرنج کشـور بـنگلادش اسـتفاده شده که در این میان سهم حشره کش‌هـا ۹۰ درصـد بـوده اسـت و در میـان حشـره‌کـش‌هـا، فرمولاسـیون گرانـول بیشـترین سـهم (۸۶ درصـد) را بـه خـود اختصاص داده است. Yarasi *et al.* (2008) نشـان دادنـد کـه کـرم سـاقه‌خـواربرنج روی رقـم تجـارتی باسـماتی۲۰ تـا ۲۵ درصـد باعـث کـاهش عملکـرد می‌شود. تقریبـاً ۲۱ درصـد از تلفـات جهـانی تولیـد بـرنج ناشـی از حملـه آفـات حشـرات اسـت. بررسـی‌هـای Deka & Barthakur (2010) در سـطح دنیـا نشان دادند که ساقه‌خوارهـا بـه تنهـایی از یـک طـرف، بـه میـزان ۱۰ میلیـون تـن، عملکـرد محصـول بـرنج را کـاهش داده و از طـرف دیگـر، مصـرف ۵۰ درصد از کل حشره‌کش‌ها کـه بـرای کنتـرل آفـات مختلـف در مـزارع بـرنج اسـتفاده مـی‌شـود را بـه خـود اختصـاص داده انـد. در سـال‌هـای اخیـر،(2019) Rani & Kumar در بررسـی‌هـای خـود اعـلام نمودنـد کـه امکـان اسـتفاده از حشـره‌کـش‌هـا در خـاک یـا آب آبیـاری مـزارع بـرنج بـه‌جای سمپاشـی (محلول‌پاشی) بر روی گیاه برنج برای کنترل آفات مانند کرم سـاقه‌خـوار و کـرم بـرگ پیچـان بـرنج، بـه دلیـل کـارایی بـالای آن‌هـا از اهمیـت فـوق‌العـاده‌ای برخـوردار شـده‌انـد. از ایـن رو، آزمایشـی بـرای ارزیـابی اثربخشـی تیوسـیکلام هیـدروژن اکسـالات۴٪ G در ایسـتگاه تحقیقـات کشـاورزی گاریکاپـادو در کشور هندوستان در اواخر فصل تابسـتان ۲۰۱۸ بـرای کنتـرل شـیمیایی آفـات مـذکور در بـرنج انجـام دادنـد. آن‌هـا اسـتفاده از حشـره‌کـش‌هـا در کنتـرل آفـات را آخـرین حربـه بعـد از بکـارگیری روش‌هـای غیرشـیمیایی اعـلام نمودنـد. حشـره‌کش ویبرانـت(Vibrant®) ۴٪ از مـاده مـوثره تیوسـیکلام هیدروژن اکسالات تشکیل شده کـه دارای اثـر تماسـی، گوارشـی و کمـی خاصـیت سیسـتمیک اسـت. ایـن حشـره‌کـش از گـروه آنـالوگ حشـره‌کـش‌هـای عصبی با ساختار شیمیایی اسید اگزالیـک و حلقـوی گـوگرددار اسـت کـه دارای منشـاء بیولـوژیکی بـوده و از نـوعی کـرم دریـایی اسـتخراج مـی‌شـود. نقطـه اثر این حشره‌کـش روی سیسـتم عصـبی لارو سـاقه‌خـوار مـی‌باشـد. بـه طـوری کـه بعـد از تمـاس بـا بـدن لارو سـاقه‌خـوار و یـا نفـوذ بـه داخـل دسـتگاه گوارش در سیسـتم عصـبی لارو اثـر نمـوده و موجـب لـرزش، فلـج و شـل شـدن انـدام‌هـای بـدن مـی‌شـود. ایـن فرآینـد موجـب توقـف عمـل تغذیـه لارو گردیده و نهایتا منجر به مرگ لاروهـای سـاقه‌خـوار خواهـد شـد. همچنـین، ایـن سـم روی گیرنـده‌هـای نیکوتینیـک سیسـتم اعصـاب اثـر مـی‌گـذارد، ولـی نحوه اثر آن منحصر بـه فـرد اسـت و مقاومـت مشـترکی بـا سـموم نئونیـک نـدارد، از ایـن رو حشـراتی را کـه بـه سـموم دیگـر مقـاوم شـده باشـند بخـوبی کنتـرل می‌نمایـد (Suganthan *et al.*, 2020). تیوسـیکلام هیـدروژن اکسـالات (Evisect®) بـا فرمولاسـیون SP50% یـک حشـره‌کـش مصـنوعی بـا طیـف اثـر وسـیع اسـت کـه بـرای کنتـرل حشـرات مکنـده و جونـده در انـواع محصـولات زراعـی اسـتفاده می‌شـود. ایـن حشـره‌کش حـاوی اکسـالات هیـدروژن تیوسـیکلام اسـت و نـام شـیمیایی آن hydrogen amine-5-trithian1,2,3-dimethyl-N,N oxalate اسـت. معمـولاً بـه صـورت پـودر قابل حـل در آب یـا گرانـول عرضـه مـی‌شـود. از آنجـایی کـه بـه سـرعت تجزیـه مـی‌شـود، پسـماندها در محـیط بـاقی نمـی‌ماننـد. تیوسـیکلام هیـدروژن اکسالات به عنوان آگونیست اثر سیستمیک و تـرانس‌لامینـار آن (نفـوذ در سـلول‌هـای بـرگ) موجـب مـی‌شـود تـا حشـراتی ماننـد سـاقه‌خـوارهـا، مینـوز یـا تریپس را که به داخل بافت گیاه نفـوذ مـی‌نماینـد بـه آسـانی کنتـرل کنـد. تیوسـیکلام در محـیط بـه سـرعت تجزیـه مـی‌شـود و از ایـن رو بـرای حشـرات مفید نیز در رتبه کم خطر محسـوب مـی‌شـود و مـی‌تـوان از آن در مـدیریت تلفیقـی آفـات اسـتفاده نمـود. فرمولاسـیون گرانولـه یـا پـودر قابـل حـل در آب

است و از این رو هیچگونه ذرات معلق یا نامحلول به همراه ندارد. مطالعات جدید پژوهشگران حاکی از آن است که حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات برای انسان سمیتی ندارد (Suganthan *et al.*, 2020). حشره‌کش‌های فلوب ندی آمید (تاکومی) و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات به دلیل انتخابی بودن، فعالیت حشره‌کشی بالا و سمیت کم برای پستانداران، بطور گسترده در کنترل تمام مراحل رشد و نمو آفات راسته‌های بالپولکداران، دوبالان و سخت‌بالپوشان روی محصولاتی از جمله برنج، سیب زمینی، سبزیجات و میوه به کار می‌روند (Tain *et al.*, 2020؛ Adams, 2016؛ Liu *et al.*, 2015). حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات یک حشره‌کش تماسی-گوارشی و تا حدی سیستمیک بوده و با مهارگیرنده‌ی استیل‌کولین باعث فلج و مرگ حشره می‌شود (Civelek & Weintraub, 2003) برای تدوین برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات، انتخاب آفت‌کش‌های مناسب و کم خطر نقش بسیار مهمی در موفقیت این برنامه دارد. از جمله راهکارها استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی با مکانیسم اثر جدید و یا کاربرد مقادیر مختلف این ترکیبات می‌باشد (Ibrahim & Yee, 2000). بر اساس نتایج پژوهش (2022) Abutalebian *et al.* تاثیر حشره‌کش تیوسیکلام روی آفت شب‌پره پشت الماسی سمیت بیش‌تری نسبت به آفت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد. از آن‌جا که حشره‌کش‌های شیمیایی از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت تلفیقی حشرات زیان‌آور برخوردار می‌باشند، لذا، هدف مهم این پژوهش معرفی و بکارگیری حشره‌کش گرانوله جدید با رویکرد جایگزینی و اثرگذاری بیشتر روی ساقه‌خوار نواری برنج در زیست‌بوم شالیزار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مزرعه مورد آزمایش. این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مؤسسه تحقیقات برنج ایران، رشت، برای نسل اول و دوم آفت ساقه‌خوار انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش با ۳۷ درجه عرض جغرافیایی، آب و هوای معتدل و مرطوب و ارتفاع از سطح دریا ۷ متر، مقدار بارش سالانه ۱۳۵۹ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۵/۹ درجه سلسیوس اجراء شد. محل اجرای آزمایش از نظر وضع طبیعی، دشت و بافت خاک لوم و سیلتی- لومی است.

حشره‌کش‌های مورد آزمایش. در این پژوهش تیمارهای مختلف شامل: ۱-حشره‌کش (ویبرانت®) گرانول (G4%) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار ۲-حشره‌کش (ویبرانت®) گرانول (G4%، شرکت بازارگان کالا) به میزان ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار ۳-حشره‌کش (ویبرانت®) گرانول (G4%) به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار ۴-حشره‌کش دیازینون گرانول (G10%، شرکت اکسیر کشاورزی مهریز) به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار ۵-حشره‌کش فیپرونیل گرانول (G 0.2%، شرکت مشکفام فارس) به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ۶-تیمار شاهد بدون سم (فقط آب پاشی) استفاده شد. در این بررسی علاوه بر مقدار توصیه شرکت تهیه کننده سم (۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) دو مقدار۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار برای مقادیر پایین و بالا در نظر گرفته شد. همچنین برای مقایسه کارایی حشره‌کش جدید با گرانول‌های رایج مصرفی، تیمارهای دیازینون و فیپرونیل به ترتیب از نسل قدیم و جدید انتخاب شدند.

آزمایش بررسی کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی ساقه‌خوار نواری برنج. ارتفاع آب در کرت‌ها برای اعمال تیمار ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نشاهای برنج از نوع رقم هاشمی به دلیل جلب بیشتر شب‌پره‌ساقه‌خوار نواری برنج و آلودگی مورد نظر استفاده شد. برای انجام این آزمایش قطعه زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در ایستگاه تحقیقاتی موسسه انتخاب شد. سپس کرت‌بندی انجام و ابعاد هر کرت (۵×۱۰ متر) در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از تداخل آب و حشره‌کش‌های مورد نظر در کرت‌های آزمایشی، مرزهای خاکی به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر طرفین هر کرت محصور شدند. همچنین برای دقت و اطمینان بیشتر، طرفین مرزها به عمق ۵۰ سانتی‌متر با پلاستیک به عرض ۱۰۰ سانتی‌متر پوشانده شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار (بلوک) به‌طور همزمان در رشت و برای نسل‌های اول و دوم آفت انجام شد. همچنین، برای ایجاد آلودگی مناسب در مزرعه آزمایشی، در هر کرت یک عدد منبع نوری (لامپ ۱۰۰ وات) نصب و هفته‌ای ۲ تا ۳ روز روشن شد. سمپاشی بر اساس زیست‌شناسی آفت ساقه‌خوار نواری برنج و شکار شب‌پره‌های آفت در تله‌های نوری مستقر در مزرعه تحقیقات برنج کشور، رشت انجام شد. در قطعه‌های مورد آزمایش، در نسل‌های اول و دوم کرم ساقه‌خوار، سمپاشی با حشره‌کش‌های مورد آزمایش پنج روز تا یک هفته بعد از پیک پرواز شب‌پره‌ها انجام شد. اطلاعات تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است.

ارزیابی کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی درصد آلودگی جوانه‌های مرکزی مرده، خوشه‌های سفیده شده برنج، تعداد لارو و عملکرد برنج. برای انجام این آزمایش قطعه زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در ایستگاه تحقیقاتی موسسه انتخاب شد. سپس کرت‌بندی انجام و ابعاد هر کرت (۵×۱۰ متر) در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از تداخل آب و حشره‌کش‌های مورد نظر در کرت‌های آزمایشی، مرزهای خاکی به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر طرفین هر کرت محصور شدند. همچنین برای دقت و اطمینان بیشتر، طرفین مرزها به عمق ۵۰ سانتی‌متر با پلاستیک به عرض ۱۰۰ سانتی‌متر پوشانده شد.

جدول ۱-حشره‌کش‌های مورد آزمایش و مقادیر مصرف آن‌ها روی کرم ساقه‌خوار نواری برنج

Table 1-Tested insecticides & their application rates on rice stem borer

Common name	Trade name	Formulation type	Amount of consumption(kg/ha)	Avtive ingredient gram of per hectare
Thiocyclam hydrogen oxalate	(Vibrant®)	Granular 4%	10	400
Thiocyclam hydrogen oxalate	(Vibrant®)	Granular 4%	12.5	500
Thiocyclam hydrogen oxalate	(Vibrant®)	Granular 4%	15	600
Diazinon granule	Bazodine	Granular 10%	15	1500
Fipronil granule	Regent	Granular 0.2%	20	40

این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار (بلوک) در رشت و برای نسل‌های اول و دوم آفت انجام شد. همچنین، برای ایجاد آلودگی مناسب در مزرعه آزمایشی، در هر کرت یک عدد منبع نوری (لامپ ۱۰۰ وات) نصب و قبل از هر مرحله سمپاشی میزان آلودگی بوته‌های برنج به ساقه‌خوار مورد بررسی قرار گرفت، به‌طوری که از هر کرت ۱۰ کادر ۱×۱ به طور تصادفی انتخاب و درصد آلودگی جوانه‌های مرکزی مرده ۱۰ روز بعد از سمپاشی در نسل اول و در نسل دوم ۱۰ روز قبل از برداشت محصول از خوشه‌های سفید شده در مرحله زایشی و تعداد لارو نمونه‌برداری شد. برای محاسبه درصد جوانه‌های مرکزی مرده در مرحله رویشی و درصد خوشه‌های سفید شده در مرحله زایشی گیاه برنج از فرمول ماهاپاترا و اندا (Mahapatra & Nanda, 1996) استفاده شد.

$$\text{Dh or Wh \%} = \left(\frac{\text{مجموع تعداد ساقه آلوده}}{\text{مجموع تعداد های‌ساقه سالم و آلوده}} \times 100\right) \quad (۱$$

برای تعیین درصد کارایی حشره‌کش‌ها، بر اساس تعداد لارو موجود در هر تیمار از فرمول (Henderson & Tilton, 1955) استفاده شد.

$$\text{تاثیرتیمارها درصد (کارایی)} = \left(1 - \left(\frac{Ta}{Tb} \times \frac{Cb}{Ca}\right)\right) \times 100 \quad (۲$$

Tb و Ta: میزان آلودگی در قطعات تیمار شده قبل و بعد از سمپاشی، Cb و Ca: میزان آلودگی در قطعات شاهد قبل و بعد از سمپاشی.

برای تعیین عملکرد محصول از متن هر قطعه به مساحت ۵ متر مربع بوته‌ها کف‌بر شده و بعد از یک روز آفتاب‌دهی در مزرعه جمع‌آوری شدند. خوشه‌های برنج خرمن‌کوبی و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین شد. رطوبت وزنی محصول با دستگاه رطوبت سنج (مدل kewt ساخت کشور ژاپن) تعیین شد. سپس براساس جدول تصحیح ۱۴ درصد، وزن نهایی هر کرت داده‌برداری شد.

همچنین، برای تعیین مزیت عملکرد از فرمول Rani & Kuma, (2019) استفاده شد.

$$\text{درصد کاهش عملکرد} = |(C - T)/C| \times 100$$

به‌طوری‌که عملکرد تیمار شاهد= C و عملکرد تیمار سمپاشی شده =T

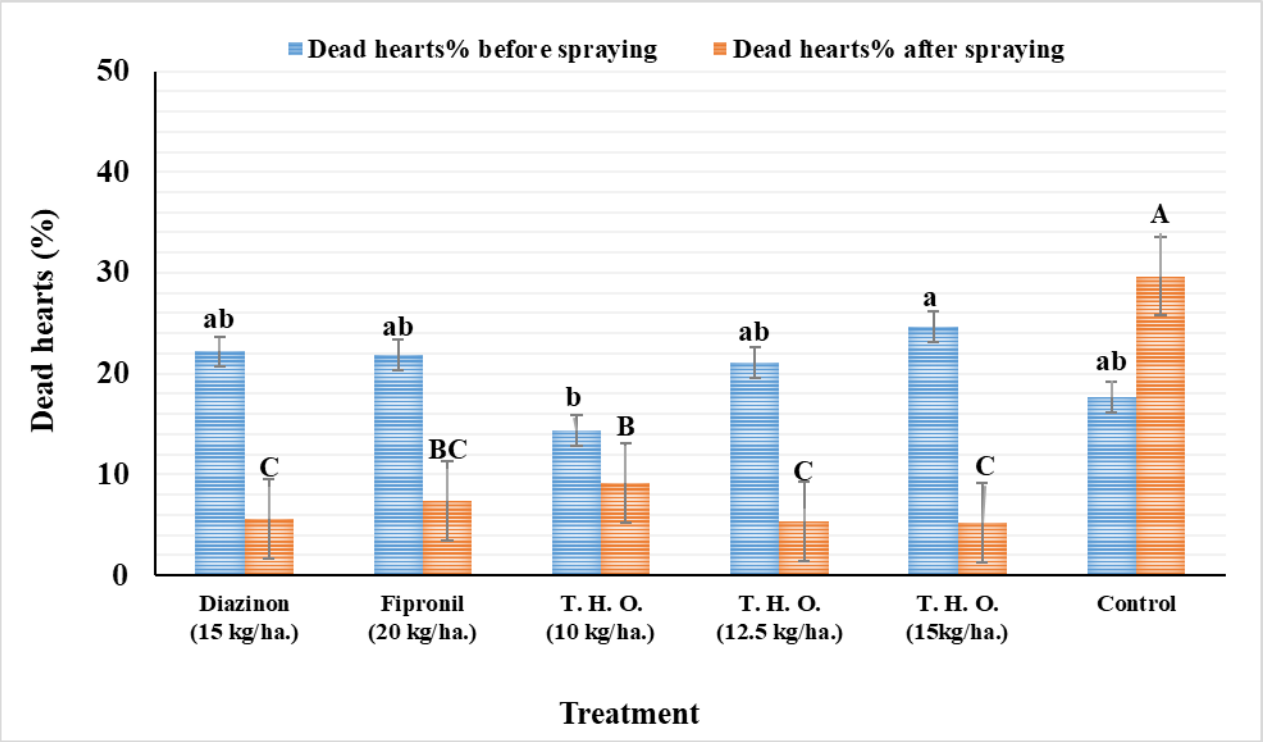
تجزیه تحلیل داده‌ها. باتوجه به نرمال بودن داده‌ها برای همه صفات تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار (بلوک) انجام شد. داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS ver.9.1 تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها داده ها براساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر حشره‌کش‌های مختلف روی جوانه‌های مرکزی مرده قبل از سمپاشی در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود، ولی بعد از سمپاشی در تیمارهای مختلف معنی‌دار شد (dft=5, dfe=10, F=200.60, P<.0001). نتایج تاثیر حشره‌کش روی آثار خسارت لارو آفت ساقه‌خوار در دو نسل اول و دوم شامل درصد جوانه‌های مرکزی مرده، درصد خوشه‌های سفید شده، تعداد جمعیت لارو، درصد کارایی و عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایش وجود دارد. در شکل ۱ میانگین میزان آلودگی بوته‌های برنج قبل از سمپاشی، درصد جوانه‌های مرکزی مرده بعد از سمپاشی و درصد کارایی حشره‌کش‌های مورد مطالعه در نسل اول آفت را نشان می‌دهد. تیمارهای مورد بررسی از نظر میزان آلودگی بوته‌های برنج قبل و بعد از سمپاشی دارای تفاوت معنی‌داری هستند. به طوری که بیشترین درصد جوانه‌های مرکزی مرده درکرت‌های شاهد مشاهده شد. همچنین، در بین سایر تیمارهای مورد آزمایش کمترین جوانه‌های مرکزی مرده بعد از سمپاشی در سه تیمار ویبرانت® به مقدار ۱۵کیلوگرم در هکتار (۵/۲۲ درصد)، ویبرانت® ۱۲/۵ کیلوگرم (۵/۳۱ درصد)، و دیازینون ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم (۵/۵۷ درصد) که دریک گروه قرار گرفتند. بیشترین جوانه‌های مرکزی مرده در تیمار شاهد با ۲۹/۶۷ درصد آلودگی مشاهده شد.

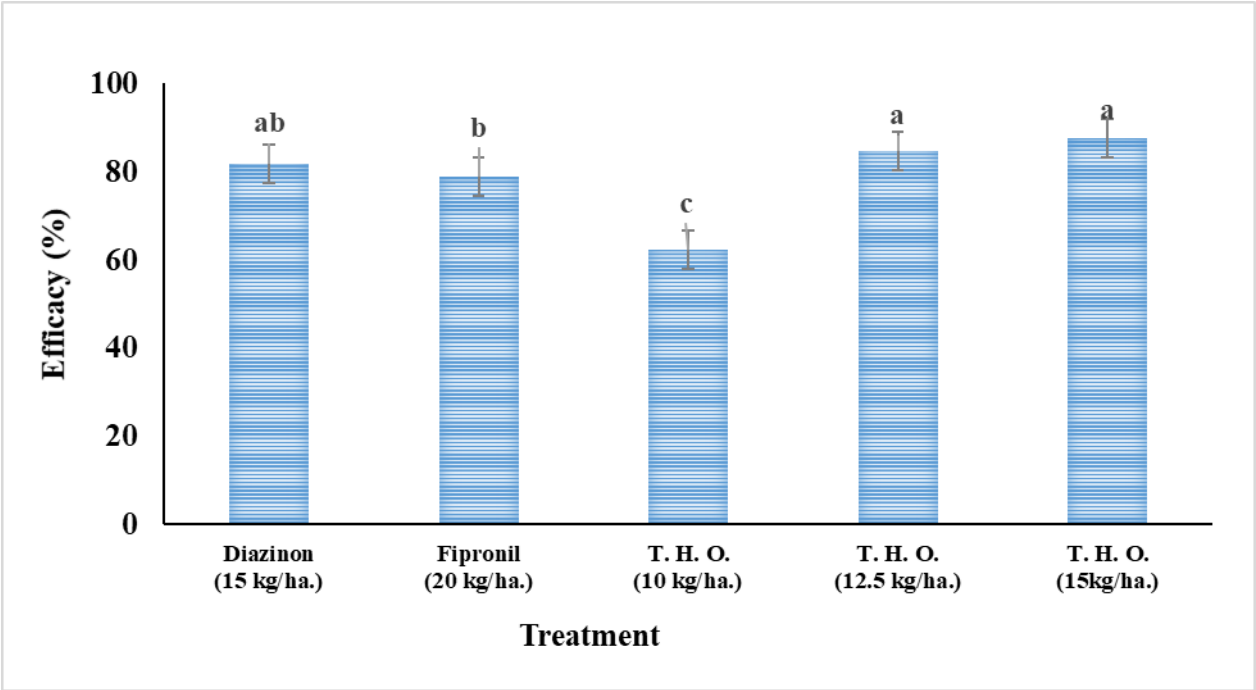
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل اول معنی‌دار شد (dft=4, dfe=8, F=13.87, P<.0001). شکل ۲ کارایی حشره‌کشی تیمارهای مورد آزمایش مربوط به نسل اول آفت، که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند را نشان می‌دهد. به طوری که بیشترین کارایی حشره‌کش در نسل اول آفت ساقه‌خوار مربوط به ویبرانت® ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار با کارایی ۸۷/۵۹ درصد بود. بعد از آن ویبرانت® ۴ درصد به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم با ۸۴/۷۳ درصد کارایی به همراه حشره‌کش گرانول دیازینون ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار در گروه بعدی قرار گرفتند.

به عبارتی دیگر برای کنترل ساقه‌خوار نواری برنج در نسل اول می‌توان از حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات با مقادیر ۱۲/۵ و ۱۵ کیلوگرم استفاده نمود، اما چون آلودگی‌هایی که آفت ساقه‌خوار در نسل اول ایجاد می‌کند نسبت به نسل دوم کمتر بوده و همچنین به لحاظ زیست‌محیطی توصیه می‌شود از ویبرانت® ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار برای مبارزه با آفت ساقه‌خوار در نسل اول آفت استفاده شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر حشره‌کش‌های مختلف روی خوشه‌های سفید شده بعد از سمپاشی معنی‌دار شد (dft=5, dfe=10, F=20.93, P<.0001). همچنین، شکل ۳ نتایج حاصل از میانگین میزان آلودگی خوشه‌های سفید شده قبل از سمپاشی و بعد از سمپاشی را در نسل دوم آفت (در مرحله زایشی) نشان می‌دهد.



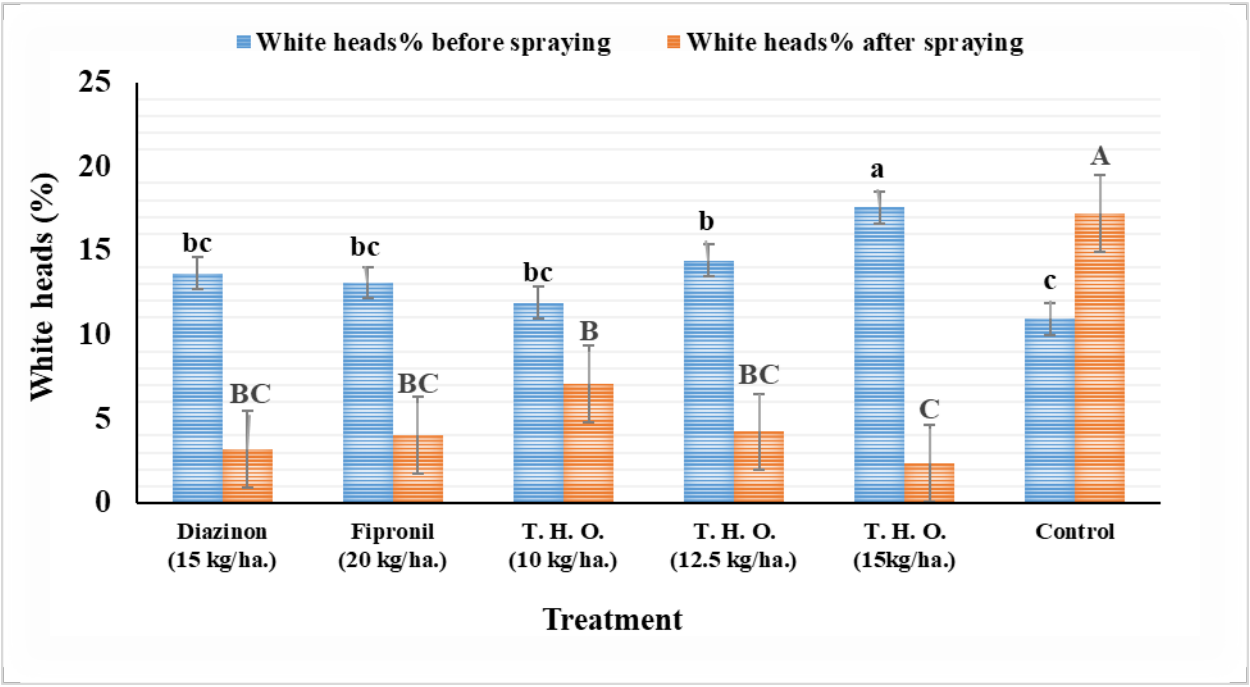
شکل ۱–میانگین (± خطای معیار) درصد آلودگی جوانه‌های مرکزی مرده قبل و بعد از سمپاشی حشره‌کش‌ها در نسل اول آفت. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Mean (± SE) percentage of dead hearts contamination before & after spraying insecticides in the first generation of the pest. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% level of statistical probability.



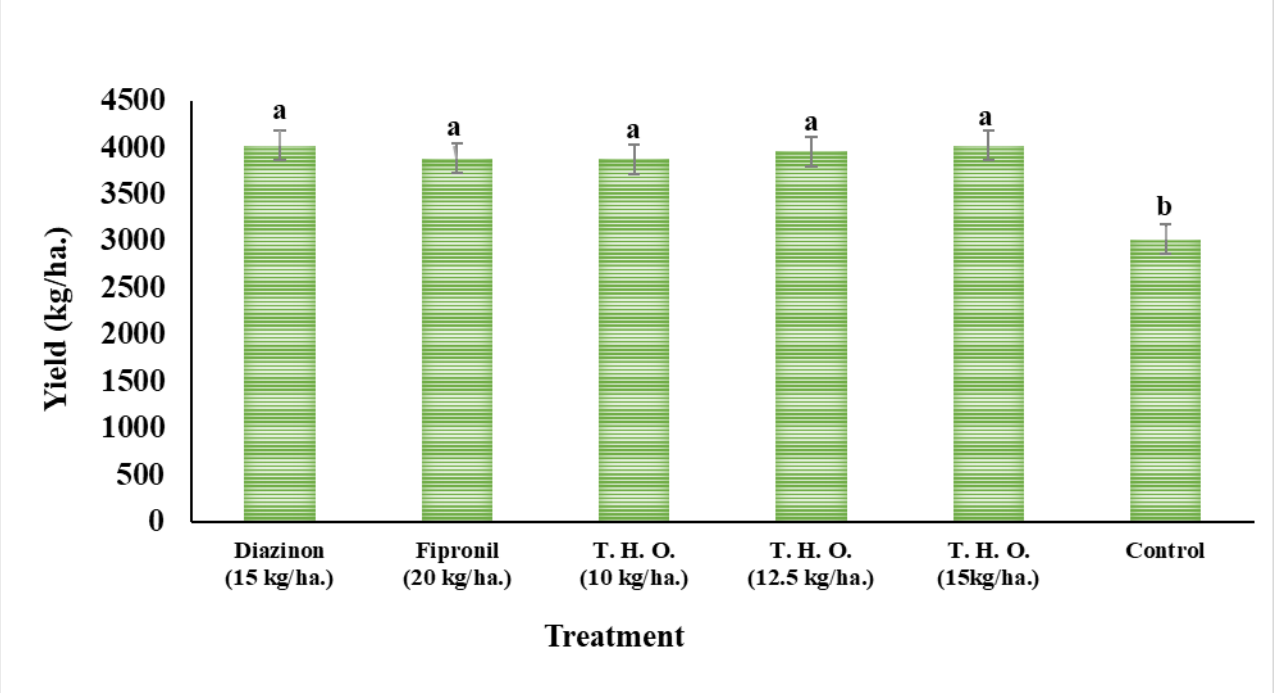
شکل ۲– میانگین (± خطای معیار) درصد کارایی حشره‌کش‌ها روی آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل اول. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Mean (± SE) percentage of insecticides efficiency Efficacy of insecticides on the rice striped stem borer in the first generation. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% level of statistical probability.



شکل ۳–میانگین (± خطای معیار) درصد آلودگی خوشه‌های سفید شده قبل و بعد از سمپاشی حشره‌کش‌ها روی ساقه‌خوار نواری در نسل دوم. حروف مشابه کوچک برای خوشه‌های سفید شده قبل از سمپاشی و حروف مشابه بزرگ برای خوشه‌های سفید شده بعد از سمپاشی براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

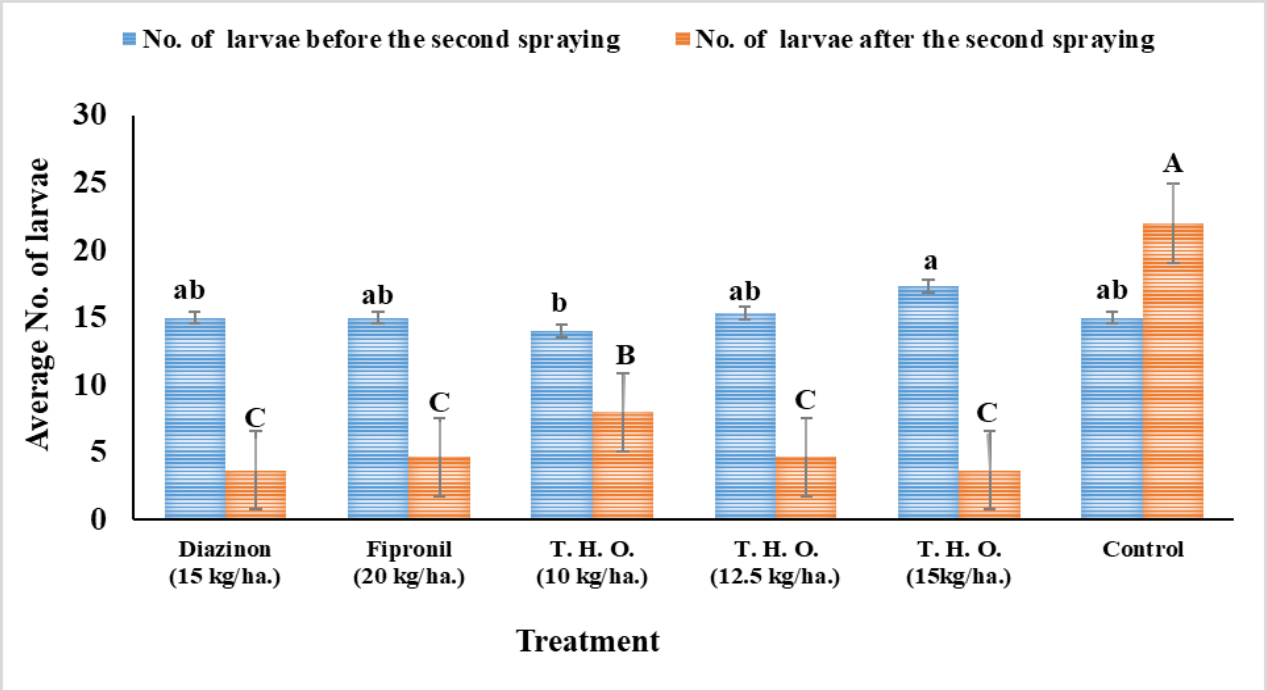
Fig. 3. Mean (± SE) percentage of contamination of white heads before & after spraying of insecticides on rice striped stem borer in the second generation. Similar lowercase letters for white heads before spraying, & similar uppercase letters for white heads after spraying do not have significant differences based on Duncan's multiple range test at 5% level of statistical probability.



شکل ٤– میانگین (± خطای معیار) درصد کارایی حشره‌کش‌ها روی آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم براساس درصد خوشه‌های سفید شده. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Mean (± SE) percentage of insecticides efficiency on the rice striped stem borer in the second generation based on the percentage of white heads. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% level of statistical probability.

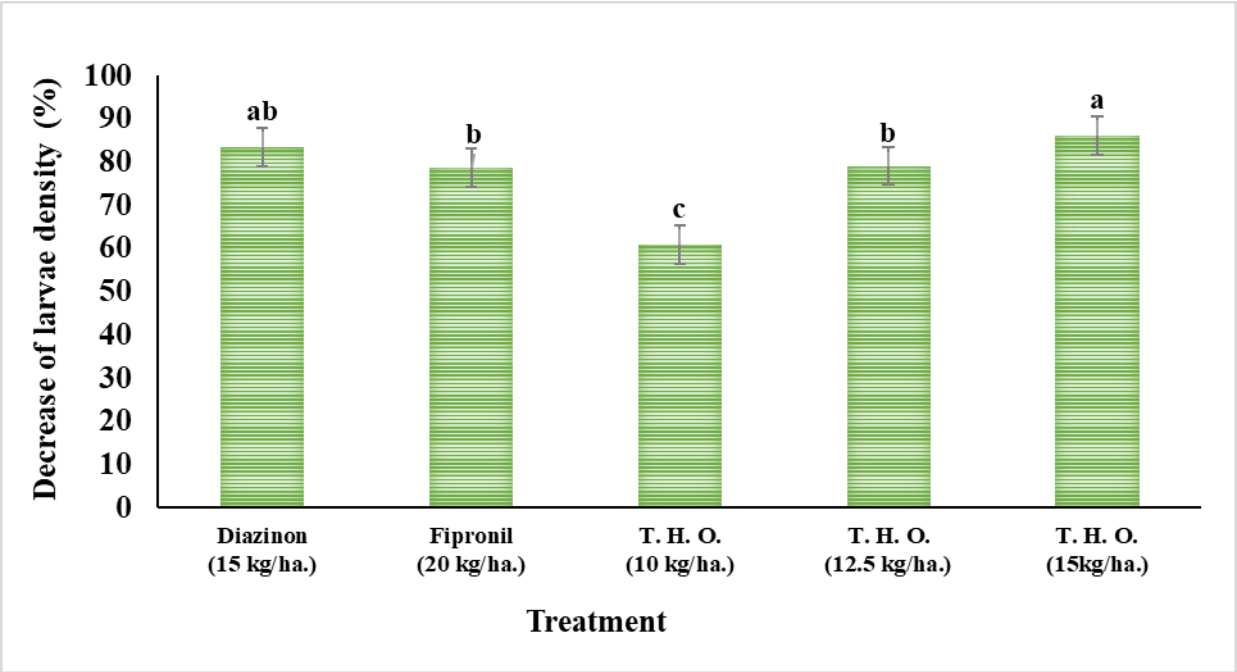
همچنین، این شکل نشان می‌دهد که تیمارهای مورد مطالعه از نظر میزان آلودگی خوشه‌های سفید شده در نسل دوم و قبل از سمپاشی و بعد از سمپاشی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند. به‌طوری که کمترین درصد خوشه‌های سفید شده مربوط به تیمار ویبرانت® ۴ درصد (۱۵ کیلوگرم در هکتار) با ۲/۳۳ درصد و بعد از آن تیمار دیازینون گرانول ۱۰ درصد (۱۵ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۳/۲۰ درصد مشاهده شد. همچنین در شکل ۳، میزان آلودگی خوشه‌های سفید شده در تیمارهای فیپرونیل ۰/۲ درصد (۲۰ کیلوگرم در هکتار) و ویبرانت® ۴ درصد (۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۴/۰۱ و ۴/۲۲ درصد بود. تیمار ویبرانت® ۴ درصد (۱۰ کیلوگرم در هکتار) با ۷/۰۸ درصد در بین تیمارهای کنترل شیمیایی بیشترین آلودگی را نشان داد. اما، در این پژوهش بیشترین درصد خوشه‌های سفید شده در میان همه‌ی تیمارهای مورد مطالعه، مربوط به تیمار شاهد (آب پاشی) با ۱۷/۲۱ درصد مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد کارایی حشره‌کش‌های مختلف روی آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم برای تیمارهای مختلف سمپاشی شده معنی‌دار شد (dft=4, dfe=8, F=104.68, P<.0001). نتایج حاصل در شکل ۴ نشان می‌دهد که بیشترین کارایی حشره‌کش‌ها در نسل دوم آفت مربوط به تیمار ویبرانت ۴ درصد (۱۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار دیازینون گرانول ۱۰ درصد (۱۵ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب با ۸۹/۱۱ و ۸۸/۱۸ درصد بود. تیمارهای ویبرانت® ۴ درصد (۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) و فیپرونیل ۰/۲ درصد (۲۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب با کارایی ۸۱/۲۶ و ۸۰/۵۷ درصد در گروه آماری بعدی قرار گرفتند. در شکل ۴، تیمار ویبرانت® ۴ درصد (۱۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین کارایی کنترل (۶۱/۸۵ درصد) را در نسل دوم آفت نشان داد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر حشره‌کش‌های مختلف روی لارو ساقه‌خوار قبل از سمپاشی در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود ولی تعداد لارو بعد از سمپاشی در تیمارهای مختلف معنی‌دار شد (dft=5, dfe=10, F=85.69, P<.0001). شکل ۵ نتایج این پژوهش را در خصوص تاثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش بر کاهش تعداد لاروهای ساقه‌خوار را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که میانگین تعداد لارو ساقه‌خوار نواری در هر کرت از تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات، دیازینون و فیپرونیل در مقایسه با کرت شاهد (بدون سمپاشی) در هر دو مرحله سمپاشی کاهش قابل توجهی نشان دادند. همان‌طور که مشاهده شد بیشترین کاهش جمعیت لارو ساقه‌خوار بعد از سمپاشی مربوط به تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۵ کیلوگرم در هکتار) با ۳/۶۷ عدد، دیازینون (۱۵کیلوگرم در هکتار) با ۳/۶۷ عدد و کمترین جمعیت لاروی بعد از سمپاشی در تیمارهای مربوط به تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۰ کیلوگرم در هکتار) با ۸ عدد بود (شکل ۵).



شکل ۵- میانگین (± خطای معیار) جمعیت لاروهای ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم قبل و بعد از سمپاشی حشره‌کش‌ها. حروف مشابه کوچک برای تعداد لاروها قبل از سمپاشی، و حروف مشابه بزرگ برای تعداد لاروها بعد از سمپاشی براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

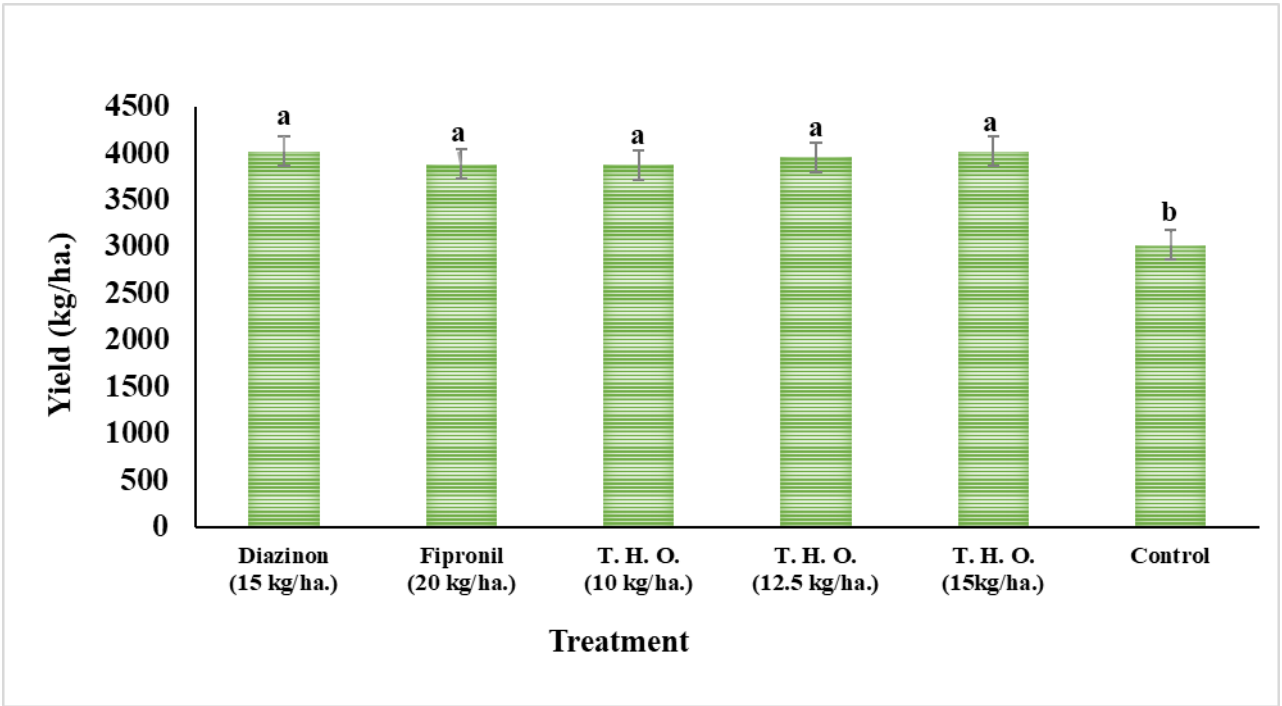
Fig. 5. Mean (± SE) of the population of rice stem borer larvae in the second generation before & after spraying insecticides. Similar lowercase letters for the number of larvae before spraying, & similar uppercase letters for the number of larvae after spraying do not have significant differences based on Duncan's multi-range test at 5% level of statistical probability.

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس کارایی حشره‌کش‌های مورد آزمایش در کاهش جمعیت لارو برای تیمارهای مختلف سمپاشی معنی‌دار شد (dft=4, dfe=8, F=26.48, P<.0001). در شکل ۶ بیشترین درصد کاهش جمعیت لارو یا اثر بخشی حشره‌کش‌ها مربوط به تیمارهای ویبرانت ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار با ۸۶/۰۱ درصد و بعد از آن تیمار دیازینون گرانول ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار با ۸۳/۳۸ درصد مشاهده شد. بعد از آن‌ها دو تیمار،



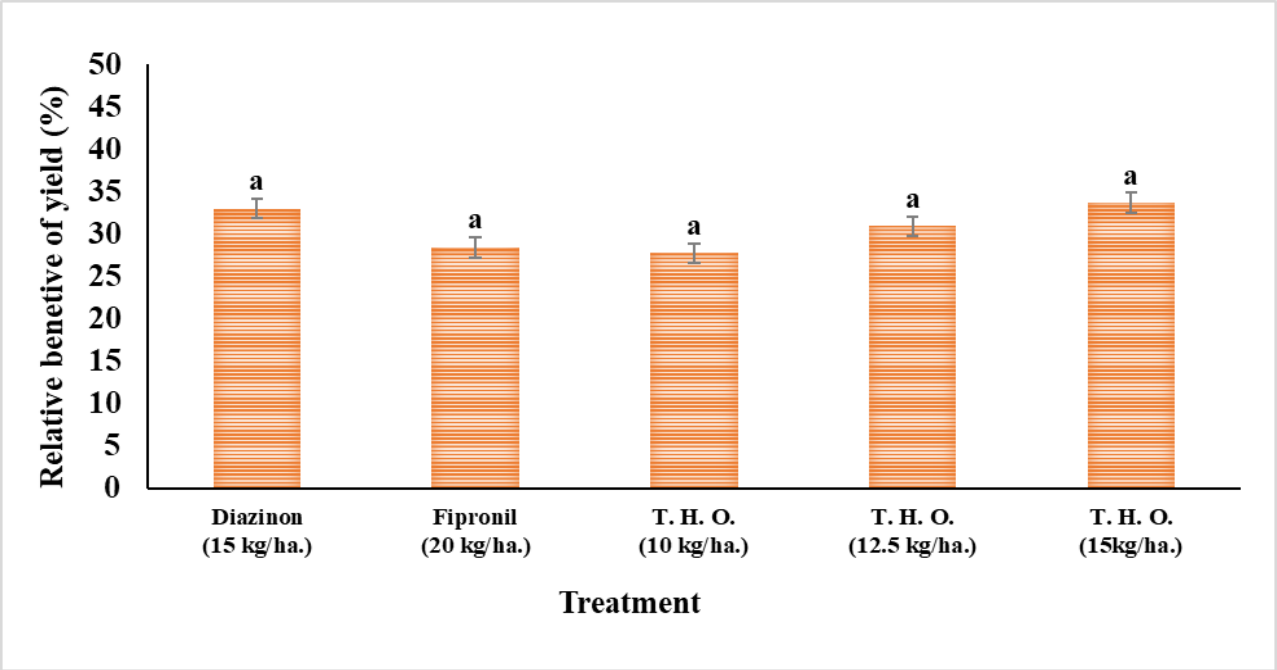
شکل ٦- میانگین (± خطای معیار) درصد کارایی حشره‌کش‌ها روی درصد کاهش انبوهی لارو ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 6. Mean (± SE) percentage of insecticides efficiency on decrease of larvae density percentage of rice stem borer larvae in the second generation. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at at 5% level of statistical probability.



شکل ۷- میانگین (± خطای معیار) عملکرد برنج در تیمارهای آزمایشی مختلف. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 7. Mean (± SE) of rice yield in different experimental treatments. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% level of statistical probability.



شکل ۸-میانگین (± خطای معیار) مزیت نسبی عملکرد در تیمارهای آزمایشی مختلف. حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 8. Mean (± SE) of relative yield advantage in different experimental treatments. Similar letters in each column are not significantly different based on Duncan's multi-range test at 5% level of statistical probability.

ویبرانت® ۴ درصد با ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار با کارایی ۷۹/۱۲ درصد و فیپرونیل ۰/۲ درصد با ۲۰ کیلوگرم در هکتار و ۷۸/۸ درصد کارایی قابل مشاهده است. با توجه به کارایی بالای حشره‌کش ویبرانت® ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در کاهش جمعیت لارو در نسل دوم (۸۶/۰۱ درصد)، توصیه می‌شود که از حشره‌کش مذکور در نسل دوم برای کنترل آفت ساقه‌خوار به جای حشره‌کش دیازینون گرانول استفاده شود.

نتایج تجزیه واریانس کارایی حشره‌کش‌ها بر میزان عملکرد نشان داد که مقدار عملکرد در تیمارهای مختلف سمپاشی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (dft=5, dfe=10, F=31.60, P<.0001). شکل ۷ نتایج حاصل از مقایسه عملکرد محصول در تیمارهای مورد بررسی و مزیت عملکرد نسبت به شاهد را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نتایج بررسی حاضر نشان داد که بیشترین میزان عملکرد محصول در تیمارهای تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۵ کیلوگرم در هکتار)، دیازینون (۱۵ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب با ۴۰۲۰/۸۳ و ۴۰۱۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد ۳۰۱۹/۴۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. همچنین این شکل نشان می‌دهد که مقادیر عملکرد تیمارها سمپاشی شده به لحاظ عددی متفاوت بوده، اما به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر حشره‌کش‌ها بر سودمندی عملکرد برای تیمارهای مختلف سمپاشی معنی‌دار نشد. همچنین، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مزیت عملکرد تیمارها نسبت به شاهد (درصد افزایش نسبت به شاهد) (Padham & Raghuraman, 2018) اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما، بیشترین مزیت مربوط به تیمارهای ویبرانت® ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار و دیازینون گرانول ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار ویبرانت® ۴ درصد به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با ۳۳/۱۷، ۳۳/۰۲ و ۳۰/۹۳ درصد بود. ترتیب درصد مزیت عملکرد تیمارها نسبت به شاهد در شکل ۸ ارائه شد.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش در بین تیمارهای مورد بررسی تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۵ کیلوگرم در هکتار) و دیازینون (۱۵ کیلوگرم در هکتار) بهترین شاخص‌های ارزیابی را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به حذف گرانول دیازینون، گرانول ویبرانت ۴ درصد به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار با مزیت عملکرد ۳۰/۹۳ و گرانول ویبرانت ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار در مدیریت تلفیقی آفت ساقه‌خوار حائز اهمیت بوده و به ترتیب در نسل‌های اول و دوم آفت قابل توصیه می‌باشد. با عنایت به حذف حشره‌کش دیازینون گرانول در زراعت برنج و کارایی بالای حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات به مقدار ۱۲/۵ در هکتار در نسل اول آفت و در مرحله رویشی گیاه برنج به دو دلیل قابل توصیه است. از یک طرف با شروع فصل زراعی، دشمنان طبیعی بتدریج وارد مزرعه می‌شوند و فعالیت خودشان را شروع می‌کنند. چنانچه مزرعه‌ای در اوایل فصل زراعی به آفت ساقه‌خوار آلوده شود و با حشره‌کش‌های مایع سمپاشی شود نه تنها روی لارو آفت تاثیری ندارد بلکه موجب از بین رفتن دشمنان طبیعی خواهد شد. از طرف دیگر با جایگزین کردن حشره‌کش‌های گرانوله (مانند حشره‌کش ویبرانت ۴ درصد به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) به جای حشره‌کش‌های مایع، اثرات زیان‌بار آن در زیست بوم شالیزار کاهش پیدا می‌کند. همچنین به دلیل اینکه حشره بالغ آفت

ساقه‌خوار، شب پرواز بوده و شب‌ها فعال هستند و طی روز زیر برگ‌های برنج یا در لابه‌لای علف‌های هرز زندگی می‌نمایند و نیر لاروها دارای زندگی مخفی هستند، بنابر این محلول پاشی تاثیری روی آفت ساقه‌خوار ندارد. در مطابقت با نتایج حاضر، (2019) Rani & Kumar, در بررسی‌های خود اعلام نمودند که حشره‌کش‌های مورد آزمایش با فرمولاسیون گرانول شامل، تیوسیکلام هیدروژن اکسالات با ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ماده موثره، پادان ۷۵۰ گرم ماده موثره و فیپرونیل ۰/۳ درصد با ۷۵ گرم ماده موثره در هکتار از نظر کارایی برای کنترل کرم ساقه‌خوار تاثیر یکسانی داشتند. همچنین آن‌ها اعلام نمودند که همه سموم مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌های مرکزی مرده و درصد خوشه‌های سفید شده در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به تیمار شاهد برتری داشتند. مطابق نتایج پژوهش حاضر، بین تیمارهای مورد مطالعه در مرحله زایشی از نظر میزان آلودگی به خوشه‌های سفید شده تفاوت آماری مشاهده شد. به طوری که کمترین درصد خوشه‌های سفید شده مربوط به تیمار ویبرانت® ۴ درصد (۱۵ کیلوگرم در هکتار) با ۲/۳۳ و بیشترین میزان مربوط به تیمار شاهد بدون حشره‌کش بود. به این ترتیب این سم به طور قابل‌توجهی در کاهش آلودگی نسل دوم آفت تاثیر داشته است. این نتایج حاکی از آن است که حشره‌کش گرانوله ویبرانت ۴ درصد، کارایی قابل قبولی در کنترل انبوهی لاروهای ساقه‌خوار نواری در مقایسه با سایر حشره‌کش‌های مورد مقایسه داشته است. در این ارتباط، نتایج بررسی‌های Rani & Kumar, (2019) روی ساقه‌خوار زرد برنج نشان داد که در بین تیمارهای مختلف از حشره‌کش‌های گرانوله از جمله مقادیر مختلف تیوسیکلام هیدروژن اکسالات برتری قابل قبولی از نظر درصد کاهش میزان جوانه‌های مرکزی مرده نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین این روند و نتایج مشابه در خصوص کاهش درصد خوشه‌های سفید شده نسبت به تیمار شاهد نیز مشاهده شد. ایشان اعلام نمودند که مقادیر مختلف تیوسیکلام هیدروژن اکسالات توانایی کنترل انبوهی ساقه‌خوار زرد را دارند. در این راستا، نتایج بررسی‌های Gupta *et al.* (2006) نشان داد که تیوسیکلام هیدروژن اکسالات توانایی لازم برای کنترل آفات برنج به ویژه گروه ساقه‌خوارهای برنج را دارا می‌باشد. همچنین حفاظت از دشمنان طبیعی در برابر حشره‌کش‌های گرانوله بیشتر و بهتر از فرمولاسیون‌های مایع می‌باشد. برخی از پژوهشگران، کنترل نامناسب آفت با فرمولاسیون‌های مایع را از مشکلات اجرایی محلول‌پاشی نسبت به گرانول‌پاشی می‌دانند. همچنین فشار ریشه‌ای بالا در مراحل اولیه رشد برنج نسبت به مرحله زایشی را از دلایل دیگر مرتبط با آن دانستند (Gunewardena & Madugalla, 2011). نتایج پژوهش حاضر در اثر بخشی حشره‌کش‌های مورد بررسی بر کاهش جمعیت لارو ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم آفت نشان داد که حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات گرانول ۴ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با همه تیمارها بیشترین تاثیر را در کاهش جمعیت لاروی داشت. همچنین، بررسی‌های Gunewardena & Madugalla (2011) در خصوص کارایی سه حشره‌کش شامل گرانول دیازینون ۵ درصد، گرانول فیپرونیل ۰/۳ درصد و گرانول تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۴ درصد، علیه ساقه‌خوار خالدار ذرت، *Chilo partellus* (Swinhoe) نشان داد که میزان خسارت آفت فوق در قطعات آزمایشی حدود ۸ درصد ولی در تیمار شاهد بیش از ۳۵ درصد محاسبه شد. همچنین، نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که جمعیت لارو ساقه‌خوار و شدت خسارت آن در تیمارها با دیازینون گرانول ۵ درصد، فیپرونیل گرانول ۰/۳ درصد و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات گرانول ۴ درصد، در سمپاشی اول و دوم کمتر از تیمار شاهد بود. در این آزمایش، آن‌ها نشان دادند که عملکرد محصول در تیمارهای دیازینون گرانول ۵ درصد، فیپرونیل گرانول ۰/۳ درصد و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۴ درصد به ترتیب ۵۲، ۲۸ و ۴۴ درصد بیشتر از شاهد در طول سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بود. آن‌ها در نتیجه گیری کلی از پژوهش خود اعلام نمودند که هر سه حشره‌کش مورد آزمایش، مناسب کنترل ساقه‌خوار خالدار ذرت هستند، از این جهت نتایج آن‌ها با روند نتایج پژوهش حاضر مطابقت نشان داد. همین روند در بین تیمارها از نظر درصد مزیت عملکرد محصول نسبت به شاهد مشاهده شد به طوری که تیمار ۱۵ کیلوگرم در هکتار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات بیشترین مزیت عملکرد محصول (۳۳/۶۷ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار ویبرانت® ۱۰ کیلوگرم در هکتار (۲۷/۷۶ درصد) مشاهده شد. به عبارت دیگر رابطه تنگاتنگی بین افزایش کارایی کنترل شیمیایی با افزایش مرگ و میر لاروی و افزایش عملکرد محصول مشاهده شد. با توجه به مطالب ارائه شده در رابطه با عملکرد محصول برنج در تیمارهای مختلف اختلاف عملکرد تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۱۵ کیلوگرم در هکتار و شاهد حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم می‌باشد. در تایید این نتایج و روند حاصل، (Rani & Kumar, 2019) در مطالعات خود نشان دادند که بین تیمارهای ارزیابی شده، بیشترین میزان عملکرد محصول در دو تیمار (Acephate 75 SP @ 750 g a.i./ha + Chlorantriniliprole 20 SC @ 30g a.i./ha) و تیوسیکلام هیدروژن اکسالات گرانول ۴ درصد (۵۰۰ گرم ماده موثره) به ترتیب ۵۱۰۰ و ۵۰۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد (۲۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد.

نتایج بررسی‌های محققین دیگر، در کنترل آفت برگ پیچان برنج، *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee، نیز مشاهده شد به طوری که در این تحقیق آن‌ها اظهار داشتند که حشره‌کش گرانول تیوسیکلام هیدروژن اکسالات نسبت به سایر ترکیبات شیمیایی برتری داشته و بیشترین عملکرد محصول (۷/۶۹۰ تن در هکتار) درکرت‌های تیمار شده با ماده شیمیایی مذکور نسبت به سایر تیمارهای شیمیایی مانند هیدروکلراید کارتاپ (Cartap) (۷/۱۹ تن در هکتار)، پی‌متروزین (Pymetrozine) (۶/۶۹ تن در هکتار)، دینوتفوران (Dinotefuran) (۶/۲۴ تن در هکتار) و چریش (Neem) (۶/۴۳ تن در هکتار) حاصل شد. در حالی که عملکردکرت شاهد ۳/۸۸۰ تن در هکتار بود (Padham & Raghuraman, 2018) همچنین، آن‌ها اظهار داشتند که بسیاری از کشاورزان از مواد شیمیایی ترکیبی برای مدیریت آفات مختلف (به ویژه ساقه‌خوارها و برگ پیچان‌ها) به طور منظم استفاده می‌کنند. اما، استفاده منظم از مواد شیمیایی با عملکرد یکسان و ترکیبات سازگار با حشره‌کش‌ها ممکن است، منجر به بروز مقاومت در جمعیت حشرات زیان‌آور، طغیان آفات و تبعات زیست محیطی باقی‌مانده آن‌ها در زیست بوم شالیزار شود. همچنین آن‌ها بیان نمودند که مصرف حشره‌کش‌های گرانوله در شالیزار نسبت به سایر فرمولاسیون‌ها از نظر خطرات زیست محیطی، سلامت انسان و حفظ دشمنان طبیعی نسبتاً ایمن تلقی می‌شوند. همچنین آن‌ها نشان دادند که حشره‌کش جدید تیوسیکلام هیدروژن اکسالات روی دو گونه از دشمنان طبیعی مزارع برنج شامل عنکبوت‌ها و سن‌های خانواده میریده (Miridae) عوارض جانبی (تاثیر سوء) ندارد (Padham & Raghuraman, 2018). اگرچه تاکنون مهم‌ترین روش در مدیریت انبوهی ساقه‌خوار نواری برنج کنترل شیمیایی بوده است، ولی ایجاد پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها در میان جمعیت‌های آفات حشره‌ای، یکی از معایب مهم و اساسی این روش به ویژه در شرایطی که به‌طور متناوب استفاده نشود، می‌باشد. همچنین در زراعت برنج، با ظهور اولین عضو گروه حشره‌کش‌های گروه فنیل پیرازول یعنی حشره‌کش فیپرونیل و اثرات قابل توجه آن در کنترل ساقه‌خوارهای برنج، زمینه مناسبی را برای استفاده متناوب با حشره‌کش‌های دیگر فراهم نمود (Cao *et al*., 2004).

Purnima *et al.* (2022) اثربخشی زیستی تیوسیکلام هیدروژن اگزالات ۵۰ ٪ با فرمولاسیون پودر قابل حل در آب در مزارع برنج کشور هندوستان، روی سه آفت اصلی برنج، کرم ساقه‌خوارنواری برنج، برگ پیچان و مگس برگ برنج مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در سال‌های ۲۰۱۶–۲۰۱۷ در مزرعه تحقیقاتی آموزشی (ICR) دانشگاه کشاورزی آسام، جوهارت، انجام شد. حشره‌کش‌ها به قرار زیر EC_{50} Cartap hydrochloride، Trizophos 40 EC همراه با سه دوز تیوسیکلام هیدروژن اگزالات ۲۰۰، ۳۵۰ و ۵۰۰ گرم ماده موثر در هکتار استفاده شد. نتایج بررسی آنها نشان داد که تیوسیکلام هیدروژن اگزالات ۲۰۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار کمترین جوانه‌های مرکزی مرده (۲ و ۲/۳ ٪)، خوشه‌های سفید شده برنج (۱/۳ و ۱/۴٪) و همچنین آلودگی با دو دوز مذکور برای آفت برگ پیچان به ترتیب (۲/۸ و ۳٪) را به ثبت رسانند. در این آزمایش آنها نشان دادند که بالاترین عملکرد محصول برنج (۵۰۶۹ و ۵۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) در فصل زراعی سال ۲۰۱۶ و به طور مشابه، در فصل زراعی سال ۲۰۱۷، برای تیوسیکلام هیدروژن اگزالات ۲۰۰ و ۵۰۰ گرم ماده موثر در هکتار کمترین جوانه مرکزی مرده (۱/۹ و ۱/۸٪)، خوشه‌های سفید شد (۱ و ۰/۵٪) و با بیشترین عملکرد (۴۶۹۱ و ۴۸۶۱ کیلوگرم در هکتار) را ثبت کردند. بررسی مذکور با نتایج پژوهش حاضر شباهت دارد. همچنین، آنها نشان دادند که تیوسیکلام هیدروژن اگزالات هیچ اثر مضری بر جمعیت دشمنان طبیعی در زیست بوم شالیزار ندارد. نتایج بررسی‌های Ebneabbasi *et al.*, 2023) نشان داد که دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن دی آمید روی مراحل نابالغ با حشره‌کش فلوبن دی آمید با تاخیر بیشتری نسبت به حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات دارد. نتایج آنها نشان داد که تخم‌های تیمارشده با حشره‌کش‌های تیوسیکلام هیدروژن اکسالات و فلوبن دی آمید اثرات قابل توجهی بر نرخ رشد جمعیت نتاج حاصله از جمله تاثیر بر مدت زمان رشد و نمو، نرخ بقا و باروری داشت. آنها در بررسی‌های خود نشان دادند که هر دو حشره‌کش استفاده شده، آمارهای رشد جمعیت مینوزگوجه فرنگی را کاهش می‌دهند، به طوری که به عنوان حشره‌کش‌های انتخابی و سازگار با محیط زیست می‌تواند به صورت متناوب در کنترل شیمیایی در قالب برنامه مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند.

در مطالعه‌ی Suri (2011) در رابطه با اثر بخشی حشره‌کش‌های Chlorantraniliprole (Coragen SC20%)، تیوسیکلام هیدروژن اگزالات (Evisect SP50%) و کلرپیریفوس روی سه گونه از ساقه‌خوارهای برنج و آفت برگ پیچان در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ در پنجاب هند انجام شد. نتایج بررسی آنها نشان داد که اثر حشره‌کش کلرانترانیلیپرول با دوز ۴۰ گرم ماده موثر در هکتار، کمترین آلودگی جوانه‌های مرکزی مرده و خوشه‌های سفید شده به ترتیب با ۱/۶۱ و ۲ درصد، حشره کش تیوسیکلام هیدروژن اگزالات با دوز ۴۰۰ گرم ماده موثر در هکتار به ترتیب با ۱/۷۱ و ۲/۰۷ درصد و کلرپیریفوس با دوز ۵۰۰ گرم ماده موثر در هکتار به ترتیب با ۱/۶۱ و ۲ درصد مشابه بودند، اما نتایج نشان داد که دوزهای پایین ۱۰ و ۲۰ گرم ماده موثر در هکتار از حشره‌کش کلرپیریفوس اثر قابل توجهی در کاهش خسارت آفات مذکور نداشته است. همچنین درصد برگ‌های آسیب دیده ناشی از خسارت آفت برگ پیچان در تیمار کلرانترانیلیپرول با دوز ۴۰ گرم ماده موثر در هکتار با ۳/۴۰٪ که از نظر آماری همتراز با حشره کش کلرپیریفوس با ۳/۲۷٪ بود. در این پژوهش، عملکرد محصول برنج در کرت‌های تیمار شده از ۳۳۰۰.۰ تا ۳۶۱۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود به طوری که در تیمار کلرپیریفوس که به طور قابل توجهی کمتر از سایر تیمارها به میزان ۳۰۸۷ کیلوگرم در هکتار کاهش نشان داد.

Chelliah & Bharahi (1994) اظهار می‌دارند که کنترل ساقه‌خوار برنج بوسیله حشره‌کش‌ها هنوز به عنوان اولین خط دفاعی در زراعت برنج محسوب شده و از این طریق تاثیر سریع روی جمعیت حشره داشته و انبوهی را در حد آستانه اقتصادی خسارت نگه می‌دارد، که مانع خسارت اقتصادی محصول می‌شود. اگرچه کنترل شیمیایی علیه ساقه‌خوارها نمی‌تواند بطور کامل از حمله آنها به بوته‌های برنج جلوگیری نماید اما، مطالعه Ramakrishnan (1972) در کشور هند نشان داد که آزمایش‌های انجام شده درمزارع برنج ایالت تامیل نادو در کرت‌هایی که علیه ساقه‌خوار کنترل شیمیایی شدند در مقایسه با کرت‌های بدون سمپاشی، ۴۸ درصد افزایش عملکرد نشان دادند. تفاوت کارایی حشره‌کش‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر می‌تواند در نتیجه تاثیر عوامل مختلف باشد که تعیین سهم هر یک از عوامل به بررسی‌های مستقل نیاز دارد. اما، یکی از این عوامل تعیین کننده تفاوت کارایی حشره‌کشی، مربوط به ماهیت، گروه شیمیایی و سازوکار حشره‌کشی سموم مورد استفاده می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که استفاده از فرمولاسیون گرانول در زیست‌بوم شالیزار با سیستم غرقابی بدلیل اتلاف کمتر غلظت حشره‌کش در مقایسه با محلول‌پاشی‌ها و تاثیر سو کمتر روی دشمنان طبیعی مستقر روی اندام هوایی گیاه برنج کارایی بیشتری به ویژه در مراحل رویشی و زایشی گیاه برنج دارد (Yousefi–Porshokouh, 2019). علت اختلاف کارایی حشره‌کش دیازینون در دو نسل آفت، شاید به دلیل مقاومت لاروهای آفت باشد. همان‌طور که اشاره شد حشره‌کش گرانول دیازینون بیش از ۵۰ سال در زراعت برنج علیه آفت ساقه‌خوار استفاده می‌شده است. اما حشره‌کش ویبرانت شاید به دلیل ترکیب متفاوت آن با دیازینون تاثیر متفاوت و بیشتر داشته است. در این ارتباط Khosrowshahi *et al.* (1979) در پژوهش دیگر گزارش نمودند برای ارزیابی خسارت کرم ساقه‌خوار روی ارقام مختلف برنج، لازم است به عواملی مانند دفعات سمپاشی، ارقام مختلف برنج و محل کشت و کار توجه اساسی نمود. اما آنچه که در کنترل شیمیایی آفت کلیدی فوق مورد توجه است مقاومت آن به آفت‌کش‌ها به ویژه استفاده از یک نوع آفتکش در زمان‌های متوالی و نیز مقاومت لاروهای نسل زمستان‌گذران می‌باشد (Kondo & Tanaka, 1995). بر این اساس Konno & Shishido (1985) در تحقیقات خود علت -افزایش انبوهی جمعیت کرم ساقه‌خوار برنج در کشورهای ژاپن، چین، فیلیپین، هندوچین جنوبی و کره را ناشی از مقاومت تیپ‌های اکولوژیک در نسل‌های مختلف این آفت نسبت به آفت‌کش‌های فسفره اعلام داشتند، به طوری که این محققین در بررسی‌های تکمیلی توانستند اولین گزارش مقاومت کرم ساقه‌خوار برنج به آفت‌کش‌های فسفره را در مزارع ایالت کاگاوای ژاپن اعلام نمایند. همچنین، علت این اختلاف را می‌توان به تفاوت در میزان حساسیت مراحل مختلف زیستی، شرایط فیزیولوژیکی حشره (Mahmoodi *et al.*, 2020) نوع رقم و میزبان گیاهی (Giustolin *et al.*, 2001) ساختار شیمیایی و مکانیسم عمل حشره‌کش‌های مورد مطالعه ربط داد (Teixira & aloro, 2013؛ IRAC, 2014). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بیشترین درصد کارایی حشره‌کش‌ها در کاهش میزان آلودگی بوته‌های برنج در نسل‌های اول و دوم به ترتیب مربوط به گرانول تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۴ درصد با ۱۲/۵ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. این نتایج با نتایج بررسی‌های Dhawan *et al.* (2010) مطابقت داشت. ایشان در گزارش خود روی آفت ساقه‌خوار زرد برنج، *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)اعلام نمودند که تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات عملکرد بیشتری نسبت به سایر گروه‌های شیمیایی حشره‌کش‌ها مانند هیدروکلراید کارتاپ دارد. همچنین آن‌ها گزارش دادند که بروز جوانه‌های مرکزی مرده در تیمار تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۴ درصد به مقدار ۵۰۰ گرم ماده

موثره در هکتار به طور قابل توجهی کاهش یافت. با توجه به مجموع نتایج بدست آمده از این بررسی می‌توان اذعان داشت که برای استفاده موثر و اقتصادی حشره‌کش گرانول تیوسیکلام هیدروژن اکسالات ۴ درصد لازم است زمان مناسب مبارزه در مرحله رویشی (برای نسل اول آفت) به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار و در مرحله زایشی گیاه برنج (برای نسل دوم آفت) به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شود. از آن جا که حشره‌کش دیازینون به دلیل مصرف طولانی مدت در شالیزارهای کشور منسوخ شده است، لذا حشره‌کش زیستی تیوسیکلام می‌تواند جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی از قبیل دیازینون بوده و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت ساقه‌خوارنواری برنج مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و ،تمام همکارانی که در اجرای پروژه یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

حمایت مادی و معنوی

این پژوهش بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی به شماره‌ی مصوب ۹۶۰۲۹۰-۰۴۰۰۸-۰۴-۰۴سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که با حمایت مالی شرکت بازارگان کالا و موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شده است. به این جهت،

REFERENCES

Abutalebian, A., Rafiei Dastjardi H., Khajeh Ali, J., Affili Kohikhili Z. & Razmjoo, J. (2022) The effect of thiocyclam insecticide & three synergists on diamond back moth *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) & tomato leafminer moth *Tuta absoluta* (Lep: Galechiida). *Proceedings of 24th Iranian Plant Protection Congress, 3- 6 September 2022.*

Adams, A., Gore, J., Catchot, A., Musser, F., Cook, D., Krishnan, N. & Irby, T. (2016) Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) neonates to diamide insecticides in the mid southern & southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 109(5), 2205-2209. doi: 10.1093/jee/tow175.

Cao, M .Z., Shen, J. L., Zhang, J. Z, Lu, M, Liu, X. Y. & Zhou, W. J. (2004) Monitoring of insecticide resistance & inheritance analysis of triazophos resistance in the striped stem borer (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Journal of Rice Science* 18, 73-79. http://www.ricesci.cn/EN/.

Chelliah, S. & Bharahi, M. (1994) Insecticide management in rice. *In* Biology & management of rice insect. (ed). Heinrichs, E.A. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines P 779. http://doi:10.1016/S0261-2194(96)90027-7.

Civelek, H. S. & Weintraub, P. G. (2003) Effects of bensultap on larval serpentine leafminers, *Liriomyza tirfolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), in tomatoes. *Crop Protection* 22 (3), 479-483. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00197-7

Deka, S. & Barthakur, S. (2010) Overview on current status of biotechnological interventions on yellow stem borer *Scirpophaga incertulas* (Lepidoptera: Crambidae) resistance in rice. *Biotechnology Advances* 28(1):70-81. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.09.003

Dhawan, A. K., Mahal, M. S., Sarao, P. S., Virk, J. S., Singh, R. & Kaur R. (2010) Efficacy of thiocyclam hydrogen Oxalate as foliar sprays against stem borers & leaf folder in Rice. *Indian Journal of Plant Protection* 38 (2):166-169.

Ebneabbasi1, S., Mehrkhou, F. & Fourouzan, M. (2023) Lethal & sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate & flubendimide on the population growth parameters & population projection of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 43 (3): 219-231. http://doi.org.10.52547/jesi.43.3.3(In Persian with English abstract).

Fathipour, Y., Haghani, M., Talebi, A. A., Baniameri, V. & Zamani, A. A. (2006) Natural parasitism of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber under field & greenhouse conditions. *IOBC Wprs Bulletin* 29 (4), 163.

Giustolin, T. A., Vendramin, J. D., Alve, S. B. & Vieira, S. A. (2001) Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep, Gelechiidae) reared on two species of Lycopersicon to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *Journal of Applied Entomology* 125, 551-556. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00579.x.

Greathead, D. J. (1990) Utilization of natural enemies of *Chilo* spp. for management in Africa. *Insect Science & its Application* 11: 749–755. https://doi.org/10.1017/S1742758400021305.

Gunewardena, K. N. C. & Madugalla, S. R. K. (2011) Efficacy of selected granular insecticides for the control of maize stem borer (*Chilo partellus*) (Lep.: Pyralidae). *Tropical Agrieultural Geseareit sr Extension* 14(1): 12-15. http://doi:10.4038/tare. V14i1.4835.

Gupta, S. P., Singh, R. A. & Singh, A. K. (2006) Field efficacy of granular insecticides & single compound sprays against pests in rice. *Indian Journal of Entomology* 68(2): 150-151.

Hammad, E. M. A., Nemer, N. M. & Kawar, N. S. (2000) Efficacy of Chinaberry tree (Meliaceae) aqueous extracts & certain insecticides against the pea leafminer (Diptera: Agromyzidae) *The Journal of Agricultural Science* 134 (4): 413-420. http://doi.org/10.1017/S002185969900773X

Henderson, C. F. & Tilton, E. W. (1955) Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48(2): 157-161. https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157.

Ibrahim, Y. B. & Yee, T. S. (2000) Influence of sublethal exposure to abamactin on the boplogical performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology* 93:1085-1089. https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.4.1085.

IRAC. (2014) IRAC MoA Classification Scheme (Version 7.3.1). http://www.irac-online.org.Accessed October 2014.

Islam, Z., Nahar, M. A., Hossain, M. A., Mia, M. & Ahmed, H. U. (2001) Pest management: Present status & future challenges.97-160 pp. *In* proceeding of the workshop on experiences with modern rice cultivation in Bangladesh. BRRI, Gazipur, Bangladesh, 211p.

Khorshidi, M., Hejazi, M. J. & Iranipour, S. (2017) Effect of azadirachtin, chlorantraniliprole & some insect growth regulators on vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Crop Protection* 6 (1):115-123.

Khosroshahi, M. (1975) Investigation of granular & solution insecticides against rice stem borer pest. *Journal of Plant Pests & Diseases* 40:16-26 (In Persian with English abstract).

Khosrowshahi, M., Nikkho, F., Dezfulian, A. & Banihashemian, A. (1979) Assessing the damage of rice stem borer & control it. journal of *Applied Entomology & Phytopathology*, 2 (47):107-119 (in Persian with English abstract).

Kondo A. & Tanaka F. (1995) An Estimation of the control threshold of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidotera: Pyralidae) based on the Pheromone trap catches, *Applied Entomology & Zoology* 30(1):103-110.

Konno Y. & shishido T. (1985) Resistance mechanism of the rice stem borer to organophosphorus insecticides. *Journal of Pesticide Science* 10:285-287.

Li, X., Huang, Q., Yuan, J. & Tang, Z. (2007) Fipronil resistance mechanisms in the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. *Pesticide Biochemistry & Phisiology* 89,169-174. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2007.06.002.

Liu, W., Zhang, D., Zhu, W., Zhang, S., Wang, Y., Yu, S., Liu, T., Zhang, X., Zhang, W. & Wang, J. (2015) Colorimetric & visual determination of total nereistoxin-related insecticides by exploiting a nereistoxin-driven aggregation of gold nanoparticles. *Microchimica Acta* 182(1), 401-408. http://doi:10.1007/s00604-014-1347-x.

Mahapatra, G. K. & Nanda, U. (1996) Integrating neem in yellow stem borer management in kharif rice. *Indian Journal of Entomology* 58(4):369-373.

Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forouzan, M. & Atlihan, R. (2020) Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters & population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 113(6), 2713-2722.http:// doi: 10.1093/jee/toaa193

Padham, S. & Raghuraman, M. (2018) Bio-efficacy of newer insecticides against rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee) in Varanasi region, *Journal of Pharmacognosy & Phytochemistry* 7(3): 2219-2221.

Pasalu, C. (2000) Recent advances in insect pest management in rice. *National Center Course on IPM in Rice*, New Delhi. Sept. 4-9th.

Purnima, D., Binita, B. & Priyanka, S. (2022) Bioefficacy of Thiocyclam Hydrogen Oxalate 50 SP against major pests of rice. *Pesticide Research Journal*. 34(1): 46-49. http:// doi:10.5958/2249-524X.2022.00009.7.

Ramakrishnan C. (1972) Control of rice stem borer, *Tryporyza incertulas* Walk. with application of insecticides in irrigation water. *Madras Journal Agricultural* 59,169-174.

Rani, D. S. & Kumar, M. P. (2019) Efficacy of new chemical (Thiocyclam hydrogen oxalate 4%) in management rice pests. *International Journal of Agriculture & Plant Science* 1(4): 35-40.

Rashid, M., Sheikhi Garjan, A., Naseri, B. & Saberfar, F. (2012) Comparative toxicity of abamectin, cyromazine & spinosad against the leaf-miner fly, *Liriomyza sativae* (Dip.: Agromyzidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 32(1): 125-133.

Rehman, A., Inayatullah, C. & Majid, A. (2002) A descriptive model to predict the outbreaks of yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas. Pakistan Journal* of *Agricultural Research* 17(3): 282-289.

Srivastava, S. K., Salim, M., Rehman, A., Singh, A., Garg, D. K. & Prasad, C. S. (2003) Stem borer of rice-wheat cropping system: status, diagnosis, biology & management. *Rice-Wheat Consortium Bulletin for the Indo-Gangetic Plains*, *New Delhi*, p.273.

Suganthan, N., Manmathan, R. & Kumanan, T. (2020) Rhabdomyolysis & acute kidney injury associated with thiocyclam hydrogen oxalate (Evisect) poisoning. *SAGE Open Medical Case Reports* 8: 205-313. https://doi.org/10.1177/2050313X20954942.

Suri, K. S. (2011) Bioefficacy of some insecticides against rice stemborers & leaffolder infesting rice in Punjab. *Pesticide Research Journal*. 23(2):190-193.

Teixeira, L. A. & &alora, J. T. (2013) Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry & Physiology* 106, 76-78. http://doi: 10.1016/j.pestbp.2013.01.010.

Tian, F., Qiao, C., Luo, J., Guo, L., Pang, T., Pang, R., Li, R., Wang, C., Wang R. & Xie, H. (2020) Development & validation of a method for the analysis of five diamide insecticides in edible mushrooms using modified QuEChERS & HPLC-MS/MS. *Food Chemistry* 333, 127468. http://doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127468

Yarasi, B., Sadumpat, V., Immanni, C. P., Vudem, D. R. & Khareedu, V. R. (2008) Transgenic rice expressing *Allium sativum* leaf aglutinin (ASAL) exhibits high level resistance against major sap-sucking pests. *BMC Plant Biology* 8:102-115. https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-102.

Yousefi–Porshokouh, A., Mohaghegh–Nishabori, J., Karimpour, Y. & Shirazi, J. (2019) Effects of six recommended pesticides in rice fields on fecundity & survival of predator *&rallus spinidens* under laboratory conditions. *Biocontrol in Plant Protection* 7(1): 29–38 (in Persian with English abstract).

Efficacy of the new insecticide thiocyclam hydrogen oxalate in the control of rice striped stem borer *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Grambidae) under field conditions

Farzad Majidi-Shilsar [1] & Mehrdad Amooghli-Tabari [2]

1-Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2-Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran

✉ majidi14@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-4066-0279
✉ ma_tabari@yahoo.com https://orcid.org/0000-0003-3152-2867

Article History
Received: 30 July 2023 | *Accepted:* 1 November 2023 | Subject Editor: Masumeh Ziaee

Abstract
Due to the long-term use of some chemical insecticides to control rice striped stem borer, *Chilo suppressalis* in rice fields in the north of Iran and in order to prevent the development of stem borer resistance to them, it is necessary to use new insecticides such as thiocyclam hydrogen oxalate granules 4% (Vibrant®) to control this pest. Experimental treatments in this research include, 1- (VibrantR) granule insecticide 4% at the rate of 10 kg/ha. 2- (VibrantR) granule insecticide at the rate of 12.5 kg/ha. 3- (VibrantR) granule insecticide 4% at the rate of 15 Kg/ha. 4- Diazinon granule insecticide 10% at the rate of 15 kg/ha. 5- Fipronil granule insecticide 0.2% at the rate of 20 kg/ha. 6- Control (only watering). The present study was conducted in the form of randomized complete block design with 3 replications. The following characteristics including: the percentage of dead hearts in the first generation, the percentage of white heads in the second generation, the percentage of insecticide efficiency, the population of larvae and the yield of rice were evaluated. The results of this research showed that among the tested insecticides, (Vibrant®) insecticide in amounts of 12.5 and 15 kg per hectare has significant advantage in controlling the rice stem bore for the first and second generations of the pest, respectively. Also, the results of this study showed that the least contamination of dead hearts (5.22%), white heads (2.33%), the highest larval mortality (86.01%) and the highest yield (4020.83 kg/ha.) was observed in the treatment Vibrant 4% in the amount of 15 kg/ha. Therefore, the findings of the present study indicate that the new thiocyclam hydrogen oxalate insecticide has a good potential in controlling rice striped stem borer and can be used for integrated management of stem borer in paddy field ecosystems.

Keywords: Thiosyclam hydrogen oxalate, granules, strip stem eater, chemical control.

Corresponding Author: Farzad Majidi-Shilsar (E-mail: majidi14@yahoo.com)

***Citation*:** Majidi-Shilsar, F. & Amooghli-Tabari, M. (2023) Efficacy of the new insecticide thiocyclam hydrogen oxalate in the control of rice striped stem borer *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Grambidae) under field conditions. *J. Entomol. Soc. Iran*, 43 (3), 301–315. https://doi.org.10.61186/jesi.43.3.9