

حساسیت شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.) به حشره‌کش‌های ابامکتین، پرمترین، تیامتوکسام، کلرپایریفوس و مالاتیون

هانیه راوندیان^۱، محمود محمدی شریف^{۲*}، غلامرضا گل‌محمدی^۳ و علیرضا هادی‌زاده^۲

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- استادیار، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران.

* مسئول مکاتبه: msharif1353@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۱۷

چکیده

تیمار سطوح انبارها و یا دانه‌های غلات یکی از شیوه‌های قدیمی برای کنترل آفات انباری است. در این تحقیق، اثر حشره‌کش‌های ابامکتین، پرمترین، تیامتوکسام، کلرپایریفوس و مالاتیون با روش سطح آغشته به حشره‌کش روی شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.) بررسی شد. در ادامه دوام اثر کشندگی حشره‌کش‌ها، اثر بر روی تعداد حشرات کامل نسل بعدی و همچنین تاثیر آنها روی حشرات گرسنه نگه داشته شده نیز مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس تجزیه پروبیت داده‌های ثبت شده پس از ۲۴ ساعت مقادیر LC₅₀ این حشره‌کش‌ها به ترتیب ۱/۰۴، ۳۸/۷، ۳/۵۶، ۰/۱۶ و ۰/۸۶ mg ai/l بدست آمد. میزان کاهش تعداد نسل اول بین ۳۸ تا ۸۷ درصد متغیر بود (هر دو بترتیب در غلظت پایین و بالای کلرپایریفوس). آزمایش دوام حشره‌کش‌ها نشان داد که تیامتوکسام با ۱۷ درصد و مالاتیون با ۹۳ درصد کاهش مرگ‌ومیر با گذشت زمان به ترتیب بیشترین و کمترین دوام را داشتند. عدم تغذیه حشرات باعث افزایش معنی‌دار مرگ‌ومیر ناشی از برخی غلظت‌های کلرپایریفوس، مالاتیون و تیامتوکسام شد. در غلظت پایین تیامتوکسام (۱/۲۵ mg ai/l) عدم تغذیه حشرات به مدت ۱۴ روز، مرگ‌ومیر را از ۲۶ به ۸۳ درصد افزایش داد. نتایج این تحقیق نشان داد که با کاربرد مناسب حشره‌کش‌ها برای تیمار انبارها و همچنین رعایت بهداشت این مکان‌ها می‌توان کارایی برخی حشره‌کش‌ها را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اثر باقیمانده حشره‌کش، دوام حشره‌کش، گرسنگی حشرات، *Sitophilus oryzae*

مداوم جمعیت جهان و نیاز به مواد غذایی ایجاب می‌نماید که برای کنترل آفات غلات و سایر محصولات انباری از روش‌های گوناگون استفاده شود (آرتور ۲۰۰۲).

علاوه بر تمهیداتی که برای ممانعت از ورود آفات انباری به انبار اعمال می‌شود، استفاده از ترکیبات شیمیایی یکی از شیوه‌های رایج برای کنترل این آفات می‌باشد. آفت‌کش‌های شیمیایی به دو روش تدخینی و تیمار سطوح و دانه‌های غلات در انبارها استفاده می‌شوند (کلجیجیک و همکاران ۲۰۰۶). تیمار سطوح با آفت‌کش‌ها باعث به حداقل رسیدن تماس سم با ماده

مقدمه

غلات و حبوبات از منابع غذایی مهم بشر هستند که پس از برداشت تا زمان مصرف در انبار نگهداری می‌شوند. از این رو بایستی از خسارت آفات انباری به عنوان اصلی‌ترین عامل زیان‌آور، به دور نگهداری گردند. یکی از آفات انباری برنج و سایر غلات شپشه برنج *Sitophilus oryzae* (L.) است که یک آفت همه-جا زی می‌باشد (دال بلو و همکاران ۲۰۰۱). حشرات کامل با تغذیه از اندوسپرم دانه‌ها باعث کاهش میزان کربوهیدرات آنها می‌شوند (سینکلایر ۱۹۸۲). افزایش

گروه ترکیبات نئونیکوتینوئیدی از گزینه‌های جدیدتر برای کنترل تماسی آفات انباری هستند (آتانسیو و کرونیك ۲۰۰۷، کاوالیراتوس و همکاران ۲۰۰۹).

به دلیل نگهداری طولانی مدت برنج و سایر غلات در انبارها، تداوم اثر کنترلی حشره‌کش‌ها روی نسل یا نسل‌های بعدی آفت از دو جنبه مورد بررسی قرار می‌گیرد: یکی تأثیر حشره‌کش‌ها بر کاهش افراد حاصل از والدین تیمار شده، دوم دوام اثر حشره‌کشی آنها روی سطوح سمپاشی شده و تأثیر آنها بر حشراتی که پس از تیمار وارد سطح تیمار شده می‌شوند. آگاهی از این ویژگی‌ها می‌تواند تیمار متوالی سطوح را به حداقل برساند. از طرف دیگر رعایت بهداشت انبارها و حذف باقیمانده مواد غذایی باعث گرسنگی حشرات می‌شود. نقش تنش گرسنگی در کاهش شایستگی حشرات از جنبه‌های گوناگون بررسی شده است. این تنش از طریق ضعیف کردن حشرات باعث افزایش حساسیت آنها به حشره‌کش‌ها می‌شود (کورا و الحفاوی ۱۹۷۱، داگلیش ۲۰۰۶). ولی در ایران تحقیق مستقلی در این زمینه صورت نگرفته است تا نشان دهد که آیا این تنش می‌تواند به عنوان یک مولفه کاربردی در مدیریت این آفت انباری مطرح باشد؟

در تحقیق حاضر پس از تعیین حساسیت شپشه برنج به حشره‌کش‌های ابامکتین، پرمترین، تیمتوکسام، کلرپایرفوس و مالاتیون، بر اساس نتایج زیست‌سنجی سه غلظت انتخاب شده و تأثیر آنها روی کاهش نسل بعدی برآورد شد. در ادامه دوام اثر کشندگی این سه غلظت و همچنین نقش احتمالی گرسنگی حشرات در افزایش حساسیت آنها به حشره‌کش‌ها مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

پرورش شپشه برنج

حشرات مورد استفاده برای پرورش، از یک جمعیت موجود در انبار برنج در استان مازندران تهیه شد و پس از شناسایی دقیق گونه، نسبت به پرورش آنها اقدام گردید. برای پرورش مقدار ۳۰۰ گرم برنج رقم

غذایی و امنیت بیشتر کنترل شیمیایی می‌شود (باقری زنوز ۱۳۸۶). ممنوعیت کاربرد ترکیب تدخینی متیل بروماید و افزایش نگرانی‌ها از مصرف فسفین و گزارش مقاومت به ترکیب اخیر (سوتیسوت و همکاران ۲۰۱۱) باعث توجه بیشتر به کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی دارای اثر تماسی و قابلیت محافظت طولانی مدت در انبارها شده است. ویژگی‌های مثبت این حشره‌کش‌ها شامل سهولت کاربرد بدون نیاز به تجهیزات پیشرفته، از بین بردن درصد قابل توجهی از حشرات آفت، ارزان‌تر بودن نسبت به حشره‌کش‌های تدخینی و موثر بودن روی انواعی از آفات انباری، این توجه بیشتر را توجیه پذیر نموده است (آتانسیو و همکاران ۲۰۰۴). جستجو برای یافتن حشره‌کش‌هایی که علاوه بر احراز این ویژگی‌ها، خطرات زیست محیطی کمی هم داشته باشند، یکی از جنبه‌های تحقیقاتی رایج طی سالیان متمادی بوده است.

در استان مازندران، شپشه برنج علاوه بر خسارتی که در خانه‌ها به مصرف کنندگان وارد می‌کند، در انبارهای کوچک و متوسطی که برای نگهداری طولانی مدت برنج استفاده می‌شوند، نیز زیان‌آور است. رعایت بهداشت و تیمار سطحی این محل‌ها از مواردی هستند که برای کاهش خسارت این آفت توصیه می‌شوند.

حشره‌کش‌های فسفره از دیرباز برای تیمار سطوح انبارها و دانه‌های غلات مورد استفاده قرار گرفته‌اند (استرانگ و همکاران ۱۹۶۷). مالاتیون رایج‌ترین ترکیب مورد استفاده در چنین مواردی بوده است (داگلیش ۱۹۹۸). حشره‌کش کلرپایرفوس نیز در مواردی مورد استفاده قرار گرفته است (ویلیامز و همکاران ۱۹۷۸). محافظت طولانی مدت غلات انباری با استفاده از حشره‌کش‌های پایریترئیدی به عنوان ترکیبات موثر و امن بسیار مورد بررسی قرار گرفته است. پرمترین یکی از رایج‌ترین این ترکیبات بوده است (پاپادوپولو-مورکیدو و تومازو ۱۹۹۱، افریدی ۲۰۰۱). حشره‌کش ابامکتین از اورمکتین‌ها و تیمتوکسام از

پرورش حشرات نگه داشته شدند. حشرات در صورتی مرده در نظر گرفته می شدند که در نتیجه تحریک با یک وسیله نوک تیز هیچ واکنشی از خود نشان ندهند. هر تیمار حشره‌کش، چهار بار تکرار شد و تکرارها در روزهای متفاوت انجام شدند.

برآورد تعداد حشرات کامل حاصل از والدین تیمار شده

بر مبنای داده‌های آزمایش زیست‌سنجی سه غلظت پایین، متوسط و بالا به‌ترتیب در محدوده نزدیک به بترتیب LC₂₀، LC₅₀ و LC₉₀ تعیین شد. این غلظت‌ها طوری انتخاب شدند که در آزمایش‌های بررسی دوام اثر حشره‌کش‌ها و همچنین تأثیر گرسنگی روی حساسیت حشرات، نیز قابل استناد باشند. بدین معنی که غلظت‌ها آنقدر بالا نباشند که در صورت تأثیر گرسنگی، مرگومیر پس از چند روز به ۱۰۰ درصد برسد و اثر گرسنگی در روزهای بعدی (تا ۱۴ روز) قابل مقایسه نباشد و در عین حال، آنقدر پایین نباشند که در آزمایش‌های دوام اثر کشندگی، مرگومیر پس از چند روز به صفر برسد. سپس مشابه شیوه قبلی میزان کشندگی این غلظت‌ها در چهار تکرار آزمایش گردید. از آنجا که این غلظت‌ها شاخصی برای آزمایش‌های بعدی بودند به نتایج تجزیه پروبیت اکتفا نشده و زیست‌سنجی‌های دیگری نیز انجام شد تا در صورت تفاوت نتایج با محاسبات تجزیه پروبیت، این داده‌ها مبنای قرار گیرند. برای بررسی اثر این غلظت‌ها روی تعداد حشرات کامل حاصل از والدین تیمار شده، حشرات کامل با این غلظت‌ها تیمار و پس از ۲۴ ساعت، افراد زنده مانده به ظروف جدید حاوی دانه‌های برنج منتقل شدند. از آنجا که هدف ثبت تعداد افراد نسل بعدی بود، در هر تکرار بجای ۱۵ فرد، ۵۰ حشره کامل (نر و ماده) تیمار شدند تا پس از ثبت مرگ و میر تعداد قابل توجهی افراد زنده وجود داشته باشد. این حشرات به مدت دو هفته روی دانه‌های برنج نگه داشته شدند تا از تخمگذاری آنها اطمینان حاصل شود، سپس

طارم درون ظروف شیشه‌ای دهان‌گشاد (به حجم نیم لیتر) ریخته شد و تعداد ۱۰۰ جفت حشره کامل برای تخم‌گذاری به شیشه حاوی برنج اضافه گردید. کلیه مراحل زیستی این آفت در یک ژرمیناتور (مدل JG-300، ساخت شرکت ژال طب) در دمای $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) سپری گردید.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

در این پژوهش از فرمولاسیون‌های تجارتي آفت-کش‌ها استفاده شد که عبارت بودند از: ابامکتین (EC ۱/۸، شرکت گیاه)، پرمترین (EC ۲۵، شرکت مشکفام فارس)، تیمتوکسام (EC ۲۵، با نام تجارتي آکتارا^۱، شرکت سینجتا^۲)، کلرپایریفوس (EC ۴۰/۸، شرکت البرز) و مالاتیون (EC ۵۷، شرکت سبز آور پردیس).

زیست‌سنجی حشره‌کش‌ها

این آزمایش‌ها روی حشرات کامل حداکثر ۲۴ ساعته انجام شدند. پس از انجام آزمایش‌های مقدماتی و تعیین محدوده غلظت‌ها برای حشره‌کش‌های مورد استفاده، آزمایش‌های اصلی با پنج غلظت در محدوده مورد نظر همراه با شاهد انجام شدند. محدوده غلظت‌های مورد استفاده برای ابامکتین، پرمترین، تیمتوکسام، کلرپایریفوس و مالاتیون به‌ترتیب ۱/۸-۰/۱۸، ۷/۵-۳/۷۵، ۰/۲۵-۰/۳۲، ۰/۱۲-۰/۱۲ و ۰/۴۵-۱/۰۲ بود. غلظت‌های مورد نظر با رقیق کردن فرمولاسیون حشره‌کش‌ها توسط آب مقطر تهیه شده و از ظروف پتری شیشه‌ای (قطر ۹ cm) به عنوان سطح آغشته به حشره‌کش استفاده شد. سطح داخلی ظرف پتری و درپوش آن با ریختن دو میلی لیتر از هر غلظت آغشته شد. ظروف حدود یک ساعت در دمای معمولی آزمایشگاه قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. تعداد ۱۵ عدد حشره کامل (نر و ماده) به داخل هر ظرف رها شده و بمدت ۲۴ ساعت در شرایطی مشابه شرایط

¹Actara®

²Syngenta Co.

دو، سه، چهار، هفت و ۱۴ روز در ظروف بدون ماده غذایی نگه داشته شده و سپس به ظروف پتری تیمار شده انتقال یافتند. میزان مرگ و میر بعد از ۲۴ ساعت ثبت شد. نتایج غلظت‌های مختلف با تیمار شاهد یا بدون گرسنگی (تیمار صفر) مقایسه شد. آزمایش‌های مربوط به هر حشره‌کش در هر زمان چهار بار تکرار شدند.

تجزیه داده ها

در صورت وجود مرگ‌ومیر در شاهد، میزان مرگ‌ومیر سایر غلظت‌ها با استفاده از فرمول ابوت (فینی ۱۹۷۱) اصلاح گردید. داده‌های ثبت شده در آزمایش‌های آغشته سازی سطح ظروف پتری (بعد از ۲۴ ساعت) از طریق تجزیه پروبیت و با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه شدند. میانگین داده‌ها در آزمایش تعداد نتاج با آزمون دانکن همین نرم افزار مقایسه شد. در دو آزمایش دوام اثر کشندگی و اثر گرسنگی میانگین داده‌ها با روش t-test و بصورت دو به دو با شاهد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

سمیت حشره‌کش‌ها

مقادیر LC₅₀ حشره‌کش‌های ابامکتین، پرمترین، تیمتوکسام، کلرپایریفوس و مالاتیون به ترتیب ۱/۰۴، ۳۸/۷، ۰/۱۶، ۳/۵۶ و ۰/۸۶ mg ai/l بدست آمد (جدول ۱). بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین سمیت مربوط به حشره‌کش فسفره کلرپایریفوس بود و در مراتب بعدی مالاتیون و ابامکتین قرار گرفتند. میزان کشندگی کلرپایریفوس در سطح LC₅₀ بترتیب حدود ۴/۵، ۲۴۲، ۲۲ و ۵/۴ برابر چهار حشره‌کش دیگر بود. در سطح LC₉₀ نیز نتایج تقریباً مشابه بود. تفاوت نتایج مربوط به این دو سطح از طریق تفاوت در شیب خط قابل توضیح است. دو حشره‌کش فسفره شیب خط بالاتری نسبت به سه ترکیب دیگر داشتند. این تفاوت نشان دهنده حساسیت بیشتر این جمعیت شپشه برنج به این ترکیبات، بخصوص کلرپایریفوس است. محاسبه مقدار

جداسازی شده و دور ریخته شدند. ثبت تعداد افراد پس از ظهور حشرات کامل شروع شد و به مدت دو هفته ادامه یافت. کمترین مدت زمان کامل شدن یک نسل، طی عملیات پرورش این گونه ۳۱ روز بود، به همین دلیل بررسی ظهور حشرات کامل از حدود پنج هفته بعد از تیمار حشرات کامل شروع شد. در نظر گرفتن ۳۵ روز تا خروج اولین نتاج و شمارش آنها تا دو هفته بعد از اولین ظهور به منظور اطمینان از خارج شدن اکثر حشرات کامل نسل بعدی بود. این آزمایش‌ها سه بار تکرار شدند.

بررسی دوام حشره‌کش‌ها

هدف از این آزمایش‌ها بررسی میزان کاهش کارایی حشره‌کش‌ها با گذشت زمان بود. غلظت‌های پایین، متوسط و بالای هر حشره‌کش با رقیق کردن فرمولاسیون آنها توسط آب مقطر تهیه شدند. ظروف پتری با روش ذکر شده تیمار شدند و پس از خشک شدن کف ظروف پتری حشرات بلافاصله، یک، دو، سه، چهار، هفت و ۱۴ روز پس از تیمار ظروف در آنها رها شدند. ظروف تیمار شده تا زمان رهاسازی حشرات بصورت در بسته در ژرمیناتور نگهداری شدند. تعداد ۱۵ حشره کامل حداکثر ۲۴ ساعته به این ظروف منتقل شده و در ژرمیناتور با شرایط ذکر شده قرار داده شدند. مرگ‌ومیر حشرات ۲۴ ساعت پس از رهاسازی ثبت شد. در این آزمایش‌ها کارایی حشره‌کش‌ها بر اساس هر یک از زمان‌های تاخیری برآورد شده و با شاهد مقایسه گردید. حشراتی که قادر به حرکت دادن پاها و شاخک خود در مقابل تحریک با سوزن نبودند مرده تلقی شدند. این آزمایش‌ها برای هر یک از حشره‌کش‌ها چهار بار در زمان‌های مختلف تکرار شد.

تأثیر دوره‌های گرسنگی حشرات در حساسیت آنها

به حشره‌کش‌ها

برای این منظور حشرات یا مستقیماً از روی ماده غذایی به ظروف تیمار شده منتقل شدند یا بمدت یک،

محدوده اطمینان ۹۵ درصد در سطح LC_{50} کارایی کلرپایریفوس بطور معنی‌داری بیشتر از سایر حشره‌کش‌ها بود. پس از آن دو حشره‌کش مالاتیون و ابامکتین علی‌رغم تفاوت عددی در مقدار LC_{50} از نظر آماری تفاوتی نداشتند. در رتبه سوم حشره‌کش تیامتوکسام قرار گرفت و در انتها کشندگی پرمترین بطور معنی‌داری کمتر از سایر حشره‌کش‌ها بود. در سطح LC_{90} نیز نتایج به همین ترتیب بود.

عددی تفاوت کشندگی در دو سطح LC_{50} و LC_{90} نتایج را بهتر توضیح می‌دهد. این عدد نشان می‌دهد که برای افزایش کنترل حشرات از ۵۰ به ۹۰ درصد، میزان مصرف هر کدام از حشره‌کش‌ها چقدر بایستی افزایش یابد. برای پنج حشره‌کش آزمایش شده این مقدار بترتیب ۵/۵۳، ۱۱/۶، ۷/۰۵، ۱/۶۲ و ۱/۹۸ بود. حساسیت بالای شپشه برنج به دو حشره‌کش فسفره با این نسبت نیز قابل تایید است. با مبنا قرار دادن

جدول ۱- تجزیه پروبیت داده‌های آزمایش‌های بررسی حساسیت حشرات کامل شپشه برنج *Sitophilus oryzae* به حشره‌کش‌ها.

حشره‌کش	تعداد حشرات مورد آزمایش	LC_{50} (mg ai/l) (محدوده اطمینان ۹۵٪)	LC_{90} (mg ai/l) (محدوده اطمینان ۹۵٪)	شیب خط ($\pm SE$)	X^2 (df)	P-value
ابامکتین	۳۶۰	۱/۰۴ (۰/۸۴ - ۱/۳۹)	۵/۷۶ (۳/۵ - ۱۳/۳)	۱/۷۲ ($\pm ۰/۲۳$)	۴/۵۱ (۳)	۰/۲۱۱
پرمترین	۳۶۰	۳۸/۷ (۲۹/۲ - ۵۲/۶)	۴۴۹ (۲۳۸ - ۱۳۴۳)	۱/۲ ($\pm ۰/۱۷$)	۴/۵۶ (۳)	۰/۲۰۷
تیامتوکسام	۳۶۰	۳/۵۶ (۲/۷۲ - ۵/۲۷)	۲۵/۱ (۱۳/۵ - ۷۱/۵)	۱/۵۲ ($\pm ۰/۲۰۷$)	۱/۲۷ (۳)	۰/۷۳۵
کلرپایریفوس	۳۶۰	۰/۱۶ (۰/۱۵ - ۰/۱۷)	۰/۲۶ (۰/۲۳ - ۰/۲۹)	۶/۵۹ ($\pm ۰/۶۸$)	۱/۴۴ (۳)	۰/۶۹۶
مالاتیون	۳۶۰	۰/۸۶ (۰/۷۳ - ۱/۲۴)	۱/۷۱ (۱/۲۰ - ۶/۴۸)	۴/۳۳ ($\pm ۰/۵۹$)	۵/۶۳ (۳)	۰/۱۳۱

سودرودین (۱۹۷۷). در بررسی مشابهی توسط ویلیامز و همکاران (۱۹۷۸) این مقادیر بترتیب ۰/۳ و $mg\ ai/l$ ۰/۲۱ به دست آمد. علی‌رغم کارایی مناسب حشره‌کش‌های فسفره، به دلیل بروز مقاومت در حشرات و خطرات ناشی از باقیمانده آنها مصرف این سموم کاهش یافته است (آرتور و همکاران ۲۰۰۷). این معضلات باعث انجام آزمایش‌های زیادی با هدف جایگزین کردن آنها با حشره‌کش‌های پایریترئیدی شده است. سامسون و پارکر (۱۹۸۹) از طریق آغشته

بررسی حساسیت آفات انباری به اثر تماسی حشره‌کش‌ها سابقه ای طولانی دارد. در یکی از تحقیقات اولیه میزان LC_{50} مالاتیون از طریق دانه‌های آغشته به حشره‌کش و ثبت نتایج پس از ۲۴ ساعت $mg\ ai/l$ ۱/۵۹ برآورد شد (استرانگ و همکاران ۱۹۶۷). در بررسی حساسیت شپشه برنج به دو حشره‌کش فسفره کلرپایریفوس و مالاتیون از طریق سطح کاغذ صافی آغشته به حشره‌کش مقادیر LC_{50} بترتیب ۰/۸۹ و $mg\ ai/l$ ۲۶/۷ برآورد شد (لیم و

کردن دانه‌های گندم و ذرت، حساسیت شپشه برنج را به حشره‌کش‌های فسفره و حشره‌کش پایریتروئیدی دلتامترین مقایسه کرده و نشان دادند که این حشره-کش می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. میزان LC_{50} حشره‌کش‌های فسفره از ۰/۳۵ تا ۰/۱۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ذرت متغیر بود و در مورد دلتامترین این مقدار ۰/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در یک پژوهش دیگر میزان LC_{50} دو حشره‌کش پرمترین و کلرپایرفوس از طریق ظروف پتری آغشته به حشره-کش، بترتیب ۲۹/۸ و ۳/۳۵ mg ai/l بدست آمد (فصیحی ۱۳۷۹). ابامکتین و تیامتوکسام دو حشره‌کشی هستند که از آنها کمتر برای کنترل آفات انباری استفاده شده است. پاریمالا و ماهسواری (۲۰۱۱) میزان LC_{50} حشره‌کش‌های مالاتیون، ابامکتین و ترکیب پایریتروئیدی دلتامترین را از طریق آغشته نمودن ظروف پتری روی گونه دیگر این جنس یعنی *Sitophilus zeamais* Mots. بترتیب ۳/۶۵، ۰/۱۳ و ۰/۱۹ mg ai/l بدست آوردند. تاکنون چندین تحقیق در زمینه اثر تیامتوکسام انجام شده که در بیشتر آنها به اثرات طولانی مدت این ترکیب پرداخته شده است (آرتور و همکاران ۲۰۰۴، وکیل و همکاران ۲۰۱۲، وکیل و همکاران ۲۰۱۳). در یک تحقیق در کشور عراق اثر این ترکیب نئونیکوتینوئید به همراه سه حشره‌کش پایریتروئیدی از جمله پرمترین روی چندین سخت بالپوش آفت محصولات انباری از جمله شپشه برنج آزمایش شد. مقدار LC_{50} این دو حشره‌کش از طریق آغشته کردن ظروف شیشه‌ای پس از ۲۴ ساعت بترتیب ۲ و ۶/۴ mgai/l برآورد شد (العطار ۲۰۰۶). سمپاشی سطوح انبارها و مکان‌های کوچک‌تر نگهداری برنج و بخصوص شلتوک از دیرباز مرسوم بوده است. با توجه به LC_{50} ‌های محاسبه شده (جدول ۱)، به‌جز پرمترین، چهار حشره‌کش دیگر کارایی خوبی نشان دادند.

در آزمایش‌های مربوط به هر پنج حشره‌کش حشرات کامل نسل جدید حاصل از والدین تیمار شده کمتر از افراد تیمار نشده بود (جدول ۲). تعداد حشره تولید شده به ازای هر فرد (نر یا ماده) در شاهد بین ۴۰ تا ۶۶ عدد بود. در مورد غلظت پایین و متوسط، کمترین تعداد مربوط به حشره‌کش مالاتیون (بترتیب ۱۶ و هشت فرد به ازای هر فرد والد) و در غلظت بالا کمترین تعداد در تیمار با حشره‌کش کلرپایرفوس (پنج فرد) مشاهده شد. کاربرد غلظت بالای همه حشره‌کش‌ها تعداد حشرات کامل نسل بعدی را بطور معنی‌داری کاهش داد. در مورد غلظت متوسط و پایین این کاهش در مورد حشره‌کش‌های ابامکتین، تیومتوکسام و مالاتیون معنی‌دار بود. میانگین طول دوره تا ظهور اولین حشرات کامل در شاهد و غلظت‌های پایین، متوسط و بالای حشره‌کش‌ها بترتیب ۳۸، ۴۲/۶، ۴۶/۴ و ۵۱/۲ روز بود. کاربرد سه غلظت حشره‌کش‌ها مجموع دوره رشد و نمو تخم، لارو و شفیرگی افراد نسل بعدی را بترتیب ۱۲/۱، ۲۲/۱ و ۳۴/۷ درصد طولانی‌تر کردند. نگهداری طولانی مدت غلات در انبارها و سیلوها، بخش قابل توجهی از تحقیقات را به سمت کنترل طولانی مدت آفات انباری و نقش محافظتی حشره‌کش‌ها سوق داده است. اندازه‌گیری تعداد حشرات کامل نسل جدید حاصل از والدین تیمار شده، به عنوان شاخصی برای میزان شیب کاهش جمعیت و همچنین میزان و زمان کاربرد بعدی آفت‌کش اهمیت دارد. کاولیراتوس و همکاران (۲۰۰۹) از ابامکتین برای محافظت طولانی مدت گندم و ذرت در مقابل چند آفت انباری استفاده کردند. تعداد افراد نسل بعدی پس از گذشت مدت ۶۰ روز از تیمار شمارش شد. در دمای $30^{\circ}C$ میزان نتاج روی گندم در شاهد ۱۲/۹ عدد به ازای هر ظرف آزمایش بود. که میزان آن در غلظت پایین‌تر (۰/۱۸ μg ai/l) به صفر کاهش یافت. این میزان روی ذرت از ۳۹/۳ عدد به ۳/۳ (غلظت ۰/۱۸)، ۰/۱ (غلظت ۱/۸) و صفر (غلظت ۱ μg ai/l) بود.

تعداد حشرات کامل حاصل از والدین تیمار شده

چند حشره‌کش از جمله پرمترین و کلرپایریفوس قرار داد و پس از دور ریختن حشرات کامل، تعداد افراد نسل بعدی را شمارش کرد.

۹) کاهش یافت. فسیحی (۱۳۷۹) حشرات کامل شپشه برنج را به مدت دو هفته در معرض دانه‌های شلتوک تیمار شده با سه غلظت پایین، متوسط (LC_{50}) و بالای

جدول ۲- تعداد نتاج *Sitophilus oryzae* تولید شده به ازای یک حشره کامل تیمار شده با حشره‌کش‌ها.

حشره‌کش	غلظت (mg ai/L)			شاهد
	پایین	متوسط	بالا	
ابامکتین	۱۸ ^b	۱۱ ^b	۹ ^b	۴۰ ^{a*}
پرمترین	۲۴ ^a	۲۳/۳ ^a	۱۳/۳ ^b	۴۰ ^a
	۲۴/۴ ^b	۲۳/۳ ^b	۱۳/۳ ^b	۴۶/۶ ^a
تیامتوکسام	۲۵/۳ ^a	۱۶/۳ ^{ab}	۵ ^b	۴۱/۳ ^a
کلرپایریفوس	۱۶ ^b	۸ ^b	۷/۳ ^b	۴۳/۳ ^a
مالاتیون				

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف تفاوتشان معنی دار نیست ($P < 0.05$).

دوام حشره‌کش‌ها

در کلیه تیمارها با بیشتر شدن فاصله زمانی بین تیمار و در معرض قرار دادن حشرات، مرگومیر از نظر عددی کاهش یافت (جدول ۳). بطور معمول، باقیمانده حشره‌کش‌ها بتدریج روی سطوح کاهش می‌یابد و چنین روندی دور از انتظار نبود. از نقطه نظر آماری بیشترین کاهش معنی‌دار در مورد حشره‌کش کلرپایریفوس مشاهده شد. در مورد این حشره‌کش از مجموع ۱۸ تیمار غلظت-زمان، ۱۲ تیمار با شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند. کمترین کاهش معنی‌دار در حشره‌کش تیامتوکسام بود که در هیچ یک از تیمارها اثر کشندگی بصورت معنی‌داری کاهش نیافت. در تیمار کلرپایریفوس کاهش مرگ و میر از روز سوم به بعد، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (صفر) داشت. دوام اثر حشره‌کشی دیگر حشره‌کش فسفره یعنی مالاتیون بیشتر از کلرپایریفوس بود. غلظت بالای این حشره‌کش پس از گذشت سه روز

نتایج نشان داد که غلظت پایین این حشره‌کش‌ها تاثیری بر کاهش این افراد نداشت ولی دو غلظت دیگر بطور معنی‌داری تعداد حشرات کامل نسل بعدی را کاهش داد. در آزمایش‌های حاضر نیز در کلیه حشره‌کش‌ها و غلظت‌ها این میزان از نظر عددی کاهش یافت. این کاهش در چهار تیمار معنی‌دار نبود (غلظت‌های پایین و متوسط پرمترین و کلرپایریفوس) ولی در ۱۱ حالت تیماری دیگر معنی‌دار بود. نکته‌ای که در این آزمایش‌ها باید به آن توجه نمود این است که بطور قطع نمی‌توان کاهش حشرات نسل بعد را به اثرات ثانویه حشره‌کش نسبت داد و احتمالاً (بویژه در غلظت بالا) کم بودن نتاج ناشی از کم بودن والدین است، چرا که این غلظت‌ها تعداد زیادی از حشرات کامل را پس از ۲۴ ساعت از بین می‌برند. از این رو بدست آوردن نتایج مناسب در غلظت پایین علاوه بر تأیید نقش اثرات ثانویه حشره‌کش‌ها در کاهش باروری، کاربرد مقادیر کمتر حشره‌کش را توجیه‌پذیر می‌کند.

میزان کشندهگی ناشی از تیماتوکسام، در هیچکدام از غلظت‌ها دوام اثر حشره‌کشی بصورت معنی‌داری کاهش نیافت. با مبنا قرار دادن نتایج در شاهد، میزان کاهش کارایی سه غلظت پایین، متوسط و بالای حشره‌کش ابامکتین پس از دو هفته بترتیب ۶۳، ۷۳ و ۸۶ درصد، حشره‌کش پرمترین بترتیب ۶۰، ۷۶ و ۷۵ درصد، حشره‌کش تیماتوکسام بترتیب ۴۸، ۳۷ و ۲۰ درصد، حشره‌کش کلرپایریفوس بترتیب ۷۰، ۶۵ و ۸۳ درصد و برای حشره‌کش مالاتیون بترتیب ۷۶، ۸۱ و ۹۳ درصد بود. بر این اساس بیشترین ماندگاری (کمترین کاهش) در غلظت بالای تیماتوکسام مشاهده شد.

از تیمار همچنان توانست حدود ۶۵ درصد حشرات را از بین ببرد. در حالی که در مورد کلرپایریفوس پس از سه روز از ۹۰ به ۳۵ درصد کاهش یافت. مرگ و میر ناشی از حشره‌کش ابامکتین نیز مانند سایر حشره‌کش‌ها با افزایش فاصله زمانی بین تیمار و رها سازی حشرات، کاهش یافت ولی بر خلاف غلظت‌های متوسط و بالای آن، مرگ و میر ناشی از غلظت پایین اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. روند کاهش مرگ و میر ناشی از حشره-کش پرمترین شبیه ابامکتین بود، ولی در مورد حشره-کش تیماتوکسام در هر سه غلظت مورد آزمایش از شتاب کندتری برخوردار بود. علی‌رغم کاهش عددی

جدول ۳- میانگین درصد مرگ و میر حشرات کامل *Sitophilus oryzae* تیمار شده با حشره‌کش‌های شیمیایی در زمان‌های مختلف رهاسازی.

حشره‌کش	غلظت (mg ai/l)	زمان رهاسازی حشرات پس از تیمار (روز)						
		صفر ^a	۱	۲	۳	۴	۷	۱۴
ابامکتین	۰/۱۸	۱۸	۱۸/۳	۱۶/۶	۱۰	۱۱/۶	۸/۳	۶/۶
	۰/۹	۳۸/۳	۳۸/۳	۳۶/۶	۲۵	۲۳/۳	۱۶/۶	۱۰*
	۱/۴۴	۶۰	۶۰	۵۸/۳	۵۱/۶	۵۱/۶	۳۰	۸/۳*
پرمترین	۱۲/۵	۲۵	۲۴/۹	۲۳/۳	۲۱/۶	۱۹/۹	۱۴/۹	۹/۹
	۵۰	۳۵	۳۳/۳	۳۱/۶	۳۱/۶	۲۹/۹	۱۸/۳	۸/۳*
	۱۲۵	۵۵	۵۳/۳	۵۱/۶	۴۸/۲	۴۸/۳	۳۱/۶	۱۳/۳*
تیماتوکسام	۱/۲۵	۲۶	۲۱/۶	۲۳/۳	۲۴/۹	۲۰	۱۶/۶	۱۳/۳
	۲/۵	۴۰	۳۵	۳۳/۳	۲۸/۳	۳۳/۳	۲۶/۶	۲۵
	۳/۷۵	۵۲	۵۵	۵۱/۶	۵۱/۶	۴۸/۳	۴۵	۴۱/۶
کلرپایریفوس	۰/۱۲	۲۸	۲۸/۳	۲۳/۳	۹/۹*	۹/۹*	۶/۶*	۸/۳*
	۰/۱۶	۴۳	۳۸/۲	۳۸/۲	۲۱/۶*	۱۶/۶*	۱۸/۳*	۱۵*
	۰/۲۸	۹۰	۶۳/۳	۵۶/۶	۳۵*	۳۸/۳*	۱۸/۳*	۱۵*
مالاتیون	۰/۲۸	۵۰	۵۶/۶	۳۳/۳	۲۶/۶	۲۱/۶	۱۵	۱۱/۶*
	۰/۵۷	۵۳/۳	۵۳/۳	۵۳/۳	۲۳/۳	۲۰	۱۶/۶	۱۵*
	۱/۴۴	۷۶/۶	۷۴/۹	۷۳/۳	۶۵	۳۸/۳*	۲۰*	۵*

* معنی‌دار نسبت به زمان صفر ($P < 0.05$)، ^a زمان صفر = حشرات بلافاصله بعد از خشک شدن پتری به سطح تیمار شده رهاسازی شدند.

بررسی دوام اثر حشره‌کش‌ها در انبارها بخاطر نگهداری طولانی مدت مواد انباری، اهمیت زیادی داشته است. از آنجا که در بیشتر تحقیقات، دانه‌های غلات تیمار شده‌اند، پژوهش‌های زیادی روی ترکیبات

بررسی دوام اثر حشره‌کش‌ها در انبارها بخاطر نگهداری طولانی مدت مواد انباری، اهمیت زیادی داشته

عنوان یکی از مزایای قابل توجه این گروه از حشره-کشها (یو ۲۰۰۸)، غلظت‌های موثر محاسبه شده در بررسی حاضر نشان داد که دیگر نمی‌توان این ویژگی را برای پرمترین در نظر گرفت. از طرف دیگر آزمایش حشره‌کش تیامتوکسام نشان داد که دوام قابل توجهی داشته و پس از ۱۴ روز کاهش معنی‌داری در مرگ-ومیر ناشی از هر سه غلظت آن مشاهده نشد. تیامتوکسام خطرات زیست محیطی کمتری نسبت به حشره‌کشهای فسفره و ابامکتین داشته و تحقیقی در مورد امکان کاربرد آن برای تیمار سطوح انباری صورت نگرفته است. از این رو کشندگی و دوام مناسب تیامتوکسام، این حشره‌کش را به عنوان جایگزین مناسبی برای حشره‌کش‌های فسفره مطرح می‌کند.

تأثیر گرسنگی حشرات روی حساسیت آنها به حشره‌کش‌ها

نتایج نشان داد که حشرات کامل شپشه برنج حساسیت زیادی به گرسنگی دارند. در تمام تیمارها روند افزایش مرگ‌ومیر مشهود است (جدول ۴). در مورد دو حشره‌کش فسفره، گرسنه ماندن، کارایی آنها را با روند تقریباً مشابهی افزایش داد. ترکیبات فسفره معمولاً کارایی قابل توجهی داشته و در غلظت‌های پایین‌تر از سایر حشره‌کش‌ها موثرترند. به این خاطر تغییرات احتمالی در کارایی دو غلظت متوسط و پایین بیشتر مورد توجه بود، چرا که غلظت بالای این دو حشره‌کش روی حشرات تغذیه کرده نیز مرگ‌ومیر قابل توجهی ایجاد کردند. بیشترین میزان افزایش مرگ‌ومیر (۴۷ درصد) در غلظت پایین کلرپایریفوس (تیمار شاهد نسبت به تیمار ۱۴ روزه) ثبت شد. تفاوت کارایی این دو حشره‌کش روی حشرات تغذیه نکرده، پاسخ سریعتر حشرات به تیمار مالاتیون بود. در تیمارهای این ترکیب، تنها پس از ۲۴ ساعت گرسنگی افزایش قابل توجهی در مرگ‌ومیر مشاهده شد. در

پایریتروئیدی انجام شده است. این ترکیبات علاوه بر سمیت کمتر برای انسان دوام نسبتاً بیشتری هم دارند. به عنوان مثال در یک تحقیق مشخص شد که در صورت تیمار دانه‌های گندم با پرمترین و نگهداری آنها در دمای 30°C ، پس از ۱۳، ۲۶ و ۳۹ هفته بترتیب حدود ۶۱، ۵۷ و ۴۵ درصد از حشره‌کش اولیه قابل بازیابی است. ولی این مقادیر برای کلرپایریفوس متیل بترتیب هشت، شش و دو درصد بود (افریدی و همکاران ۲۰۰۱). بررسی دوام اثر کشندگی پرمترین نشان داد که در صورت تیمار دانه‌های گندم با دو میلی‌گرم ماده موثر در کیلوگرم گندم و قرار دادن شپشه برنج بمدت یک، دو و هفت روز در معرض دانه‌های تیمار شده، تا ۱۸۰ روز بعد میزان مرگ‌ومیر ۱۰۰ درصد بود (پاپادوپولو-موکیدو و تومازو ۱۹۹۱). به همین ترتیب با استفاده از غلظت‌های بالای سایفلوترین، ۳۵ تا ۹۷ درصد حشرات کامل شپشه برنج، حتی پس از چهار ماه تأخیر در وارد کردن آنها به محیط تیمار شده، از بین رفتند (آرتور و همکاران ۱۹۹۲). از طرف دیگر در بررسی دوام سه حشره‌کش پایریتروئیدی شامل بتا سایفلوترین، دلتامترین و آلفا سایپرمتترین، با افزایش زمان تأخیر در ورود حشرات به محیط تیمار شده از ۳۱ به ۱۷۱ روز میزان مرگ‌ومیر کاهش معنی-داری داشت (آتانسیو و همکاران ۲۰۰۴). باید توجه داشت که تیمار دانه‌های انبار شده علاوه بر اثر تماسی باعث اهمیت پیدا کردن اثر گوارشی حشره‌کش‌ها نیز می‌شود، از این رو انتظار می‌رود که در صورت تیمار دانه‌های غلات، حشره‌کش‌ها کارایی بیشتری داشته باشند. در آزمایش‌های ما دوام حشره‌کش پایریتروئیدی پرمترین از حشره‌کشهای فسفره بیشتر بود ولی نسبت به تیامتوکسام دوام کمتری داشت. از آنجایی که سمیت پرمترین به ویژه در غلظت پایین کمتر از سایر حشره‌کش‌های مورد آزمایش بود، دوام آن مزیت مهمی به نظر نمی‌رسد. با توجه به کاربرد عملی مقادیر کم و غلظت‌های پایین پایریتروئیدها به

سه غلظت این حشره‌کش، مرگومیر حشرات که هفت یا ۱۴ روز گرسنه مانده بودند، بطور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. در واقع رعایت بهداشت باعث می‌شود که بتوان غلظت تیمتوکسام را سه برابر کمتر کرد (۱/۲۵ نسبت به ۳/۷۵ mg ai/l) و همچنان نتایج مناسبی بدست آورد.

مورد دو حشره‌کش ابامکتین و پرمترین افزایش معنی‌داری در مرگومیر حشرات تغذیه نکرده ثبت نگردید. به نظر می‌رسد که در این تیمارها غلظت حشره‌کش عامل موثرتری نسبت به گرسنگی حشرات بود. در این آزمایش‌ها هم بهترین نتایج از کاربرد حشره‌کش تیمتوکسام حاصل شد (جدول ۴). در هر

جدول ۴- اثر گرسنگی حشرات کامل *Sitophilus oryzae* در حساسیت آنها نسبت به حشره‌کش‌های شیمیایی.

حشره‌کش	غلظت‌ها (mg ai/l)	زمان گرسنه ماندن حشرات قبل از تیمار (روز)						
		۱ ^a	۲	۳	۴	۷	۱۴	
ابامکتین	۰/۱۸	۱۸	۱۸/۳	۱۹/۹	۲۸/۳	۲۶/۶	۴۳/۲	
	۰/۹	۳۸/۳	۳۸/۳	۳۸/۳	۴۴/۹	۴۶/۶	۵۶/۶	
	۱/۴۴	۶۰	۶۰	۶۳/۳	۶۱/۶	۶۱/۶	۷۳/۳	
پرمترین	۱۲/۵	۲۵	۲۶/۶	۲۵	۲۸/۳	۲۸/۳	۳۶/۶	
	۵۰	۳۵	۴۰	۴۱/۶	۴۱/۶	۴۳/۳	۵۰	
	۱۲۵	۵۵	۵۸/۳	۵۱/۶	۵۶/۶	۵۸/۳	۷۶/۶	
تیمتوکسام	۱/۲۵	۲۶	۳۳/۳	۳۵	۳۸/۳	۳۵	۸۳/۳*	
	۲/۵	۴۰	۴۱/۶	۴۰	۴۵	۴۵	۸۵*	
	۳/۷۵	۵۲	۵۰	۵۵	۵۳/۳	۷۳/۲*	۸۵*	
کلرپایریفوس	۰/۱۲	۲۸	۳۶/۶	۴۶/۶	۴۶/۶	۴۳/۲	۷۴/۹*	
	۰/۱۶	۴۳	۴۱/۶۲	۴۶/۶	۵۶/۶	۴۱/۶	۸۱/۶*	
	۰/۲۸	۹۰	۸۸/۳	۹۰	۹۱/۶	۹۱/۶	۱۰۰	
مالاتیون	۰/۲۸	۵۰	۵۶/۶	۶۳/۳	۶۶/۶	۶۸/۳	۸۷/۶	
	۰/۵۷	۵۳/۳	۸۸/۳	۸۳/۳	۸۱/۶	۸۱/۶۲	۹۰*	
	۱/۴۴	۷۶/۶	۹۱/۶*	۹۱/۶*	۸۶/۶	۸۸/۳	۹۳/۳*	

* معنی‌دار نسبت به تیمار حشرات تغذیه کرده (زمان صفر)، ($P < 0.05$).

^a تیمار حشرات، بدون اعمال گرسنگی.

در بررسی ما پس از ۱۴ روز گرسنگی هیچگونه مرگ-ومیری مشاهده نشد. داگلیش (۲۰۰۶) به نقش تنش گرسنگی در کاهش باروری پرداخته چرا که تحمل زیاد آفات انباری در شرایط بی‌غذایی موضوعی است که در تحقیقات زیادی ثابت شده و برخی گونه‌ها می‌توانند تا

نقش گرسنگی نیز یکی از موضوعات مورد توجه در برنامه‌های مدیریت آفات است. در یک بررسی اولیه نشان داده شد که شپشه برنج حساسیت زیادی به گرسنگی داشته و بطور میانگین بیش از شش روز بدون غذا زنده نمی‌ماند (کورا و الحفاوی ۱۹۷۱). اما

نتیجه‌گیری

زیست‌سنجی حشره‌کش‌های آباکتین، پرمترین، تیامتوکسام، کلرپایریفوس و مالاتیون نشان داد که بجز پرمترین، چهار حشره‌کش دیگر قابلیت مناسبی برای کنترل حشرات کامل شپشه برنج دارند. بررسی اثرات طولانی مدت بر اساس میزان کاهش نتاج حاصل از والدین تیمار شده و همچنین دوام اثر کشندگی مشخص نمود که تیمارها بمیزان قابل توجهی جمعیت نسل بعدی را کاهش می‌دهند اما دوام حشره‌کش‌ها روی سطوح مسئله‌ای است که در زمان تکرار بعدی سمپاشی باید به آن توجه نمود. تیمار حشرات که بمدت یک تا ۱۴ روز گرسنه نگه داشته شده بودند، باعث افزایش نسبی حساسیت آنها به حشره‌کش‌ها شد، نتیجه‌ای که باعث می‌شود به رعایت بهداشت انبارها و از بین بردن بقایای مواد غذایی توجه ویژه‌ای شود.

چندین ماه بدون غذا زنده بمانند. آرتور (۲۰۰۲) معتقد است که تنش گرسنگی فیزیولوژی حشره را تحت تأثیر قرار داده و از طریق اختلال در توانایی حفظ هموستازی باعث ضعیف شدن حشره می‌شود. بررسی حاضر نشان داد که گرسنه ماندن حشرات حساسیت آنها را در برابر حشره‌کشها افزایش می‌دهد. بهترین نتایج در مورد حشره‌کش تیامتوکسام و پس از آن از دو ترکیب فسفره بدست آمد. مرگومیر ناشی از غلظت پایین تیامتوکسام پس از ۱۴ روز گرسنگی از ۲۶ به ۸۳ درصد افزایش یافت که مناسب‌ترین نتیجه مربوط به اثر تنش گرسنگی بود. تیامتوکسام، حشره-کش کم‌خطری بوده و توصیه دز بالای آن قابل توجیه است ولی گرسنگی این امکان را بوجود آورد که توصیه دز پایین کلرپایریفوس نیز توجیه پذیر باشد.

منابع

باقری زنوز الف، ۱۳۸۶. آفات و عوامل زیان‌آور انباری و مدیریت کنترل آنها. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۶۶ صفحه.

فصیحی م ح، ۱۳۷۹. بررسی حساسیت شپشه برنج *Sitophilus oryzae*، به چند حشره‌کش رایج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه تبریز. ۶۱ صفحه.

Afridi IAK, Parveen Z and Masu SZ, 2001. Stability of organophosphate and pyrethroid pesticides on wheat in storage. *Journal of Stored Products Research* 37: 199-204.

Al-Attar HJ, 2006. Comparison of toxicity and residual effectiveness of Actara® (Thiamethoxam) with three pyrethroid insecticides against five Coleopteran species infesting stored – products. *Tikrit Journal of Pure Science* 11: 223-226.

Arthur FH, 2002. Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy. *Journal of Stored Products Research* 38: 305-313.

Arthur FH, Chanbang Y, Wilde GE and Throne JE, 2007. Efficacy of diatomaceous earth and methoprene, alone and in combination, against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. *Journal of Stored Products Research* 43: 369-401.

Arthur FH, Throne JE and Simonaitis RA, 1992. Degradation and biological efficacy of chlorpyrifos-methyl on wheat stored at five temperature and three moisture contents. *Journal of Economic Entomology* 85: 1994-2002.

Arthur FH, Yue B and Wilde GE, 2004. Susceptibility of stored-product beetles on wheat and maize treated with thiamethoxam: effects of concentration, exposure interval, and temperature. *Journal of Stored Products Research* 40: 527-546.

- Athanassioua CG and Korunic Z, 2007. Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research* 43: 468-473.
- Athanssiou CG, Papagregorious AS and Buchelos CT, 2004. Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptra: Curculionidae) on stored wheat. *Journal of Stored Products Research* 40: 289-297.
- Daglish GJ, 1998. Efficacy of six grain protectant applied alone or in combination against three species of Coleoptera. *Journal of Stored Products Research* 4: 263-268.
- Daglish GJ, 2006. Survival and reproduction of *Tribolium confusum* (Herbst), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.) following periods of starvation. *Journal of Stored Products Research* 42: 328-338.
- Dal Bello G, Padin S, Lopez Lastra C and Fabrizio M, 2001. Laboratory evaluation of chemical-biological of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research* 37: 77-84.
- Finney DJ, 1971. Probit Analysis. 3rd Edition. Cambridge University Press, London, UK.
- Kljajic P, Andric G and Peric I, 2006. Effects of several contact insecticides on adults of three *Sitophilus* species. P. 338-343. 9th International Working Conference on Stored-Product Protection, Sao Paulo, Brazil.
- Kavallieratos NG, Athanssiou CG and Vayias BJ, 2009. Insecticidal efficacy of abamectin against three stored- product insect pest: Influence of dose rate, temperature, commodity, and exposure interval. *Journal of Economic Entomology* 102: 1352-1359.
- Koura A and El-Halfawy MA, 1971. Tolerance of certain stored product insects to starvation. *Agricultural Research Review* 51: 31-35.
- Lim LF and Sudderuddin KI, 1977. Comparative toxicity of six insecticides against *Sitophilus oryzae* (L.) (Curculionidae) and *Palembus dermestoides* Fairm. (Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 13: 209-211.
- Papadopoulou-Morkidou E and Tomazou T, 1991. Persistence and activity of permethrin in stored wheat and its residues in wheat milling fractions. *Journal of Stored Products Research* 27: 249-254.
- Parimala KV and Maheswari TU, 2011. Evaluation of selected insecticides as seed protectants against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* M.). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 2: 316-322.
- Samson PR and Parker RJ, 1989. Laboratory studies on protectants for control of Coleoptera in maize. *Journal of Stored Product Research* 25: 49-55.
- Sinclair ER, 1982. Population estimate of insect pest of stored products on farms on the Darling Downs, Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22: 127-132.
- Strong RG, Sbur DE and Partida GJ, 1967. The Toxicity and residual effectiveness of malathion and diazinon used for protection of stored heat. *Journal of Economic Entomology* 60: 500-505.
- Suthisit D, Fields PG and Chandrapatya A, 2011. Fumigant toxicity of essential oil from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. *Journal of Stored Product Research* 47: 222-230.
- Wakil W, Riasat T and Ashfaq M, 2012. Residual efficacy of thiamethoxam, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, and diatomaceous earth formulation against *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Pest Science* 85:341–350.

- Wakil W, Riasat T and Lord JC, 2013. Effects of combined thiamethoxam and diatomaceous earth on mortality and progeny production of four Pakistani populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat, rice and maize. *Journal of Stored Products Research* 52: 28-35.
- Williams P, Amos TG and Du Guesclin PB, 1978. Laboratory evaluation of malathion, chlorpyrifos and chlorpyrifos-methyl for use against beetles infesting stored wheat. *Journal of Stored Products Research* 14: 163-168.
- Yu SJ, 2008. *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides*. CRC Press.

Susceptibility of Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) to Abamectin, Permethrin, Thiamethoxam, Chlorpyrifos and Malathion

H Ravandian¹, M Mohammadi Sharif^{2*}, G Golmohammadi³ and A Hadizadeh²

¹Former MSc Student, Department of Plant Protection, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

²Assistant professor, Department of Plant Protection, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

³Assistant professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran.

*Corresponding author: msharif1353@yahoo.com

Received: 9 Nov 2014

Accepted: 6 Apr 2015

Abstract

Residual insecticides have traditionally been used to control the stored cereals, through treating the structure of stores or surface of the commodities. The efficacy of abamectin, permethrin, thiamethoxam, chlorpyrifos and malathion were evaluated against rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) via the insecticide-treated surface. Then, persistence of their insecticidal property, their lethality against the starved adults and their effect against the number of F1 adults were investigated. The LC₅₀s of abamectin, permethrin, thiamethoxam, chlorpyrifos and malathion were 1.04, 38.7, 3.56, 0.16 and 0.86 mg ai/l, respectively, based on probit analysis of the 24 hours post-treatment data. Decrement of F1 progenies were between 38 to 87 % (both in low and high concentrations of chlorpyrifos, respectively). In persistence experiments, thiamethoxam (17% reduction of mortality) and malathion (93% reduction of mortality) were the most and least persistent insecticides, respectively. Susceptibility to some concentrations of chlorpyrifos, malathion and thiamethoxam were significantly increased as a result of starving the insects. Efficacy of low concentration of thiamethoxam (1.25 mg ai/l) was increased as consequence of starving the beetles for 14 days (26 to 83%). Our results demonstrated that effectiveness of the residual insecticides can be increased through their appropriate application and sanitation of grain stores.

Keywords: Insect starvation, Insecticide persistence, Residual effect, *Sitophilus oryzae*.