

کارایی حشره‌کشی پایا، یک فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه، علیه حشرات کامل شپشه‌ی گندم (*Sitophilus granarius* (L.)) روی گندم، جو، برنج و ذرت

محسن یزدانیان^{۱*}، طاهره سیاه‌بالایی^۲ و حیدر موسوی انزابی^۳

۱- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

۳- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی.

* نویسنده مسئول: mohsenyazdanian@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۳

چکیده

در این پژوهش اثر نوع غله، دز و زمان در معرض‌گذاری روی کارایی حشره‌کشی پایا (فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه) علیه حشرات کامل شپشه‌ی گندم (*Sitophilus granarius* (L.)) بررسی شد. آزمایش‌ها در دمای 26 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و تاریکی مداوم انجام شدند. مرگ و میر حشرات کامل روی دانه‌های گندم، جو، برنج و ذرت تیمار شده با دزهای ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۱/۵ گرم بر کیلوگرم پس از ۱، ۲، ۷ و ۱۴ روز شمارش شد. برای بررسی تولید نتاج، کلیه حشرات کامل پس از ۱۴ روز از ظروف تیمار حذف شدند و پس از ۴۵ روز تعداد حشرات کامل به تفکیک زنده و مرده شمارش شد. طبق نتایج، اثر سه فاکتور روی مرگ و میر معنی‌دار بود. مرگ و میر پس از ۱ و ۲ روز در تمامی دزها و روی هر چهار غله بسیار کم بود. پس از ۷ روز، بیشترین تلفات روی ذرت و حداکثر حدود ۴۰ درصد بود. کارایی حشره‌کشی پایا تنها روی ذرت و پس از ۱۴ روز در دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم (به ترتیب ۹۵/۸۳ و ۹۰/۱۴ درصد) قابل توجه بود. تولید نتاج در اثر استفاده از پنج دز روی جو و سپس گندم (به ترتیب ۱۴/۷۵ تا ۲۵/۷۵ و ۴/۷۵ تا ۲۱/۷۵ عدد حشره کامل در هر ظرف) بیشتر بود. کمترین میانگین تولید نتاج نیز به ترتیب روی برنج (۰ تا ۰/۲۵) و ذرت (۰/۵ تا ۳/۱۱) دیده شد که در تمامی دزها فاقد اختلاف معنی‌دار بودند. طبق نتایج، برای جلوگیری از افزایش جمعیت در نسل‌های F₂ و پس از آن، کنترل ۱۰۰ درصدی حشرات کامل این آفت به ویژه روی جو و گندم الزامی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تولید نتاج، خاک دیاتومه، شپشه گندم، غلات، مرگ و میر.

مقدمه

زیست‌محیطی، از بین رفتن دشمنان طبیعی، باقی ماندن پس‌مانده‌ها روی فراورده‌های انباری و افزایش هزینه برای مصرف‌کنندگان شده است که از مشکلات عمده مصرف‌آفت‌کش‌های شیمیایی مصنوعی محسوب می‌گردند (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۸). مواد تولیدی توسط گیاهان و خاک‌های دیاتومه یکی از منابع بالقوه برای تولید آفت‌کش‌های جدید می‌باشند. این ترکیبات که برای موجودات زنده و محیط زیست سمیت کمتری دارند، می‌توانند به عنوان جایگزین‌هایی برای برخی

آفات انباری از جمله عوامل اصلی خسارت‌زا به محصولات کشاورزی در مرحله‌ی پس از برداشت به شمار می‌روند و هر سال خسارت‌های زیادی را به محصولات انباری وارد می‌سازند (راجاپاکسه ۲۰۰۶). برای کنترل این آفات از مواد ضدعفونی‌کننده تدخینی یا حشره‌کش‌ها استفاده می‌شود ولی استفاده بیش از حد از آن‌ها در بسیاری از نقاط جهان باعث مقاوم شدن آفات انباری نسبت به این سموم، آلودگی‌های

روی آفات مختلف انباری و غیره به خوبی بررسی و با فرمولاسیون‌های خارجی مقایسه شود. در صورت یکسان بودن کارایی آن‌ها، استفاده از فرمولاسیون‌های داخلی را می‌توان توصیه نمود. در این تحقیق، هدف اصلی معرفی فرمولاسیون پایا به عنوان یک ترکیب کنترل‌کننده غیرشیمیایی علیه شپشه‌ی گندم می‌باشد که در صورت برخورداری از کارایی مناسب، خواهد توانست جایگزین خوبی برای روش کنترل شیمیایی در انبارهای غلات باشد. با عملی کردن نتایج این تحقیق، می‌توان آلودگی‌های زیست‌محیطی و خطر سموم شیمیایی را برای موجودات زنده کاهش داد. با توجه به خلاءهای تحقیقاتی موجود در زمینه بررسی اثر و کارایی حشره‌کشی فرمولاسیون‌های ایرانی خاک دیاتومه، اثر فرمولاسیون ایرانی پایا برای اولین بار روی شپشه‌ی گندم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش حشره

حشرات کامل شپشه‌ی گندم از گندم‌ها و جوه‌های آلوده موجود در انبار غله یکی از کشاورزان شهر آق-قلا در استان گلستان جمع‌آوری و پس از شناسایی گونه به مدت چهار نسل در شرایط دمایی 26 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و تاریکی مداوم روی دانه‌های گندم پرورش داده شدند. از حشرات کامل حداکثر یک‌هفته‌ای نسل پنجم برای انجام آزمایش‌ها استفاده گردید.

آزمایش مرگ و میر

به دلیل ماهیت حشره‌کش پایا که اثر آن از نوع تماسی می‌باشد و نیز تغذیه لاروهای شپشه‌ی گندم از درون دانه‌های غلات، آزمایش‌های زیست‌سنجی روی حشرات کامل و به روش تماس با سطح سمی ماده غذایی (دانه‌های گندم، جو، ذرت و برنج) انجام شدند. برای آغشته‌سازی ماده غذایی به روش آتاناسیو و

سموم به شمار آیند (راجاپاکسه ۲۰۰۶). خاک‌های دیاتومه از بقایای فسیلی جلبک‌های تک‌سلولی به نام دیاتومه به دست می‌آیند و نوعی حشره‌کش تماسی هستند که سبب جذب لیپیدهای کوتیکول، ایجاد خراش روی سطح آن، از دست رفتن آب بدن و در نهایت، خشک شدن بدن، باعث مرگ حشره می‌گردند (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۷ و ابلینگ ۱۹۷۱).

شپشه‌ی گندم (*Sitophilus granarius* (L.) (Col.; Curculionidae) از آفات مهم و همه‌جایی غلات به شمار می‌آید که در سراسر مناطق معتدل جهان انتشار دارد. این حشره اغلب به گندم و جو خسارت می‌زند ولی قادر است روی سایر انواع غلات نیز نشو و نما کند. این حشره در طول سال فعال است و می‌تواند در هر ماه جمعیت خود را تا ۲۵ برابر افزایش دهد (امری و نایاک ۲۰۰۷). همچنین، به دلیل تولید گرما و رطوبت بر اثر افزایش جمعیت حشرات کامل، قارچ‌های ساپروفیت (امری و نایاک ۲۰۰۷ و ریس ۲۰۰۳) و کنه‌ها (امری و نایاک ۲۰۰۷) نیز فرصت رشد پیدا می‌کنند.

پایا (خاک معدنی دیاتومه به همراه اسید بوریک میکرونیزه، ساخت شرکت کیمیا سبزاور ایران) یک حشره‌کش موثر حاوی ترکیبات معدنی و طبیعی بی‌ضرر است که انواع حشرات را از بین می‌برد. فرمولاسیون آن به صورت گرد، ماده موثره آن خاک معدنی دیاتومه به همراه اسید بوریک، شکل ظاهری آن پودر نرم طوسی رنگ و دانه‌بندی ذرات آن ۱۰ تا ۵۰ میکرون می‌باشد. پایا برای پستانداران سمیت بسیار ناچیزی دارد و LD_{50} آن بیشتر از ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم موش خانگی است (بی‌نام ۱۳۸۸).

بطوریکه ذکر شد استفاده از خاک‌های دیاتومه می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای سموم شیمیایی مرسوم باشد. بدیهی است که استفاده از فرمولاسیون‌های موثر ساخت شرکت‌های داخلی از هر نظر در اولویت قرار دارد. لازمه این کار این است که اثر آن‌ها

تعداد افراد مرده محاسبه شد. آزمایش‌های تولید نتاج برای شاهد و هر دز به صورت طرح کاملاً تصادفی (با چهار تیمار نوع غله) و در چهار تکرار انجام شدند (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳، آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۵).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. از فرمول آبوت (آبوت ۱۹۲۵) برای تصحیح داده‌های مربوط به مرگ و میر حشرات کامل استفاده گردید. در صورت نرمال نبودن داده‌ها از تبدیل داده جذری مناسب استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2003 رسم شدند.

نتایج

اثرهای اصلی سه فاکتور نوع غله ($F_{3,240}=55/71$)، دز ($F_{4,240}=32/51$) و مدت زمان در معرض‌گذاری ($F_{3,240}=196/22$) و همچنین اثرات متقابل نوع غله × زمان ($F_{9,240}=21/05$) و دز × زمان ($F_{12,240}=15/51$) روی مرگ و میر حشرات کامل در سطح احتمال یک درصد ($P<0/0001$) معنی‌دار بودند. با وجود این، اثرات متقابل نوع غله × دز ($F_{12,240}=1/50$) و نوع غله × دز × زمان ($F_{36,240}=1/19$) معنی‌دار نبودند ($P>0/12$). اثر دز روی میزان مرگ و میر حشرات کامل شپشه‌ی گندم پس از یک روز، روی گندم در سطح احتمال پنج درصد ($F_{4,15}=3/75$; $P=0/0260$) معنی‌دار بود ولی در مورد جو ($F_{4,15}=1/00$; $P>0/05$)، برنج ($F_{4,15}=2/03$)؛ و ذرت ($F_{4,15}=0/934$; $P>0/05$) معنی‌دار نبود. در هر چهار غله، میزان مرگ و میر در کلیه‌ی دزهای مورد استفاده بسیار پایین و غیرقابل توجه بود و از ۲/۵ درصد فراتر نرفت.

همکاران (۲۰۰۷) عمل شد. دزهای مورد بررسی عبارت بودند از ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم دانه‌ی غله (آتاناسیو و همکاران، ۲۰۰۳). برای آماده‌سازی تیمارها، مقدار یک کیلوگرم از هر غله درون یک ظرف شیشه‌ای دهان‌گشاد (به قطر ۱۶ و ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر) ریخته شد. یکی از ظرف‌ها تیمار نگردید و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از توزین مقادیر مناسبی از فرمولاسیون پایا مطابق با دزهای انتخاب شده، ظروف شیشه‌ای به مدت تقریباً پنج دقیقه با دست تکان داده شدند تا پودر به طور یکنواخت روی تمامی دانه‌ها پخش شود. در هر تکرار، ۵۰ گرم دانه‌ی غله از هر ظرف برداشته و داخل یک ظرف شیشه‌ای دیگر (به قطر هفت و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) ریخته شد. در بالای این ظروف سوراخی جهت تهویه وجود داشت که با پارچه‌ی توری ریز (۵۰ مش) پوشانده شده بود. سپس، ۵۰ عدد حشره کامل حداکثر یک‌هفته‌ای به هر ظرف اضافه گردید و ظرف‌ها در شرایط آزمایشگاهی فوق‌نگهداری شدند. مرگ و میر حشرات کامل پس از یک، دو، هفت و ۱۴ روز اندازه‌گیری شد. پس از گذشت هر زمان، حشرات کامل مرده پس از شمارش از داخل ظروف تیمار حذف می‌شدند. تمام آزمایش‌ها با چهار تکرار و به صورت فاکتوریل (غلظت × نوع غله × زمان در معرض‌گذاری) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند.

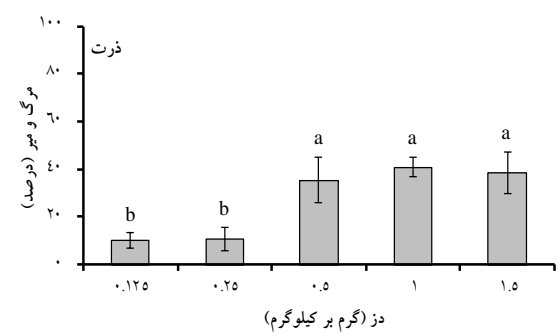
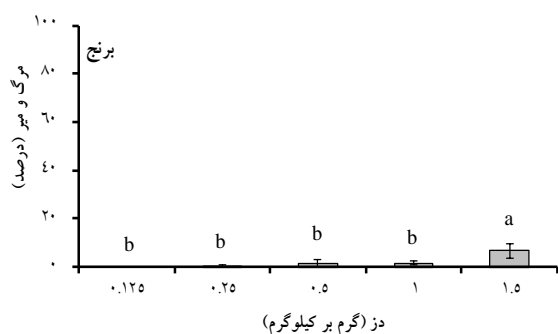
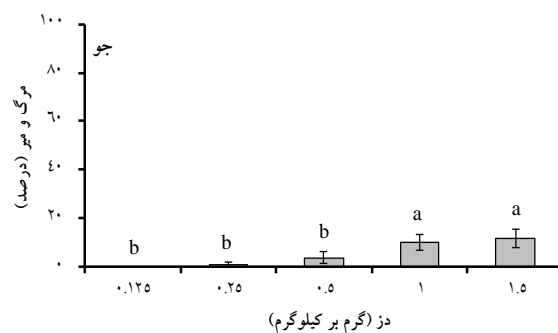
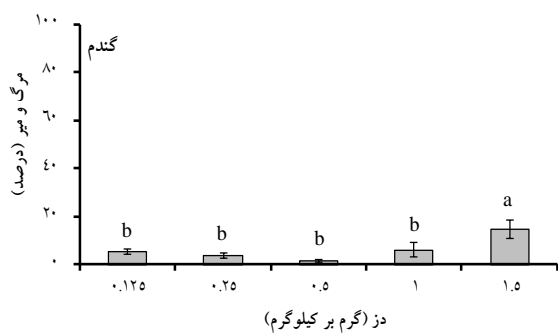
آزمایش تولید نتاج

آزمایش تولید نتاج در ادامه آزمایش قبلی انجام شد. پس از شمارش تعداد مرگ و میر در روز چهاردهم، تمامی حشرات کامل (زنده و مرده) از ظروف آزمایشی حذف شدند و ظروف به مدت ۴۵ روز دیگر در ژرمیناتور و همان شرایط فوق‌نگهداری گردیدند. پس از سپری شدن این مدت، ظروف باز و تعداد حشرات کامل به تفکیک زنده و مرده به عنوان نتاج تولیدی شمارش شد. درصد حشرات کامل مرده در هر تکرار نیز با توجه به تعداد کل حشرات کامل ظاهر شده و

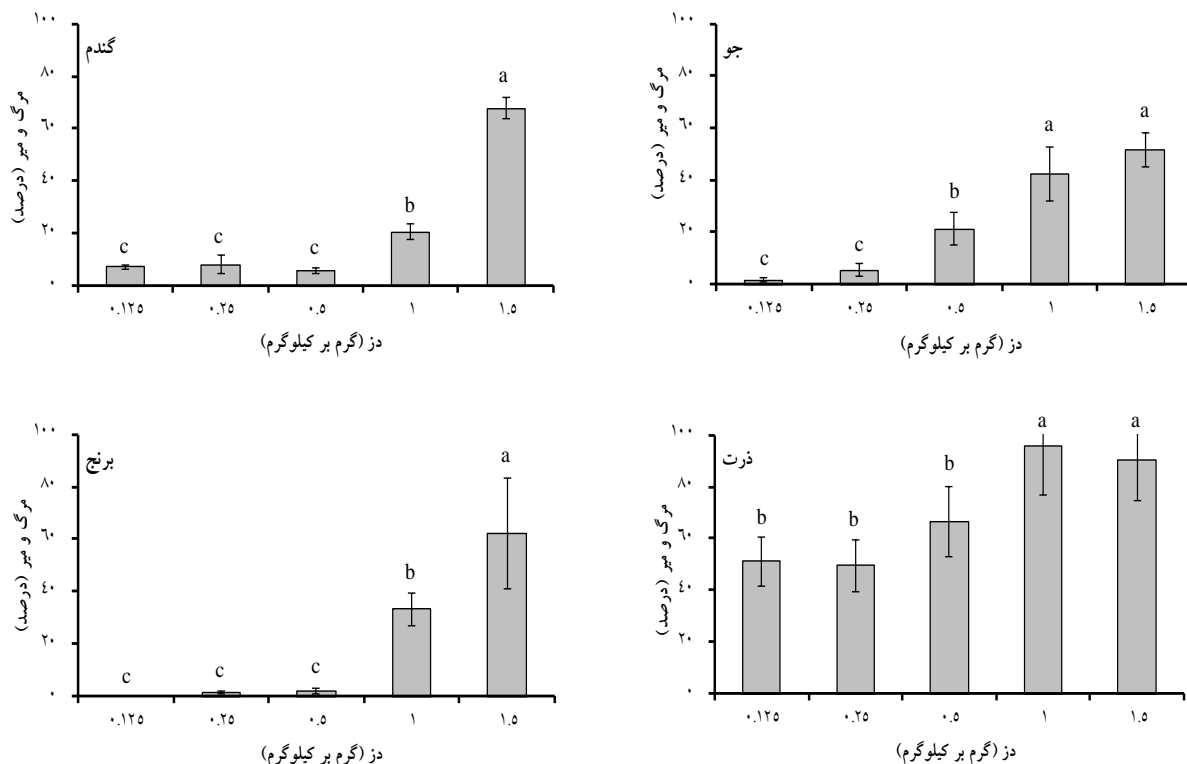
معنی دار بود. میزان مرگ و میر روی هر غله با افزایش دز به طور معنی داری افزایش یافت، هر چند میزان آن در مورد گندم، جو و برنج قابل توجه نبود. بیشترین میزان مرگ و میر در گندم ۱۴/۵۲ درصد، در جو ۱۱/۶۱ درصد و در برنج نیز برابر با ۶/۶۹ درصد بود. در مقابل، در ذرت درصد مرگ و میر به شکل قابل توجهی بیشتر بود به طوری که در پایین ترین دز، میزان تلفات (۱۰ درصد) تقریباً معادل میزان آن در بالاترین دز مورد استفاده در گندم، جو و برنج بود. درصدهای مرگ و میر مشاهده شده روی ذرت در دزهای بالاتر ۰/۵، یک و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم به ترتیب به ۳۵/۲۷، ۴۰/۹ و ۳۸/۲۶ درصد رسید (شکل ۱).

پس از مدت دو روز، اثر دز روی میزان مرگ و میر در مورد گندم ($F_{4,15}=0/83$)، جو ($F_{4,15}=0/65$)، برنج ($F_{4,15}=1/34$; $P=0/2994$) و ذرت ($F_{4,15}=0/51$) معنی دار نبود ($P>0/05$). همانند فاصله زمانی یک روز، پس از گذشت دو روز نیز میزان مرگ و میر در تمامی دزها و روی هر چهار غله بسیار کم و غیرقابل توجه بود و با وجود بیشتر بودن روی گندم از سه تا ۳/۵ درصد فراتر نرفت.

اثر دز پس از هفت روز در هر چهار غله گندم ($F_{4,15}=4/53$; $P=0/0124$)، جو ($F_{4,15}=3/56$)، برنج ($F_{4,15}=2/90$; $P=0/0480$) و ذرت ($F_{4,15}=3/49$; $P=0/0232$) در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۱- میانگین درصد مرگ و میر تجمعی حشرات کامل شپشه‌ی گندم روی چهار نوع غله تیمار شده با دزهای مختلف پایا پس از هفت روز در معرض گذاری (در هر غله، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی دار دارند؛ آزمون LSD، سطح احتمال پنج درصد).



شکل ۲- میانگین درصد مرگ و میر تجمعی حشرات کامل شپشه‌ی گندم روی چهار نوع غله‌ی تیمار شده با دزهای مختلف پایا پس از ۱۴ روز در معرض‌گذاری (در هر غله، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی‌دار دارند؛ آزمون LSD، سطح احتمال یک درصد).

که در پایین‌ترین دز مورد استفاده در آن (۰/۱۲۵ گرم بر کیلوگرم)، میزان تلفات حشرات کامل تقریباً معادل میزان آن در بالاترین دز مورد استفاده در گندم، جو و برنج بود. بالاترین درصد مرگ و میر در دز ۱/۵ گرم بر کیلوگرم روی گندم، جو، برنج و ذرت به ترتیب ۶۷/۸، ۵۱/۵۱، ۶۲/۰۳ و ۹۰/۱۴ درصد بود (شکل ۲). مقایسه‌ی شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که در مجموع، اثر پایا روی حشرات کامل شپشه گندم تنها روی ذرت و پس از گذشت ۱۴ روز و با استفاده از دزهای بالاتر یک و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم قابل توجه بود. این امر وابستگی کارایی حشره‌کشی پایا را به فاکتورهای نوع غله، زمان در معرض‌گذاری و دز به خوبی نشان می‌دهد.

پس از ۱۴ روز، اثر دز روی مرگ و میر حشرات کامل در گندم ($F_{4,15}=92/2$; $P=0/0000$)، جو ($F_{4,15}=8/23$; $P=0/0010$) و برنج ($F_{4,15}=8/85$; $P=0/0009$) در سطح احتمال یک درصد ولی در ذرت ($F_{4,15}=3/87$; $P=0/0227$) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. شکل ۲ تاثیر حشره‌کشی کاملاً تاخیری و وابسته به دز پایا را روی حشرات کامل شپشه گندم نشان می‌دهد. میزان مرگ و میر با افزایش دز به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که این افزایش در غلظت‌های بالاتر یک و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم در مورد گندم، جو و برنج کاملاً مشهود بود. با وجود این، در هیچ یک از این چهار غله، مرگ و میر ۱۰۰ درصدی حشرات کامل مشاهده نشد. در مقابل، در ذرت درصد مرگ و میر به شکل قابل توجهی بیشتر بود، به طوری

جدول ۱- تولید نتاج (\pm میانگین تعداد حشرات کامل) و درصد (\pm SE) نتاج مرده در هر غله تیمار شده با پایا ۴۵ روز پس از حذف حشرات کامل شپشه‌ی گندم از ظرف‌های تیمار.

درصد حشرات کامل مرده ^B	تعداد نتاج ^A	غله	دز (گرم بر کیلوگرم)
۳/۴۵ \pm ۰/۶	۳۴ \pm ۵/۴۸ ac	گندم	شاهد
۵/۶۷ \pm ۱/۱۲	۳۱/۵ \pm ۷/۵۸ ab	جو	($P=۰/۰۱۲۸$; $F_{3,12}=۵/۵۴$) ^D
۶/۲۵ \pm ۲/۱۹	۲۰ \pm ۵/۶ b	برنج	
۴/۵۹ \pm ۱/۰۶	۲۲/۷۵ \pm ۵/۱۲ b	ذرت	
۱۵/۲۸ \pm ۱۱/۸۶	۲۱/۷۵ \pm ۱۳/۸۲ a	گندم	۰/۱۲۵
۳۹/۲۹ \pm ۶/۶۶	۲۱/۲۵ \pm ۶/۷ a	جو	($P=۰/۰۰۰۴$; $F_{3,12}=۱۳/۰۶$)
۰ \pm ۰	۰/۲۵ \pm ۰/۵ b	برنج	
۵۰ \pm ۲۳/۱۴	۱ \pm ۰/۸۲ b	ذرت	
۰ \pm ۰	۱۳/۷۵ \pm ۱۰/۶۸ ab	گندم	۰/۲۵
۲۶/۷۱ \pm ۱۱/۶	۲۵/۷۵ \pm ۲/۶ a	جو	($P=۰/۰۰۰۰$; $F_{3,12}=۲۰/۷۲$)
-	۰ \pm ۰ c	برنج	
۸۸/۳۳ \pm ۱۴/۴۳	۳/۱۱ \pm ۲/۰۸ bc	ذرت	
۴/۱۷ \pm ۳/۱۱	۶ \pm ۴/۵۴ b	گندم	۰/۵
۴۴/۶۴ \pm ۱۰/۱۵	۱۸/۷۵ \pm ۲/۳۶ a	جو	($P=۰/۰۰۰۰$; $F_{3,12}=۳۲/۵۵$)
-	۰ \pm ۰ c	برنج	
۱۰۰ \pm ۰	۱/۵ \pm ۲/۳۸ bc	ذرت	
۰ \pm ۰	۷ \pm ۶/۰۶ ab	گندم	۱
۴۹/۱۳ \pm ۱۵/۶۳	۱۴/۷۵ \pm ۶/۴ a	جو	($P=۰/۰۰۰۶$; $F_{3,12}=۱۲/۰۸$)
-	۰ \pm ۰ b	برنج	
۱۰۰ \pm ۰	۰/۵ \pm ۱ b	ذرت	
۲۳/۸۱ \pm ۱۳/۷۴	۴/۷۵ \pm ۴/۰۲ b	گندم	۱/۵
۵۶/۴۱ \pm ۷/۴۹	۱۵/۲۵ \pm ۲/۸۶ a	جو	($P=۰/۰۰۰۰$; $F_{3,12}=۲۷/۹۴$)
-	۰ \pm ۰ b	برنج	
۱۰۰ \pm ۰	۱/۷۵ \pm ۰/۹۶ b	ذرت	

^A تعداد حشرات کامل (زنده + مرده) در هر ظرف که ۴۵ روز پس از حذف حشرات کامل ظاهر شدند.

^B درصد حشرات مرده محاسبه شده از نتاج تولید شده.

^C در شاهد و هر یک از دزها، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

^D برای شاهد و هر دز، تجزیه واریانس‌های مربوط به تعداد نتاج، با نوع غله به عنوان تیمار انجام شدند.

تولید نتاج

با افزایش دز، تعداد نتاج تولیدی کاهش و مرگ و میر نتاج تولیدی افزایش یافت. تولید نتاج (نسل F_1) روی جو (۱۴/۷۵ تا ۲۵/۷۵ عدد حشره کامل) در مقایسه با گندم (۴/۷۵ تا ۲۱/۷۵ عدد حشره کامل) و به ویژه برنج و ذرت (به ترتیب ۰ تا ۰/۲۵ و ۰/۵ تا ۳/۱۱ عدد حشره کامل) بیشتر بود، به ویژه در دزهای ۰/۵، یک و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم که اختلاف بین میانگین‌های آن با سایر میانگین‌ها معنی‌دار بود. کمترین میزان تولید نتاج به ترتیب روی برنج و ذرت در تمامی دزها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). به طور کلی، در صورت عدم کنترل ۱۰۰ درصدی حشرات کامل شپشه‌ی گندم روی گندم و جو، احتمال افزایش جمعیت در نسل‌های F_2 و پس از آن در مقایسه با برنج و ذرت بیشتر خواهد بود.

بحث

معنی‌دار بودن اثر نوع غله روی مرگ و میر حشرات کامل در سطح احتمال یک درصد نشان می‌دهد که بر اثر استفاده از یک دز مشخص پایا روی دانه‌های غلات مختلف، میزان حفاظت ایجاد شده یکسان نخواهد بود. با توجه به نتایج، تاثیر استفاده از خاک دیاتومه پایا روی ذرت نسبت به گندم، جو و برنج بیشتر بود. کارایی پایا روی سه غله دیگر تقریباً مشابه بود. تاثیر نوع غله بر کارایی خاک‌های دیاتومه مختلف علیه حشرات کامل شپشه‌ی گندم توسط کِسْتِل‌ی و پال-فام (۲۰۱۲)، علیه سوسک کشیش (*Rhyzopertha dominica*) توسط کبیر و همکاران (۲۰۱۲)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۱۱) و آلدرای‌هیم (۱۹۹۲)، و در مورد شپشه‌ی برنج (*Sitophilus oryzae*) نیز توسط آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. از طرف دیگر، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۹a) با بررسی اثر خاک‌های دیاتومه در ایاساید، پروتکت-ایت و

اینسِکتو^۱ روی سه گونه شپش چوب و کتاب گزارش نمودند که فاکتورهای نوع غله، نوع فرمولاسیون و فاصله‌ی زمانی بر خلاف دو گونه دیگر روی گونه *Liposcelis decolor* تاثیر نداشتند. این امر وابستگی اثر خاک‌های دیاتومه را به گونه‌ی حشره نیز نشان می‌دهد که توسط سیف‌الاسلام و همکاران (۲۰۱۰)، کُستِیوگُوسکی و همکاران (۲۰۱۰)، آتاناسیو و کورونیچ (۲۰۰۷)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۹a) و بالداساری و مارتینی (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است. برخی از محققان اظهار داشته‌اند که اندازه دانه‌های غلات احتمالاً روی کارایی خاک‌های دیاتومه موثر می‌باشد، به طوری که در دانه‌های ریزتر به علت تنگی فضاهای بینابینی، حشرات کامل در تنگنا هستند و بیش‌تر با سطوح سمی دانه‌ها تماس می‌یابند ولی در دانه‌های درشت‌تر، این فضاها زیادتر و بزرگ‌تر هستند و احتمال عدم برخورد سطوح بدن با ذرات خاک دیاتومه کم‌تر می‌شود (یزدی ۱۳۹۱، آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳). در بررسی آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۳)، تاثیر خاک دیاتومه سیلیکوسِک^۲ روی شلتوک به ترتیب از جو و برنج سفید بیشتر بود. آن‌ها دلیل این امر را تا حدودی به کمتر بودن فضاهای بینابینی موجود در بین دانه‌های شلتوک در مقایسه با جو نسبت دادند که باعث افزایش میزان تماس با ذرات خاک دیاتومه و در نتیجه آسیب دیدن بیشتر کوتیکول می‌شود. از طرف دیگر، این محققان اظهار داشتند که با وجود فضاهای کوچک موجود در برنج سفید، سطح خارجی این دانه‌ها صاف است و لذا، میزان چسبندگی ذرات خاک دیاتومه ممکن است کاهش یافته باشد. از طرف دیگر، تاثیر بیشتر خاک‌های دیاتومه علیه آفات انباری مختلف روی جو در مقایسه با گندم و ذرت توسط محققانی مانند آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۳)، (۲۰۱۱) و سوبرامانیام و همکاران (۱۹۹۴) گزارش شده

¹Dryacide, Protect-It and Insecto²SilicoSec

آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۷، ۲۰۰۹b)، شایسته و ضیایی (۲۰۰۷)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۳، ۲۰۰۵)، وکیل و همکاران (۲۰۰۵)، روژت و همکاران (۲۰۱۰)، کبیر و همکاران (۲۰۱۱)، وکیل و همکاران (۲۰۱۰) و آرتور (۲۰۰۲) گزارش شده است. بدیهی است که با افزایش دز و مقدار خاک دیاتومه بر روی غلات، میزان بیشتری از خاک دیاتومه با بدن حشره در تماس قرار می‌گیرد که سبب جذب بیشتر لایه مومی کوتیکول، ایجاد خراش‌های بیشتر بر روی سطح بدن، از دست رفتن بیشتر آب بدن و در نهایت مرگ تعداد بیشتری از حشرات کامل می‌گردد. نتایج نشان دادند که در هیچ یک از تیمارها، مرگ و میر ۱۰۰ درصدی حشرات کامل شپشه‌ی گندم مشاهده نشد و اصولاً به جز روی ذرت و در دزهای بالای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم پس از ۱۴ روز، مرگ و میر به هیچ وجه قابل توجه نبود. بیشینه‌های مرگ و میر روی ذرت پس از ۱۴ روز در دزهای یک و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم به ترتیب حدوداً ۹۶ و ۹۰ درصد (بدون اختلاف معنی‌دار با هم) بودند. این یافته نشان می‌دهد که برای کنترل کامل شپشه‌ی گندم- به ویژه روی گندم، جو و برنج، به دزهای بالاتر یا زمان در معرض‌گذاری بیشتری نیاز می‌باشد که به دلیل مناسب نبودن افزایش مدت زمان در معرض‌گذاری، استفاده از دزهای بالاتر توصیه می‌گردد. در مورد گندم، جو و برنج، استفاده از بالاترین دز پایا و بیشترین زمان در معرض‌گذاری به ترتیب باعث بروز حدوداً ۶۸، ۵۱/۵ و ۶۲ درصد مرگ و میر در حشرات کامل شپشه‌ی گندم شد. این نتیجه به خوبی نشان می‌دهد که برای کنترل مناسب حشرات کامل این آفت روی گندم، جو و برنج به مقادیر بیشتری خاک دیاتومه نیاز می‌باشد.

معنی‌دار بودن اثر زمان در معرض‌گذاری با نتایج محققان زیادی مانند کِسْتَلِی و پال-فام (۲۰۱۲)، ضیایی و همکاران (۱۳۸۶)، کُستِیوگُوسکی و همکاران (۲۰۱۲)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۷) و وکیل و همکاران (۲۰۰۶) و روی مرگ و میر سایر حشرات انباری توسط محققانی مانند یزدی (۱۳۹۱)، گلستان هاشمی و همکاران (۱۳۸۹)،

است. علاوه بر اندازه فضاهای موجود بین دانه‌های غلات، عوامل دیگری مانند میزان جذب لیپیدهای دانه‌ها توسط خاک‌های دیاتومه (مک‌گافی ۱۹۷۲) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دانه‌ها نیز در تعیین میزان چسبیدن ذرات خاک‌های دیاتومه به دانه‌های غلات نقش دارند (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳). به طور کلی، میزان چسبیدن این ذرات به دانه‌های غلات به نوع غله، درجه بندی دانه‌ها، نرخ دز و نوع خاک دیاتومه بستگی دارد (آلدراي-هیم ۱۹۹۳، کورونیچ و اُرْمِشِر ۲۰۰۰، آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳). در مورد خاک دیاتومه سیلیکوسک، دلایل اصلی مرگ و میر کمتر شپشه‌ی برنج روی دانه‌های ذرت به وجود فضاهای بینابینی بزرگ‌تر و چسبیدن کمتر ذرات خاک دیاتومه به آن‌ها نسبت داده شده است (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳). با وجود این، نتایج بررسی حاضر کاملاً متفاوت می‌باشد به طوری که بیشترین مرگ و میر شپشه‌ی گندم روی ذرت مشاهده گردید. تولید نتاج به میزان بسیار پایین در مقایسه با گندم و جو می‌تواند علت احتمالی بالا بودن درصد مرگ و میر نتاج باشد. از طرف دیگر، احتمال می‌رود که عامل تعیین‌کننده معنی‌دار بودن اثر نوع غله، دست‌کم در مورد برخی از آفات مانند شپشه‌ی گندم و برخی از فرمولاسیون‌های خاک‌های دیاتومه مانند پایا، به یک ویژگی دیگر به جز اندازه فضاهای بینابینی دانه‌ها بستگی داشته باشد. تایید یا رد این امر نیازمند بررسی‌های بیشتری می‌باشد.

معنی‌دار بودن اثر دز روی کارایی حشره‌کشی خاک‌های دیاتومه در مورد شپشه‌ی گندم توسط کِسْتَلِی و پال-فام (۲۰۱۲)، روی سوسک کشیش توسط ضیایی و همکاران (۱۳۸۶)، کبیر و همکاران (۲۰۱۲)، کُستِیوگُوسکی و همکاران (۲۰۱۰)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۷) و وکیل و همکاران (۲۰۰۶) و روی مرگ و میر سایر حشرات انباری توسط محققانی مانند یزدی (۱۳۹۱)، گلستان هاشمی و همکاران (۱۳۸۹)،

برای شپشه‌ی گندم می‌باشند و در صورت عدم کنترل ۱۰۰ درصدی حشرات کامل با استفاده از خاک‌های دیاتومه، افراد زنده مانده قادر خواهند بود در نسل‌های بعدی جمعیت‌های خود را بازیابی کنند و به شدت افزایش دهند. علاوه بر میزان چسبیدن ذرات خاک‌های دیاتومه و نرخ دز مصرفی، ویژگی‌های ساختاری و بیوشیمیایی غلات نیز به دلیل تاثیر گذاشتن روی نشو و نما، زنده‌مانی و تولید مثل حشرات دارای اهمیت می‌باشند (آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳). به عنوان مثال، مک‌گافی و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که میزان سختی دانه‌های گندم روی تولید مثل شپشه‌ی برنج کاملاً تاثیر گذاشت. لذا، تولید نتاج روی غلات تیمار شده با دز مشخصی از یک خاک دیاتومه می‌تواند توسط عواملی مانند میزان چسبیدن ذرات به دانه‌ها، زمان در معرض‌گذاری، و ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی غله تحت تاثیر قرار بگیرد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۳) در مورد اثر خاک دیاتومه سیلیکوسیک روی تولید نتاج شپشه‌ی گندم در تضاد می‌باشند. این محققان، تولید نتاج نسل F_1 حاصل از حشرات کامل تیمار شده روی ذرت را از جو، برنج سفید و شلتوک بیشتر گزارش نمودند. لذا، می‌توان اظهار داشت که کارایی حشره‌کشی خاک‌های دیاتومه می‌تواند بسته به گونه آفت، نوع خاک دیاتومه، نوع غله، ترجیح میزبانی حشره و سایر ویژگی‌های ذکر شده در بالا متفاوت باشد. این تفاوت در کارایی حشره‌کشی می‌تواند به متفاوت بودن تولید نتاج در نسل‌های بعدی به انجامد. به طور کلی، در صورت استفاده از پایا دزهای بالاتر از ۱/۵ گرم بر کیلوگرم باید مورد استفاده قرار گیرند. تعیین دزهای مناسب بالاتر می‌تواند موضوع یک پژوهش دیگر باشد.

(۲۰۱۰)، آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۹b)، و وکیل و همکاران (۲۰۰۶، ۲۰۰۵) در انطباق می‌باشد. نتایج این تحقیق نیز نشان‌دهنده اثر کاملاً تاخیری خاک دیاتومه پایا علیه حشرات کامل شپشه‌ی گندم بود. سوبرامانیام و روئسلی (۲۰۰۰) اظهار داشته‌اند که سرعت کشتن احتمالاً از مرگ و میر ۱۰۰ درصدی مهم‌تر می‌باشد، زیرا مرگ و میر تاخیری به حشرات کامل اجازه می‌دهد تا از روی مواد غذایی تیمار شده پراکنده شوند و قسمت‌های تیمار نشده را آلوده سازند. این امر در مورد استفاده از خاک‌های دیاتومه علیه آفاتی که چرخه‌ی زیستی کوتاهی دارند، بسیار دارای اهمیت است، زیرا به حشرات کامل زنده مانده امکان می‌دهد تا به سرعت تولید مثل کنند و به وارد آوردن خسارت ادامه دهند. در مورد گونه‌هایی که دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی طولانی‌تری دارند، این اثر تاخیری می‌تواند تا حدودی خنثی شود. در آفاتی مانند شپشه‌ی گندم که تخم‌ها داخل دانه‌ها گذاشته می‌شوند، تیمار دانه‌های آلوده ممکن است از نظر عملی موثر نباشد (سوبرامانیام و روئسلی ۲۰۰۰، آتاناسیو و همکاران ۲۰۰۳)، زیرا لاروها در داخل دانه‌ها و بدون تماس با ذرات خاک‌های دیاتومه نشو و نما می‌کنند. لذا، با توجه به این که تخم‌های این آفت در داخل دانه‌ها گذاشته می‌شوند، تیمار دانه‌ها و مبارزه علیه حشرات کامل از اهمیت زیادی برخوردار است.

در کلیه دزهای مورد بررسی، کمترین میزان تولید نتاج نسل F_1 به ترتیب روی برنج و ذرت دیده شد. از طرف دیگر، بیشترین میزان مرگ و میر این نتاج نیز در ذرت مشاهده گردید. بدیهی است که زنده‌مانی بیشتر حشرات کامل می‌تواند در نسل‌های بعدی به تولید نتاج بیشتر منتهی گردد. جمع‌بندی این دو نتیجه به خوبی نشان می‌دهد که گندم و جو میزبان‌های مناسب‌تری

منابع

بی‌نام، ۱۳۸۸. محصولات شرکت کیمیا سبزآور.

ضیایی م، صفرعلیزاده مح، شایسته ن و ارومچی س، ۱۳۸۶. بررسی تلفات اولیه و تاخیری فرمولاسیون SilicoSec® خاک دیاتومه روی حشرات کامل (*Tribolium* و *Rhyzopertha dominica* (Col.; Bostrichidae) نامه انجمن حشره‌شناسی ایران، جلد بیست و هفتم، شماره ۱. صفحه‌های ۶۱ تا ۷۲.

گلستان هاشمی ف، فرازمنند ح، کریمزاده اصفهانی ج و معروف ع، ۱۳۸۹. اثر خاک دیاتومه ایرانی Sayan روی شپشه‌ی آرد (*Tribolium confusum* Duval (Col.; Tenebrionidae) در شرایط آزمایشگاهی. فصل‌نامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی، جلد دوم، شماره ۴. صفحه‌های ۳۰۷ تا ۳۱۳.

یزدی غ، ۱۳۹۱. ارزیابی حساسیت حشرات کامل شپشه‌ی برنج (*Sitophilus oryzae* (L.) (Col.; Curculionidae) به سه فرمولاسیون پودری، به صورت مجزا یا مخلوط، بر روی گندم، جو و برنج در شرایط آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

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

Aldryhim YN, 1993. Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Dryacide, against *Rhyzopertha dominica* (F). *Journal of Stored Products Research* 29(3): 271-275.

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(3): 305-313.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Vayias BJ, Tomanović Ž, Petrović A, Rozman V, Adler C, Korunic Z and Milovanović D, 2011. Laboratory evaluation of diatomaceous earth deposits mined from several locations in central and southeastern Europe as potential protectants against coleopteran grain pests. *Crop Protection* 30(3): 329-339.

Athanassiou CG, Arthur FH, Opit GP and Throne JE, 2009a. Insecticidal effect of diatomaceous earth against three species of stored-product psocids on maize, rice, and wheat. *Journal of Economic Entomology* 102(4): 1673-1680.

Athanassiou CG, Korunic Z and Vayias BJ, 2009b. Diatomaceous earths enhance the insecticidal effect of bitterbarkomycin against stored-grain insects. *Crop Protection* 28(2): 123-127.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG and Meletsis CM, 2007. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. *Journal of Stored Products Research* 43(4): 330-334.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Vayias BJ and Panoussakis EC, 2008. Influence of grain type on the susceptibility of different *Sitophilus oryzae* (L.) populations, obtained from different rearing media, to three diatomaceous earth formulations. *Journal of Stored Products Research* 44(3): 279-284.

Athanassiou 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(4): 468-473.

Athanassiou CG, Vayias BJ, Dimizas CB, Kavallieratos NG, Papagregoriou AS and Buchelos CTh, 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat:

- influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Products Research* 41: 47-55.
- Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tsaganou FC, Vayias BJ, Dimizas CB and Buchelos CTh, 2003. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection* 22: 1141-1147.
- Baldassari n and Martini A, 2014. The efficacy of two diatomaceous earths on the mortality of *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae*. *Bulletin of Insectology* 67(1): 51-55.
- Ebeling W, 1971. Sorptive dust for pest control. *Annual Review of Entomology* 16: 123-158.
- Emery RN and Nayak MK, 2007. Pests of stored grains. Pp. 40-62. In: Bailey PT (ed.) *Pests of Field Crops and Pastures, Identification and Control*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Kabir BGJ, Lawan M and Abdulrahman HT, 2012. The effects of raw diatomaceous earth (DE) on mortality and progeny development of *Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) on three cereal grains. *Academic Journal of Entomology* 5(1): 16-21.
- Kabir BGJ, Lawan M and Gambo FM, 2011. Efficacy and persistence of raw diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored maize, sorghum and wheat. *Academic Journal of Entomology* 4(2): 51-58.
- Keszthelyi S and Pál-Fám F, 2012. The effect of the diatomaceous earth formulation DiatoSec on mortality of granary weevil *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in grains. *Journal of Plant Diseases and Protection* 119(1): 30-33.
- Korunic Z and Ormesher P, 2000. Evaluation and standardized testing of diatomaceous earth. Pp. 738-744. In: Zuxun J, Quan L, Yongsheng L, Xianchiang T, and Lianghua G (eds.) *Proceedings of the Seventh International Working Conference on Stored-Product Protection*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, Sichuan Province China.
- Kostyukovsky M, Trostanetsky A, Menasherilv M, Yasinov G and Hazan T, 2010. Laboratory evaluation of diatomaceous earth against main stored product insects. Pp. 701-704. *Proceedings of 10th International Working Conference on Stored Product Protection*, 27 June-2 July 2010, Estoril, Portugal.
- McGaughey WH, 1972. Diatomaceous earth for confused flour beetle and rice weevil control in rough, brown, and milled rice. *Journal of Economic Entomology* 65: 1427-1428.
- McGaughey WH, Speirs RD and Martin CR, 1990. Susceptibility of classes of wheat grown in the United States to stored-grain insects. *Journal of Economic Entomology* 83: 1122-1127.
- Rajapakse RHS, 2006. The potential of plants and plant products in stored insect pest management. *The Journal of Agricultural Sciences* 2(1): 11-21.
- Rees D, 2003. *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, London.
- Rojht H, Athanassiou CG, Vayias BJ, Kavallieratos N, Tomanonić Z, Vidrih M, Kos K and Trdan S, 2010. The effect of diatomaceous earth of different origin, temperature and relative humidity against adults of rice weevil (*Sitophilus oryzae* (L.)), Coleoptera, Curculionidae) in stored wheat. *Acta Agriculturae Slovenica* 95(1): 13-20.
- Saiful Islam MD, Mahbub Hasan MD, Lei C, Mucha-Pelzer T, Mewis L and Ulrichs C, 2010. Direct and admixture toxicity of diatomaceous earth and monoterpenoids against the storage pests *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science* 83: 105-112.
- Shayesteh, N and Ziaee M, 2007. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Caspian Journal of Environmental Sciences* 5(2): 119-123.

- Subramanyam Bh and Roesli R, 2000. Inert dusts. Pp. 321-380. In: Subramanyam Bh and Hagstrum DW (eds.) Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Subramanyam Bh, Swanson CL, Madamanchi N and Norwood S, 1994. Effectiveness of Insecto, a new diatomaceous earth formulation in suppressing several stored-grain insect species. Pp. 650-659. In: Highley E, Wright EJ, Banks HJ and Champ BR (eds.) Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, Vol. 2. CABI International, Canberra, Australia.
- Wakil S, Ashfaq M, Ghazanfar M and Riasat T, 2010. Efficacy assessment of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on gram at different temperature and relative humidity regimes. Pp. 936-941. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June-2 July 2010, Estoril, Portugal.
- Wakil W, Ashfaq M, Shabbir A, Javed A and Sagheer M, 2006. Efficacy of diatomaceous earth (Protect-It) as a protectant of stored wheat against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Pakistan Journal of Entomology 28(2): 19-24.
- Wakil W, Hasan MU, Shabbir A and Javed A, 2005. Insecticidal efficacy of a diatomaceous earth, Silicosec, against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) on stored wheat. Pakistan Journal of Entomology 27(2): 49-51.

Insecticidal Efficacy of Paya[®], an Iranian Diatomaceous Earth Formulation, Against Adults of the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Col.; Curculionidae) on Wheat, Barley, Rice and Maize

M Yazdanian^{1*} T Siahbalaee² and H Mousavi Anzabi³

¹Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Former MSc Student, Department of Plant Protection, Islamic Azad University, Branch of Garmsar.

³Assistant Professor, Department of Plant Protection, Islamic Azad University, Branch of Khoy.

*Corresponding author, E-mail: mohsenyazdanian@gau.ac.ir

Received: 4 Mar 2015

Accepted: 14 Jul 2015

Abstract

In this study, efficacy of Paya[®] (Iranian diatomaceous earth) in different doses and exposure intervals on different grains evaluated against adults of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (Col.; Curculionidae). All experiments carried out at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ R.H., and continuous darkness. Adults' mortality counted after 1, 2, 7 and 14 days on wheat, barley, rice and maize kernels treated with five dose rates of 0.125, 0.25, 0.5, 1 and 1.5 g/kg⁻¹. To assess progeny production, all dead and alive adults were removed and treated grains left at the same conditions for 45 more days. Then, the number of adults emerged on treated grains was counted. Insecticidal efficacy of Paya[®] was highly affected by the type of grain, dose rate, and exposure interval. Observed mortalities after 1 and 2 days on four grains were very low for all doses. After 7-day interval, highest mortalities on wheat, barley and rice (14.52, 11.61 and 6.69 percent, respectively) occurred by using the highest dose, but in the case of maize, mortalities caused by doses of 0.5, 1 and 1.5 g/kg⁻¹ reached up to 35.27, 40.90 and 38.26 percent, respectively. Insecticidal efficacy of Paya[®] was only notable on maize after 14-day interval and by using high doses of 1 and 1.5 g/kg⁻¹ and it reached up to 95.83 and 90.14 percent, respectively. Evaluation of progeny production showed that numbers of F₁ adult progenies were higher on barley (14.75-25.75 adults) and wheat (4.75-21.75 adults), respectively. The lowest progeny productions were also observed on rice (0.0-0.25 adults) and maize (0.5-3.11 adults), respectively, which had no significant differences at all doses used. As a conclusion, 100% control of adults of this pest especially on barley and wheat is needed for suppression of population increase at F₂ and following generations.

Keywords: Diatomaceous earth, Grains, Granary weevil, Mortality, Progeny production.