

## گزارش کوتاه پژوهشی

### کارایی حشره کشی خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد

#### *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae)

#### در شرایط آزمایشگاهی

فرشید شخصی زارع<sup>۱\*</sup> - حسین فرازمنند<sup>۲</sup> - رضا وفایی شوشتری<sup>۳</sup> - عارف معروف<sup>۴</sup> - مهران غزوی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۱

#### چکیده

تحقیقی به منظور بررسی کارایی فرمولاسیون خاک دیاتومه فرمولاسیون سایان<sup>®</sup> در مقایسه با سه فرمولاسیون Insecto<sup>®</sup>، SilicoSec<sup>®</sup> و PyriSec<sup>®</sup> روی حشرات کامل شپشه آرد (*Tribolium castaneum* Herbst) در شرایط آزمایشگاهی (۱ ± ۲۵ درجه سلیسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ ± ۵ درصد و در تاریکی) انجام گرفت. در این بررسی حشرات کامل ۷ روزه با دزهای ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام و در ۴ تکرار با هر کدام از فرمولاسیون‌ها تیمار شدند و پس از گذشت ۱، ۲، ۳ و ۷ روز تعداد تلفات آنها ثبت و با شاهد مقایسه گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه در زمان‌های مورد آزمایش اختلاف معنی داری وجود دارد (P < 0.005)، به طوری که با افزایش غلظت و گذشت زمان در همه فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه درصد تلفات حشرات کامل نیز افزایش یافته است. در ارتباط با خاک دیاتومه فرمولاسیون سایان<sup>®</sup>، در غلظت ۱۵۰۰ پی پی ام و یک هفته پس از تیمار بیشترین مقدار تلفات حشرات کامل (۹۶ درصد) و کمترین مقدار آن (۳/۳ درصد) در غلظت ۱۰۰ پی پی ام و زمان یک روز پس از تیمار بدست آمد. در بررسی نتایج حاصل از مقایسه چهار فرمولاسیون خاک دیاتومه در زمان‌های مختلف، بین فرمولاسیون‌ها در همه زمان‌های مورد آزمایش اختلاف معنی داری وجود داشت، به طوری که بیشترین درصد تلفات در تمامی زمان‌های مورد بررسی مربوط به خاک دیاتومه فرمولاسیون PyriSec<sup>®</sup> و کمترین آنها در ارتباط با فرمولاسیون سایان<sup>®</sup> بدست آمد. لذا ترتیب فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه مورد بررسی بر اساس مقدار تلفات حشره کامل شپشه آرد بدین صورت بود: PyriSec<sup>®</sup> > SilicoSec<sup>®</sup> > Insecto<sup>®</sup> > Sayan<sup>®</sup>

**واژه های کلیدی:** خاک دیاتومه، سایان<sup>®</sup>، شپشه آرد، شرایط آزمایشگاهی، سمیت

#### مقدمه

آن داشت تا روش‌هایی جایگزین مخصوصاً روش‌های فیزیکی را پیشنهاد کنند. از جمله این روشها استفاده از خاک دیاتومه می‌باشد (۱۹). خاک دیاتومه (Diatomaceous earth) ترکیبی است از دیاتوم‌های فسیل شده به صورت (SiO<sub>2</sub> + nH<sub>2</sub>O) همراه با برخی عناصر معدنی دیگر مثل آلومینیوم، اکسید آهن، منیزیم و سدیم و غیره که به طور طبیعی در آبهای شیرین و یا دریاها وجود داشته‌اند. (۲۷). مکانیسم اثر خاک‌های دیاتومه در کنترل حشرات به این صورت است که وقتی ذرات آنها با بدن حشرات تماس پیدا می‌کنند، به آن می‌چسبند، مولکول‌های مومی لایه واکسی اپیکوتیکول پوست را جذب کرده، با خراش دادن کوتیکول به آن صدمه می‌زنند و باعث از دست رفتن آب بدن (حدود ۶۰ درصد) و در نهایت مرگ حشره می‌شوند (۱۳ و ۲۷). خاک‌های دیاتومه در نقاط جغرافیایی مختلفی در کره زمین قرار گرفته‌اند. منشأ جغرافیایی آنها در میزان عملکرد و قدرت حشره کشی آنها تأثیر زیادی دارد. به طوری که کارایی حشره کشی آنها تا ۷۰ درصد با یکدیگر متفاوت می‌باشد که به دلایل مختلفی منجمله مقدار کریستالهای سیلیکات موجود در آنها، اندازه، مقدار و

خسارت دانه‌های غلات توسط حشرات یکی از مشکلات جدی در سراسر دنیا است به طوری که هر ساله در نتیجه حمله حشرات خسارات قابل توجهی به محصولات انباری وارد می‌شود و ارزش کمی، کیفی و مصرفی آنها به شدت کاهش یافته و گاهی نیز به طور کامل غیر قابل مصرف می‌گردند (۷). در حال حاضر استفاده از سموم شیمیایی رایج‌ترین روش در کنترل آفات انباری است. استفاده گسترده از سموم شیمیایی، تأثیر سوء آنها بر سایر موجودات غیر هدف، مسمومیت‌های ناشی از کاربرد آنها، هزینه‌های بالای تولید آفت‌کش‌های مصنوعی و وجود خطرات باقیمانده آنها و همچنین بروز مقاومت، محققین را بر

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک

(\*- نویسنده مسئول: Email: farshid.zare2000@yahoo.com)

۲، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار، استادیار و دانشیار بخش تحقیقات حشره شناسی کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران

GmbH, Germany) (۱).

برای انجام این آزمایش، ظروف دربدار پلاستیکی ۲۵۰ میلی لیتری آماده گردید و مقدار ۱۰۰ گرم بذر کوبیده شده گندم، رقم فلات (Falät)، در داخل آنها ریخته شد و مقدار دزهای ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱، ۱/۵ گرم بر کیلوگرم از هر کدام از فرمولاسیون های خاک دیاتومه (به ترتیب معادل ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ پی پی ام) با بذرهایی داخل ظروف مخلوط و برای مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شدند تا به طور یکنواخت با خاک دیاتومه آغشته گردند. سپس تعداد ۲۰ عدد حشره کامل همسن ۷ روزه به طور جداگانه در داخل هر ظرف رهاسازی گردید و درب ظرف ها با توری ارگانزا پوشیده شد. این کار در چهار تکرار انجام و در زمانهای ۱، ۲، ۳ و ۷ روز پس از تیمار با خاک دیاتومه، مقدار تلفات آنها ثبت و در نهایت با شاهد که فاقد هرگونه تیمار بود مقایسه گردید. همچنین با استفاده از نتایج آزمون کشندگی، مقدار LC<sub>10</sub>، LC<sub>50</sub> و LC<sub>95</sub> برای هر فرمولاسیون ها به طور جداگانه در روز دوم پس از تیمار محاسبه شد.

آزمایشات به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی انجام شد و داده ها توسط نرم افزار SPSS.16.0 مورد تجزیه و تحلیل آماری گرفتند. مقایسه میانگین ها در صورت معنی دار شدن، با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. همچنین مقدار LC<sub>50</sub> برای هر فرمولاسیون، توسط نرم افزار Stats-direct 2.7.9 (2012) محاسبه گردید.

## نتایج

نتایج حاصل نشان داد، بین غلظت های مختلف سایان<sup>®</sup>، اختلاف معنی داری وجود داشت و با افزایش مقدار غلظت، میانگین تلفات زیر بیشتر گردید ( $F_{4, 60} = 94.203, P = 0.00015, C.V. = 11.15\%$ ). همچنین اثرات متقابل غلظت و زمان نیز دارای اختلاف معنی داری بود ( $F_{12, 60} = 0.578, p = 0.0005, C.V. = 11.15\%$ )، به طوریکه در غلظت ۱۵۰۰ پی پی ام و زمان یک هفته پس از تیمار بیشترین مقدار تلفات حشرات کامل (۹۶ درصد) و کمترین مقدار آن (۳/۳ درصد) در غلظت ۱۰۰ پی پی ام و زمان یک روز پس از تیمار بدست آمد (جدول ۱).

در بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقایسه ۴ فرمولاسیون خاک دیاتومه در زمان های مختلف، بین فرمولاسیون های مختلف در همه زمان های مورد آزمایش اختلاف معنی داری وجود داشت [ $F_{3, 60} = 29.738(1\text{day}), 20.313(2\text{days}), 30.033(3\text{days}), 28.838(7\text{days})$ ، به طوری که با افزایش غلظت و زمان، مقدار تلفات حشرات نیز بیشتر گردید و بین غلظت ها و زمان های مختلف اختلاف معنی داری وجود داشت. در این فرمولاسیون ها بین غلظت ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ پی پی ام اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین درصد تلفات در تمامی زمان های مورد بررسی مربوط به خاک دیاتومه PyriSec<sup>®</sup> و کمترین آنها در ارتباط با فرمولاسیون سایان<sup>®</sup> بدست آمد (جدول ۲، ۳ و ۴).

شکل ذرات (گونه دیاتوم) آنها بستگی دارد. تاکنون فرمولاسیون های مختلفی از خاک دیاتومه در نقاط مختلف دنیا تهیه و به ثبت رسیده و به صورت تجاری در کنترل طیف وسیعی از آفات انباری مورد استفاده قرار گرفته است (۲۷) و در تحقیقات بسیاری اثرات حشره کشی این فرمولاسیون ها بر روی تعداد زیادی از آفات انباری با یکدیگر مقایسه شده است (۲۳، ۲۶ و ۳۰). تحقیقات بسیار کمی در ارتباط با خاک دیاتومه ایرانی در زمینه کشاورزی انجام شده است. منجمله در تحقیقی، کارایی خاک دیاتومه سایان بر روی گونه *Tribolium confusum* مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد در غلظت ۵۰۰ پی پی ام می تواند تا ۵ برابر باعث کاهش ظهور حشرات کامل گردد (۱۲). در مطالعه اثر خاک دیاتومه سایان در دماهای مختلف بر روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حیوانات مشخص شد اثر ترکیبی این فرمولاسیون و حرارت دهی می تواند موجب افزایش تلفات حشرات کامل گردد و به عنوان محافظ مناسب در برابر حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حیوانات استفاده شود (۲۱). همچنین در تحقیقی اثرات حشره کشی خاک دیاتومه سایان<sup>®</sup> بر حشرات کامل دو گونه آفت انباری *Oryzaephilus surinamensis* و *T. confusum* بررسی و مقایسه گردید. در این تحقیق کارایی این فرمولاسیون در ترکیب با دو جدایه ایرانی قارچ *Metarhizium anisopliae* Sorokin مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت اثرات هم افزایی آنها در دزهای خاصی اثبات گردید (۲۵). تحقیق حاضر به منظور بررسی کارایی این فرمولاسیون در مقایسه با سه فرمولاسیون دیگر خاک دیاتومه بر روی حشرات کامل شپشه آرد انجام گردید.

## مواد و روش ها

حشرات کامل شپشه آرد (*Tribolium castaneum*) روی مخلوط آرد گندم و مخمر (۱:۱۰)، برای مدت ۵ نسل در شرایط آزمایشگاهی (۱±۲۷ درجه سلیسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و در تاریکی) پرورش داده شدند و حشرات کامل ۷ روزه آن در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. چهار فرمولاسیون خاک دیاتومه زیر در این آزمایش مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند:

۱- Sayan<sup>®</sup>: به رنگ کرم تا طوسی، دانه بندی ذرات کمتر از ۵۰ میکرومتر و دارای SiO<sub>2</sub> (۸۰ درصد) (Kimia-SabzAvar Co., Iran) (۱۶).  
۲- SilicoSec<sup>®</sup>: دانه بندی ذرات ۱۲-۸ میکرومتر و دارای SiO<sub>2</sub> (۹۲ درصد)، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (۳ درصد) و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (یک درصد) (Biofa GmbH, Germany) (۵).  
۳- Insecto<sup>®</sup>: دانه بندی ذرات ۸/۲ میکرومتر و دارای Amorphous SiO<sub>2</sub> (w/w) (۸۷ درصد)، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (۳ درصد)، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (یک درصد) و CaO, MgO, TiO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> کمتر از یک درصد (Natural Insects products, USA) (۲۸).  
۴- PyriSec<sup>®</sup>: دانه بندی ذرات ۱۲-۸ میکرومتر و دارای Amorphous SiO<sub>2</sub> (۹۵ درصد)، Natural Pyrethrum (۱/۲ درصد)، Piperonyl butoxide (۳/۱ درصد) (Agrinova)

جدول ۱- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های مختلف Sayan® در زمان‌های مختلف

| درصد میانگین تلفات ± خطای استاندارد |               |               |              |              | روز (های) | پس از تیمار |
|-------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-----------|-------------|
| ۱۵۰۰ پی پی ام                       | ۱۰۰۰ پی پی ام | ۵۰۰ پی پی ام  | ۲۵۰ پی پی ام | ۱۰۰ پی پی ام |           |             |
| ۶۳/۳۳±۰/۳۷۳ab                       | ۵۳/۳۳±۰/۲۸۳a  | ۳۰/۰±۰/۲۳۰b   | ۱۶/۶۷±۰/۲۲۹a | ۳/۳۳±۰/۱۱۸a  |           | ۱           |
| ۷۶/۶۷±۰/۴۲۳bc                       | ۶۳/۳۳±۰/۳۷۳b  | ۶۰/۰±۰/۳۶۲ab  | ۳۶/۶۷±۰/۲۴۵b | ۲۰/۰±۰/۲۳۵b  |           | ۲           |
| ۸۶/۶۷±۰/۴۷۴cd                       | ۶۶/۶۷±۰/۳۸۱c  | ۶۳/۳۲±۰/۳۷۳cd | ۵۰/۰±۰/۲۷۲bc | ۳۳/۳۳±۰/۲۳۹b |           | ۳           |
| ۹۶/۶۷±۰/۴۹۵d                        | ۸۶/۶۷±۰/۴۷۴d  | ۷۶/۶۷±۰/۴۲۳d  | ۵۶/۶۷±۰/۳۲۱c | ۴۶/۶۷±۰/۲۴۶c |           | ۷           |

۱- پی پی ام: میلی گرم خاک دیاتومه به ازاء هر کیلوگرم گندم  
میانگین‌های هر ستون که با حروف کوچک انگلیسی مشابهی نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند ( $P < 0.05$ )

جدول ۲- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های مختلف SilicoSec® در زمان‌های مختلف

| درصد میانگین تلفات ± خطای استاندارد |               |               |              |               | روز (های) | پس از تیمار |
|-------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-----------|-------------|
| ۱۵۰۰ پی پی ام                       | ۱۰۰۰ پی پی ام | ۵۰۰ پی پی ام  | ۲۵۰ پی پی ام | ۱۰۰ پی پی ام  |           |             |
| ۸۰/۰±۰/۴۳۲b                         | ۷۳/۳۳±۰/۳۶۵b  | ۶۰/۰±۰/۲۸۲c   | ۳۰/۰±۰/۲۲۴a  | ۱۳/۳۳±۰/۲۰۱a  |           | ۱           |
| ۹۶/۶۶±۰/۴۸۵bc                       | ۹۳/۳۳±۰/۴۶۸bc | ۷۳/۳۳±۰/۳۶۵ab | ۵۰/۰±۰/۲۶۸b  | ۳۳/۳۳±۰/۲۳۵ab |           | ۲           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۹۸/۴۴±۰/۵۲۲c  | ۹۰/۰±۰/۴۵۲c   | ۶۳/۳۳±۰/۲۸۴b | ۵۰/۰±۰/۲۶۸b   |           | ۳           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۱۰۰±۰/۰a      | ۹۶/۶۶±۰/۴۸۵a  | ۷۳/۳۳±۰/۳۶۵c | ۶۳/۳۳±۰/۲۸۴c  |           | ۷           |

میانگین‌های هر ستون که با حروف کوچک انگلیسی مشابهی نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند ( $P < 0.05$ )

جدول ۳- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های مختلف PyriSec® در زمان‌های مختلف

| درصد میانگین تلفات ± خطای استاندارد |               |              |               |              | روز (های) | پس از تیمار |
|-------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------|-------------|
| ۱۵۰۰ پی پی ام                       | ۱۰۰۰ پی پی ام | ۵۰۰ پی پی ام | ۲۵۰ پی پی ام  | ۱۰۰ پی پی ام |           |             |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۸۶/۶۷±۰/۲۷۳b  | ۸۶/۶۷±۰/۲۷۳b | ۳۶/۶۷±۰/۲۲۹a  | ۲۰/۰±۰/۲۲۵a  |           | ۱           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۱۰۰±۰/۰a      | ۱۰۰±۰/۰a     | ۵۶/۶۷±۰/۲۶۳bc | ۴۰/۰±۰/۲۴۲b  |           | ۲           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۱۰۰±۰/۰a      | ۱۰۰±۰/۰a     | ۷۳/۳۳±۰/۳۶۲cd | ۵۳/۳۳±۰/۲۵۸c |           | ۳           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۱۰۰±۰/۰a      | ۱۰۰±۰/۰a     | ۹۰/۰±۰/۳۲۴d   | ۸۰/۰±۰/۲۶۸d  |           | ۷           |

میانگین‌های هر ستون که با حروف کوچک انگلیسی مشابهی نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند ( $P < 0.05$ )

جدول ۴- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های مختلف Insecto® در زمان‌های مختلف

| درصد میانگین تلفات ± خطای استاندارد |               |               |               |              | روز (های) | پس از تیمار |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-----------|-------------|
| ۱۵۰۰ پی پی ام                       | ۱۰۰۰ پی پی ام | ۵۰۰ پی پی ام  | ۲۵۰ پی پی ام  | ۱۰۰ پی پی ام |           |             |
| ۶۶/۵۷±۰/۲۶۶b                        | ۶۰/۰±۰/۲۵۹b   | ۳۶/۶۷±۰/۲۳۹a  | ۲۰/۰±۰/۲۲۶ab  | ۱۳/۳۳±۰/۲۱۳a |           | ۱           |
| ۸۰/۰±۰/۲۸۹c                         | ۷۳/۳۳±۰/۲۸۰c  | ۶۶/۶۷±۰/۲۶۸b  | ۳۶/۶۷±۰/۲۳۹bc | ۳۰/۰±۰/۲۳۴۰b |           | ۲           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۸۶/۶۷±۰/۳۱۳bc | ۷۶/۶۷±۰/۲۸۴c  | ۵۰/۰±۰/۲۶۳c   | ۴۰/۰±۰/۲۴۸c  |           | ۳           |
| ۱۰۰±۰/۰a                            | ۱۰۰±۰/۰a      | ۹۳/۳۳±۰/۳۱۰cd | ۷۳/۳۳±۰/۲۸۰d  | ۶۳/۳۳±۰/۲۶۷d |           | ۷           |

میانگین‌های هر ستون که با حروف کوچک انگلیسی مشابهی نشان داده شده‌اند دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند ( $P < 0.05$ )

جدول ۵- سمیت حشره کشی فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه روی شپشه آرد در روز دوم پس از تیمار

| فرمولاسیون خاک دیاتومه | LC <sub>50</sub> (پی پی ام)    | خطای استاندارد ± ضریب | مربع کای (χ <sup>2</sup> ) | سطح معنی‌داری |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|
|                        | (حدود اطمینان ۹۵ درصد)         | زاویه شیب             | (درجه آزادی)               |               |
| Sayan                  | ۴۲۸/۲۳۳<br>(۲۷۸/۴۹۷ - ۶۳۹/۲۴۰) | ۱/۲۸۷±۰/۲۶۷           | ۳/۸۷۱<br>(۱۸)              | ۰/۱۶۴         |
| Insecto                | ۳۰۹/۷۷۸<br>(۱۸۳/۰۰۱ - ۴۵۸/۱۷۹) | ۱/۲۵۲±۰/۲۶۳           | ۵/۷۹۱<br>(۱۸)              | ۰/۱۷۰         |
| SilicoSec              | ۲۰۳/۱۳۵<br>(۱۲۶/۹۱۱ - ۲۸۱/۴۲۰) | ۱/۹۱۱±۰/۳۱۱           | ۳/۳۷۰<br>(۱۸)              | ۰/۱۲۷         |
| PyriSec                | ۱۵۹/۹۲۷<br>(۱۰۸/۵۴۴ - ۲۱۰/۱۸۲) | ۲/۲۹۰±۰/۳۷۸           | ۷/۸۴۸<br>(۱۸)              | ۰/۱۰۴         |

## زیست سنجی

نتایج آزمایشات زیست‌سنجی فرمولاسیون‌های مورد بررسی در روز دوم پس از تیمار نشان داد، سمیت فرمولاسیون  $\text{Sayan}^{\text{®}}$  نسبت به دیگر فرمولاسیون‌ها کمتر بود و بیشترین مقدار سمیت در ارتباط با فرمولاسیون  $\text{PyriSec}^{\text{®}}$  محاسبه شد. نتایج مقدار سمیت هر کدام از فرمولاسیون‌ها در جدول (۵) درج گردیده است. لذا ترتیب فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه مورد بررسی بر اساس مقدار سمیت بدین صورت بود:

$$\text{PyriSec}^{\text{®}} > \text{SilicoSec}^{\text{®}} > \text{Insecto}^{\text{®}} > \text{Sayan}^{\text{®}}$$

## بحث

نتایج حاصل نشان داد، با افزایش مقدار غلظت فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه و با گذشت زمان، مقدار تلفات حشرات کامل شپشه آرد نیز بیشتر گردید، که با توجه به مکانیسم اثر خاک‌های دیاتومه و افزایش احتمال برخورد فیزیکی آن با بدن حشره پس از گذشت زمان (۳، ۲۷)، نتیجه‌ای قابل انتظار می‌باشد و یافته‌های دیگر محققین نیز آن را اثبات می‌کند (۱۵، ۲۶). با توجه به نتایج آزمایشات زیست‌سنجی، فرمولاسیون سایان دارای کمترین مقدار حشره‌کشی روی حشرات کامل شپشه آرد ( $\text{LC}_{50}=428.233 \text{ ppm}$ ) در مقایسه با دیگر فرمولاسیون‌ها بود. تحقیقات نشان داده است که هرچه اندازه قطر ذرات خاک دیاتومه کمتر باشد، مقدار تأثیر آن نیز بیشتر می‌گردد (۲). کمتر بودن کارایی فرمولاسیون سایان را می‌توان به اختلاف زیاد قطر دانه‌بندی ذرات آن (حدود ۵۰ میکرومتر) نسبت به دیگر فرمولاسیون‌های استفاده شده در این بررسی نسبت داد. اختلاف کارایی فرمولاسیون‌های مختلف، تنها مربوط به اندازه ذرات آنها نیست، بلکه مقدار سیلیس ترکیب آنها نیز مؤثر است (۱۸)، که در این حالت نیز کارایی کمتر سایان<sup>®</sup> با دارا بودن تنها ۸۰٪ سیلیس در مقابل دیگر فرمولاسیون‌ها قابل توجیه می‌باشد. بیشترین تلفات حشرات کامل شپشه آرد در تیمار با فرمولاسیون  $\text{PyriSec}^{\text{®}}$  بدست آمد ( $\text{LC}_{50}=159.927 \text{ ppm}$ ) که علت آن را علاوه بر کوچکتر بودن قطر ذرات و دارا بودن مقدار سیلیس بیشتر (۹۵٪)، می‌توان به داشتن مقدار ۱/۲ درصد پیرتروم طبیعی به عنوان حشره‌کشی تماسی با منشأ طبیعی و همچنین ۳/۱ درصد پیپرونیل بوتوکساید به عنوان سینرژیست، در ترکیبات خود در نظر گرفت. گفتنی است، پیرتروم از گونه‌های گیاهی جنس *Crysanthemum* استخراج می‌شود و دارای خاصیت فلج‌کنندگی قوی (knockdown-effect) روی حشرات بوده و به صورت تماسی اثر می‌گذارد (۸). درصد تلفات ناشی از فرمولاسیون‌های

## منابع

- 1- Agrinova Company. 2012. Agrinova Biologische Präparate Produktions-und Vertriebs GmbH, Germany. Available on: <http://www.agrinova.de/cms/produkte/schaedlings-und-liegenbekaempfung/>
- 2- Arnaud, L., Tin Lan, H. T., Brostaux, Y. and Haubruge, E. 2005. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. Journal of Stored Products Research, 41(2):121-130.
- 3- Arthur, F. H. 2000. Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): effect of temperature and relative humidity. Journal of Economic Entomology, 93: 526-532.
- 4- Arthur, F. H. 2004. Evaluation of a new insecticide formulation (F2) as a protectant of stored wheat, maize and rice. Journal of Stored Products Research, 40, 317-330.
- 5- Athanassiou, C. G., Vayias, B. J., Dimizas, C. B., Kavallieratis, N. G., Papagregoriou, A. S. and Buchelos, C. T. 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

مختلف خاک دیاتومه در این تحقیق، با نتایج تحقیقات دیگر در این زمینه اختلافاتی دارد. به عنوان مثال، در این بررسی تلفات ۱۰۰ درصدی شپشه آرد در تیمار با فرمولاسیون  $\text{SilicoSec}^{\text{®}}$  پس از گذشت یک هفته و در غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام بدست آمد، اما در تحقیقی مشابه، این مقدار پس از گذشت ۱۴ روز و در غلظت ۱۳۰۰ پی پی ام حاصل شد (۲۶) که علت آن را می‌توان به بالاتر بودن سن حشرات مورد بررسی نسبت به این تحقیق، مربوط دانست چراکه هرچه سن حشره بیشتر باشد، مقدار تلفات نیز کمتر شده و حداکثر تلفات در زمان و دز بیشتری بدست می‌آید (۹). همچنین در بررسی اثرات حشره‌کشی سایان<sup>®</sup> روی گونه *T. confusum* تلفات ۵۵ درصدی در زمان ۱۵ روز پس از تیمار و در دز ۲۰۰ پی پی ام بدست آمد (۱۲)، این در حالی است که در تحقیق حاضر این مقدار تلفات در دز ۵۰۰ پی پی ام و در زمان یک هفته به ثبت رسید. همچنین در بررسی اثرات حشره‌کشی فرمولاسیون سایان بر روی حشرات کامل شپشه دندانه دار مقدار  $\text{LC}_{50}$  پس از یک هفته مقدار ۲۴۵ پی پی ام بدست آمد (۲۵) که با نتایج این بررسی متفاوت است. به طور کلی عوامل مختلفی از قبیل اختلاف حساسیت گونه‌های مختلف (۱۱، ۲۵)، حساسیت نژادهای مختلف یک گونه (۲۲)، سن حشرات مورد آزمایش (۹)، درصد رطوبت و دمای محیط (۳، ۵، ۲۹)، نوع بستر غذایی آزمایش (۶، ۱۶) و حتی وارته‌های مختلف یک نوع بستر غذایی (۱۴، ۲۳) بر درصد تلفات ناشی از یک فرمولاسیون خاک دیاتومه مؤثر بوده و باعث اختلاف در نتایج محققین مختلف می‌گردد. به طور کلی نتایج بدست آمده از این بررسی نشان می‌دهد، فرمولاسیون سایان<sup>®</sup> دارای خاصیت حشره‌کشی پایین‌تری نسبت به دیگر فرمولاسیون‌های مورد استفاده در این بررسی بوده و مقدار دزهای بیشتری به منظور کنترل آفات انباری توسط آن مورد نیاز است. لذا یافتن راهی به صورت استفاده ترکیبی این فرمولاسیون و دیگر روشهای کنترل آفات انباری مثل کاربرد تلفیقی خاک دیاتومه همراه با گرمادهی (۱۰)، قارچ‌های بیمارگر حشرات (۲۰، ۲۵)، پرتو گاما (۲۴) و یا حتی روشهای شیمیایی (۴، ۱۹) می‌تواند در کاهش مقدار دز مصرفی و افزایش کارایی حشره‌کشی آن مؤثر باشد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران، به خاطر فراهم کردن امکانات لازم برای انجام آزمایشات و از شرکت کیمیا سبزرآور به دلیل در اختیار گذاشتن خاک دیاتومه فرمولاسیون سایان، قدردانی می‌گردد.

- exposure interval. Journal of Stored Products Research, 41, 47-55.
- 6- Athanassiou, C. G., Arthur, F., Opit, G. P. and Throne, J. E. 2009. 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.
  - 7- Bagheri-Zenouz, E. 1986. Les animaux nuisibles aux produits entreposés. Vol.1. Les Coleopteres depredateures de produits alimentaires et industriels. Sepehr Pub. Tehran. Iran. 309 p. [In Persian].
  - 8- Casida, J. E. 1973. Pyrethrum, the natural insecticide. Academic Press. INC. 332p.
  - 9- De Paula, M. C. Z., Flinn, P. W., Subramanyam, Bh. and Lazzari, M. N. 2002. Effects of age and sex on mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to INSECTO<sup>®</sup>-treated wheat. Journal of the Kansas Entomological Society, 75(3): 158-162.
  - 10- Dowdy, A. k. and Fields, P. G. 2002. Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in flour mill. Journal of Stored Products Research. 38, 11-22.
  - 11- Fields, P. and Korunic, Z., 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1-13.
  - 12- Golestan-Hashemi, F., Farazmand, H., Karimzadeh, J. and Marouf, A. 2011. Effect of Iranian formulation of diatomaceous earth on confused flour beetle, *Tribolium confusum* Duval (Col.: Tenebrionidae), under laboratory conditions. Journal of Entomological Research. 2(4): 307-317. [In Persian with English abstract]
  - 13- Golob, P. 1997. Current status and future perspectives for inert dust for control of stored products. Insect Journal of Stored Product Research, 33: 69-79.
  - 14- Ghasemzadeh, M., Shakhshi Zare. F., Sabetghadam, A. and Baghaei. N. 2013. Integrated effects of diatomaceous earth and corn genotypes on mortality of red flour beetle *Tribolium costaneum* (Herbst) (Col., Tenebrionidae) in laboratory conditions. Journal of Entomological Research. 4: (1): 43-50. [In Persian with English summary].
  - 15- Junior, A. L. M., Junior, M. M., Pereira, P. R. V. da S. & .de Paiva, W. R. S. C (2006). Effectiveness of different dosages of diatomaceous earth to control *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in corn stored in the state of Roraima. 9<sup>th</sup> International Working Conference on store product protection. 1269- 1273.
  - 16- Kabir, B. G. J., Lwan, M. and Gambo, F. M. 2011. Efficacy and persistence of raw diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae) on stored maize sorghum and wheat. Academic Journal of Entomology, 4(2): 51-58.
  - 16- Kimiasabzavar Company. Iran. 2010. Available on: <http://www.kimiasabzavar.com>.
  - 18- Korunic, Z. and Fields, P. G. 1995. Diatomaceous earth insecticidal composition. Canadian and U.S.A. Patents Pending.
  - 19- Korunic, Z. and Rozman, V. 2010. A synergistic mixture of diatomaceous earth and deltamethrin to control stored grain insects. 10<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection. July 2010, Portugal, 894-898.
  - 20- Nabaei, N., Mehrvar, A., Saber, M. and Bagheri, M. 2012. Efficacy of entomopathogenic fungi in combination with diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Acta Entomologica Sinica. 55(11): 1282-1288.
  - 21- Rezaei Torshizi, H. R., Farazmand, H., Goldasteh, S. & .Marouf, A. 2011. Effect of temperature on the toxicity of Iranian formulation of diatomaceous earth on bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus* F (Col., Bruchidae). Proceeding of the second Iranian pest management conferences. Shahid Bahonar Uni. Kerman, Iran, pp. 101
  - 22- Rigaux, M., Haubruge, E. & .Fields, P. G (2000). Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strain of *Tribolium castaneum*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 101: 33-39
  - 23- Shakhshi Zare, F., Ghasemzadeh, M., Baghaei N., Sabetghadam, A. and Nikpei, A. 2012. Mortality of red flour beetles, *Tribolium castaneum* (Herbst), feeding on three different hybrids of corn combined with diatomaceous earth (INSECTO<sup>®</sup>) in laboratory conditions. 20<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. 25-28 August, 2012, Shiraz, Iran, p. 715
  - 24- Shakhshi Zare, F., Ghasemzadeh, M., Sabetghadam, A. and Baghaei, N. 2012. Integrated effects of diatomaceous earth and Gamma ray on mortality of Red Flour beetle *Tribolium castaneum* (Col.: Tenebrionidae) in laboratory conditions. 20<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. Shiraz, Iran, pp 328.
  - 25- Shakhshi Zare, F. 2013. Efficacy of Iranian formulation of diatomaceous earth, kaolin and two fungal isolates of *Metarhizium anisopliae* Sorokin in control of two stored product pests under laboratory conditions. Ph.D. dissertation, Islamic Azad University of Arak, 144 p.
  - 26- Shayesteh. N. and Ziaee. M. 2007. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Col: Tenebrionidae). Caspian Journal of Environmental Science, 5(2): 119-123.
  - 27- Subramanyam, Bh. and Roesli, R. 2000. Inert dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 321-380.
  - 28- Subramanyam, B., Swanson, C.L., Madamanchi, N. and Norwood, S. 1994. Effectiveness of Insecto<sup>TM</sup>, a new diatomaceous earth formulation, in suppressing several stored-grain insect species. In: Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R. (Eds.), Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-Product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia. CAB International, Oxford, UK, pp. 650-659.
  - 29- Vayias, B. J. and Arthanassiou, C. G. 2004. Factors affecting efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the confused beetle *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Crop Protection, 23: 565-573.
  - 30- Ziaee, M. and Khashaveh. A. 2007. Effect of five diatomaceous earth formulations against *Tribolium castaneum* (Col:Tenebrionidae), *Rhyzoptera dominica* (Col:Bostrychidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Col:Silvanidae). Journal of Insect Sciences, 14: 359-365.