Archive of SID

گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۳۷ شماره ۳، پاییز ۹۳

اثر حشره‌کشی سه فرمولاسیون تجارتی خاک دیاتومه علیه حشرات کامل شپشه آرد، *Tribolium confusum* برای حفاظت سه رقم مختلف گندم

معصومه ضیائی

نویسنده مسوول: استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، (m.ziaee@scu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۷

چکیده

در این پژوهش اثر حشره‌کشی سه فرمولاسیون تجارتی Insecto®، SilicoSec® و PyriSec® خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد، *Tribolium confusum* Jacquelin du Val.، روی رقم‌های بهرنگ، وریناک و چمران گندم بررسی شد. آزمایش‌ها در دمای ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و تاریکی انجام شد. تلفات حشرات کامل ۲، ۵، ۸، ۱۱ و ۱۵ روز پس از تیمار شمارش شد. با توجه به مقادیر LD_{50}، بیشترین اثر حشره‌کشی در Pyrisec® روی رقم بهرنگ، SilicoSec® روی بهرنگ و Pyrisec® روی وریناک و چمران به ترتیب با مقادیر ۲۳۱، ۲۶۸، ۲۸۰ و ۳۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۷ روز پس از تیمار مشاهده شد. نتایج نشان داد خاک دیاتومه PyriSec® و به دنبال آن SilicoSec® اثر حشره‌کشی بیشتری روی حشرات کامل مورد آزمایش داشتند. در صورتی‌که فرمولاسیون Insecto® کم اثر تر از دو فرمولاسیون دیگر در کنترل حشرات کامل شپشه آرد عمل کرد. همچنین، اثر فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه روی رقم بهرنگ بیشتر بود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد خاک‌های دیاتومه قابلیت خوبی در کنترل حشرات کامل شپشه آرد دارند.

کلید واژه‌ها: حفاظت محصولات انباری، خاک دیاتومه، شپشه آرد، گندم

مقدمه

خاک دیاتومه از بقایای اسکلت‌های فسیلی جلبک‌های تک سلولی دیاتوم به دست می‌آید. خاک‌های دیاتومه در دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار در ایالت متحده آمریکا جهت حفاظت از گندم و ذرت در انبارها مورد استفاده قرار گرفت (گولوب[1]، ۱۹۹۷). خاک دیاتومه دارای تخلخل زیادی بوده و ذرات آن در هنگام حرکت حشرات به سطح بدن آن‌ها چسبیده، باعث جذب آب بدن حشرات و ایجاد خراش روی سطح کوتیکول بدن آن‌ها شده و در نهایت منجر به مرگ حشره می‌شود (ابلینگ[2]، ۱۹۷۱). اثر حشره‌کشی فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه روی گونه‌های مختلف حشرات توسط محققین متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. آلدرهیم[3] (۱۹۹۳) اثر گرد سیلیکا با نام تجارتی Dryacide® را روی رقم‌های مختلف گندم نرم، سخت و دوروم در کنترل حشرات کامل سوسک کشیش، *Rhyzopertha dominica* (F.) مورد بررسی قرار داد. آتاناسیو و همکاران[4] (۲۰۰۳) برای اولین بار اثر حشره‌کشی

1- Golob

2- Ebeling
3- Aldryhim
4- Athanassiou *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

فرمولاسیون SilicoSec® خاک دیاتومه را روی حشرات کامل شپشه برنج *Sitophilus oryzae* (L.) در برنج، ذرت و جو بررسی و گزارش دادند. ضیائی و همکاران[1] (۲۰۰۷) اثر حشره‌کشی فرمولاسیون SilicoSec® را در حفاظت دانه‌های روغنی در برابر تهاجمات *Tribolium castaneum* Herbst مورد مطالعه قرار دادند. آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۸) اثر حشره کشی فرمولاسیون PyriSec® و سه فرمولاسیون دیگر خاک دیاتومه در کنترل *S. oryzae* را در دانه‌های جو، گندم و ذرت بررسی کردند. همچنین، اثر حشره کشی سه فرمولاسیون Protector®، SilicoSec® و Insecto® به منظور کنترل حشرات کامل *R. dominica*، *S. oryzae* و *T. confusum* روی سه واریته Athos، Pontos، و Sifnos گندم بررسی شد (کاوالیراتوس و همکاران[2]، ۲۰۱۰).

گونه‌های مختلف حشرات حساسیت متفاوتی نسبت به خاک دیاتومه از خود نشان می‌دهند. فیلدز و کرونیک[3] (۲۰۰۰) گونه‌های شپشه آرد (*Tribolium* spp.)، را مقاوم‌ترین گونه از سخت بالپوشان انباری به خاک دیاتومه گزارش کرده اند.

شپشه آرد *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. (Coleoptera: Tenebrionidae)، با نام عمومی confused flour beetle از آفات ثانویه محسوب می‌شود که گسترش جهانی داشته و همه چیز خوار است. حشرات کامل و لارو از غلات، فراورده‌های غلات، آرد، خشکبار، مواد آجیلی، ادویه جات و برخی حبوبات تغذیه می‌کنند. طول عمر حشرات کامل حدود ۶ ماه بوده و تا ۳ سال نیز زنده می‌مانند (ریز[4]، ۲۰۰۷).

خاک‌های دیاتومه منشاء طبیعی داشته، برجا نگذاشتن باقی مانده در محصول و سمیت کمی روی پستانداران دارند و همچنین به دلیل کاربرد آسان آن‌ها در ترکیب با محصول به عنوان جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی محسوب می‌شوند (آتاناسیو و همکاران، ۲۰۰۸؛ کرونیک، ۱۹۹۸).

به دلیل اهمیت کنترل آفات انباری به ویژه شپشه آرد، هدف این مطالعه بررسی اثر سه فرمولاسیون ثبت شده خاک دیاتومه در حفاظت سه رقم چمران، ورناک، و بهرنگ گندم در برابر حشرات کامل شپشه آرد است.

مواد و روش‌ها

حشرات مورد آزمایش

حشرات کامل شپشه آرد، از آرد آلوده جداسازی شدند و پس از شناسایی گونه اقدام به پرورش انبوه آن‌ها گردید. بعد از سه نسل خالص‌سازی، حشرات کامل در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. پرورش حشرات کامل شپشه آرد روی محیط غذایی شامل ۹۵ درصد آرد گندم و ۵ درصد مخمر صورت گرفت. پرورش و آزمایشات در انکوباتور دانشگاه شهید چمران اهواز واقع در آزمایشگاه حشره شناسی شماره ۳ در دی ماه سال ۹۲ انجام شد. کلیه مراحل در دمای ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و تاریکی انجام شد. در همه آزمایش‌ها حشرات کامل ۷ تا ۱۴ روزه، بدون در نظر گرفتن جنس حشره، مورد استفاده قرار گرفتند.

گندم

بذر گواهی شده‌ی گندم رقم‌های ورناک، بهرنگ و چمران از مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول تهیه گردید. گندم به مدت ۴۸ ساعت در فریزر در دمای ۲۴- درجه سلسیوس نگهداری شد. در زمان انجام آزمایش‌ها، به منظور تعدیل رطوبت گندم با رطوبت نسبی مورد نیاز، دانه‌های گندم در پتری دیش‌های شیشه‌ای به قطر ۳۰ سانتی متر ریخته شد و به مدت یک هفته در ژرمیناتور تنظیم شده در دمای ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد نگهداری شد. به منظور اندازه گیری رطوبت گندم، ۱۰ گرم گندم آسیاب و در آون در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت گذاشته شد تا خشک شود. مقدار رطوبت گندم حدود ۱۲ درصد به دست آمد که طبق روش پیکستون و واربورتون[5] (۱۹۷۱) معادل رطوبت نسبی ۵۵ درصد می‌باشد. با توجه به این که شپشه آرد

1- Ziaee *et al.*
2- Kavallieratos *et al.*
3- Fields & Korunic
4- Rees
5- Pixton & Warburton

www.SID.ir

Archive of SID

آفت درجه دو[1] می‌باشد، آفات درجه دو قادر به تغذیه از دانه کامل نبوده و فقط از دانه‌های خرد شده و شکسته تغذیه می‌کنند. لذا آزمایش‌ها روی گندم کامل و خرد شده به نسبت ۹ به ۱ صورت گرفت تا حشرات کامل دسترسی به غذا داشته باشند.

خاک دیاتومه

فرمولاسیون Insecto® (Natural Insects products, Inc., North Eckhoff Street, Orange, CA, 92668, USA) دارای منشا دریایی است. این فرمولاسیون از ۱۰ درصد طعمه غذایی، ۸۷ درصد SiO_2، ۳ درصد Al_2O_3، ۱ درصد Fe_2O_3 و کمتر از ۱ درصد CaO، MgO، TiO_3، P_2O_3 تشکیل شده است. میانگین اندازه ذرات Insecto® حدود ۸/۲ میکرومتر گزارش شده است (سوبرامانیام و همکاران[2]، ۱۹۹۴).

فرمولاسیون SilicoSec® (Biofa GmbH, Münsingen, Germany) با منشا آب شیرین بوده و از ۹۲ درصد SiO_2، ۳ درصد Al_2O_3، ۱ درصد Fe_2O_3، و ۱ درصد Na_2O تشکیل شده است. میانگین اندازه ذرات SilicoSec® بین ۸ تا ۱۲ میکرومتر گزارش شده است (ضیائی و خشاوه[3]، ۲۰۰۷).

فرمولاسیون Pyrisec® (Biofa GmbH, Münsingen, Germany) با میانگین اندازه ذرات بین ۸ تا ۱۲ میکرومتر، دارای منشا آب شیرین بوده و حاوی ۱/۲ درصد پیرتروم طبیعی، ۳/۱ درصد پی پرونیل بوتوکساید[4]، و ۹۵/۷ درصد SilicoSec® است (آتاناسیو و همکاران، ۲۰۰۸).

زیست سنجی اثر حشره‌کشی فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه روی رقم‌های مختلف گندم

به منظور تعیین اثر حشره‌کشی خاک‌های دیاتومه، ۲۰ گرم دانه گندم، هر رقم به طور جداگانه، در شیشه‌های آزمایش ریخته شد و با دُزهای ۳۰۰، ۶۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه تیمار گردید. شیشه‌ها به مدت ۵ دقیقه با دست تکان داده شدند. سپس، ۲۰ عدد حشره کامل ۷ تا ۱۴ روزه جداگانه داخل شیشه‌ها رهاسازی شد. آزمایش‌ها در پنج تکرار انجام گرفت. در شیشه‌ها با توری پوشانده شد و در دمای ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و تاریکی قرار داده شدند (آتاناسیو و همکاران، ۲۰۰۵). تلفات حشرات کامل ۲، ۵، ۸، ۱۱ و ۱۵ روز پس از تیمار شمارش شد. در صورتی که پا و شاخک حشرات در اثر تحریک با قلم مو تحرکی از خود نشان ندادند حشرات به عنوان مرده تلقی شدند.

تعیین دُز کشندگی خاک دیاتومه

آزمایش‌های مقدماتی به منظور تعیین دُزهای اصلی با فاصله‌های لگاریتمی که باعث ایجاد تلفات بین ۲۰ تا ۸۰ درصد شوند طراحی شد (رابرتسون و همکاران[5]، ۲۰۰۷). برای هر نمونه خاک دیاتومه پنج دُز تعیین شد. دُزهای مورد استفاده در جدول ۱ نمایش داده شده است. دانه‌های گندم با دُزهای مختلف نمونه‌های خاک دیاتومه تیمار شد و ۲۰ عدد حشره کامل ۷ تا ۱۴ روزه در هر شیشه رهاسازی گردید. شرایط آزمایش مشابه آزمایش بالا بود. مقادیر LD_{50} نمونه‌های خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد ۷ روز پس از تیمار تعیین گردید.

تجزیه آماری داده‌ها

در آزمایش مربوط به مقایسه میانگین داده‌ها، مرگ و میر در شاهد مشاهده نشد از این رو نیاز به اصلاح داده‌ها با استفاده از فرمول آبوت وجود نداشت. در صورت نرمال نبودن داده‌ها تغییر شکل داده‌ها با $\sqrt{x}$ Arcsin صورت گرفت ولی داده‌های تغییر شکل نیافته در نمودارها نشان داده شد. تجزیه واریانس داده‌ها با طرح کامل تصادفی و مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون توکی[6] در سطح احتمال آماری ۵ درصد با نرم افزار SPSS 16 انجام شد. مقادیر LD_{50} به روش پرویت (فینی[7]، ۱۹۷۱) و توسط نرم افزار SPSS 16 تعیین شدند (اس پی اس اس[8]، ۲۰۰۷).

1- Secondary pest
2- Subramanyam *et al.*
3- Ziaee & Khashaveh
4- Piperonyl Butoxide (PBO)
5- Robertson *et al.*
6- Tukey's test
7- Finney
8- SPSS

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- دُزهای اصلی به منظور تعیین $LC_{۵۰}$ فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۷ روز پس از تیمار

خاک دیاتومه	رقم	دُز (میلی گرم بر کیلوگرم)			
Insecto	بهرنگ	۱۵۰	۲۲۵	۳۴۰	۵۲۵	۸۰۰
	چمران	۳۵۰	۴۷۵	۶۴۰	۸۷۰	۱۲۰۰
	ورِیناک	۴۰۰	۵۵۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰
SilicoSec	بهرنگ	۱۵۰	۲۰۰	۲۷۵	۳۷۵	۵۰۰
	چمران	۳۰۰	۴۰۰	۵۵۰	۷۰۰	۱۰۰۰
	ورِیناک	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۵	۸۰۰
Pyrisec	بهرنگ	۱۰۰	۱۵۰	۲۲۵	۳۵۰	۵۰۰
	چمران	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۲۵	۶۰۰
	ورِیناک	۱۵۰	۲۰۰	۲۷۵	۳۷۵	۵۰۰

نتایج و بحث

نتایج نشان داد با افزایش دُز، درصد تلفات حشرات کامل نیز افزایش یافت (جدول ۲-۶). پس از ۲ روز ($F_{44,180}$ =۱۵۲/۰۵، P <۰/۰۰۱؛ جدول ۲) و ۵ روز ($F_{44,180}$ =۱۹۰/۳۸، P <۰/۰۰۱؛ جدول ۳) بین تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده شد. آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر حشره کشی SilicoSec® روی حشرات کامل *T. confusum*، بیان کردند با افزایش دُز دیاتومه از ۲۵۰ به ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم درصد تلفات افزایش یافت و بیشترین تلفات در دُزهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۷ روز پس از تیمار مشاهده شد و بین این دو دُز اختلاف معنی داری وجود نداشت. در تحقیق حاضر، ۸ روز پس از تیمار بین دُزهای ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ($F_{44,180}$ =۱۱۶/۱۶، P <۰/۰۰۱؛ جدول ۴) و پس از گذشت ۱۱ ($F_{44,180}$ =۶۵/۱۷، P <۰/۰۰۱؛ جدول ۵) و ۱۵ روز ($F_{44,180}$ =۴۲/۰۰، P <۰/۰۰۱؛ جدول ۶)، بین دُزهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم تفاوت معنی داری وجود نداشت. هر چند در بین بقیه تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی داری مشاهده شد. ضیائی و محرمی پور[1] (۲۰۱۲) بیان کردند دُزهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از فرمولاسیون SilicoSec® در حفاظت رقم پیشتاز مادری باعث تلفات ۱۰۰ درصدی روی حشرات کامل *T. confusum*، ۷ روز پس از تیمار شدند. با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه مقادیر $LD_{۵۰}$ در بیشتر موارد PyriSec® موثرترین و Insecto® کم اثرتر بود. مطالعات آتاناسیو و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد در دُز ۷۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۷ روز پس از تیمار، فرمولاسیون Insecto® باعث ۱۶ درصد و PyriSec® ۳۹ درصد تلفات در حشرات کامل *T. confusum* روی رقم Mexa گندم ایجاد کرد که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند.

آلدرهیم (۱۹۹۳) بیان کرد که اثر گرد سیلیکا تحت تاثیر رقم گندم قرار می‌گیرد. کرونیک (۱۹۹۸) نیز بیان کرد که عملکرد خاک دیاتومه تحت تاثیر میزان چسبندگی ذرات آن به سطح دانه-ها قرار می‌گیرد و با افزایش درصد چسبندگی ذرات خاک دیاتومه به دانه‌ها فعالیت حشره‌کشی آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این توانایی حفاظتی خاک دیاتومه به نوع دانه، رقم دانه، محتوی چربی دانه، نوع خاک دیاتومه، اندازه‌ی ذرات، دُز مورد استفاده و غیره بستگی دارد.

1- Ziaee & Moharramipour

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اثر فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۲ روز پس از تیمار

		دُز (میلی گرم بر کیلوگرم)				
فرمولاسیون	رقم گندم	۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
Insecto		۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۳±۲/۰jk	۵±۲/۲ijk	۷±۱/۲hijk
SilicoSec	چمران	۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۱۲±۲/۰ghij	۲۲±۱/۲fg	۳۹±۲/۴cd
PyriSec		۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۱۵±۳/۱fghi	۳۸±۱/۲d	۸۱±۲/۴a
Insecto		۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۲±۱/۲jk	۶±۱/۸hijk
SilicoSec	ورناک	۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۱۵±۳/۱fghi	۱۷±۱/۲fgh	۵۴±۲/۹b
PyriSec		۰±۰/۰k	۸±۱/۲hijk	۱۵±۲/۲fghi	۳۵±۳/۱de	۸۶±۱/۸a
Insecto		۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۰±۰/۰k	۳±۱/۲jk	۵±۰/۰ijk
SilicoSec	بهرنگ	۰±۰/۰k	۱۷±۱/۲fgh	۲۱±۴/۵fg	۲۴±۲/۹ef	۵۲±۲/۰b
PyriSec		۰±۰/۰k	۱۷±۳/۳fgh	۵۰±۴/۱bc	۵۱±۴/۸b	۸۶±۱/۰a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey's test اختلاف معنی داری ندارند.

کاوالیراتوس و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر سه فرمولاسیون روی سه رقم متفاوت گندم اظهار داشتند اثر دیاتومه روی رقم‌ها متفاوت بود. به طوری که دُز ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم SilicoSec®، ۷ روز پس از تیمار به ترتیب باعث ۹۷، ۸۷ و ۵۳ درصد تلفات روی حشرات کامل *T. confusum* در واریته‌های Athos، Sifnos و Pontos شد. در مورد فرمولاسیون Insecto®، درصد تلفات مشاهده شده در واریته‌های مذکور به ترتیب ۷۱، ۵۱ و ۱۹ درصد بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد عملکرد فرمولاسیون‌های دیاتومه روی رقم بهرنگ بیشتر بود و بین رقم‌های چمران و ورناک اختلاف معنی داری مشاهده نشد. به عنوان مثال مقادیر LD_{50} مربوط به فرمولاسیون SilicoSec® پس از ۷ روز روی بهرنگ، چمران، و ورناک به ترتیب ۲۶۸، ۵۵۸، و ۵۱۹ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۷).

اندازه ذرات نیز تاثیر بسزایی در عملکرد خاک‌های دیاتومه دارد. ویاس و همکاران[1] (۲۰۰۹) اثر حشره‌کشی خاک‌های دیاتومه جنوب شرقی اروپا با سه اندازه ذرات (کمتر از ۴۵ میکرومتر، ۴۵-۱۵۰ میکرومتر و ۰-۱۵۰ میکرومتر) را روی حشرات کامل *S. oryzae*، *R. dominica* و *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند خاک‌های دیاتومه با اندازه ذرات کمتر از ۴۵ میکرومتر به طور معنی داری بیشترین اثر حشره کشی را داشتند. بنابراین، اثر حشره-کشی مطلوب فرمولاسیون‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند به دلیل کوچک بودن اندازه ذرات باشد. علاوه بر اندازه ذرات، منشا و زیستگاه خاک دیاتومه نیز روی توانایی حشره کشی آن تاثیر گذار است.

فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه با منشا دریایی توانایی حشره‌کشی کمتری نسبت به فرمولاسیون‌های با منشا آب شیرین دارند (مک لافلین[2]، ۱۹۹۴). در پژوهش صورت گرفته گرفته فرمولاسیون Insecto®خاک دیاتومه دارای منشا دریایی بوده و منشا فرمولاسیون SilicoSec® و Pyrisec® آب شیرین است. از این رو، دریایی بودن منشا فرمولاسیون می‌تواند دلیلی برای ضعیف‌تر عمل کردن آن باشد.

1- Vayias et al.

2- McLaughlin

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اثر فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۵ روز پس از تیمار

فرمولاسیون	رقم گندم	دُز (میلی گرم بر کیلوگرم) ۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
Insecto		۰±۰/۰l	۷±۲/۵kl	۲۰±۳/۵ijk	۲۳±۱/۲ij	۴۴±۲/۴gh
SilicoSec	چمران	۱±۱/۰l	۵±۱/۵kl	۵۵±۲/۲efg	۸۳±۲/۰bc	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۲۴±۴/۵ij	۳۱±۵/۵hi	۹۱±۲/۹abc	۹۸±۱/۲ab	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۰±۰/۰l	۰±۰/۰l	۱۲±۲/۵jkl	۲۵±۲/۲ij	۶۲±۵/۶def
SilicoSec	ورناک	۳±۲/۰l	۵±۱/۵kl	۶۶±۴/۵de	۸۳±۲/۵bc	۹۷±۲/۰ab
PyriSec		۲۴±۲/۹ij	۵۹±۴/۸efg	۹۰±۴/۱abc	۹۵±۳/۱ab	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۲±۱/۲l	۱۳±۲/۵jkl	۳۰±۲/۷hi	۵۰±۳/۱fg	۶۴±۱/۸def
SilicoSec	بهرنگ	۳۳±۲/۰hi	۶۴±۲/۴def	۷۷±۱/۲cd	۸۵±۲/۷abc	۹۷±۲/۰ab
PyriSec		۳۱±۱/۸hi	۶۶±۲/۹de	۹۴±۳/۶ab	۹۸±۱/۲ab	۱۰۰±۰/۰a

میانگین‌ها با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey's test اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ٤- اثر فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۸ روز پس از تیمار

فرمولاسیون	رقم گندم	دُز (میلی گرم بر کیلوگرم) ۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
Insecto		۱۳±۲/۰j	۴۳±۲/۵i	۶۷±۴/۰fg	۸۹±۲/۹abcd	۹۵±۲/۷ab
SilicoSec	چمران	۱۳±۲/۰j	۴۵±۲/۲hi	۸۴±۱/۸bcde	۹۵±۲/۲ab	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۶۵±۴/۷fg	۵۸±۴/۰gh	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۱۶±۴/۰j	۱۷±۲/۵j	۷۱±۲/۴efg	۹۱±۴/۰abc	۹۱±۳/۶abc
SilicoSec	ورناک	۲۳±۲/۰j	۴۷±۲/۰hi	۹۱±۲/۹abc	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۶۵±۵/۴fg	۷۴±۲/۹ef	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۵۸±۴/۰gh	۷۶±۳/۳def	۸۴±۴/۸bcde	۹۳±۲/۰abc	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec	بهرنگ	۶۸±۲/۰fg	۸۳±۲/۰bcde	۹۷±۲/۰ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۶۵±۲/۲fg	۷۹±۲/۴cdef	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a

میانگین‌ها با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey's test اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۵- اثر فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۱۱ روز پس از تیمار

فرمولاسیون	رقم گندم	دُز (میلی گرم بر کیلوگرم) ۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
Insecto		۳۸±۲/۵i	۷۴±۴/۰ef	۹۶±۱/۸ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec	چمران	۵۱±۴/۳h	۸۶±۴/۰bcde	۹۸±۱/۲ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۸۰±۴/۱	۸۸±۳/۳abcd	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۳۰±۳/۱i	۷۰±۳/۱f	۹۵±۳/۱ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec	ورناک	۵۷±۳/۰gh	۶۹±۴/۰fg	۹۸±۱/۲ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۷۸±۳/۰def	۹۲±۲/۵abc	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto		۷۴±۲/۹ef	۹۰±۴/۱abcd	۹۶±۱/۸ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec	بهرنگ	۸۱±۱/۸cdef	۹۵±۱/۵ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۸۶±۱/۸bcde	۹۶±۱/۸ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a

میانگین‌ها با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey's test اختلاف معنی داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- اثر فرمولاسیون‌های تجارتی خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، ۱۵ روز پس از تیمار

فرمولاسیون	رقم گندم	دُز (میلی گرم بر کیلوگرم) ۳۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
Insecto	چمران	۶۴±۱/۸c	۹۳±۳/۰ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec		۷۱±۴/۳c	۹۶±۱/۸ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۹۱±۴/۵ab	۹۷±۲/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto	ورناک	۵۲±۱/۲d	۸۷±۱/۲b	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec		۷۲±۳/۳c	۹۱±۲/۹ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۹۲±۳/۳ab	۹۷±۲/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
Insecto	بهرنگ	۹۳±۳/۳ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
SilicoSec		۹۱±۱/۸ab	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a
PyriSec		۹۷±۲/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a	۱۰۰±۰/۰a

میانگین‌ها با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey's test اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۷- دُزهای $LD_{۵۰}$ فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه روی مرگ و میر حشرات کامل *T. confusum*، ۷ روز پس از تیمار

خاک دیاتومه	رقم	شیب خط	$LD_{۵۰}$ (mg/kg)	حدود اطمینان (۹۵٪) پایین	بالا	χ^2	*P* value
Insecto	بهرنگ	۲/۵	۳۴۹	۳۱۲	۳۹۰	۰/۶۸	۰/۸۷
	چمران	۳/۳	۷۴۶	۶۳۱	۶۸۵	۰/۱۲	۰/۹۸
	ورناک	۳/۲	۷۸۴	۷۲۲	۸۵۴	۰/۱۱	۰/۹۹
SilicoSec	بهرنگ	۳/۳	۲۶۸	۲۴۷	۲۹۲	۰/۱۴	۰/۹۸
	چمران	۳/۸	۵۵۸	۵۱۹	۶۰۱	۰/۱۴	۰/۹۸
	ورناک	۴/۱	۵۱۹	۴۸۶	۵۵۵	۰/۰۵	۰/۹۹
Pyrisec	بهرنگ	۲/۷	۲۳۱	۲۰۸	۲۵۶	۰/۲۰	۰/۹۷
	چمران	۲/۹	۳۳۰	۳۰۱	۳۶۴	۰/۰۱	۱/۰
	ورناک	۳/۰	۲۸۰	۲۵۶	۳۰۶	۰/۲۶	۰/۹۶

نتیجه گیری نهایی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که فرمولاسیون Pyrisec® خاک دیاتومه به عنوان نگهدارنده مناسب گندم بعد از ذخیره سازی آن‌ها قابل استفاده می‌باشد. هرچند مطالعات بیشتری برای تایید این موضوع مورد نیاز است، تلفیق خاک دیاتومه با سایر مواد و یا تاکتیک‌های کم خطر در قالب برنامه مدیریت تلفیقی آفات نیز توصیه می‌شود.

سپاس‌گزاری

از دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تامین هزینه اجرای این طرح از محل اعتبارات پژوهانه واحد پژوهشی دانشگاه کمال تقدیر و تشکر را داریم.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Aldryhim, Y.N. 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, 29:271-275.

2. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., and Meletsis, C.M. 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, 43:330-334.

3. Athanassiou, C.G., Kavallieratos. N.G., Tsaganou, F.C., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., and Buchelos, C.T. 2003. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Crop Protection, 22:1141-1147.

4. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Vayias, B.J., and Panoussakis, E.C. 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, 44:279-284.

5. Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Kavallieratos, 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 exposure interval. Journal of Stored Products Research, 41:47-55.

6. Ebeling, W. 1971. Sorptive dusts for pest control. Annual Review of Entomology, 16:123-158.

7. 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.

8. Finney, D.J., 1971. Probit Analysis, third ed. Cambridge University Press, London.

9. Golob, P. 1997. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. Journal of Stored Products Research, 33: 69-79.

10. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Kotzamanidis, S., and Synodis, S.D. 2010. Efficacy and adherence ratio of diatomaceous earth and spinosad in three wheat varieties against three stored-product insect pests. Journal of Stored Products Research, 46:73-80.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34:87-97.

12. McLaughlin, A. 1994. Laboratory trials on desiccant dust insecticides. In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection. Ed. by Highley E, Wright EJ, B HJ, B Champ, CAB. Wallingford, Canberra, Australia, pp. 638-645.

13. Pixton, S.W, and Warburton, S. 1971. Moisture content/relative humidity equilibrium of some cereal grains at different temperatures. Journal of Stored Products Research, 6:283-293.

14. Rees, D. 2007. Insects of stored grain: a pocket reference. Second ed. Australia: CSIRO Publishing. 81 pp.

15. Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., and Savin, N.E. 2007. Bioassays With Arthropods. Second ed. Boca Raton: CRC Press. 224 pp.

16. SPSS. 2007. SPSS 16 for Windows User's Guide Release. Chicago Spss Inc.

17. Subramanyam, B.h., Swanson, C.L., Madamanchi, N., and Norwood, S. 1994. Effectiveness of Insecto®, a new diatomaceous earth formulation, in suppressing several stored-grain insect species. In: Highley E, Wright EJ, HJ B, Champ B, editors. Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection. Canberra, Australia. p. 650-659.

18. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Korunic, Z., and Rozman, V. 2009. Evaluation of natural diatomaceous earth deposits from south-eastern Europe for stored-grain protection: the effect of particle size. Pest Managment Science, 65: 1118-1123.

19. Ziaee, M., and Khashaveh, A. 2007. Effect of five diatomaceous earth formulations against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). Insect Science, 14:359-365.

20. Ziaee, M., and Moharramipour, S. 2012. Efficacy of Iranian diatomaceous earth deposits against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Asia-Pacific Entomology, 15: 547-553.

21. Ziaee, M., Nikpay, A., and Khashaveh, A. 2007. Effect of oilseed type on the efficacy of five diatomaceous earth formulations against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Pest Science, 80:199-204.

www.SID.ir