

اثر خاک دیاتومه ایران روی شپشه‌آرد، *Tribolium confusum* Duval (Col., Tenebrionidae) در شرایط آزمایشگاهی

فرحناز سادات گلستان هاشمی^۱، حسین فرازمنند^{۲*}، جواد کریم‌زاده اصفهانی^۳، عارف معروف^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک
۲- به ترتیب استادیار و مربی، بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران
۳- استادیار، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان

چکیده

خاک دیاتومه یکی از ترکیبات معدنی و جایگزین مناسب برای کنترل آفات انباری می‌باشد. بررسی‌های آزمایشگاهی به منظور ارزیابی اثر حشره‌کشی فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (سایان[®]) روی حشرات کامل شپشه‌آرد، *Tribolium confusum* Duval، در دمای 27 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 55 ± 5 درصد در تاریکی صورت گرفت. دامنه غلظت‌های خاک دیاتومه برای زیست‌سنجی شامل ۵۰، ۸۰، ۱۲۶، ۲۰۰ و ۳۱۵ و برای مقایسه میزان ظهور حشرات کامل شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۸۰، ۱۲۶، ۲۰۰، ۳۱۵ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام بودند که هر کدام در هشت تکرار انجام گرفت. بعد از گذشت ۱۴ روز غلظت ۳۱۵ پی‌پی‌ام اثر قابل قبولی از خود نشان داد. مقدار LC_{50} فرمولاسیون فوق برای حشرات کامل *T. confusum* در این مدت ۱۸۳/۳ پی‌پی‌ام برآورد گردید. مقایسه بین گندم‌های تیمار نشده و تیمار شده با خاک دیاتومه از نظر تولید نتاج نشان داد که خاک دیاتومه موجب کنترل حشرات تازه ظاهر شده می‌گردد، به طوری که ظهور حشرات کامل در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام در مقایسه با شاهد حدود ۵ برابر کاهش یافت. میزان پایداری خاک دیاتومه ثابت بوده، به طوری که با گذشت زمان، میزان کارایی آن کاهش نمی‌یابد. لذا از فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (سایان[®]) می‌توان به‌عنوان محافظ مناسب غلات در برابر حشرات کامل شپشه‌آرد استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: شپشه‌آرد، خاک دیاتومه، ایران، کنترل آفت

مقدمه

شپشه‌آرد، *Tribolium confusum* Duval (Col., Tenebrionidae)، یکی از مهمترین آفات محصولات انباری می‌باشد. این آفت بیشتر در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خسارت قابل توجهی وارد می‌نماید (Hollingsworth et al., 2002)

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: farazmand@entomology.ir
تاریخ دریافت مقاله (۸۹/۷/۲۴) - تاریخ پذیرش مقاله (۸۹/۱۲/۱۲)

(Songa & Reno, 1998). این حشرات به دلیل توان تولیدمثلی بالا، محصول انباری را با مدفوع و پوسته‌های لاروی خود آلوده کرده و از مرغوبیت آن به شدت می‌کاهند. همچنین حشرات کامل و لاروها از دانه‌های شکسته غلات نیز تغذیه می‌کنند (Bagheri-Zenouz, 1995).

یکی از متداول‌ترین روش‌های کنترل آفات انباری استفاده از ترکیبات تدخینی متیل بروماید و فسفین می‌باشد. مصرف این سموم تدخینی به دلیل سمیت فوق‌العاده روی انسان و سایر عوارض آن، در حال محدود شدن می‌باشد (Bell & Wilson, 1995; Daghli & Collins, 1999). با توجه به اثر نامطلوب متیل بروماید روی لایه ازن، مصرف آن فقط تا سال ۲۰۱۵ مجاز می‌باشد (Makhijani & Gurney, 1995). علاوه بر این مقاومت آفات انباری نسبت به سم فسفین گزارش شده است (Chaudhry, 2000).

امروزه تحقیقات گسترده‌ای به منظور استفاده از ترکیبات جدید که خطرات زیست‌محیطی کمتری داشته باشند، جهت کنترل آفات انباری در حال انجام است (Arnaud *et al.*, 2005). به علاوه، روش‌های دیگر کنترل مانند کاربرد پودرهای معدنی، کنترل بیولوژیکی و آفت‌کش‌های گیاهی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند (Thomson *et al.*, 2000). خاک دیاتومه¹ (DE)، به عنوان یک جایگزین برای حشره‌کش‌های شیمیایی و فومیگانت‌ها به طور روز افزون در طول سالیان گذشته استفاده شده و به عنوان یک جز ضروری مدیریت تلفیقی آفات در محصولات انباری تشخیص داده شده است (Korunic, 1999). خاک دیاتومه ریشه طبیعی دارد و شامل فسیل اسکلت دیاتوم هاست (Subramanyam & Roesli, 2000). خاک دیاتومه، یک سنگ رسوبی متخلخل سبک وزن متشکل از باقیمانده سیلیس‌های ما قبل تاریخ می‌باشد (Round *et al.*, 1990). دیاتومه‌ها شامل موجودات میکروسکوپی، جلبک‌های تک‌سلولی و آبی-گیاهی با پوسته نرم متشکل از سیلیکات هیدراته شده بی‌شکل می‌باشند (Ross, 1981). این ترکیبات پودری از طریق تماس با کوتیکول، موم لایه اپی کوتیکول حشرات را از بین برده و به دلیل از دست رفتن آب بدن، منجر به مرگ حشرات می‌شوند (Ebeling, 1971). البته عوامل مختلفی از قبیل رطوبت نسبی، دما، منبع خاک معدنی دیاتومه، گونه حشره، مرحله زندگی حشره، سوش حشره، دانه و تراکم آفت، می‌توانند روی کارایی DE اثر بگذارند. سمیت پایین DE برای پستانداران، کاربرد آن را برای کاربران آسان کرده است (Fields *et al.*, 2002)، و از دیگر مزایای آن، ایجاد حفاظت طولانی مدت محصولات می-باشد (White *et al.*, 1975). همچنین DE برخلاف تدخین کننده‌ها به عنوان یک ماده پیشگیری به کار برده شده و آزمون‌ها نشان داده‌اند که DE تاثیری بر کیفیت استفاده نهایی ندارد (Desmarchelier & Dines, 1987). مزایا و محدودیت‌های استفاده از خاک دیاتومه برای محافظت از محصولات انباری در مقابل آفات انباری بیان شده است (Fields, 1998). تاکنون تعداد زیادی از فرمولاسیون‌های خاک دیاتومه به عنوان محافظت کننده‌های غلات در برابر آفات انباری موثر بوده‌اند و در نتیجه بسیاری از آن‌ها اکنون به صورت تجاری در بسیاری از نقاط دنیا موجود هستند (Korunic, 1998).

بررسی تاثیر فرمولاسیون SilicoSec[®] خاک دیاتومه برای کنترل *Sitophilus oryzae* L. (Col., Curculionidae)، نشان داد که غلظت ۱۲۵ ppm، بعد از ۱۴ و ۲۱ روز، موجب ایجاد تلفات ۹۹ و ۱۰۰ درصد می‌گردد (Wakil & Shabbir, 2005). علاوه بر این بررسی سمیت فرمولاسیون Protect-It[®] خاک دیاتومه روی دو گونه سوسک انباری *T. confusum* و *Tribolium castaneum* (Herbst) نشان داد که مرگ و میر حشرات کامل *T. confusum* کمتر از مرگ و میر حشرات کامل *T. castaneum* می‌باشد (Arthur, 2000).

1- Diatomaceous Earth (DE)

مقایسه فرمولاسیون‌های مختلف تجاری خاک دیاتومه روی چند جمعیت شپشه‌آرد، *T. castaneum*، نشان داد که دو فرمولاسیون *Protect-It*[®] و *Perma-Guard*[®] به ترتیب موثرترین و کم اثرترین فرمولاسیون خاک دیاتومه جهت کنترل جمعیت‌های شپشه‌آرد بودند (Arnaud et al., 2005).

مطالعه اثر دما روی سمیت فرمولاسیون *SilicoSec*[®] خاک دیاتومه، بر روی حشرات کامل *Rhyzoprththa dominica* F. (Col., Bostrychidae) و *T. castaneum* نشان داد که مرگ و میر اولیه هر دو گونه به‌طور معنی‌داری در دماهای بالاتر ۲۷ و ۳۲ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد (Ziaee et al., 2006).

در این تحقیق، تاثیر حشره‌کشی غلظت‌های مختلف فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (*Sayan*[®]) بر روی حشرات کامل شپشه‌آرد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات: حشرات مورد استفاده در این تحقیق که شامل حشرات کامل *T. confusum* بود، از موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شد و روی جیره غذایی آرد گندم سبوس‌دار به اضافه مخمر جو (خمیر مایه) با نسبت ۱۲:۱ در شرایط دمایی 27 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $5 \pm 55\%$ و در تاریکی پیوسته پرورش یافتند.

فرمولاسیون خاک دیاتومه مورد استفاده در این تحقیق، حشره‌کش سایان[®]، خاک دیاتومه ایران، با فرمولاسیون پودری (Dust)، تولید شرکت کیمیا سبزآر ایران بود که ماده موثر آن، خاک معدنی دیاتومه و حاوی 80% سیلیکا (سیلیکون دی اکسید) می‌باشد. شکل ظاهری DE به‌صورت پودر نرم و به‌رنگ کرم یا طوسی روشن است. دانه‌بندی ذرات کمتر از $50\ \mu\text{m}$ و وزن مخصوص آن $0.5 - 0.6\ \text{g/ml}$ می‌باشد.

آزمایش زیست‌سنجی: جهت محاسبه LC_{50} پس از انجام آزمون مقدماتی و به منظور تعیین غلظت حداقل و حداکثر، پنج غلظت خاک دیاتومه شامل ۵۰، ۸۰، ۱۲۶، ۲۰۰ و ۳۱۵ پی‌پی‌ام (میلی‌گرم از DE بر کیلوگرم گندم)، به همراه تیمار شاهد انتخاب گردید. آزمایش با هشت تکرار انجام شد و هر تکرار شامل ده عدد حشره کامل پنج تا شش روز شپشه‌آرد (مخلوط نر و ماده) بود. آزمایش در ظروف کوچک $100\ \text{mL}$ لیتری انجام شد. در هر ظرف مقدار $50\ \text{g}$ گرم از مخلوط گندم (رقم قدس با رطوبت 12%) با غلظت موردنظر خاک دیاتومه به همراه حشرات کامل شپشه‌آرد قرار گرفت. سپس ظروف در دستگاه انکوباتور در دمای 27 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $5 \pm 55\%$ و تاریکی مطلق قرار گرفته و بعد از زمان‌های ۷ و ۱۴ روز، میزان مرگ و میر حشرات ثبت گردید.

تعیین کاهش نتاج شپشه آرد در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه: به منظور بررسی مقایسه توانایی تولید نسل حشرات کامل شپشه‌آرد در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه، این آزمایش با شش غلظت خاک دیاتومه (۵۰، ۸۰، ۱۲۶، ۲۰۰، ۳۱۵ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) به همراه شاهد و در هشت تکرار انجام شد. جهت انجام این آزمایش، از بلغور گندم (گندم خرد شده) استفاده شد. جهت آزمایش، تعداد ده عدد حشره کامل پنج تا شش روز در ظروف با بلغور گندم تیمار شده رهاسازی و پس از گذشت ۱۲ روز، حشرات کامل از تمامی ظروف خارج شدند. سپس ظروف حاوی بلغور گندم تیمار شده به مدت ۳۰ روز در انکوباتور نگهداری شدند. پس از مشاهده اولین ظهور حشره کامل در ظروف، تعداد حشرات بالغ

نسل جدید در هر ظرف، به مدت ۲۵ روز شمارش گردید. به منظور برآورد میزان کاهش نتاج از رابطه زیر استفاده گردید (Aldryhim, 1990).

$$۱۰۰ \times [\text{تعداد نتاج حاصل در شاهد} / (\text{تعداد نتاج حاصل در تیمار} - \text{تعداد نتاج حاصل در شاهد})] = \text{درصد کاهش تولید نتاج}$$

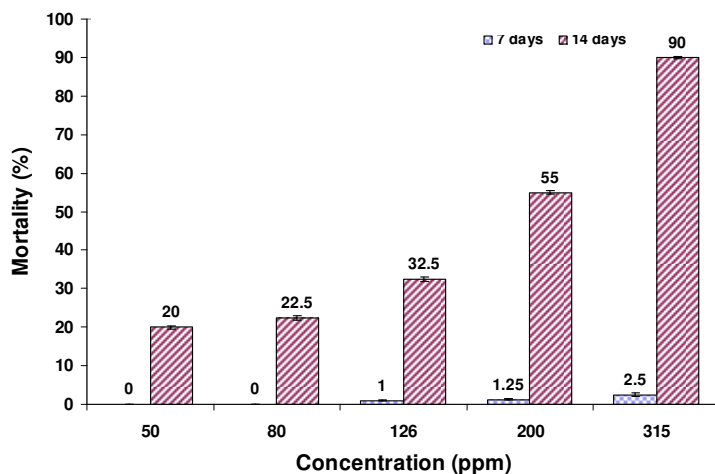
بررسی پایداری خاک دیاتومه ایران جهت کنترل شپشه‌آرد: بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های قبل، غلظت‌های ۲۰۰، ۳۱۵ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام خاک دیاتومه انتخاب گردید. مقدار ۲ کیلوگرم گندم از هر غلظت مشخص شده با خاک دیاتومه تیمار و به‌فواصل زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ روز نگهداری شد، جهت آزمایش در هر ظرف مقدار ۵۰ گرم از مخلوط گندم تیمار شده با غلظت موردنظر خاک دیات

ومه در فواصل زمانی مختلف به همراه ده عدد حشره کامل پنج تا شش روز شپشه‌آرد، در هشت تکرار، قرار گرفت. سپس ظروف در دستگاه انکوباتور در دمای 27 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $55 \pm 5\%$ و تاریکی مطلق قرار گرفته و بعد از زمان‌های ۲، ۴، ۷ و ۱۴ روز، میزان مرگ و میر حشرات ثبت گردید.

تجزیه داده‌ها: محاسبه پروبیت درصد تلفات و معادله خط رگرسیون برای تعیین LC_{50} با استفاده از نرم‌افزار StatsDirect (version 2.7.2) انجام شد. همچنین نتایج حاصل از آزمایش‌های تعیین میزان ظهور حشرات کامل شپشه‌آرد و تعیین پایداری خاک دیاتومه، با کمک نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت خاک دیاتومه، میزان تلفات حشرات کامل شپشه‌آرد نیز افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که بعد از ۱۴ روز، کمترین میزان تلفات در غلظت ۵۰ میلی‌گرم DE در کیلوگرم گندم به میزان ۲۰ درصد و بیشترین میزان تلفات در تیمار ۳۱۵ میلی‌گرم DE در کیلوگرم گندم به مقدار ۹۰٪ به ثبت رسیده این در حالی است که میزان تلفات تیمار شاهد پس از دو هفته فقط ۵ درصد بود (شکل ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، میزان LC_{50} برای فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه ۱۸۳/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گندم (ppm) بود (جدول ۱). همچنین میزان تاثیر خاک دیاتومه با گذشت زمان افزایش یافت، به‌طوری‌که به‌عنوان مثال میزان تلفات تیمار ۳۱۵ میلی‌گرم DE در کیلوگرم گندم بعد از یک و دو هفته به ترتیب برابر ۲/۵ و ۹۰ درصد بود (شکل ۱). لذا مشخص شد که تلفات غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه از هفته دوم پس از تیماردهی آغاز گشته و به تدریج افزایش می‌یابد.



شکل ۱- میانگین تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه بعد از ۷ و ۱۴ روز

Fig. 1. Mean mortality of *T. confusum* adults exposed to different concentrations of DE after 7 and 14 days

جدول ۱- میزان سمیت فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد

Table 1- The toxicity of Iranian formulation of diatomaceous earth against adults *T. confusum* (n = 8)

Number	Lethal Concentration (mg/kg wheat)		Slope±SE	Chi-Square (df)	P-value
	95% Confidence interval				
	LC ₅₀	LC ₉₀			
560	183.28 (158.49-206.0)	373.62 (315.91-491.0)	2.57±0.65	6.82 (3)	0.0779

1 mg per kg wheat (ppm)

نتایج تجزیه واریانس میزان کاهش تولید نتاج در نسل اول حشرات *T. confusum* نشان دهنده تفاوت معنی‌دار تیمارها در سطح ۱٪ بود (CV=۱۱/۸۴؛ P=۰/۰۰۰۱؛ F=۱۴/۳۳؛ df=۵/۴۲). بالاترین میزان کاهش تولید نتاج نسبت به شاهد در تیمار "غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام" به مقدار ۷۹/۱۹ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار "غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام" به مقدار ۱۴/۸۹ درصد بود (جدول ۲). مقایسه تیمارها نشان می‌دهد که تیمار "غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام" با دارابودن کمترین میزان کاهش تولید نتاج در نسل اول (بالاترین مقدار ظهور حشرات کامل) به همراه تیمارهای ۸۰، ۱۲۶ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام در یک گروه، تیمار "۳۱۵ پی‌پی‌ام" در یک گروه و تیمار "۵۰۰ پی‌پی‌ام" با دارابودن کمترین مقدار ظهور حشرات کامل نسل اول در یک گروه جداگانه آماری قرار می‌گیرند.

جدول ۲، میانگین کاهش تولید نتاج نسبت به شاهد در نسل اول حشرات شپشه آرد در تیمارهای مختلف خاک دیاتومه بعد از ۴۲ روز

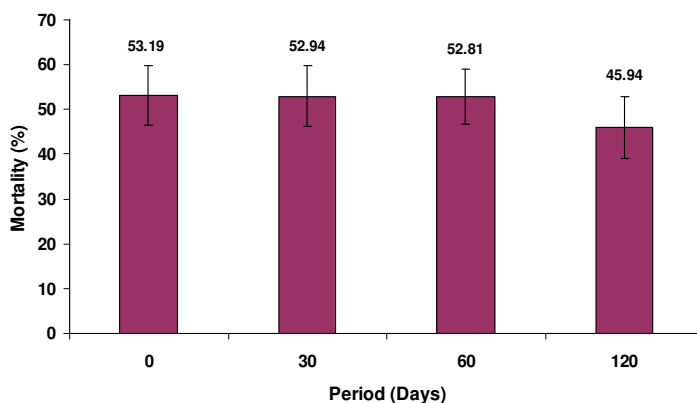
Table 2, Mean of F₁ emergence reduction of *T. confusum* exposed to different concentrations of DE after 42 days (n = 8)

Diatomaceous earth concentrations ¹	F ₁ emergence reduction (%) ± SE
50	14.89 ± 3.23 a
80	21.16 ± 4.22 a
126	22.35 ± 4.98 a
200	28.84 ± 4.87 a
315	62.24 ± 7.99 b
500	79.19 ± 7.14 c

¹mg per kg wheat (ppm)

²Means followed by the different letters are significantly different (P < 0.01, DMRT)

نتایج تجزیه واریانس تعیین پایداری خاک دیاتومه نشان داد که بین میزان تلفات خاک دیاتومه تیمار شده با گندم در زمان‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($df=3/112$; $F=1/57$; $P=0/2014$; $CV=1/12$). همچنین بر اساس اطلاعات به دست آمده، بین غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($df=3/112$; $F=127/47$; $P=0/0001$; $CV=1/12$). علاوه بر آن اثر متقابل غلظت و زمان نگهداری خاک دیاتومه نیز فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($df=9/112$; $F=0/87$; $P=0/5512$; $CV=1/12$). نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین میانگین میزان تلفات حشرات-کامل شپشه‌آرد در تیمار "۳۰ روز" با مقدار ۵۶ درصد و پایین‌ترین میانگین میزان تلفات در تیمار "۱۲۰ روز" به میزان ۴۶ درصد بود (شکل ۲). همچنین مقادیر میزان تلفات حشرات کامل شپشه‌آرد در غلظت‌های مختلف نشان داد که تیمار "۵۰۰ پی‌پی‌ام" با حدود ۹۰ درصد دارای بیشترین میزان تلفات و تیمار "شاهد" با حدود ۳ درصد کمترین میزان تلفات را دارد. لذا تمام غلظت‌های خاک دیاتومه با تیمار "شاهد" دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میزان تلفات غلظت-های مختلف در زمان‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که میزان تلفات در هر غلظت تا ۳۰ روز تغییری نداشته و در فاصله بین ۳۰ تا ۶۰ روز دارای کاهش ناچیزی بوده که قابل توجه نمی‌باشد. همچنین در تمام غلظت‌ها، به جز تیمار شاهد، پایین‌ترین میزان تلفات در زمان "۱۲۰ روز" مشاهده شد (جدول ۴).



شکل ۲- میانگین میزان تلفات حشرات کامل شپشه‌آرد در مخلوط گندم و خاک دیاتومه نگهداری شده در زمان‌های مختلف

Fig. 2- Mean mortality of *T. confusum* adults exposed to wheat and DE mixtures kept in different duration

جدول ۳- میانگین تلفات حشرات کامل شپشه‌آرد در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه

Diatomaceous earth concentrations	Mean mortality (%) ± SE
0	03.12 ± 1.14 a **
200	48.18 ± 4.60 b
315	62.06 ± 4.60 c
500	90.50 ± 2.11 d

*mg per kg wheat (ppm)

**Means followed by the different letters are significantly different ($P < 0.01$, DMRT)

جدول ۴- میانگین تلفات حشرات کامل شپشه آرد در غلظت‌های متفاوت خاک دیاتومه نگهداری شده در دوره‌های زمانی مختلف

Table 4- Mean mortality of *T. confusum* adults exposed to different concentrations mixtures of wheat and DE kept in different duration (n = 8)

Kept duration of wheat & DE mixture (days)	Mean mortality (%) ± SE			
	0 ppm	200 ppm	315 ppm	500 ppm
0	5.00 ± 2.67 a	53.50 ± 8.96 a	62.25 ± 9.09 a	92.00 ± 3.78 a
30	1.25 ± 1.20 a	53.00 ± 9.35 a	66.25 ± 6.25 a	91.25 ± 3.50 a
60	2.50 ± 2.48 a	48.75 ± 4.80 a	66.00 ± 4.63 a	90.00 ± 3.78 a
120	3.75 ± 2.63 a	37.50 ± 9.98 a	53.75 ± 9.24 a	88.75 ± 6.11 a

*mg per kg wheat (ppm)

**Means followed by the different letters are significantly different (P < 0.01, DMRT)

بحث

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق افزایش غلظت فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه موجب افزایش تلفات حشرات کامل شپشه آرد می‌گردد که این نتیجه با مشاهدات آزمایش Arnaud و همکاران (2005) مطابقت داشته به طوری که با افزایش غلظت فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه، میزان مرگ و میر حشرات کامل شپشه آرد نیز افزایش می‌یابد. همچنین آزمایشات نشان داد، تاثیر خاک دیاتومه با افزایش زمان قرار گرفتن حشرات کامل در گندم تیمار شده با آن، افزایش می‌یابد، کاربرد فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه روی *T. confusum* و *T. castaneum* نیز نشان داد که مدت زمان قرار گرفتن حشرات بالغ در داخل گندم‌های تیمار شده با خاک دیاتومه با میزان تلفات ارتباط مستقیم دارد و با گذشت زمان، مقدار مرگ و میر حشرات افزایش می‌یابد (Arthur, 2000).

آزمایشات زیست‌سنجی فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (Sayan®) حاکی از آن بود که میزان غلظت لازم خاک دیاتومه جهت ایجاد تلفات ۵۰ درصد برابر حدود ۱۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم گندم می‌باشد. این در حالی است که میزان LC₅₀ برای فرمولاسیون SilicoSec® بر روی حشرات کامل *T. castaneum* حدود ۲۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گندم بوده است (Ziaee et al., 2007). همچنین کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم فرمولاسیون Silico-sec® خاک دیاتومه در کیلوگرم گندم، موجب ایجاد تلفات ۵۹ درصدی بر روی حشرات کامل *T. confusum* گردیده است (Chintzoglou et al., 2008)، در حالی که کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه در کیلوگرم گندم موجب حدود ۸۳ درصد تلفات بر روی حشرات کامل شپشه آرد می‌گردد. علاوه بر این غلظت پیشنهادی فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه، جهت کنترل کامل جمعیت‌های مختلف حشرات کامل شپشه آرد، ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بوده است (Arnaud et al., 2005)، در حالی که غلظت لازم فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه جهت کنترل کامل حشرات کامل شپشه آرد حدود ۶۵۰ تا ۷۰۰ پی‌پی‌ام می‌باشد (LC₉₉=667 ppm).

مقایسه تاثیر چهار فرمولاسیون خاک دیاتومه (Protect-It®, Perma-Guard®, Insecto®, Dryacide®)، روی *T. castaneum* در کشورهای استرالیا، کانادا و انگلستان نشان داد که فرمولاسیون Protect-It® موثرترین و Perma-Guard® کم اثرترین این ترکیبات بودند، به طوری که LC₅₀ برای فرمولاسیون Protect-It®، پس از ۱۴ روز، در کشورهای استرالیا، کانادا و انگلستان، به ترتیب شامل ۷۷۰، ۳۴۴ و ۴۶۲ پی‌پی‌ام بود (Fields et al., 2002).

همچنین مقایسه فرمولاسیون‌های مختلف خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد، (*T. castaneum* (Herbst)، نشان داد که فرمولاسیون Protect-It® نسبت به سایر فرمولاسیون‌ها از کارایی بالاتری برخوردار است (Arnaud et al., 2005).

تاثیر فرمولاسیون[®] Dryacide خاک دیاتومه جهت کنترل حشرات کامل گونه *T. confusum* در دماها و رطوبت‌های نسبی مختلف بررسی شده و میزان غلظت لازم برای ایجاد ۵۰٪ تلفات در شپشه‌های آرد پس از هفت روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ درصد، ۴۲۵ پی‌پی‌ام به‌دست آمده است (Aldryhim, 1990). لذا نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و مقایسه آن با تحقیقات انجام شده روی فرمولاسیون‌های خارجی نشان می‌دهد که احتمالاً فرمولاسیون ایرانی از کارایی بالاتری جهت ایجاد تلفات روی حشرات کامل شپشه‌آرد برخوردار است.

مشاهدات به‌دست آمده از میزان ظهور حشرات کامل شپشه‌آرد نیز نشان داد که با افزایش غلظت خاک دیاتومه، میزان ظهور نیز کاهش می‌یابد، به طوری که کمترین میزان ظهور حشرات کامل شپشه‌آرد در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد کاهش پنج برابری را نشان می‌دهد و این با نتایج به‌دست آمده از میزان تلفات حشرات کامل پس از دو هفته در غلظت‌های مختلف مطابقت دارد و لذا مشخص شد که خاک دیاتومه علاوه بر ایجاد تلفات بر روی حشرات کامل، بر روی مراحل نابالغ نیز می‌تواند اثر کشندگی داشته باشد.

تاثیر خاک دیاتومه در گندم خرد شده (بلغور)، احتمالاً به‌علت جذب اسیدهای چرب از دانه‌های شکسته، کاهش می‌یابد (Nielsen, 1998)، و این در حالی است که در بررسی میزان ظهور حشرات کامل *T. castaneum*، توانایی تولیدمثل بالغین در گندم سالم تیمار شده با غلظت‌های مختلف فرمولاسیون[®] SilicoSec، کاملاً متوقف شد و هیچ‌گونه نتایج مشاهده نشد (Ziaee et al., 2007). همچنین در تحقیقات دیگری ظهور نتاج *T. castaneum* در تمامی گندم‌های تیمار شده با خاک دیاتومه پایین بود (Fields et al., 2002) که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد.

تلفیق خاک دیاتومه با دیگر روش‌های سازگار با محیط‌زیست به‌عنوان جایگزینی مثبت برای استفاده از خاک دیاتومه با غلظت بالا مطرح است و اکنون ثابت شده که خاک دیاتومه می‌تواند با انواع روش‌ها از قبیل کنترل فیزیکی (مثل بالا بردن دما)، حشره‌کش‌هایی با سمیت کمتر، کنترل میکروبی و یا تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات، ترکیب شود (Arthur, 2003). به هر حال یافتن یک فرمولاسیون خاک دیاتومه جدید که در غلظت‌های پایین موثر باشد می‌تواند در نگهداری دانه‌های عاری از حشرات و بدون باقیمانده‌های حشره‌کش شیمیایی کمک نماید (Arnaud et al., 2005). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه[®] (Sayan) در مقایسه با فرمولاسیون‌های خارجی از کارایی مطلوب‌تری برخوردار بوده و دارای پایداری مناسبی نیز می‌باشد. لذا این فرآورده می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کنترل شیمیایی و یا به‌صورت تلفیق با سایر روش‌های کنترل جهت حفاظت محصولات انباری از شپشه‌آرد و سایر آفات انباری مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به ارزان‌تر بودن خاک دیاتومه ایرانی و این‌که می‌تواند در لایه ۳۰ سانتی‌متری رویی غلات در سیلواها و انبارها (Bridgeman, 1998) مصرف شود، لذا از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه می‌باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به جهت همکاری در اجرای تحقیق و نیز از شرکت کیمیا سبزاویر ایران به جهت تامین فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه موردنیاز تشکر می‌نمایند.

References

- Aldryhim, Y. N. 1990.** Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* DUV. And *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 26(4): 207-210.
- Arnaud, I., Ian, 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.
- Arthur, F. H. 2000.** Impact of food source on survival of red flour beetles and confused flour beetles *Tribolium confusum* DUV. (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to diatomaceous earth. Stored Product and Quarantine Entomology, 93(4): 1347- 1356.
- Arthur, F. H. 2003.** Optimization of inert dusts used as grain protectants and residual surface treatments. In: Credland, P. F., Armitage, D. M., Bell, C. H., Cogan, P. M., Highley, E. (Eds.), Advances in Stored Products Protection. Proceedings of the Eighth International Working Conference on Stored Product Protection, 22–26 July 2002, York, UK. CABI International, Wallingford, UK, pp. 629–634.
- Bagheri-Zenouz, E. 1995.** Stored Products Pests and Its Control Methods. 2nd ed. 309 pp. Sepehr Publishing.
- Bell, C. H. and Wilson, S. M. 1995.** Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* (Everts.) (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 31: 199-205.
- Bridgeman, B. 1998.** Application technology and usage patterns of diatomaceous earth in stored product protection. Proceeding of the 7th International Working Conference on Stored-product protection. Beijing China, 1: 785-789.
- Chaudhry, N. Q. 2000.** Phosphine resistance. *Pesticide Outlook*. 11(3): 88-91.
- Chintzoglou, G., Athanassiou, C. G. and Arthur, F. H., 2008.** Insecticidal effect of spinosad dust, in combination with diatomaceous earth, against two stored-grain beetle species. Journal of Stored Products Research, 44: 347-353.
- Daglish, G. J. and Collins, P. J. 1999.** Improving the relevance of assays for Phosphine resistance. In: Stored product protection, Eds. Jin, X., Liang, Q. Liang, Y. S., Tan, X.C. and Guan, L. H., pp. 584-593.
- Desmarchelier, J. M. and Dines, J. C. 1987.** Dryacide treatment of stored wheat: its efficacy against insects, and after processing. Australian Journal of Experimental Agriculture, 27: 309-312.
- Ebeling, W. 1971.** Sorptive dusts for pest control. Annual Review of Entomology 16, 123–158.
- Fields, P. G. 1998.** Diatomaceous earth: Advantages and limitations. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, P. 1.
- Fields, P., Allen, S., Korunic, Z., Mclaughlin, A. and Stathers, T. 2002.** Standardized testing for diatomaceous earth. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-Product Protection, pp. 779-784.
- Hollingsworth, C. S., Coil, W. M., Murray, K. D. and Ferro, D. N. 2002.** Integrated Pest Management for Northeast Schools. Natural Resource, Agriculture and Engineering Service. NRAES-152, pp.60.
- Korunic, Z. 1998.** Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research 34: 87–97.
- Korunic, Z. 1999.** Enhanced diatomaceous earth: an alternative to methyl bromide. Australian Journal of Technology 2: 95-104.
- Makhijani, A. and K. R. Gurney. 1995.** Mending the ozone hole: science, technology and policy. MIT. Press, Cambridge, 360 pp.
- Nielsen, P. S. 1998.** The effect of a diatomaceous earth formulation on the Larvae of *Ephestia kuehniella* Zeller. Journal of Stored Products Research, 34: 113-121.
- Ross, T. E. 1981.** Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agriculture and Environment, 6: 43-51.
- Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990.** The Diatoms. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- SAS Institute. 2001.** PROC user's manual, version 6.01 SAS Institute, Cary, NC.
- Songa, J. and Reno, W. 1998.** Indigenous methods for bruchid beetle (Coleoptera: Bruchidae) control in stored beans (*phaseolus vulgaris* L.). International journal of management, 44(1): 1-4.
- 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. 321–373.

- Thomson, G. D., Dutton, B. and Sparks, T. S. 2000.** Spinosad – a case study: an example from a natural products discovery program. *Pest Management Science* 56: 696–702.
- Wakil, W. and Shabbir, A. 2005.** Evaluation of diatomaceous earth admixed with rice to control *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Pakistan Entomologist*, 27(2): 15-17.
- White, G. D., Berndt, W. L. and Wilson, J. L. 1975.** Evaluating diatomaceous earth, silica-aerogel dusts, and malathion to protect stored wheat from insects. Marketing Research Report United States Department of Agriculture, 1038: 18 pp.
- Ziaee, M., Safaralizadeh, M. H. and Shayesteh, N. 2006.** Effects of temperature and exposure interval on the toxicity of silico-sec® against two stored products insects. *Pakistan Entomologist*, 28n. 1: 45-50.
- Ziaee, M., Safaralizadeh, M. H. and Shayesteh, N. 2007.** Efficacy of Silicosec®, a Diatomaceous earth formulation against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (21): 3841-3846.

Archive of SID

Effect of Iranian formulation of diatomaceous earth on confused flour beetle, *Tribolium confusum* Duval (Col., Tenebrionidae), under laboratory conditions

F. Golestan-Hashemi¹, H. Farazmand^{2*}, J. Karimzadeh³, A. Marouf²

1- Graduated student, Department of Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch, Iran

2- Respectively Assistant Professor and Lecturer, Department of Agricultural Entomology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Plant Protection, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Iran

Abstract

One of the most promising alternatives to synthetic insecticides for the control of stored product pests is diatomaceous earth (DE). Laboratory studies were performed to evaluate the insecticidal effects of Iranian formulation of DE (Sayan[®]) on adults of confused flour beetle, *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera, Tenebrionidae), at 27±1 °C and 55±5 % RH in dark. Experiments for bioassay & adult emergence evaluation, were carried out with 5 concentrations (50, 80, 126, 200 and 315 ppm (mg DE/kg wheat)) and 7 concentrations (0, 50, 80, 126, 200, 315 and 500 ppm), respectively, with 8 replications. The results showed that the concentration 315 ppm of DE had acceptable effects on *T. confusum* mortality after 14 days. After 14 days, the LC₅₀ of DE for *T. confusum* adults was estimated 183 ppm. There was a significant difference between DE-treated and untreated wheat for progeny survival, as DE killed the newly emerged beetles. As time went by, DE stability and efficiency were constant. As a result, Iranian formulation of diatomaceous earth (Sayan[®]) can be used to protect grains against *T. confusum* adults.

Key words: confused flour beetle, *Tribolium confusum*, diatomaceous earth, Iran, pest control

*Corresponding Author, E-mail: farazmand@entomology.ir
Received: 16 Oct. 2010 – Accepted: 3 Mar. 2011

