دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ٤٦٦٨-٢٠٠٨
www.entomologicalresearch.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)

جلد ۳، شماره ۳، سال ۱۳۹۰، (۲۱۳-۲۲۲)

اثر خاک دیاتومه ایران روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات، *Callosobruchus maculatus* F. (Col., Bruchidae)، در شرایط آزمایشگاهی

حسین‌رضا رضایی ترشیزی[۱]، حسین فرازمند[۲]، شیلا گلدسته[۳]، عارف معروف[۲]*

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک
۲- به ترتیب استادیار و مربی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران
۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان، اراک، ایران

چکیده

مطالعات آزمایشگاهی به منظور ارزیابی اثر حشره کشی فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (سایان®) روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات، *Callosobruchus maculates* F. (Col.:Bruchidae)، در دمای ۱±۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٥±٦۰ درصد در تاریکی صورت گرفت. دامنه غلظت های خاک دیاتومه برای زیست سنجی شامل۳۰ ، ۷۲، ۱۷۳ و ٤١٦ و برای مقایسه میزان کاهش نتاج حشرات کامل شامل صفر (شاهد)، ۳۰، ۷۲، ۱۷۳ و ۱۰۰۰ پی پی ام بودند که در شش تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که بعد از گذشت ۳ روز غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام اثر قابل قبولی از خود نشان می دهد. مقدار LC_{50} فرمولاسیون فوق برای حشرات کامل *C. maculatus* در این مدت ۵۸/۸۵ پی پی ام برآورد گردید. تفاوت معنی‌دار بین لوبیاهای تیمار نشده و تیمار شده با خاک دیاتومه از نظر کاهش نتاج نشان داد که خاک دیاتومه موجب کنترل حشرات تازه ظاهر شده می‌گردد و میزان کاهش نتاج در غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام حدود ۸۱ درصد بود. میزان پایداری خاک دیاتومه ثابت بوده، بطوریکه با گذشت زمان، میزان کارایی آن کاهش نمی یابد. لذا از فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (سایان®) می توان بعنوان محافظ مناسب حبوبات در برابر حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، خاک دیاتومه، ایران، کنترل آفت

مقدمه

سوسک چهار نقطه ای حبوبات، *Callosobruchus maculates F* (Col., Bruchidae)، یکی از مهم‌ترین آفات حبوبات است که باعث کاهش کمی و کیفی بذور لوبیا چشم بلبلی، ماش، نخود سفید، لوبیا قرمز، عدس و باقلا می‌گرد (Bagheri-

*نویسنده رابط، پست الکترونیکی: farazmand@entomology.ir

تاریخ دریافت مقاله (۹۰/۱/۲٦) - تاریخ پذیرش مقاله (۹۰/۸/۱۸)

(Zenouz, 1995. بذور لوبیا چشم بلبلی بعد از ۳ تا ۵ ماه انبار داری، بطور ۱۰۰ درصد توسط سوسک چهار نقطه ای حبوبات از بین می‌روند و وزن محصول تا ٦٠ درصد کاهش می‌یابد (Keita *et al*., 2000).

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

تحقیقات گسترده ای به منظور استفاده از پودرهای معدنی و آفتکش های گیاهی که خطرات زیست محیطی کمتری داشته باشند، جهت کنترل آفات انباری در حال ارزیابی است (Thomson *et al.,* 2000). خاک دیاتومه [1](DE) ، به عنوان یک جایگزین برای حشره کش های شیمیایی بطور روز افزون استفاده شده و به عنوان یک جزء ضروری مدیریت تلفیقی آفات در محصولات انباری تشخیص داده شده است (Korunic, 1999). خاک دیاتومه شامل فسیل اسکلت دیاتوم هاست (Subramanyam & Roesli, 2000). خاک دیاتومه، یک سنگ رسوبی متخلخل سبک وزن متشکل از باقیمانده سیلیس های ما قبل تاریخ می باشد (Round *et al.,* 1990). این ترکیبات پودری از طریق تماس با کوتیکول حشرات، موم لایه کوتیکول رویی حشرات را از بین برده و به دلیل از دست رفتن آب بدن، منجر به مرگ حشرات می شوند (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، می توانند روی کارآیی DE اثر بگذارند (Fields, 1998). 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). تاکنون تعداد زیادی از فرمولاسیون های خاک دیاتومه بعنوان محافظت کننده های محصولات در برابر آفات انباری مؤثر بوده اند و در نتیجه بسیاری از آن ها اکنون به صورت تجاری در بسیاری از نقاط دنیا موجود هستند(Korunic, 1998).

بررسی تاثیر فرمولاسیون SilicoSec® خاک دیاتومه برای کنترل *Sitophilus oryzae* L.، نشان داد که غلظت ppm ۱۲۵، بعد از ١٤ و ۲۱ روز، موجب ایجاد تلفات ۹۹ و ۱۰۰ درصد می گردد (Wakil & Shabbir, 2005). علاوه بر این بررسی سمیت فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه روی دو گونه سوسک انباری *T. confusum* و *Tribolium* (Herbst) *castaneum* نشان داد که مرگ و میر حشرات کامل *Tribolium confusum* du Val کمتر از مرگ و میر حشرات کامل *T. castaneum* می باشد (Arthur, 2000). همچنین مطالعه تاثیر فرمولاسیون Sayan® خاک دیاتومه برای کنترل حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، نشان داد که غلظت ۳۱۵ پی پی ام موجب ایجاد ۹۰ درصد تلفات می گردد (Golestan-Hashemi *et al.,* 2011)

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

1- Diatomaceous Earth (DE)

مطالعه اثر دما روی سمیت فرمولاسیون SilicoSec خاک دیاتومه، بر روی حشرات کامل *Rhyzoprttha dominica* F. و *T. castaneum* نشان داد که مرگ و میر اولیه هر دو گونه بطور معنی داری در دماهای بالاتر (۲۷ و ۳۲ درجه سلسیوس افزایش می یابد (Ziaee *et al.*, 2006).

در این تحقیق، تاثیر حشره کشی غلظت های مختلف فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (Sayan®) بر روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات: حشرات مورد استفاده در این تحقیق که شامل حشرات کامل *C. maculatus* بود، از دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان تهیه شده و روی لوبیا چشم بلبلی در شرایط دمایی ۱± ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ ٪ و در تاریکی پرورش یافت.

فرمولاسیون خاک دیاتومه مورد استفاده در این تحقیق، حشره کش سایان®، خاک دیاتومه ایران، با فرمولاسیون پودری (Dust)، تولید شرکت کیمیا سبزآور ایران بود که ماده مؤثر آن، خاک معدنی دیاتومه و حاوی ۸۰ ٪ سیلیکا (سیلیکون دی اکسید) می باشد. شکل ظاهری DE بصورت پودر نرم و به رنگ کرم یا طوسی روشن است. دانه بندی ذرات کمتر از ۵۰ میکرون و وزن مخصوص آن g/ml ۰/۵ – ۰/۶ می باشد.

آزمایش زیست سنجی: جهت محاسبه LC_{50}، پس از انجام آزمون مقدماتی و به منظور تعیین غلظت حداقل و حداکثر، پنج غلظت خاک دیاتومه شامل ۳۰، ۷۲، ۱۷۳ و ٤١٦ پی پی ام (میلی گرم از DE بر کیلوگرم لوبیا)، به همراه تیمار شاهد انتخاب گردید. آزمایش با شش تکرار انجام شد و هر تکرار شامل ده عدد حشره کامل دو تا سه روز سوسک چهار نقطه ای حبوبات (مخلوط نر و ماده) بود. آزمایش در ظروف ۱۰۰ میلی لیتری انجام شد. در هر ظرف مقدار ۵۰ گرم از لوبیا (رقم مشهدی با رطوبت ۱۲٪) با غلظت موردنظر خاک دیاتومه به همراه حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات قرار گرفت. سپس ظروف در دستگاه انکوباتور در دمای ۱±۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵±۶۰ ٪ و تاریکی قرار گرفته و بعد از زمان های ٢٤، ٤٨ و ٧٢ ساعت، میزان مرگ و میر حشرات ثبت گردید.

تعیین نتاج سوسک چهار نقطه ای حبوبات در غلظت های مختلف خاک دیاتومه: به منظور بررسی مقایسه توانایی تولید نسل حشرات کامل سوسک چهارنقطه ای حبوبات در غلظت های مختلف خاک دیاتومه، این آزمایش با شش غلظت خاک دیاتومه (۳۰، ۷۲، ۱۷۳، ٤١٦ و ۱۰۰۰ پی پی ام) به همراه شاهد، در شش تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. جهت انجام این آزمایش، از لوبیا چشم بلبلی استفاده شد. جهت آزمایش، تعداد ده عدد حشره کامل دو تا سه روز در ظروف با لوبیا چشم بلبلی تیمار شده رهاسازی و پس از گذشت ۱۰ روز، حشرات کامل از تمامی ظروف خارج شدند. سپس ظروف حاوی لوبیا چشم بلبلی 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 ۱۰ روز شمارش گردید. به منظور برآورد میزان کاهش نتاج از رابطه زیر استفاده گردید (Aldryhim, 1990).

۱۰۰ × [تعداد نتاج حاصل در شاهد / (تعداد نتاج حاصل در تیمار – تعداد نتاج حاصل در شاهد)] = درصد کاهش تولید نتاج

بررسی پایداری خاک دیاتومه ایران جهت کنترل سوسک چهار نقطه ای حبوبات

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های قبل، غلظت‌های ۳۰، ۷۲، ۱۷۳، ٤١٦ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام خاک دیاتومه انتخاب گردید. مقدار ۲ کیلوگرم لوبیا چشم بلبلی از هر غلظت مشخص شده با خاک دیاتومه تیمار و به فواصل زمانی ۰، ۳۰، ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز نگهداری شد، جهت آزمایش در هر ظرف مقدار ۵۰ گرم از مخلوط لوبیا چشم بلبلی تیمارشده با غلظت موردنظر خاک دیاتومه در فواصل زمانی مختلف به همراه ده عدد حشره کامل دو تا سه روز سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، در شش تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی قرار گرفت. سپس ظروف در دستگاه انکوباتور در دمای ۱±۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±٦۰ ٪ و تاریکی مطلق قرار گرفته و بعد از زمان‌های ٢٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت، میزان مرگ و میر حشرات ثبت گردید.

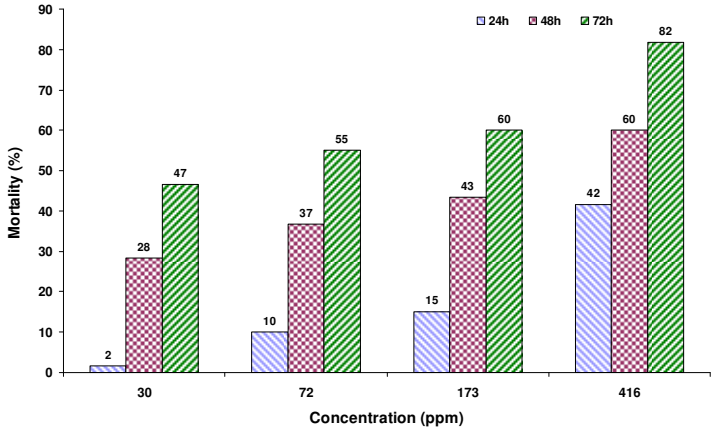
تجزیه داده‌ها

محاسبه پروبیت درصد تلفات و معادله خط رگرسیون برای تعیین LC_{50}، با استفاده از نرم افزار StatsDirect (version 2.7.2) انجام شد. همچنین نتایج حاصل از آزمایش‌های تعیین میزان کاهش حشرات کامل سوسک چهارنقطه‌ای آرد و تعیین پایداری خاک دیاتومه، با کمک نرم‌افزار SAS (Ver. 9) 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 سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات نیز افزایش می یابد. به‌طوری‌که بعد از ۷۲ ساعت، کمترین میزان تلفات در غلظت ۳۰ میلی‌گرم DE در کیلوگرم لوبیا به میزان ٤۷ درصد و بیشترین میزان تلفات در تیمار ٤١٦ میلی گرم DE در کیلوگرم لوبیا به مقدار ۸۲٪ به ثبت رسید و این در حالی بود که میزان تلفات تیمار شاهد پس از ۷۲ ساعت فقط ۳ درصد بود (شکل ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، میزان LC_{50} برای فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه، بعد از ٢٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت، به ترتیب ٦۰۹/۵۵، ۱۵۹/۸۷ و ۵۸/۸۵ میلی گرم در کیلوگرم لوبیا چشم بلبلی (ppm) بود (جدول ۱). مقایسه LC_{50} در زمان های مختلف نشان می دهد که میزان تاثیر خاک دیاتومه با گذشت زمان افزایش می یابد، به‌طوری‌که به‌عنوان مثال میزان تلفات تیمار ٤١٦ میلی‌گرم DE در کیلوگرم لوبیا بعد از ٢٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت، به ترتیب برابر ٤٢، ٦۰ و ۸۲ درصد بود (شکل ۱). لذا مشخص شد که تلفات غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه پس از تیماردهی آغاز گشته و بتدریج افزایش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس میزان کاهش تولید نتاج در نسل اول حشرات *C. Maculatus* نشان دهنده تفاوت معنی‌دار تیمارها در سطح ۱٪ بود (df=4, 25; *P*=0.0001; C.V.: 18.98%). نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین میزان کاهش تولید نتاج در تیمار "۱۰۰۰ پی پی ام" به مقدار ۸۰/٦۸ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار "۳۰ پی پی ام" به مقدار ۷/۸۸ درصد بود (جدول ۲). مقایسه تیمارها نشان می دهد که تیمار "۳۰ پی پی ام" با دارابودن کمترین میزان کاهش تولید نتاج در نسل اول (بالاترین مقدار ظهور حشرات‌کامل) در گروه d، و تیمارهای "۱۰۰۰ و ٤١٦ پی پی ام" با دارابودن بیشترین میزان کاهش نتاج حشرات‌کامل نسل اول در گروه a آماری قرار می‌گیرند.



شکل ۱- میانگین تلفات حشرات‌کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه بعد از ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت

Fig. 1-Mean mortality of *C. Maculatus* adults exposed to different concentrations of DE after 24, 48 and 72 hours

جدول ۱- میزان سمیت فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات

Table 1- The toxicity of Iranian formulation of diatomaceous earth against adults *C. Maculatus* (n =6)

Time (h)	Number	LC (mg/kg wheat) 95% Confidence interval		Slope±SE	Chi-Square (df)	*P*-value
		LC_{50}	LC_{90}			
24	360	609.55 461.86-880.93	4017.93 2294.13-9790.11	1.565± 0.195	1.54 (3)	0.6743
48	360	159.87 111.04-227.61	3038.70 1490.28-10424.52	1.003±0.148	5.61 (3)	0.1322
72	360	58.85 14.41-208.30	711.77 124.94-5361.16	1.184±0.175	10.87 (3)	0.0125

mg per kg wheat (ppm)

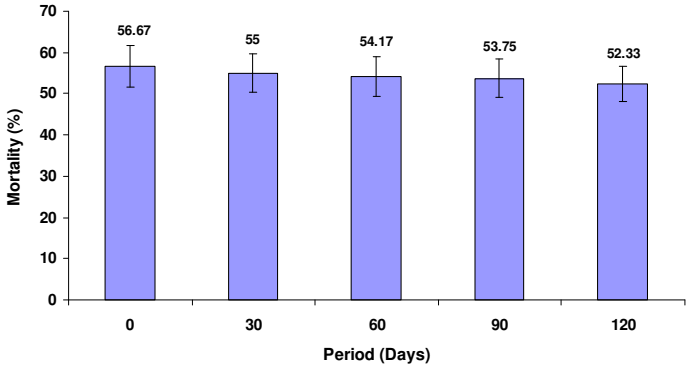
نتایج تجزیه واریانس تعیین پایداری خاک دیاتومه نشان داد که بین میزان تلفات خاک دیاتومه تیمار شده با لوبیا چشم بلبلی در زمان‌های مختلف اختلاف معنی دار وجود نـدارد (df=4, 150; *P*=0.9715; C.V.: 4.50%). همچنـین بـر اسـاس اطلاعات به‌دست آمده، بین غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه اختلاف معنی‌داری مـشاهده شـد (df=5, 150; *P*=0.0001; C.V.: 4.50%). علاوه بر آن اثر متقابل غلظت و زمان نگهداری خاک دیاتومه نیز فاقد اختلاف معنی‌دار بود (df=20, 150; *P*=0.1170; C.V.: 4.50%). نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میانگین میزان تلفات حشرات‌کامـل سوسـک چهـار نقطه‌ای حبوبات در حشرات تیمار شده با مخلوط تازه لوبیا و خاک دیاتومه، با مقدار ٥٦/٦٧ درصد و پایین‌ترین میانگین میزان تلفات در حشرات تیمار شده با مخلوط لوبیا و خاک دیاتومه نگهداری شده بـه مـدت ۱۲۰ روز، بـه میـزان ۵۲/۳۳ درصد بود (شکل ۲). همچنین مقادیر میزان تلفات حشرات‌کامل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبـات در غلظـت‌هـای مختلـف نشان داد که تیمار "۱۰۰۰ پی پی ام" با حدود ۹۱/۳۳ درصد دارای بیشترین میزان تلفات و تیمـار "شـاهد" بـا حـدود ٦ درصد کمترین میزان تلفات را دارد. لذا تمام غلظت‌های خاک دیاتومه با تیمار "شـاهد" دارای اخـتلاف معنـی‌دار بودنـد (جدول ۳). مقایسه میزان تلفات غلظت‌های مختلف در زمان های مختلف نیز نشان می‌دهد که. در تمام غظت‌ها، بـه جـز تیمار شاهد، پایین‌ترین میزان تلفات در زمان "۱۲۰ روز" مشاهده شد.

جدول ۲- میانگین کاهش تولید نتاج در نسل اول حشرات سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در تیمارهای مختلف خاک دیاتومه بعد از ۷۲ ساعت

Table 2- Mean of F_1 emergence reduction of *C. Maculatus* exposed to different concentrations of DE after 72 (n = 6)

Diatomaceous earth concentrations[1]	F_1 emergence reduction (%) ± SE
30	7.88 ± 2.38 d
72	14.90 ± 5.58 d
173	30.70 ± 1.94 c
416	53.55 ± 1.24 b
1000	80.68 ± 0.62 a

[1]mg per kg wheat (ppm)
[2]Means followed by the different letters are significantly different (*P < 0.01, DMRT*)



شکل ۲- میانگین میزان تلفات حشرات‌کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در مخلوط لوبیا چشم بلبلی و خاک دیاتومه نگهداری شده در زمان‌های مختلف

Fig. 2- Mean mortality of *C. Maculatus* adults in black-eye bean and DE mixtures of keeped in different periods

جدول ۳- میانگین تلفات حشرات‌کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در غلظت‌های مختلف خاک دیاتومه بعد از ۷۲ ساعت

Table 3- Mean mortality of *C. Maculatus* adult exposed to different concentrations of DE (n = 6)

Diatomaceous earth concentrations[1]	Mean mortality (%) ± SE
0	6.00 ± 0.91 e
30	44.33 ± 1.33 d
72	53.67 ± 1.31 c
173	57.33 ± 1.26 c
416	74.00 ± 2.61 b
1000	91.33 ± 1.42 a

[1]mg per kg wheat (ppm)
[2]Means followed by the different letters are significantly different (P < 0.01, DMRT)

بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق افزایش غلظت فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه موجب افزایش تلفات حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات می‌گردد که این نتیجه با مشاهدات آزمایش آرناد و همکاران (2005) مطابقت داشته به‌طوری‌که با افزایش غلظت فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه، میزان مرگ و میر حشرات‌کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این اطلاعات به‌دست آمده حاکی از مطابقت نتایج این تحقیق با مشاهدات آزمایش Arnaud و همکاران (2005) دارد، که در نتیجه تحقیق انجام شده، افزایش غلظت خاک دیاتومه Sayan®، میزان تلفات حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum*، شد (Golestan-Hashemi *et al.*, 2011).

همچنین آزمایشات نشان داد، تاثیر خاک دیاتومه با افزایش زمان قرار گرفتن حشرات‌کامل در لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با آن، افزایش می یابد، کاربرد فرمولاسیون Protect-It® خاک دیاتومه روی *T. confusum* و *T. castaneum* نیز نشان داد که مدت زمان قرارگرفتن حشرات‌بالغ در داخل گندم‌های تیمارشده با خاک دیاتومه با میزان تلفات ارتباط مستقیم دارد

و با گذشت زمان، مقدار مرگ و میر حشرات افزایش می‌یابد (Arthur, 2000). همچنین کاربرد فرمولاسیون Sayan® خاک دیاتومه روی *T. confusum* نشان داد که میزان تلفات حشرات‌کامل، با گذشت زمان، افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان تلفات حشرات‌کامل شپشه آرد در غلظت ۳۱۵ پی‌پی‌ام، بعد از ۷ و ۱٤ روز به ترتیب ۲/۵ و ۹۰ درصد به‌دست آمد (Golestan-Hashemi *et al.*, 2011). آزمایشات زیست‌سنجی فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه حاکی از آن بود که میزان غلظت لازم خاک دیاتومه بعد از ۷۲ ساعت جهت ایجاد تلفات ۵۰ درصد برابر حدود ۵۹ میلی‌گرم DE در کیلوگرم لوبیا می‌باشد. این در حالی است که میزان LC_{50} برای فرمولاسیون SilicoSec® روی حشرات‌کامل *T. castaneum* حدود ۲٦۷ میلی‌گرم DE در کیلوگرم گندم و فرمولاسیون Sayan® روی حشرات‌کامل *T. confusum* حدود ۱۸۳ میلی‌گرم DE در کیلوگرم گندم بوده است، که نتایج حاکی از تاثیر بالاتر فرمولاسیون Sayan® نسبت به SilicoSec® دارد (Ziaee *et al.*, 2007; Golestan-Hashemi *et al.*, 2011). همچنین کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم فرمولاسیون Silico-sec® خاک دیاتومه در کیلوگرم گندم، موجب ایجاد تلفات ۵۹ درصدی روی حشرات‌کامل *T. confusum* گردیده است (Chintzoglou *et al.*, 2008)، علاوه بر این غلظت پیشنهادی فرمولاسیون‌های Protect-It® و Sayan® خاک دیاتومه، جهت کنترل کامل جمعیت-های مختلف حشرات‌کامل شپشه آرد، به ترتیب، ۱۰۰۰ و ٦۵۰ پی‌پی‌ام بوده است (Arnaud *et al.*, 2005; Golestan-Hashemi *et al.*, 2011).

مقایسه تاثیر چهار فرمولاسیون خاک دیاتومه (Dryacide®، Insecto®، Perma-Guard® و Protect-It®)، روی *T. castaneum* در کشورهای استرالیا، کانادا و انگلستان نشان داد که فرمولاسیون Protect-It®، موثرترین و Perma-Guard®، کم اثرترین این ترکیبات بودند، به‌طوری‌که LC_{50} برای فرمولاسیون Protect-It®، پس از ۱٤ روز، در کشورهای استرالیا، کانادا و انگلستان، به ترتیب شامل ۷۷۰، ۳٤٤ و ٤٦۲ پی‌پی‌ام بود (Fields *et al.*,2002). همچنین مقایسه فرمولاسیون‌های مختلف خارجی خاک دیاتومه روی حشرات‌کامل شپشه آرد، *T. castaneum* (Herbst)، نیز نشان داد که فرمولاسیون Protect-It® نسبت به سایر فرمولاسیون‌ها از کارایی بالاتری برخوردار است (Arnaud *et al.*, 2005) و این در حالی است که بر اساس اطلاعات به‌دست آمده فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (Sayan®) نسبت به فرمولاسیون‌های خارجی از تاثیر مطلوب‌تری برخوردار بوده است (Golestan-Hashemi *et al.*, 2011). مشاهدات به‌دست آمده از میزان ظهور حشرات‌کامل شپشهٔ آرد نیز نشان داد که با افزایش غلظت خاک دیاتومه، میزان ظهور نیز کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که کمترین میزان ظهور حشرات‌کامل سوسک چهار نقطه‌ای در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد به‌طوری‌که میانگین شاخص کاهش تولید نتاج نسل اول آن حدود ۸۱ درصد بود و این با نتایج به‌دست آمده از میزان تلفات حشرات‌کامل پس از ۷۲ ساعت در غلظت‌های مختلف مطابقت دارد. در بررسی میزان ظهور حشرات‌کامل *T. castaneum*، توانایی تولیدمثل بالغین در گندم سالم تیمار شده با غلظت‌های مختلف فرمولاسیون SilicoSec®، کاملا متوقف شد و هیچ‌گونه نتاجی مشاهده نشد (Ziaee *et al.*, 2007). همچنین در تحقیقات Fields (2002)، ظهور نتاج *T. castaneum* در تمامی گندم‌های تیمار شده با خاک دیاتومه پایین بود. علاوه بر این میانگین کاهش نتاج نسل اول حشرات‌کامل *T. confusum* در گندم‌های تیمار شده با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (Sayan®) حدود ۹۰ درصد بود (Golestan-Hashemi *et al.*, 2011) که از لحاظ کاهش میزان ظهور حشرات‌کامل، با نتایج این تحقیق مشابهت دارد.

به هرحال یافتن یک DE جدید که در غلظت‌های پایین مؤثر باشد به ذخیره‌سازی دانه عاری از حشرات و باقیمانده‌های حشره‌کش شیمیایی کمک می‌کند (Arnaud *et al.*, 2005). بنابراین می‌توان اظهار نمود که فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه (Sayan®) دارای پایداری مناسبی بوده و لذا می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کنترل شیمیایی و یا

به‌صورت تلفیق با سایر روش‌های کنترلی جهت حفاظت محصولات انباری از سوسک چهـار نقطـه‌ای حبوبـات و سـایر آفات انباری مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به میزان مصرف بسیار کم خاک دیاتومه در سیلوها و انبارها و نیز قیمـت پایین خاک دیاتومه فرمولاسیون ایران در مقایسه با فرمولاسیون‌های خارجی، لذا از لحاظ اقتصادی نیز مقـرون بـه صـرف می‌باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک بـه جهـت همکـاری در اجـرای تحقیق و نیز از شرکت کیمیا سبزآور ایران به جهت تامین فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه موردنیاز تشکر می نمایند.

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, l., 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.

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.

Bagheri-Zenouz, E. 1995. Stored products pests and its control methods. 2nd ed. Sepehr Publishing. 309 pp.

Bell, C. H. and Wilson, S. M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* (Everts.) (Coleoptersa: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 31: 199-205.

Chaudhry, N. Q. 2000. Phosphine resistance. *Pesticide Outlook*. V. 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 relervance of assays for Phpsphine resistance. In: Stored product protection, Eds. Jin, X., Liang, Q. Liang, Y. S., Tan, X.C. and Guan, L. H., pp. 584-593.

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, 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, 1.

Golestan-Hashemi, F.S., Farazmand, H., Karimzadeh-Esfahani, J., Marouf, A. 2011. Effect of Iranian formulation of diatomaceous earth on confused flour beetle, *Tribolium confusum* du Val (Col.: Tenebrionidae), under laboratory conditions. Iranian Journal of Entomological Research. 2(4): 307–317.

Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J., Arnason, J.T. and Belanger, A. 2001. Efficacy of essential oil of ocimum basilicum L.and O.gratissimum L.applied as An insecticidal fumigant and powder to control Callosobracus maculates (Fab.)(Coleoptera:Bruchidae). Journal of stored products Reserch, 37:339-349.

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, MA.

Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990. The diatoms. Cambridge University Press, Cambridge, 747 p.