اثر حشره کشی نهشته‌های ایرانی خاک دیاتومه روی حشرات بالغ *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae)

معصومه ضیائی[1*]، مریم عطاپور[2]، و عارف معروف[3]

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

۲- پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران. تهران. ایران

۳- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۳

چکیده

اثر حشره کشی سه نهشته ایرانی خاک دیاتومه تهیه شده از معدن‌های مراغه، ممقان و خراسان جنوبی و یک فرمولاسیون تجاری Sayan® روی حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) بررسی شد. دانه‌های لوبیا چشم بلبلی با چهار غلظت ۲۰۰، ۶۰۰، ۱۰۰۰، و ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم تیمار شدند و هر غلظت چهار بار تکرار شد. آزمایش‌ها در دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و در شرایط تاریکی انجام شد. تلفات بعد از ۲، ۵، و ۱۰ روز از تیمار شمارش شد. بعد از گذشت ۱۰ روز، همه حشرات بالغ از ظرف‌های آزمایش حذف شد و ظرف‌ها برای بررسی نتاج تولید شده به مدت ۳۵ روز در همان شرایط نگهداری شدند. درصد تلفات با افزایش غلظت و مدت زمان قرارگیری در معرض هر غلظت افزایش یافت. غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از این نهشته‌ها برای مانع شدن از تولید نتاج سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات کافی بود. علاوه بر این، مقدار LC_{50} نمونه‌های خاک دیاتومه مراغه، ممقان، خراسان جنوبی و فرمولاسیون تجاری Sayan® روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، ۵ روز پس از تیمار تخمین زده شد. مقادیر LC_{50} به ترتیب ۳۷۳/۶، ۳۴۱/۶، ۴۶۱/۸ و ۷۵۷/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. بر اساس مقدار LC_{50} و حدود اطمینان آن‌ها، اثر حشره کشی نهشته‌های مراغه، ممقان و خراسان جنوبی، ۵ روز پس از تیمار بیشتر از Sayan® بود. نتایج نشان داد که نهشته‌های ایرانی خاک دیاتومه می‌توانند به عنوان ابزار مناسب در برنامه‌های مدیریت آفات محصولات انباری به کار برده شوند.

کلید واژه‌ها: حفاظت، خاک دیاتومه، سوسک چهار نقطه ای حبوبات، لوبیا چشم بلبلی

مقدمه

سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* F.، یکی از مهمترین آفات انباری حبوبات است که البته مرحله بالغ در این حشرات تغذیه نداشته و تنها لارو آن‌ها به عنوان مرحله رشدی خسارت زا محسوب می‌شود. معمولاً خسارت این آفت از مزرعه شروع شده و به انبارها نیز منتقل می‌شود. در مزرعه حشرات بالغ تخم‌های خود را روی غلاف‌های تازه گیاه می‌گذارند و لارو آن‌ها با سوراخ کردن غلاف از لپه تغذیه می‌کند (Hill, 2002). شرایط بهینه برای رشد این حشرات دمای ۳۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد است که در این شرایط چرخه زندگی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات ۲۱ روز گزارش شده است (Rees, 2007).

حفاظت محصولات انباری از قبیل غلات (Athanassiou et al., 2007; Ziaee, 2014)،

حبوبات (Wakil et al., 2010) و دانه‌های روغنی (Ziaee et al., 2007) به وسیله خاک‌های دیاتومه[1] از روش‌های ایمن و مقرون به صرفه کنترل آفات انباری می‌باشد. خاک دیاتومه از بقایای اسکلت‌های فسیلی جلبک‌های تک سلولی دیاتوم به دست می‌آید. خاک‌های دیاتومه پایدار بوده، بقایای شیمیایی روی مواد غذایی بر جا نمی‌گذارند و سمیت کمی روی پستانداران دارند. کاربرد خاک دیاتومه در سیلو و انبارها آسان است و توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالت متحده آمریکا[2] به عنوان یک ماده ایمن شناخته شده است. خاک دیاتومه در آمریکا و کانادا به عنوان افزودنی غذا ثبت گردیده است (Korunic, 1998).

Prasantha et al. (2002) اثر حشره‌کشی فرمولاسیون FossilShield® را روی حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات و سوسک لوبیا، *Acanthoscelides obtectus* (Say) روی ماش و لوبیای محلی در دما و رطوبت‌های مختلف مورد آزمایش قرار دادند. در پژوهشی، Wakil et al. (2010) فرمولاسیون Diafil 610® خاک دیاتومه را در حفاظت لوبیا چشم بلبلی علیه حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات مورد بررسی قرار دادند. در آزمایش دیگری، لوبیا چشم بلبلی با فرمولاسیون Silicosec® خاک دیاتومه تیمار و علیه حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات به کار گرفته شد (Shams et al., 2011). Rezaei et al. (2011) پتانسیل حشره کشی و اثر فرمولاسیون ایرانی Sayan® را در کاهش نتاج حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات بررسی کردند.

هدف از این مطالعه بررسی اثر حشره کشی چهار نمونه خاک دیاتومه جمع آوری شده از معدن‌های دیاتومیت مراغه، ممقان، خراسان جنوبی و فرمولاسیون Sayan® و بررسی تاثیر آن‌ها در کاهش تولید نتاج حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات روی لوبیا چشم بلبلی است.

مواد و روش ها

حشرات بالغ

حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات روی لوبیا چشم بلبلی در انکوباتور با دمای ۱ ± ۳۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و در شرایط تاریکی در آزمایشگاه حشره شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز پرورش داده شدند. بعد از سه نسل خالص سازی، حشرات بالغ برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش‌ها روی حشرات بالغ یک روزه و بدون تفکیک جنسی انجام شد.

نهشته‌های ایرانی خاک دیاتومه

سه نمونه از خاک‌های دیاتومه از معدن‌های دیاتومیت مراغه، ممقان، خراسان جنوبی و یک فرمولاسیون تجارتی Sayan® در آزمایش ها مورد استفاده قرار گرفت.

نهشته مراغه از شرکت معدن منطقه‌ای آذربایجان تهیه شد. معدن دیاتومیت آیگوش مراغه در شمال‌غرب ایران در ۲۰ کیلومتری روستای کامل آباد (عرض شمالی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه الی ۴۱ درجه و ۳۹ دقیقه و طول شرقی ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقه الی ۲۸ درجه و ۱۶ دقیقه) واقع شده است.

نهشته ممقان از معدن دیاتومیت ممقان واقع در شمال‌غرب ایران، ۵ کیلومتری جنوب تبریز (عرض شمالی ۳۷ درجه و ۵۰ دقیقه الی ۱۸ درجه و ۴ دقیقه و طول شرقی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه الی ۲۵ درجه و ۷۰ دقیقه) جمع آوری شد.

نهشته خراسان جنوبی از شرکت رحیم زاده و صبوری تهیه گردید. معدن دیاتومیت خراسان جنوبی در شمال شرق ایران، بیرجند، سربیشه، روستای اسفراز (عرض شمالی ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه الی ۳۱ درجه و ۹۲

1- Diatomaceous earth (DE)
2- U.S. Environmental Protection Agency (EPA)

دقیقه و طول شرقی ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه الی ۲۷ درجه و ۶۸ دقیقه) واقع شده است.

فرمولاسیون تجاری خاک دیاتومه با نام Sayan® از شرکت کیمیا سبز آور تهیه شد.

روش فرآوری نهشته‌های خاک دیاتومه مشابه روش Ziaee and Moharramipour (2012) بود. نهشته‌های خاک دیاتومه توسط آسیاب گلوله‌ای مدل Fritsch آلمان آسیاب شدند. سپس، نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند تا رطوبت آن‌ها به حدود ۳ تا ۶ درصد برسد. نهشته‌های خاک دیاتومه توسط الک دماوند ۱۷۰ مش سرند شدند تا اندازه ذرات به دست آمده کمتر از ۸۸ میکرومتر باشد.

لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی رقم محلی در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. قبل از انجام آزمایش، دانه‌های لوبیا به مدت یک هفته در پتری‌دیش‌هایی (قطر ۲۰ سانتی متر) با در باز در انکوباتور با دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد قرار داده شدند تا به رطوبت محیط برسند. برای به دست آوردن رطوبت دانه‌ها، ۱۰ گرم از دانه‌های لوبیا آسیاب و در آون تنظیم شده در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس خشک شد. مقدار رطوبت دانه‌ها ۱۱/۸ درصد به دست آمد.

بررسی اثر حشره کشی نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه روی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات

آزمایش‌ها در دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و با غلظت‌های ۲۰۰، ۶۰۰، ۱۰۰۰، و ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم انجام شد. مقدار ۵۰ گرم لوبیا چشم بلبلی در شیشه‌های آزمایش ریخته شد و با غلظت‌های مختلف نهشته‌های خاک دیاتومه تیمار شد. آزمایش‌ها در چهار تکرار انجام شد و دانه‌های تیمار نشده به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. درب شیشه‌ها بسته شد و به مدت ۵ دقیقه برای توزیع بهتر خاک دیاتومه در توده دانه خوب به هم زده شدند. سپس، تعداد ۱۵ حشره بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات به هر شیشه اضافه شد و درب شیشه‌ها برای تهویه با توری پوشیده شد. تلفات سوسک‌ها ۲، ۵ و ۱۰ روز بعد از تیمار شمارش شد.

بررسی اثر نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه در تولید نتاج سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات

در مطالعه Badii et al. (2013) اثر چهار فرمولاسیون تجاری خاک دیاتومه در تولید نتاج سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در بادام زمینی، ۴۰ روز پس از تیمار بررسی شد. از این‌رو در مطالعه حاضر، بعد از گذشت ۱۰ روز از شمارش تلفات، حشرات مرده و زنده از شیشه‌ها خارج و ظرف‌ها برای ۳۵ روز دیگر در انکوباتور نگهداری شدند. سپس، دانه‌های لوبیا چشم بلبلی یک به یک شکافته شده و تعداد لاروها و شفیره‌های موجود در شیشه‌های آزمایش شمارش و به عنوان نتاج تولید شده سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات محسوب شدند.

محاسبه LC۵۰ نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه روی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات

شرایط این آزمایش مشابه آزمایش اول بود. با این تفاوت که برای هر نمونه خاک دیاتومه، پنج غلظت که باعث ایجاد تلفات بین ۲۰ - ۸۰ درصد شدند، تعیین گردید (Robertson et al., 1984). غلظت‌های مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. سپس، مقدار ۵۰ گرم لوبیا چشم بلبلی در شیشه‌های آزمایش ریخته شد و با غلظت‌های مختلف تیمار شد. هر غلظت چهار بار تکرار شد و در هر تکرار ۱۵ حشره بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات رهاسازی شد. تلفات ۵ روز بعد از تیمار شمارش شد.

تجزیه آماری داده‌ها

اصلاح داده‌های تلفات با فرمول آبوت صورت گرفت (Abbott, 1925). برای نرمال سازی داده‌ها، تغییر شکل داده‌ها با استفاده از رابطه $\mathrm{Arcsin}\sqrt{\frac{x}{100}}$ انجام شد، ولی داده‌های تغییر شکل نیافته در شکل‌ها نشان

جدول ۱- غلظت‌های مورد استفاده جهت تعیین مقادیر LC_{50}. نمونه‌های خاک دیاتومه روی حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات

Table 1- The concentrations applied to determine LC_{50} values of DE samples on *Callosobruchus maculatus* adults

DE samples	Concentrations (mg/kg)				
Maragheh	200	300	400	500	750
Mamaghan	150	250	350	500	700
Khorasan	200	300	450	700	1000
Sayan	350	500	800	1000	1500

داده شده است. نتایج مربوط به نتاج تولید شده در قالب طرح کامل تصادفی آنالیز واریانس شد. مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون توکی[3] در سطح احتمال آماری ۵ درصد با نرم افزار SPSS 16 انجام شد. مقادیر LC۵۰ به روش پروبیت (Finney, 1971) و توسط نرم افزار SPSS 16 تعیین شدند (SPSS, 2007).

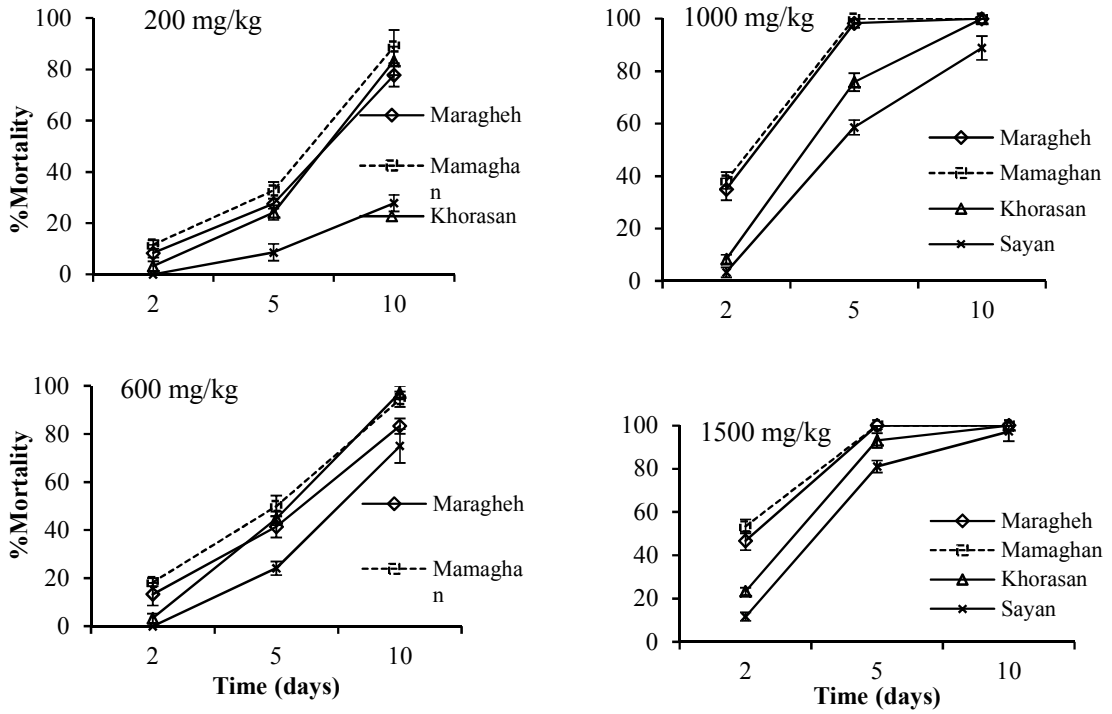
نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در همه غلظت‌های مورد آزمایش، درصد تلفات حشرات بالغ با گذشت زمان افزایش یافت و کمترین تلفات در فرمولاسیون تجاری Sayan® مشاهده شد. در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم درصد تلفات حشرات بالغ در فاصله زمانی ۱۰ روز نهشته خراسان جنوبی و ممقان به ترتیب باعث ۹۷ و ۹۴ درصد تلفات شدند. در صورتی که تلفات ۱۰۰ و ۹۸ درصدی در حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تیمار شده با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از نهشته ممقان و مراغه، ۵ روز پس از تیمار مشاهده شد. در همین غلظت، ۱۰۰ درصد تلفات در سه نهشته ممقان، مراغه، و خراسان جنوبی ۱۰ روز بعد از تیمار گزارش شد. در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، نهشته‌های ممقان، مراغه، خراسان جنوبی، و فرمولاسیون تجاری Sayan®، ۲ روز پس از تیمار به ترتیب باعث ۴۶/۶، ۵۳/۳، ۲۳/۳، و ۱۱/۶ درصد تلفات شدند. با گذشت زمان به ۵ روز درصد تلفات در دو نهشته ممقان و مراغه به ۱۰۰ درصد رسید و در نهشته خراسان جنوبی و فرمولاسیون Sayan®، به ترتیب ۹۳/۱ و ۸۱/۰ درصد تلفات مشاهده شد (شکل ۱).

بین تیمارهای مختلف در بررسی تولید نتاج تفاوت معنی داری مشاهده شد ($F_{16,51}$= ۲۵۰/۴۲، P<۰/۰۰۱). تعداد نتاج تولید شده (شامل لارو و شفیره) بعد از ۴۵ روز از شروع آزمایش در تیمار شاهد ۸۵/۵ عدد بود. با افزایش غلظت تعداد نتاج تولید شده به طور معنی داری کاهش یافت و در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در هیچ یک از نمونه‌های خاک دیاتومه نتاجی تولید نشد (جدول ۲).

مقدار LC_{50} نمونه‌های خاک دیاتومه مراغه، ممقان، خراسان جنوبی و Sayan® روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، ۵ روز پس از تیمار به ترتیب ۳۷۳/۶، ۳۴۱/۶، ۴۶۱/۸ و ۷۵۷/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود. با توجه به مقادیر LC_{50} و حدود اطمینان آن‌ها، نهشته‌های خاک دیاتومه مراغه، ممقان، و خراسان جنوبی دارای اثر حشره کشی بیشتری نسبت به فرمولاسیون Sayan® بودند (جدول ۳).

3- Tukey HSD test



شکل ۱- میانگین درصد تلفات ± خطای معیار حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تیمار شده با غلظت‌های مختلف نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه

Figure 1- Mean percent mortality ± SE of *Callosobruchus maculatus* exposed to different concentrations of Iranian DE samples

جدول ۲- میانگین تولید نتاج ± خطای معیار سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تیمار شده با نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه

Table 2- Mean progeny production± SE of *Callosobruchus maculatus* exposed to Iranian DE samples

DE samples	Concentrations (mg/kg)				
	Control	200	600	1000	1500
Control	85.50±2.21 a	-	-	-	-
Maragheh	-	30.75±0.62 c	7.25±1.79 ef	0.00±0.00 f	0.00±0.00 f
Mamaghan	-	28.25±1.75 c	5.50±0.95 ef	0.00±0.00 f	0.00±0.00 f
Khorasan	-	27.25±3.90 c	9.75±1.84 de	0.00±0.00 f	0.00±0.00 f
Sayan®	-	46.00±1.58 b	16.5±1.32 d	3.25±0.47 ef	0.00±0.00 f

میانگین‌ها در ستون‌ها و ردیف‌ها با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ درصد با آزمون Tukey HSD test اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column and row with same letters are not significantly different using Tukey HSD test at P= 0.05.

جدول ۳- مقادیر LC_{50} نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه روی حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، ۵ روز پس از تیمار
Table 3- LC_{50} values of Iranian DE samples against adults of *Callosobruchus maculatus* after 5 days of exposure

DE samples	LC_{50} (mg/kg)	Confidence limit (mg/kg)		Slope ±SE	Chi-square	*P* value
		Lower	Upper			
Maragheh	373.6	324.9	426.8	2.64±0.40	1.12	0.77
Mamaghan	341.6	292.0	399.2	2.29±0.34	1.21	0.75
Khorasan	461.8	393.8	542.9	2.23±0.31	0.11	0.98
Sayan®	757.6	663.1	868.8	2.67±0.36	0.75	0.86

بحث

نتایج این آزمایش نشان داد درصد تلفات حشرات بالغ سوسک چهارنقطه ای حبوبات با افزایش زمان و همچنین غلظت خاک دیاتومه افزایش می‌یابد. این نتایج مشابه یافته‌های سایر پژوهشگران می‌باشد (Athanassiou, et al., 2007; Kabir and Wulgo, 2014; Wakil, et al., 2010; Ziaee and Moharramipour, 2012). در این آزمایش، نهشته‌های ممقان، خراسان جنوبی و مراغه در زمان ۱۰ روز بیشترین تلفات را ایجاد کردند. در صورتی که فرمولاسیون Sayan® بعد از گذشت ۱۰ روز فقط ۲۷/۷ درصد تلفات در حشرات بالغ ایجاد کرد.

Shams et al. (2011) نشان دادند تلفات حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات از ساعت‌های اولیه تیمار با فرمولاسیون Silicosec® خاک دیاتومه زیاد بوده، به طوری که بیش از ۹۰ درصد تلفات حشرات بالغ در لوبیا چشم بلبلی، ۲۴ ساعت بعد از تیمار مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش، حتی در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۲ روز پس از تیمار درصد تلفات بیشتر از ۵۳ درصد (نهشته ممقان) نبود و گذشت زمان بیشتری نیاز است تا نمونه‌های ایرانی خاک دیاتومه اثر حشره کشی خود را روی حشرات بگذارند.

در بررسی فرمولاسیون Diafil 610® خاک دیاتومه روی لوبیا چشم بلبلی، تلفات ۱۰۰ درصدی حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای در غلظت ۸۰۰ پی پی ام، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد، ۵ روز پس از تیمار مشاهده شد (Wakil et al., 2010). شرایط آزمایش می‌تواند به عنوان یک فاکتور موثر در ایجاد تلفات در حشرات آفت انباری باشد (Prasantha et al., 2002). طبق نتایج آن‌ها درصد تلفات حشرات سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات با افزایش دما و کاهش رطوبت افزایش یافت. گرما باعث افزایش فعالیت و تحرک حشرات شده و امکان برخورد کوتیکول حشرات را با ذرات خاک دیاتومه افزایش می‌دهد. در نتیجه با افزایش دما درصد تلفات افزایش می‌یابد (Dowdy and Fields, 2002).

کمتر بودن درصد تلفات سوسک چهار نقطه ای حبوبات در پژوهش حاضر نسبت به مطالعات Prasantha et al. (2002) و Wakil et al. (2010) می‌تواند به دلیل کمتر بودن دمای آزمایش (۲۸ درجه سلسیوس) باشد. هر چند توانایی حشره کشی خاک‌های دیاتومه به عواملی نظیر گونه حشره، خصوصیات خاک دیاتومه، شرایط محیطی، خصوصیات محصول انباری و غیره نیز بستگی دارد (Korunic, 1997).

رطوبت نیز عامل تاثیر گذار روی اثر حشره کشی خاک دیاتومه است. به گزارش Badii et al. (2013) درصد تلفات حشرات بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در بادام زمینی تیمار شده با فرمولاسیون‌های Diatomenerde®، Probe-A®، Fossilshield®، و

Damol-D1® خاک دیاتومه در رطوبت نسبی ۵۰ درصد به طور معنی داری بیشتر از رطوبت ۸۰ درصد بود. در پژوهش حاضر نیز رطوبت نسبی مورد آزمایش ۵۵ درصد بود که مطابق با شرایط نگهداری محصولات انباری در سیلو و انبارها می‌باشد و می‌تواند در تاثیر پذیری بیشتر خاک‌های دیاتومه موثر باشد.

علاوه بر شرایط محیطی، منشا و زیستگاه خاک دیاتومه نیز روی توانایی حشره کشی آن تاثیر گذار است. زیستگاه دیاتوم‌ها بسیار متنوع بوده و در آب‌های شور، شیرین، اقیانوس‌ها، دریاها، رودخانه‌ها و غیره انتشار دارند. خاک‌های دیاتومه‌ی دریایی ۲ تا ۷ درصد کریستال سیلیکا دارند و خاک‌های دیاتومه‌ای که از دیاتوم‌های آب‌های شیرین (برکه، دریاچه، مرداب) ایجاد شده‌اند محتوی کمتر از یک درصد کریستال سیلیکا می‌باشند. به نظر می‌رسد نهشته‌های خاک دیاتومه با منشا دریایی به دلیل داشتن مقدار کریستال سیلیکای بیشتر، قدرت حشره‌کشی بالاتری داشته باشند (Golob, 1997). از طرفی، مطالعات دیگری بیان می‌کند نهشته‌های خاک دیاتومه با منشا دریایی ضعیف‌تر از دیاتومه های آب شیرین عمل می‌کنند (Mclaughlin, 1994; Snetsinger, 1988).

همه نهشته‌های ایرانی مورد مطالعه در این پژوهش منشا و زیستگاه دریایی دارند که می‌تواند در پتانسیل حشره کشی آن‌ها تاثیر داشته باشد. هر چند، Saez and Fuentes Mora, (2007) اثر حشره کشی شش نهشته خاک دیاتومه شامل سه نهشته با منشا دریایی و سه نهشته با منشا آب شیرین را روی حشرات بالغ سوسک‌های انباری مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند تفاوت معنی داری بین اثر حشره کشی خاک‌های دیاتومه با منشا متفاوت وجود نداشت.

با توجه به یافته‌های ما، در کمترین غلظت‌ها (۲۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، در همه نمونه‌های خاک دیاتومه مورد آزمایش نتاج تولید شد. هر چند تعداد نتاج تولید شده به طور معنی داری کمتر از تیمار شاهد بود. در صورتی که در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از نهشته‌های خاک دیاتومه هیچ نتاجی مشاهده نشد.

گزارش‌های متعددی وجود دارد که غلظت‌های زیاد خاک دیاتومه (غلظت‌های بالای ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، باعث کاهش وزن هکتولیتری و روانروی دانه می‌شوند و این موضوع مصرف خاک‌های دیاتومه را تاحدودی محدود کرده است. بنابراین، برای تولید و عرضه فرمولاسیون تجاری خاک‌های دیاتومه، نیاز به فرآوری و افزودن مواد همراه با خاصیت سینرژیستی در فرمولاسیون آن‌ها است (Korunic, 2013).

Rezaei, et al. (2011) در بررسی اثر فرمولاسیون ایرانی Sayan® بیان کردند در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم از این فرمولاسیون هیچ نتاجی از سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تولید نشد که نتایج ما با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

Kabir and Wulgo (2014) اثر فرمولاسیون‌های تجاری Celite 209®، DiaFil 610®، Protect-It™، و SilicoSec® خاک دیاتومه را در کاهش تولید نتاج سوسک چهار نقطه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب ۱۴، ۱۲، ۳ و ۳ عدد نتاج در تیمارهای مذکور تولید شده و با کاهش غلظت تعداد نتاج تولید شده به طور معنی داری افزایش یافت. با توجه به این که مراحل رشدی لارو و شفیره سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات داخل دانه است، امکان تماس و برخورد آن‌ها با ذرات خاک دیاتومه وجود نداشته و در نتیجه تلفات نتاج کاهش می‌یابد. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد که فرمولاسیون‌های مورد آزمایش خاک دیاتومه، حتی ۶ ماه پس از انبارداری تاثیری روی قدرت جوانه زنی نداشتند و درصد جوانه زنی لوبیا چشم بلبلی، ۶ ماه بعد از تیمار با چهار فرمولاسیون خاک دیاتومه بین ۹۲ تا ۹۶ درصد گزارش شد.

علی رغم محدودیت‌های خاک دیاتومه، کاربرد این ترکیبات دارای مزایایی نیز هست. از جمله مزایای خاک‌های دیاتومه سمیت کم آن‌ها برای پستانداران، ارزان و در دسترس بودن آن‌ها، کاربرد آسان، و غیره است.

با توجه به نتایج این پژوهش، نهشته‌های ایرانی خاک دیاتومه می‌توانند به عنوان نگهدارنده مناسب لوبیا چشم بلبلی به کار گرفته شوند. هر چند فرآوری نهشته‌های خاک دیاتومه می‌توانند تاثیر حشره کشی آن‌ها را افزایش داده و میزان غلظت مصرفی آن‌ها را کاهش دهد. همچنین تلفیق آن‌ها با سایر مواد و تکنیک‌ها می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات محصولات انباری مورد استفاده قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور برای حمایت از این طرح پژوهشی با شماره طرح ۹۲۰۲۳۰۰۷ سپاس‌گزاری می‌کنند.

REFERENCES

Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, 18: 265-267.

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.

Badii, B.K., Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., and Ulrichs, C. 2013. Efficacy of diatomaceous earth formulations against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* harms): Influence of dosage rate and relative humidity. Journal of Pest Science, 87: 285-294.

Dowdy, A.K., and Fields, P.G. 2002. Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. Journal of Stored Products Research, 38: 11-22.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Third edition. Cambridge University Press, London.

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.

Hill, D.S. 2002. Pests: Class insecta. Pests of stored foodstuffs and their control, Kluwer Academic Publishers, Springer, Malaysia, 135-316.

Kabir, B., and Wulgo, M. 2014. Efficacy of four diatomaceous earth formulations against *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae) on cowpea. In Arthur, F.H., Kengkanpanich , R., Chayaprasert, W., and Suthisut, D. (eds.). Proceedings of the 11th International Working Conference on Stored Product Protection.Chiang Mai, Thailand. pp:798-806.

Korunic, Z. 1997. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. Journal of Stored Products Research, 33: 219-229.

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

Korunic, Z. 2013. Diatomaceous earths: Natural insecticides. Pesticidi i Fitomedicina, 28: 77-95.

McLaughlin, A. 1994. Laboratory trials on desiccant dust insecticides. In Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J. and Champ, B.R.(eds.), Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection. CAB. Wallingford, Canberra, Australia, pp: 638-645.

Prasantha, B.D., Reichmuth, C., and Buttner, C. 2002. Effect of temperature and relative humidity on diatomaceous earth treated *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Acanthoscelidus obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). In Credland, P.F., Armitage, D.M., Bell, C.H., Cogan, P.M. and Highley, E. (eds.). Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, CAB International, York, United Kingdom, pp:763-767.

Rees, D. 2007. Insects of stored grain: a pocket reference. Second edition. Csiro Publishing, Australia. 81 PP.

Rezaei, T.H., Farazmand, H., Goldasteh, S., and Marouf, A. 2011. Effect of Iranian formulation of diatomaceous earth on bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Col., Bruchidae), under laboratory conditions. Journal of Entomological Research, 3: 213-222. (In Farsi with English abstract).

Robertson, J.L., Smith, K.C., Savin, N.E., and Lavigne, R.J. 1984. Effects of dose selection and sample size on the precision of lethal dose estimates in dose mortality regression. Journal of Economic Entomology, 77: 833-837.

Saez, A., and Fuentes Mora, V.H. 2007. Comparison of the desiccation effects of marine and freshwater diatomaceous earths on insects. Journal of Stored Products Research, 43: 404-409.

Shams, G., Safaralizadeh, M.H., and Imani, S. 2011. Insecticidaleffect of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. African Journal of Agricultural Research, 6: 5464-5468.

Snetsinger, R. 1988. Report on shellshock insecticide. Pennsylvania State University, pp: 1-7.

SPSS, 2007. Spss 16 for windows user's guide release, spss Inc, Chicago.

Wakil, W., Ghazanfar, M., Ashfaq, M., Ali, K., and Riasat, T. 2010. Efficacy assessment of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae) on gram at different temperature and relative humidity regimes. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, p. 936.

Ziaee, M. 2014. The insecticidal efficacy of three commercial formulations of diatomaceous earth against *Tribolium confusum* to protect three different varieties of wheat. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 37: 123-131. (In Farsi with English abstract).

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.

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.

Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 39(3) Fall 2016

The insecticidal efficacy of Iranian diatomaceous earth deposits against adults of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae)

M. Ziaee[1*], M. Atapour[2] and A. Marouf[3]

1. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz-Iran. (m.ziaee@scu.ac.ir)
2. Assistant Professor, Institute of Agriculture, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran.

Received: 22 March 2016 Accepted: 13 September 2016

Abstract

The insecticidal efficacy of three Iranian diatomaceous earth (DE) deposits obtained from Maragheh, Mamaghan, Khorasan Jonoobi mines and a commercial formulation, Sayan®, was assessed against adults of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae). Cowpea grains were treated with four concentrations including 200, 600, 1000 and 1500 mg/kg and each concentration was replicated four times. Experiments were carried out at 28±1˚C and 55±5% R.H. in continuous darkness. The mortality was counted after 2, 5, and 10 days of exposure. After 10 days, all adults were removed from vials, and the vials were left on the same conditions for an additional 35 days, to evaluate the progeny production. The mortality percentage increased with increasing concentration level and time exposed to each concentration. The concentration 1000 mg/kg of these DEs was enough to suppress *C. maculatus* progeny production. In addition, LC_{50} values of Maragheh, Mamaghan, Khorasan Jonoobi and Sayan® DE samples on *C. maculatus* adults were estimated after 5 days of exposure. The LC_{50} values were 373.6, 341.6, 461.8 and 757.6 mg/kg, respectively. Based on LC_{50} values, the insecticidal efficacy of Maragheh, Mamaghan and Khorasan Jonoobi DE deposits was more than Sayan® after 5 days of exposure. The results indicated that Iranian DE deposits may be applied as a suitable tool in stored products pest management programs.

Keywords: Protection, Diatomaceous earth, Callosobruchus maculatus, Cowpea