دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ۴۶۶۸-۲۰۰۸
http://jer.entomology.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)

جلد ۱، شماره ۴، سال ۱۳۸۸، (۲۹۷-۳۰۴)

تاثیر تیمارهای حرارتی روی تلفات مراحل مختلف رشدی شپشه آرد *Tribolium castaneum* Herbst. (Col., Tenebrionidae)

ریحانه حبیبی[۱]، رضا وفایی شوشتری[۲]، عارف معروف[۳]، حسین فرازمند[۳]، سعیده لونی[۱]*

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
۲- استادیار، گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
۳- به‌ترتیب مربی و استادیار، بخش حشره‌شناسی کشاورزی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران

چکیده

شپشه‌آرد .*Tribolium castaneum* Herbst یکی از آفات مهم صنایع غذایی در سراسر جهان است. استفاده از درجه حرارت‌های بالا یا تیمارهای شوک حرارتی در مدیریت آفات انباری روش بسیار موثری است. در این تحقیق جهت ارزیابی مرگ و میر این حشره به‌وسیله حرارت‌های بالا، اثر ۵ تیمار حرارتی شامل ۳۵، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درجه سلسیوس در زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه روی مراحل مختلف رشدی این آفت (لارو جوان ۵ روزه، لارو مسن ۱۵ روزه، شفیره و حشره‌کامل) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها پس از حرارت‌دهی در شرایط دمایی ۱±۲۸ °C و رطوبت‌نسبی ۵±۶۵ درصد نگهداری شدند. نتایج نشان داد که حساس‌ترین و مقاوم‌ترین مرحله رشدی حشره به‌ترتیب مراحل لارو ۱۵ روزه و شفیرگی آفت می‌باشد. همچنین مشخص شد که حداقل دمای کنترل‌کننده برای لارو ۵ روزه دمای ۵۵ °C، برای لارو ۱۵ روزه دمای ۵۰°C و برای مرحله شفیرگی و حشرات‌کامل به‌ترتیب دمای ۵۵°C و ۵۰°C می‌باشد. لذا با توجه به امکان وجود تمام مراحل رشدی آفت در یک توده آلوده، دمای ۵۵ °C در زمان ۱۵ دقیقه برای کنترل همه مراحل رشدی آفت موثر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: شپشه آرد، تیمارهای حرارتی، مراحل رشدی، *Tribolium castaneum*

مقدمه

شپشه‌آرد *Tribolium castaneum* Herbst. (Col., Tenebrionidae)، یکی از آفات محصولات انباری بوده که حدود ۱۰۰ نوع از محصولات انباری را مورد حمله قرار می‌دهد. این آفت بیشتر در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خسارت قابل توجهی را وارد می‌نماید. پوسته‌های لاروی و فضولات حشرات‌کامل با ورود مواد سمی به‌داخل آرد باعث کاهش شدید مرغوبیت آرد می‌شوند (Songa & Rono, 1998; Hollingworth *et al*., 2002).

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *rei_habibi@yahoo.com*

تاریخ دریافت مقاله (۸۸/۲/۱۴) - تاریخ پذیرش مقاله (۸۸/۶/۳)

امروزه برای کنترل و مبارزه با شپشه‌آرد از روش‌های فیزیکی نظیر تشعشعات هسته‌ای (پرتوتابی) و استفاده از عوامل فیزیکی (مثل صوت و نور) (Banks & Fields, 1995) و همچنین روش شیمیایی استفاده می‌شود. یکی از روش‌های متداول برای کنترل آفات انباری استفاده از آفت‌کش‌های گازی (Fumigants) می‌باشد. متیل‌بروماید یکی از انواع این آفت‌کش‌ها است که برای کنترل آفات انباری در صنایع غذایی به‌کار می‌رود (Makhijani & Gurney, 1995).

متیل‌بروماید یکی از مهمترین ترکیبات شیمیایی است که روی لایه ازن تاثیر نامطلوبی دارد (Anonymus, 1992; 1993). بر اساس پروتکل مونترال در کشورهایی مثل ایران تا سال ۲۰۱۵ مصرف متیل‌بروماید مجاز می‌باشد (Makhijani & Gurney, 1995). روش‌های متعددی را می‌توان به‌عنوان جایگزین متیل‌بروماید مورد استفاده قرار داد (Dean, 1911).

یکی از این روش‌ها استفاده از تیمارهای حرارتی می‌باشد که از مهمترین روش‌های مورد استفاده در صنایع غذایی طی ۸۰ سال گذشته بوده است (Fields, 1992; Dowdy, 1999; Wright *et al*., 2002; Mahroof *et al.,* 2003; Roesli *et al*., 2003).

در برخی موارد، تیمار گرمادهی بدین شکل صورت می‌گیرد که مواد غذایی به‌مدت ۲۴ تا ۳۶ ساعت در معرض درجه حرارت بالای ۵۰–۶۰ درجه سلسیوس قرار می‌گیرند تا تمام حشرات موجود در محصولات غذایی کشته شوند (Dowdy, 1997; Mahroof *et al*., 2003). در گرمادهی، مدت زمان کوتاه برای درجه حرارت بالا به‌کار گرفته می‌شود تا به کیفیت محصولات کشاورزی آسیب وارد نشود (Evans, 1986; Tang *et al*., 2000; Wang *et al*., 2002) همچنین گرمادهی بیش از اندازه در محیط باعث می‌شود که تجهیزات فرآوری و یا دستگاه‌های مورد استفاده در صنایع غذایی دچار صدمه و آسیب شوند. علاوه بر این گرمادهی کمتر در یک ناحیه روی بقای آفات نیز تاثیرگذار خواهد بود (Dowdy, 1999; Mahroof *et al*., 2003).

در حال حاضر اهمیت اقتصادی استفاده از این روش‌ها در کنترل آفات انباری مورد توجه خاص قرار گرفته است (Oosthuizen, 1935; Wright *et al*., 2002) و بسیاری از محققان نشان داده‌اند که اگر گرمادهی باعث مرگ و میر کامل آفات نشود، می‌تواند اثر نامطلوبی روی تولیدمثل، لقاح و رشد و نمو نتاج حشرات داشته باشد (Arbogast, 1981; Gonen, 1977; Kawamoto *et al*., 1989; Lale & Vidal, 2003; Okasha *et al*., 1970; Proverbs & Newton, 1962; Saxena *et al*., 1992; Tikku & Saxena, 1985; Tikku & Saxena 1990). در معرض قرار گرفتن با یک درجه حرارت زیرکشنده (۴۴°C) می‌تواند باعث مرگ و میر ناقص و یا کامل انواع سوسک‌های *Tribolium castaneum* در مرحله لاروی و یا شفیرگی شود. برای مثال فقط ۱/۳ درصد از تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های *T. castaneum* در شرایطی که در دمای ۴۴°C و رطوبت‌نسبی ۷۵٪ به مدت ۸ ساعت قرار گرفته‌اند، تبدیل به شفیره می‌شوند (Oosthuizen, 1935).

مرگ و میر *T. castaneum* در دمای ۵۰°C در شرایطی که زمان تیمار ۱۵تا۳۰ دقیقه به‌طول انجامد و بعد از تیمار در زمان بازیابی (به‌مدت یک روز) به حشره غذا داده نشود، کمتر از ۲۹٪ می‌باشد. افزایش زمان بازیابی به ۷ روز باعث ۵۱–۶۵ درصد تلفات می‌شود. اما در شرایطی که غذا به‌طور ناگهانی کاهش یابد و یا غذا در هنگام بازیابی مجدد برای حشره در نظر گرفته شود بقای حشرات‌کامل بیشتر می‌شود (Dowdy, 1999).

درجه حرارت‌های بالا اثر نامطلوبی روی تولیدمثل آفات انباری می‌گذارد. در شرایطی که لمبه گندم *Trogoderma granarium* Everts، در مرحله شفیرگی در معرض دمای ۴۵°C به‌مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار داده شود، بالغین به‌وجود آمده از این شفیره‌ها توانایی تولید نسل جدید را ندارند (Saxena *et al*., 1992).

زمانی که شفیره‌های ۱، ۲، ۳ روزه و مسن شپشه‌آرد، *T. castaneum*، در دمای ۴۵°C به‌مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار داده شوند، رشد و نمو نسل‌های بعدی به‌طور کامل متوقف می‌شود، چرا که بقای مرحله شفیرگی به‌طور کامل مختل می‌شود. زمانی که شفیره‌های ۲ یا ۳ روزه *T. castaneum* در دمای ۴۵°C به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شوند، حشرات ماده به‌وجود آمده از آن‌ها نمی‌توانند هیچ گونه لاروی تولید نمایند. اما در شرایطی که شفیره‌های یک روزه در دمای ۴۵°C به‌مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار گیرند، زنده نمی‌مانند (Saxena *et al*., 1992). در تحقیقی دیگر ماده‌های دو هفته‌ای از شپشه گندم *Sitophilus granarius* (L.) وقتی به‌مدت ۷ روز در دمای ۳۵°C قرار داده شدند و در ادامه در دمای ۲۶/۵°C قرار گرفتند، دچار کاهش نتاج بالغ در مقایسه با ماده‌هایی که در دمای ۲۶/۵°C قرار گرفته بودند شدند (Gonen, 1977).

در این تحقیق با توجه به اهمیت کاربرد روش‌های غیرشیمیایی در کنترل آفات انباری و نقش دما به‌عنوان یک عامل کنترلی ایمن برای محیط‌زیست، اثرات دماهای ۳۵، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درجه سلسیوس روی مرگ و میر مراحل مختلف رشدی *T. castaneum* مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

پرورش آزمایشگاهی حشرات

پرورش آزمایشگاهی *T. castaneum* در دمای ۱±۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد در شرایط تاریکی صورت گرفت. برای این منظور از آرد مخصوص شیرینی‌پزی به‌عنوان جیره غذایی برای آفت در همه آزمایش‌ها استفاده شد. مقدار ۵۰۰ گرم آرد درون ظروف پلاستیکی یک‌بار مصرف به ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر و قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته شده و حشرات‌کامل این آفت درون این ظروف قرار گرفتند. پس از مدتی که سطح محیط غذایی با پوسته های لاروی پوشیده می‌شد، یک محیط پرورش جدید تهیه، حشرات‌کامل و سایر مراحل رشدی از محیط قدیمی توسط الک جدا و به محیط جدید انتقال داده شدند.

انجام تیمارهای حرارتی

آزمایش روی مراحل مختلف رشدی حشره شامل لاروهای جوان (۵ روزه)، لاروهای مسن (۱۵ روزه)، شفیره‌های ۳-۴ روزه و حشرات‌کامل ۷ روزه انجام شد. تیمارهای حرارتی شامل درجه حرارت‌های ۳۵، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درجه سلسیوس همراه با شاهد در زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه بود. این آزمایش بر اساس فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۴ تکرار انجام شد و هر واحد آزمایش حاوی ۲۵ حشره بود.

برای انجام تحقیقات ابتدا نیاز به جمعیت هم‌سن بود. برای به‌دست آوردن لاروهای جوان هم‌سن، ظروف پرورش را که حاوی ۵۰۰ گرم آرد بود، تهیه کرده و تقریبا تعداد ۱۰۰۰ حشره بالغ نر و ماده در داخل آن رهاسازی شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت و تخم‌گذاری حشرات‌کامل، بالغین توسط الک جدا شده و ظروف تا زمان تفریخ تخم‌ها در داخل انکوباتور قرار گرفتند.

پس از تفریخ تخم‌ها در روز ششم و ظهور لاروها، پنج روز به لاروها اجازه فعالیت داده شد و سپس در روز پنجم فعالیت لاروها، لاروهای ۵ روزه از محیط جدا شده و جهت آزمایش در داخل پتری‌ها قرار داده شدند. ۲۰ گرم آرد نیز برای تغذیه لاروها در اختیار آن‌ها قرار داده شد. پس از انجام تیمارهای حرارتی، نمونه‌ها به‌مدت ۲ روز در شرایط پرورش قرار داده شدند و پس از این مدت درصد تلفات ثبت شد. در مورد لاروهای مسن نیز مانند لاروهای جوان عمل شد.

برای بررسی اثر حرارت‌های مختلف روی مرحله شفیرگی این آفت، نخست نیاز به شفیره‌هایی بود که دارای سن یکسان باشند. برای به‌دست آوردن شفیره‌های هم‌سن ابتدا تمامی شفیره‌های موجود در محیط پرورش جدا شدند به نحوی که حتی یک شفیره در داخل محیط باقی نماند. بنابراین تمام شفیره‌هایی که در روز بعد به‌وجود آمدند تقریبا هم‌سن شدند. از این محیط به‌طور تصادفی شفیره‌های هم‌سن جدا شدند و تحت تیمارهای دمایی قرار گرفتند.

برای به‌دست آوردن حشرات‌کامل ۳-۴ روزه هم‌سن، در زمان اوج ظهور حشرات‌کامل، همه حشرات‌کامل موجود در محیط پرورش توسط الک جدا شدند، بنابراین حشرات‌کامل که در روز بعد ظاهر شدند همه هم‌سن بودند. سپس حشرات‌کامل ۳-۴ روزه به‌طور تصادفی از این محیط جدا شده و پس از انجام تیمارهای حرارتی تلفات نمونه‌ها ثبت شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver. 6 و SPSS ver. 9 انجام شد و محاسبه LT99 نیز با استفاده از Probit صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری در همه مراحل نشان داد که بین تیمارهای مختلف نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده، دمای ۶۰°C در همه زمان‌ها در تمام مراحل رشدی آفت ۱۰۰٪ تلفات ایجاد کرده است. در مرحله لارو جوان (۵ روزه)، دمای ۵۵°C در زمان‌های ۱۰ تا ۳۰ دقیقه و همچنین دمای ۵۰°C در ۳۰ دقیقه موجب تلفات ۱۰۰٪ شده و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در دمای ۵۰°C در ۲۰، ۱۵ و ۱۰ دقیقه به‌ترتیب ۸۶، ۷۹ و ۶۸ درصد مرگ و میر مشاهده شد.

در این مرحله افزایش زمان روی افزایش درصد میزان تلفات موثر بود، به‌طوری‌که با افزایش زمان از ۵ به ۱۰ دقیقه در دمای ۵۰°C میزان تلفات از ۲۴٪ به ۶۸٪ رسید (جدول ۱). بنابراین بهترین دمای کنترلی برای این مرحله، دمای ۵۰°C در ۳۰ دقیقه می‌باشد.

در لاروهای مسن (۱۵ روزه) نیز دمای ۵۵°C در زمان‌های ۱۰ تا ۳۰ دقیقه و دمای ۵۰°C در زمان‌های ۱۵ تا ۳۰ دقیقه ۱۰۰٪ تلفات را باعث شد. دمای ۵۵°C در ۵ دقیقه و ۵۰°C در ۱۰ دقیقه هر دو ۹۶٪ تلفات ایجاد کردند. این تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در این مرحله افزایش دما از ۴۵ به ۵۰ درجه سلسیوس درصد تلفات را از ۲۶٪ به ۹۷/۲٪ رساند. همچنین افزایش زمان از ۲۰ به ۳۰ دقیقه در دمای ۴۵°C و از ۵ به ۱۰ دقیقه در دمای ۵۰°C و ۵۵°C درصد میزان تلفات را افزایش داد. بهترین دمای کنترلی برای این مرحله، دمای ۵۰°C در ۱۰ دقیقه می‌باشد (جدول ۱). نتایج مربوط به مرحله شفیرگی آفت نشان داد که در دمای ۵۵°C در همه زمان‌ها ۱۰۰٪ تلفات ایجاد کرده است. در این مرحله افزایش زمان از ۲۰ به ۳۰ دقیقه در دمای ۵۰°C باعث شده میزان تلفات از ۱۲/۸٪ به ۸۸٪ برسد. بهترین دمای کنترلی برای این مرحله، دمای ۵۵°C در ۵ دقیقه می‌باشد (جدول ۱).

نتایج مربوط به مرحله رشدی حشرات‌کامل نشان داد که تیمار دمایی ۵۵°C در زمان‌های ۵ تا ۳۰ دقیقه و تیمار دمایی ۵۰°C در زمان ۳۰ دقیقه موجب تلفات ۱۰۰٪ می‌گردد. افزایش زمان از ۱۰ به ۱۵ دقیقه در دمای ۵۰°C در این مرحله میزان تلفات را از ۵٪ به ۵۴٪ افزایش داد. همچنین محاسبه میزان LT99 برای دمای ۵۰°C در مراحل مختلف رشدی نشان داد که دمای ۵۰°C روی لاروهای مسن بیشترین و روی شفیره‌ها کمترین تاثیر را داشته است (جدول ۲).

جدول ۱- اثر متقابل دما و زمان در مراحل مختلف رشدی *T. castaneum*

Table 1- Interaction between temperature and time in different developmental stages of *T. castaneum*

Average of mortality				Heating duration (min.)	Temperature (°C)
Adult	Pupae	15- days larvae	5-days larvae		
100 A	100 A	100 A	100 A	30	60
100 A	100 A	100 A	100 A	20	60
100 A	100 A	100 A	100 A	15	60
100 A	100 A	100 A	100 A	10	60
100 A	100 A	100 A	100 A	5	60
100 A	100 A	100 A	100 A	30	55
100 A	100 A	100 A	100 A	20	55
100 A	100 A	100 A	100 A	15	55
100 A	100 A	100 A	100 A	10	55
100 A	100 A	97 A	92 A	5	55
100 A	88 B	100 A	100 A	30	50
71 B	13 C	100 A	86 B	20	50
54 C	0 D	100 A	79 C	15	50
11 D	0 D	98 A	68 D	10	50
0 F	0 D	88 B	24 E	5	50
5 E	0 D	13 C	24 F	30	45

جدول ۲- میزان LT99 در دمای ۵۰°C در مراحل مختلف رشدی *T. castaneum*

Table2- Values of LT99 at 50°C in different developmental stages of *T. castaneum*

Developmental stage	Temp.	Total no.	X^2(df)	b±SE	LT99 (min)	95% CL	
						Lower	Upper
Young larvae	50	500	3	0.12 ±0.01	27.86	20.42	70.35
Old larvae	50	500	3	0.19 ±0.75	11.10	7.97	18.28
Pupae	50	500	3	30.02 ±0.24	34.61	32.93	36.89
Adult	50	500	3	0.21 ±0.01	27.05	21.84	52.74

بحث

براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که با افزایش دما، مدت زمان رسیدن به حداکثر تلفات کاهش می‌یابد. بدین معنی که در یک زمان مشخص، دمای بالاتر، تلفات بیشتری را ایجاد نموده است. بنابراین در Superheating یا ضدعفونی با درجه حرارت‌های بالا علاوه بر دما، زمان نیز دارای اهمیت خاصی است. با توجه به آزمایش‌های انجام شده و نتایج حاصل از آن‌ها می‌توان نتیجه گرفت که مرحله لاروهای ۱۵ روزه حساس‌ترین و مرحله شفیرگی مقاوم‌ترین مرحله زندگی *T. castaneum* در برابر دماهای بسیار بالا می‌باشد.

با توجه به این که در محیط آلوده به آفت، تمام مراحل رشدی آفت وجود دارد، بنابراین آن‌چه از نظر اقتصادی دارای اهمیت است کنترل مراحل خسارت‌زای این آفت با استفاده از دمای کنترل‌کننده مناسب مراحل رشدی آفت است به‌طوری‌که از ایجاد نسل جدید جلوگیری کند. مرحله لاروی این حشره از نظر اقتصادی اهمیت بالاتری داشته و قادر به ایجاد خسارت شدید می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، دمای ۵۰°C در ۳۰ دقیقه برای کنترل این مرحله از زندگی آفت کافی می‌باشد. دمای ۵۵°C به‌مدت ۵ دقیقه نیز مرحله شفیرگی را که مقاوم‌ترین مرحله از زندگی این آفت است را به‌خوبی کنترل می‌کند.

قرار گرفتن در دمای ۶۰°C به‌مدت ۱۵ دقیقه همه مراحل *T. castaneum* و *Oryzaephilus surinamensis* L. (Col., Silvanidae) را کنترل می‌کند که با نتایج این تحقیق مطابقت می‌کند (Wilkin & Nelson, 1987). همچنین Boina & Subramanyam (2004) نشان دادند که لاروهای جوان *T. castaneum*، مرحله حساس به افزایش درجه حرارت هستند. ولی نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که لاروهای مسن حساس‌ترین مرحله هستند. قرار گرفتن شفیره‌های یک

تا چند روزه و لاروهای ۱۴ روزه و یا بیشتر *T. castaneum* در دمای ۵۰°C به‌ترتیب در زمان‌ها ی ۶۰ و ۳۹ دقیقه اثـرات زیان‌آوری روی تولیدمثل و بقای مراحل تخم تا بالغ دارد، همچنین لاروهای جوان این آفت درجـه حـرارت‌هـای بـالای ۵۰°C را تحمل می‌کنند (Mahroof *et al*., 2003) که این مورد با نتایج به‌دست آمده در ایـن تحقیـق کـاملا مطابقـت دارد. مراحل لاروی و بالغ Duval *Tribolium confusum* در درجه حرارت ۴۷/۵°C پس از ۴۸ ساعت و دمای ۵۰°C پس از ۲۴ ساعت گرمادهی، صد در صد مرگ و میر به‌همراه داشته است (Taheri, 1994). با توجه به این‌که در ایـن بررسـی مـدت زمان حرارت‌دهی بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت بوده است، مشاهده صد در صد تلفات کاملا منطقی بوده و تاییدی بر نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشد.

در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد حرارت از ظرفیت مناسبی برای استفاده در کنترل آفات انباری برخوردار بوده و طراحی و ساخت تجهیزاتی که بتواند دما را به‌طور یکنواخت در داخل توده و یا فرآورده منتشر نماید بسیار حایز اهمیت است. همچنین با توجه به نتایج حاصله، دمای ۵۵°C در زمان ۱۵ دقیقه برای کنترل همه مراحل رشدی آفت قابل توصیه می‌باشد.

References

Anonymous. 1992. United Nations Environmental Program. Methyl Bromide Atmospheric Science, Technology and Economics. UN Headquaters, Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya.

Anonymous. 1993. U. S. Clean Air Act. Federal Register, 58: 65554.

Arbogast, R. T. 1981. Mortality and reproduction pf *Ephestia cautella* and *Plodi interpunctella* exposed as pupae to high temperature. Environtal Entomology, 10: 708-711.

Banks, H. J. and Fields, P. G. 1995. Physical methods for insect control in stored grain ecosystems. pp: 353-410. In Jayas: D., White, N. D. G. & Muir, W. E. (Eds) Stored Grain Ecosystem, 784 pp. Marcel Dekker Inc.

Boina, D. and Subramanyam, Bh. 2004. Relative susceptibility of *Tribolium confusum* life stages exposed to elevated temperatures. Journal of Economic Entomology, 97: 2168-2173.

Dean, D. A. 1911. Heat as means of controlling mill insects. Journal of Economic Entomology, 4: 142-158.

Dowdy, A. K. 1997. Distribution and stratification of temperature in processing plants during heat sterilization, pp: 72.1-72.4. In: Zuxun, J., Quan,L., Yongsheng, L., Xiachang, T. and Liangua, G. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection, 14-19 October 1998. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, Sichuan Province, Peoples Republic of China.

Dowdy, A. K. 1999. Mortality of red flour beetles, *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. Journal of Stored Products Research, 35(2): 175-182.

Evans, D. E. 1986. The influence of rate heating on the mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Journal of Stored Products Research, 23: 73-77**.**

Fields, P. G. 1992. The control of stored product insects and mites with extreme temperatures. Journal of Stored Products Research, 28: 89-118.

Gonen, M. 1977. Survival and reproduction of heat-accilimated *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) at moderately high temperatures. Entomologia Experimentalis et Applicata, 21: 249-253.

Hollingsworth, C. S., Coil, W. M., Murray, K. D. and Ferro, D. N. 2002. Intergrated Pest Management for Northeast Schools. Natural Resource, Agriculture and Engineering Service, NRAES-152, 60 pp.

Kawamoto, H., Sinha, R. N. and Muir, W. E. 1989. Effect of temperature on adult survival and potential fecundity of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus.* Applied Entomology and Zoology, 24: 418-423.

Lale. N. E. and Vidal, S. 2003. Simulation studies on the effects of solar heat on egg laying development and survival of *Callosobruchus maculatus* (F.) in stored bambara groundnut *Vigna saterranea* (L.) Verdcourt. Journal of Stored Products Research, 39: 447-458.

Mahroof, R., Subramanyam, B. and Eustace, D. 2003. Temperature and relative humidity profiles during heat treatment of mills and its efficacy agains *Tribolium castaneum* (Herbst.) life stages. Journal of Stored Products Research, 39: 555-569.

Mahroof, R., Subramanyam, B., Trrone, J. E. and Menon, A. 2003. Time mortality relationships for *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)life stages exposed to elevated temperatures. Journal of Economic Entomology, 96(4): 1345-1351

Makhijani, A. and Gurney, K. R. 1995. Mending the ozone hole: science, technology and policy. MIT. Press, Cambridge, MA.

Okasha, A. K. Y., Hasanein, A. M. M. and Farahat, A. Z. 1970. Effects of sub-lethal temperatures on an insect, *Rhodnius prolixus* (Stal.). IV. Egg formation, oviposition and sterility. Journal of Experimental Biology, 53: 25-36.

Oosthuizen, M. J. 1935. The effect of high temperature on the confused flour beetle. University of Minnesota Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin, 107: 1-45.

Proverbs, M. D. and Newton, J. R. 1962. Effect of heat on the fertility of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae). Canadian Entomologist, 94: 225–233.

Roesli, R., Subramanyam, B., Fairchild, F. and Behnke, K. 2003. Trap catches of stored- product insects before and after heat treatment of a pilot feed mill. Journal of Stored Products Research, 39(5): 521-540.

SAS Institute. 2001. PROC user's manual, version 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.

Saxena, B. P., Sharma, P. R., Tappa, R. K. and Tikku, K. 1992. Temperature induced sterilization for control of three stored grain beetles. Journal of Stored Products Research, 28: 67-70.

Songa, J. and Rono, W. 1998. Indigenous methods for bruchid beetle (Coleoptera: Bruchidae) control in stored beans (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Pest Management, 44(1): 1-4.

SPSS, 1999. SPSS 9 for Windows User's Guide. Copyright 1999 by SPSS Inc., SPSS, Chicago, IL.

Taheri, M. S. 1994. The effect of temperature as a controlling factor of *Tribolium confusum* Duv. (Col., Tenebrionidae). Journal of Applied Entomology, 61 (1 & 2): 52-60.

Tang, J., Ikedial, J. N., Wang, S., Hansen, I. D. and Cavalieri, R. P. 2000. High- temperature-short-time thermal quarantine methods. Postharvest Biology and Technology, 21: 129-145.

Tikku, K. and Saxena, B. P. 1990. Ultrastructural spermatid and sperm morphology in *Procilocerus pictus* (F.) with a reference to spermeiophagic cells in the testis and sperm duct. Tissue Cell, 22: 71-80.

Tikku, K. and Saxena, B. P. 1985. Ultrastructural sperms of heat sterilized *Dysdercus koenigii* F. Current Science, 54: 386-387.

Wang, S., Tang, J., Johson, J. A. and Hansen, J. D. 2002. Thermal-death kinetics of fifth-instar *Amyelois tranitella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 30: 427-440.

Wilkin, D. R. and Nelson, G. 1987. Control of insects in confectionery walnuts using microwaves. BCPC Mono., Stored Products Pest Control, 37: 247- 254.

Wright, E. J., Sinclair, E. A. and Annis, P. G. 2002. Laboratory determination of the requirement for control of *Trogoderma variabile* (Coleoptera: Dermestidae) by heat. Journal of Stored Products Research, 38: 147-155.

Journal of Entomological Research

Volume 1, Issue 4, pages: 297-304

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.entomology.ir

Effects of heat treatments on mortality of different development stages of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. (Col., Tenebrionidae)

R. Habibi-Karahrodi[1*], R. Vafaei-Shoushtari[2], A. Marouf [3], H. Farazmand [3], S. Loni[1]

1- Graduated student, Department of Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran
2- Assisstant Professor, Department of Entomology, Agricultural faculty, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran
3- Lecturer & Assisstant Professor respectively, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

Abstract

The red flour beetle, *Tribolium castaneum* Hbst., is an important pest of food processing facilities world wide. The use of elevated temperatures or heat treatments is a very effective method for managing of stored pests. In this study, the mortality of pest in 5 constant temperatures, including 35, 45, 50, 55 and 60°C at times 5, 10, 15, 20 and 30 minutes on different growth stages (5-days larvae, 15-days larvae, pupae and adult of *T. castaneum*) were determined. Insects after heating, at temperatures of 28±1°C and relative humidity 65±5% were maintained. The results showed that, the most sensitive and resistant stages were 15-days larvae and pupal stages, respectively. It also revealed that the minimum temperature controller for 5-days larvae, 15-days larvae, pupal and adults stages were 55, 50, 55 and 50°C, respectively. Therefore, considering the possible all growth stages in an infected mass, 15°C temperature in 55 minutes, can be effective for control of all pest growth stages.

Key words: Red flour beetle, Heat treatments, Development stage, *Tribolium castaneum*

* Corresponding Author, E-mail: *rei_habibi@yahoo.com*
Received: 14 May 2009 - Accepted: 25 Aug 2009