

تأثیر غلظت‌های زیرکشنده فنوکسی کارب بر منابع انرژی در موربانه

Microcerotemes diversus (Isoptera: Termitidae)

زهرا جلیلیان^۱، بهزاد حبیب‌پور^{۱*} و پیمان حسیبی^۲

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز و ۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: habibpour_b@scu.ac.ir

چکیده

موربانه *Microcerotemes diversus* Silvestri مهم‌ترین و مخرب‌ترین گونه موجود در استان خوزستان می‌باشد. در این تحقیق اثر سه غلظت (۵۰۰، ۲۵۰۰، ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام) آفت‌کش فنوکسی کارب بر میزان ذخایر پروتئین، چربی و کربوهیدرات در موربانه کارگر در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. میزان پروتئین، چربی، قند و گلیکوژن برحسب میلی‌گرم به گرم وزن تر بدن حشره تعیین شد. نتایج نشان داد از بین غلظت‌های مذکور، غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین تأثیر کاهش را داشته است. به طوری که در این غلظت، میزان پروتئین ۴۵/۵۱٪، چربی ۶۳/۳۴٪ و محتوای انرژی ۳۶/۱۰ درصد کاهش یافت. همچنین میزان قند و گلیکوژن به ترتیب ۳۷/۲۰٪ و ۱۷/۰۴ درصد در این غلظت افزایش یافت. کاهش معنی‌دار منابع انرژی نشان دهنده تأثیر این آفت‌کش بر میزان محتوای انرژی و بقای موربانه است.

واژه‌های کلیدی: محتوای انرژی، پروتئین، چربی، کربوهیدرات

Sublethal effect of fenoxycarb on energy resources in the termite

Microcerotermes diversus (Isoptera: Termitidae)

Zahra Jalilian¹, Behzad Habibpour^{1&*} & Payman Hassibi²

1- Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran & 2- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

* Corresponding author, E-mail: habibpour_b@scu.ac.ir

Abstract

Microcerotermes diversus Silvestri is the most destructive termite pest in Khuzestan province. In this research, the effect of sublethal concentrations of fenoxycarb (500, 2500 and 5000 ppm) were studied on protein, lipid and carbohydrates contents in termite workers under laboratory conditions. The protein, lipid, sugar and glycogen were determined in milligram per gram of fresh weight. The results showed that concentration of 500 ppm had the greatest reduced effect on energy resources. In this concentration the amount of protein, lipid and energy content were decreased by 45.51%, 63.34%, and 36.10%, respectively, compared to the controls. Moreover, in that concentration the amount of sugar and glycogen increased by 37.20% and 17.04 %, respectively, compared to the controls. Significant reduction in the energy resources is indicative of fenoxycarb on survivorship and energy content in the termite.

Keywords: Energy resources, Protein, Lipid, Carbohydrate

Received: 26 September 2017, Accepted: 8 January 2018

مقدمه

موربانه‌ها حشرات اجتماعی هستند که در سطح وسیعی از جمله نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری حضور دارند (Habibpour, 1994). که در این میان موربانه‌های زیرزمینی در حدود ۸۰٪ از گونه‌های خسارت‌زا را شامل

می‌شوند (Nunes & Nobre, 2001). موربانه‌ها همه ساله خسارت‌های فراوانی در سراسر جهان به ساختمان سازی‌ها و منابع چوبی وارد می‌کنند. گونه *Microcerotemes diversus Silvesteri* مخرب‌ترین گونه موجود در استان خوزستان می‌باشد. این موربانه به گونه‌های زیرزمینی تعلق دارند و بیشتر دارای تجمعاتی در زیر خاک بوده و لانه آنها توده‌هایی به هم فشرده از حجره‌های کوچک است که از سلولز و لیگنین دفع شده با کمی خاک ساخته شده است (Habibpour, 1994).

یکی از روش‌های کنترل حشرات که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد (IGR) است. فنوکسی کارب یکی از این تنظیم کننده‌های رشد می‌باشد که از گروه آنالوگ‌های هورمون جوانی است. ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات به دلیل آلوده نکردن محیط زیست و رابطه اختصاصی با آفت در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته اند. چنین ترکیباتی رشد و فیزیولوژی طبیعی آفات را برهم می‌زنند و به همین دلیل برای موجودات غیر هدف ایمن هستند. سمیت کمتر و تجزیه شدن سریع در محیط از مزایای اساسی فنوکسی کارب می‌باشد. اثرات مهم دیگر این آفت‌کش، اختلال در اووژن و سنتز ویتلوزن می‌باشد و رشد، پوست اندازی، تولیدمثل و دگرذیسی را در حشرات مختل می‌کند (Fatehpour et al., 2009). آنالوگ‌های هورمون جوانی روی موربانه‌ها سبب تبدیل کارگر به پیش سربازها و ایترکاست و بروز اثرات مخرب مورفوژنیک از طریق القا تفکیک کاست‌ها و تحریک به تغییر جلد می‌شوند (Lelis et al., 1993). این آفت‌کش با خواص عدم دورکنندگی و بازدارندگی تغذیه‌ای نسبت به موربانه سبب مرگ آنها شده است و در موربانه‌های جنس *Reticullitermes* سبب از بین رفتن قدرت تخم‌گذاری ماده‌ها می‌شود (Myles, 1999). وقتی لاروهای جوان *Choristoneura fumiferana* (Clemens) در معرض آنالوگ‌های جوانی متوپرن و فنوکسی کارب قرار می‌گیرند، پروتئین همولف آنها کاهش می‌یابد (Gordon & Mulye, 1993). مطالعه‌ی سه آفت‌کش pyriproxyfen, tebufenozide, lufenoron بر روی ملخ *Schistocerca gregaria* (Forsk) نشان داد این تنظیم کننده‌های رشد سبب کاهش پروتئین کل و پروتئین موجود در همولف در پوره‌ها و بالغین شده (Hamadah, et al., 2012). چربی همولف در لارو سن شش در پروانه *Choristoneura fumiferana* (Clemens) تحت تاثیر فنوکسی کارب کاهش یافته و همچنین غلظت کربوهیدرات در همولف ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت است (Mulye & Gordon, 1993).

مطالعات نشان می‌دهد که نقش ترکیبات شیمیایی بخصوص آفت‌کش‌ها در غلظت‌های زیرکشنده روی تغییرات منابع انرژی کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است ولی برخی از محققین به این نتیجه رسیدند که یکی از آثار فیزیولوژیکی غلظت یا دزهای زیرکشنده برخی از آفت‌کش‌های شیمیایی، تاثیر بر میزان استفاده از منابع غذایی و نیز ذخیره سازی کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی می‌باشد (Sallem et al., 1998). هدف اصلی این تحقیق مطالعه و بررسی اثرات غلظت‌های مناسب بر محتوای انرژی، به منظور کنترل موربانه *M. diversus* در قالب روش‌های سازگار با محیط‌زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

زیست‌سنجی

به منظور جمع‌آوری موربانه‌ها در زمین‌های نخلستان دانشگاه شهید چمران اهواز (موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۲ متر از سطح)، ابتدا بلوک‌های

چوبی به ابعاد ۲۰×۶×۲ سانتی‌متر تهیه شده و به عنوان تله در خاک قرار داده شد، سپس موریانه‌ها به پتری دیش‌های حاوی کاغذهای صافی مرطوب با آب مقطر منتقل شده و در اتاقک رشد تاریک در شرایط دمایی ۲۸±۲ سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰±۵ درصد نگه داری شدند. پس از ۲۴ ساعت از انتقال موریانه به اتاقک رشد از موریانه‌های کارگر سالم و فعال در آزمایش استفاده شد. درون هر پتری کاغذ صافی واتمن شماره یک به قطر ۹ سانتی‌متر قرار داده شد و با ۰/۸ میلی‌لیتر از غلظت‌های فنوکسی‌کارب آغشته گردید. سپس مرگ و میر به مدت ۱۰ روز ثبت شد. این آزمایش در ۴ تکرار و در هر تکرار ۲۵۰ عدد موریانه مورد استفاده قرار گرفت.

فرمول‌های لازم جهت شاخص‌های تغذیه‌ای

جهت محاسبه درصد تغذیه، وزن خشک تغذیه، کاهش تغذیه نسبت به شاهد (Hu et al, 2007) و نرخ رشد نسبی (Waldbauer, 1968) از فرمول‌های زیر استفاده گردید.

$$\text{درصد تغذیه} = \left(\frac{\text{وزن ثانویه کاغذ صافی}}{\text{وزن اولیه صافی کاغذ}} - 1 \right) \times 100$$

$$\text{وزن خشک تغذیه} = \frac{\text{تفاوت وزن اولیه و ثانویه کاغذ صافی به گرم میلی}}{\text{تعداد موریانه مورد آزمایش}}$$

$$\text{درصد کاهش تغذیه نسبت به شاهد} = 1 - \left(\frac{\text{تفاوت وزن ثانویه و اولیه کاغذ صافی برای هر غلظت}}{\text{میانگین تغذیه از شاهد}} \times 100 \right)$$

$$\text{نرخ رشد نسبی} = \text{Relative Growth Rate} = (W_t - W_0) / (T_t \times W_0)$$

$$W_0 = \text{وزن حشره قبل از تغذیه (mg)}, W_t = \text{وزن حشره بعد از تغذیه در مدت زمان t (mg)}$$

آزمون‌های بیوشیمیایی

میزان پروتئین بر اساس روش (Lowry 1951) تعیین شد. بدین منظور نمونه پس از عصاره‌گیری با بافر فسفات pH=۷/۴ همگن‌سازی و سپس سانتریفیوژ شدند. سپس ۲۰۰ میکرولیتر از روشن عصاره را برداشته و به آن معرف فولین اضافه شد. سپس عصاره حاصل را در طول موج ۶۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتری-uv (2100) قرائت شد و منحنی استاندارد بر اساس آل‌بومین سرم گاوی (شرکت سیگما) رسم شد. گلیکوژن، قند و چربی طبق روش (Foray et al. 2012) اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های همگن شده را درون لوله فالدکون ریخته و سپس ۲۲/۵ میکرولیتر سدیم سولفات ۲۰٪ و ۱/۸۷۵ میلی‌لیتر مخلوط متانول-کلروفرم به نسبت حجمی ۱:۲ به آن اضافه شد. و مخلوط حاصل ورتکس گردید. محلول رویی که حاوی قند و چربی بود با استفاده از آب مقطر جدا شدند. بخش رویی که حاوی قند بود با استفاده از معرف آنترون در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (uv-2100) شد. بخش زیرین نیز حاوی چربی بود که پس از اضافه کردن ۵۰ میکرولیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ و اضافه کردن واکنشگر وانیلین در طول موج ۵۲۵ نانومتر با دستگاه مذکور قرائت شد.

اندازه‌گیری گلیکوژن

نمونه‌های همگن شده مطابق آنچه که در مرحله‌ی اول روند چربی ذکر شد آماده‌سازی گردید. روشن حاصل از مرحله قبل را حذف کرده و ته نشین حاصل را داخل لوله فالدکون ریخته و ۱ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ را تهیه و به اضافه می‌کنیم یک میلی‌لیتر معرف آنترون به هریک از نمونه‌ها اضافه کردیم در طول موج ۶۲۵ نانومتر

با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (uv-2100) قرائت شد. برای رسم منحنی استاندارد میزان قند و گلیکوژن از گلوکز (مرک آلمان) و منحنی چربی از کلسترول (مرک آلمان) استفاده شد.

محتوای انرژی کل طبق فرمول زیر محاسبه (Judd et al., 2010) و سپس بر وزن (mg) حشره تقسیم شد.
 $(\text{cal/mg}) = (\text{مقدار چربی} \times 9/5) + (\text{مقدار کربوهیدرات} \times 4/2) + (\text{مقدار پروتئین} \times 4/19)$

تجزیه داده‌ها

به منظور تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA one-way) داده‌ها، نرم افزار SPSS (ver. 20) مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel2016 استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

نتایج

درصد مرگ و میر

کمترین میزان مرگ و میر در غلظت ۵۰۰ پی پی ام فنوکسی کارب، و بیشترین میزان مرگ و میر در غلظت ۵۰۰۰ پی پی ام که به ترتیب ۱۰/۷۵ و ۸۸/۵۰ ثبت شد. همچنین غلظت ۲۵۰۰ پی پی ام ۵۲/۷۵ درصد مرگ و میر را به خود اختصاص داد ($F_{3,12}=1310.24, P<0.001$) (جدول ۱).

شاخص‌های تغذیه‌ای

نتایج نشان داد که درصد تغذیه با افزایش غلظت نسبت به شاهد کاهش یافت به طوری که کمترین درصد تغذیه در غلظت ۵۰۰۰ و به میزان ۰/۵۲ درصد بود ($F_{3,12}=1212/82, P<0.001$). بیشترین کاهش تغذیه نسبت به شاهد و کم‌ترین میزان وزن خشک تغذیه از کاغذ صافی در غلظت ۵۰۰۰ پی پی ام و میزان آن به ترتیب ۹۲/۲۲ درصد ($F_{2,9}=1738.165, P<0.001$) و ۰/۱۵ میلی گرم بود ($F_{3,12}=1265.90, P<0.001$) (جدول ۱).

جدول ۱- درصد مرگ و میر و تغذیه موربانه *M. diversus* در اثر تیمارهای مختلف از آفت کش فنوکسی کارب

Table 1- Mean mortality and Feeding (\pm SE) of *M. diversus* worker caused by different treatments of fenoxycarb.

Concentration (ppm)	Mortality \pm SE (%)	Feeding \pm SE (%)	dry weight loss \pm SE (%)	Decrease feeding compared to control \pm SE (%)
0	0 ^d	7.28 \pm 0.14 ^a	1.59 \pm 0.032 ^a	-----
500	10.75 \pm 0.75 ^c	5.19 \pm 0.086 ^b	1.13 \pm 0.015 ^b	24.29 \pm 1.008 ^c
2500	52.75 \pm 1.70 ^b	1.04 \pm 0.043 ^c	0.227 \pm 0.092 ^c	84.84 \pm 0.61 ^b
5000	88.50 \pm 1.25 ^a	0.5267 \pm 0.066 ^d	0.116 \pm 0.015 ^d	92.22 \pm 1.002 ^a

* میانگین‌های باحروف مشابه در ستون‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار ندارند.

نرخ رشد نسبی

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که میزان نرخ رشد نسبی با افزایش غلظت آفت‌کش نسبت به شاهد، کاهش یافت. به طوری که در پایان ۱۰ روز کمترین میزان نرخ رشد نسبی در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد ($F_{3,12}=316.06, P<0.001$) (جدول ۲).

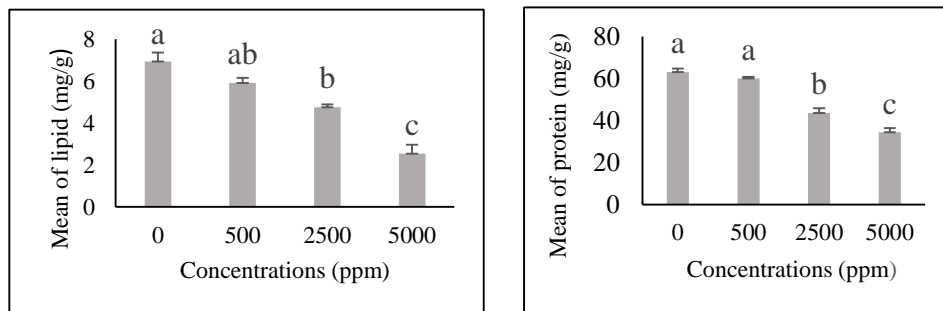
جدول ۲- تاثیر غلظت‌های زیرکشنده فنوکسی کارب بر میزان نرخ رشد نسبی در موربانه *M. diversus*

Table 2- Influence of sublethal concentrations of fenoxycarb(ppm) on Relative Growth Rate in the termite *M. diversus*.

Concentration (ppm)	RGR (mg/mg/day)
0	0.038 ± 0.005 ^a
500	-0.10 ± 0.005 ^b
2500	-0.16 ± 0.004 ^c
5000	-0.18 ± 0.007 ^d

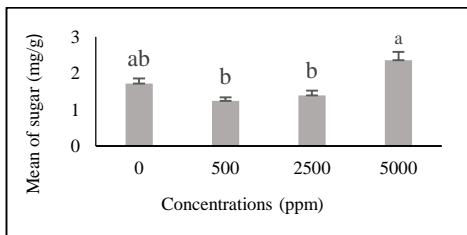
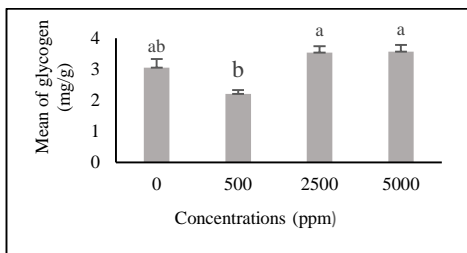
نتایج حاصل از تاثیر آفت‌کش بر منابع انرژی

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر تاثیر معنی‌دار غلظت‌های مختلف فنوکسی کارب بر میزان پروتئین بود ($F_{3,12}=56.60, P<0.001$) به طوری که در غلظت‌های ۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام پس از کسر اثر شاهد به ترتیب به میزان ۴/۷۴، ۳۰/۸۰ و ۴۵/۵۱ درصد پروتئین را کاهش داد. میزان چربی نیز تحت تاثیر فنوکسی کارب به طور معنی داری کاهش یافت ($F_{3,12}=31.46, P<0.001$) به طوری که در غلظت‌های ۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام پس از کسر اثر شاهد، به ترتیب میزان چربی ۱۴/۷۱، ۳۱/۴۵ و ۶۳/۳۴ درصد کاهش یافت (شکل ۱). میزان گلیکوژن و قند نیز تحت تاثیر فنوکسی کارب قرار گرفته است ($F_{3,12} \text{ glycogens}=8.76, P=0.002$; $F_{3,12} \text{ Sugar}=9.05, P=0.002$). میزان قند در غلظت ۵۰۰ و ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام پس از کسر اثر شاهد، به ترتیب ۲۷/۹۰ و ۱۹/۱۸ درصد کاهش و در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام ۳۷/۲۰ درصد افزایش یافت. میزان گلیکوژن در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام پس از کسر اثر شاهد به میزان ۲۷/۵۴ کاهش یافت اما در دو غلظت دیگر تفاوت معنی داری با شاهد نداشتند (شکل ۲). همچنین محتوای انرژی نیز در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین کاهش (۳۶/۱۰ درصد) را در بین غلظت‌های مذکور داشت ($F_{3,12}=40.97, P<0.001$) (شکل ۳). همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مرگ و میر دارای همبستگی با منابع انرژی بوده است (جدول ۳).



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های فنوکسی کارب (ppm) بر میزان پروتئین و چربی (mg/g) در همولف موربانه *M. diversus*

Fig. 1. Influence of sublethal concentrations of fenoxycarb(ppm) on protein and lipid (mg/g) in the termite *M. diversus* in hemolymph.



شکل ۲- تاثیر غلظت های فنوکسی کارب (ppm) بر میزان قند و گلیکوژن (mg/g) در همولف موربانه *M. diversus*

Fig. 2. Influence of sublethal concentrations of fenoxycarb (ppm) on sugar and glycogen (mg/g) in the termite *M. diversus* in hemolymph.

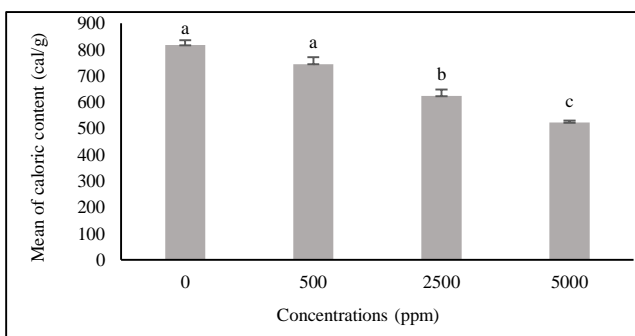
جدول ۳- ضریب همبستگی بین منابع انرژی، مرگ و میر، نرخ رشد نسبی و شاخص های تغذیه در موربانه *M. diversus*

Table 3 - Correlation coefficient between energy resources, mortality, RGR and nutritional indices in *M. diversus*

	Protein	Glyco gen	Sugar	Energy resources	Mortality	feeding	Dry weight loss	Decrease feeding compared to control	RGR	lipid
Protein	-									
Glycogen	-0.588*	-								
Sugar	-0.505*	0.443	-							
Energy resources	0.854**	-0.568*	-0.479	-						
Mortality	-0.962**	0.614*	0.569*	-0.944**	-					
feeding	0.928**	-0.551*	-0.315	0.92**	-0.941**	-				
Dry weight loss	0.927**	-0.553*	-0.316	0.92**	-0.94**	1.000**	-			
Decrease feeding compared to control	-0.926**	0.879**	-0.570	0.851**	-0.925**	1.000**	1.00**	-		
PGR	0.813**	-0.292	-0.15	0.85**	-0.836**	0.928**	0.928**	-0.493	-	
lipid	0.929**	-0.439	-0.551**	-0.84*	-0.925**	0.856**	0.854*	0.774**	0.804**	-

* P<0.05

**P<0.001



شکل ۳- تاثیر غلظت های فنوکسی کارب (ppm) بر محتوای انرژی (cal/g) در همولف موربانه *M. diversus*

Fig. 3. Influence of sublethal concentrations of fenoxycarb (ppm) on Energy resources (cal/g) in the termite *M. diversus* in hemolymph.

بحث

کاهش منابع انرژی به دو دلیل عمده ممکن است رخ دهد: اولین دلیل شامل افزایش فعالیت سوخت و ساز و به دنبال آن افزایش شدت مصرف منابع و دلیل دوم می‌تواند کاهش تغذیه و جذب مواد غذایی در موجود زنده باشد (Widdos & Salkeld, 1993) به‌طور کلی تاثیر ترکیبات شیمیایی بر تغییرات منابع انرژی در حشرات را می‌توان به تاثیر درونی و غلبه برنظم فیزیولوژیک درونی بدن و دخل و تصرف در مراحل مختلف تجزیه (کاتابولیسم) یا تشکیل (آنابولیسم) منابع انرژی نسبت داد (Nation, 2002). در اغلب تحقیقات انجام گرفته کمتر به سازوکار (مکانیزم) عمل آفت‌کش‌های شیمیایی بحث شده و بیشتر به سازوکارهای احتمالی اشاره شده است. پروتئین‌ها ترکیبات آلی کلیدی هستند که بیشتر نقش ساختمانی دارند و در مواقع تنش به عنوان یک مکانیسم جبرانی عمل می‌کنند (Li *et al.*, 2012). میزان پروتئین و اسیدهای آمینه‌ی تشکیل دهنده‌ی آن تعیین‌کننده رشد حشرات می‌باشد. پروتئین‌ها به عنوان یک منبع از اسیدهای آمینه برای ساخت انواع متنوعی از پروتئین‌ها عمل می‌کند. لذا پروتئین‌ها برای حفاظت از بافت‌های تحلیل رفته و تشکیل پروتئین‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. نیازهای تغذیه‌ای حشرات به پروتئین بسته به سن، جنسیت و تنش فیزیولوژیکی متفاوت است (Nation, 2002). وقتی موجودات تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرند دچار افت شدید پروتئین کل در همولف می‌گردند. تصور بر این است که با تجزیه شدید پروتئین به اسیدهای آمینه و وارد نمودن آن‌ها به چرخه TCA، به عنوان یک کتواسید کمبود انرژی ایجاد شده در نتیجه بروز تنش را جبران می‌نمایند (Nath *et al.*, 1997). این تحقیق نشان داد که ترکیب فنوکسی‌کارب و غلظت‌های مختلف آن سبب تاثیر بر میزان پروتئین و کاهش آن شده است. کاهش میزان پروتئین ممکن است در اثر باند شدن ترکیبات آفت‌کش به پروتئین‌های حشره و تشکیل کمپلکس باشد (E1-Korby *et al.*, 1994). همچنین تنش ایجاد شده در اثر آفت‌کش‌ها می‌تواند سبب فعال شدن هورمون آدیپوکتینیک می‌شود که این هورمون به نوبه خود از سنتز پروتئین در حشرات جلوگیری می‌کند (Carlisle & Loughton, 1979). کاربرد بسیاری از آفت‌کش‌ها سبب کاهش پروتئین کل در حشرات شده است (Zibae *et al.*, 2011; Mulye & Gordon, 1993; kassem *et al.*, 2011).

چربی منبع مهم انرژی در موجودات از جمله حشرات محسوب می‌شود و حشرات آنها را یا از منابع غذایی به دست می‌آورند یا درون بدن سنتز می‌کنند. چربی نقش مهمی در تولید مثل و رشد جنین دارد و بیشترین مقدار مصرف آن در تولید مثل است (Barber *et al.*, 1997). در این تحقیق میزان چربی با افزایش غلظت آفت‌کش به طور معنی‌دار کاهش یافت. اصولاً تغییرات حاصل در منابع انرژی خصوصاً چربی تحت تاثیر فرآیندهای هورمونی فعال در اجسام چربی صورت می‌گیرد (Nation, 2002). اغلب فعالیت‌های این ارگان مهم تحت تاثیر یک نورپپتید به نام آدیپوکتینیک هورمون با ایزوفرم‌های مختلف (Gade, 2009) و نیز بعضاً یکی از آمین‌های بیوزنیک به نام اکناپامین (Orchard *et al.*, 1993) است. مهم‌ترین نقش این هورمون نقل و انتقال ترکیبات چربی و کربوهیدرات‌ها از درون سلول‌های چربی به همولف حشرات واز آنجا به سلول‌های بیش‌فعالی همچون سلول‌های ماهیچه‌ای است؛ به طوری که در حضور آن، آنزیم‌های فسفوریلاز (برای تبدیل گلیکوژن به تری‌هالوز در حضور گلیکوژن فسفوریلاز) و لیپاز (برای تبدیل تری‌اسیل گلیسروهای ذخیره‌ای به دی‌اسیل گلیسرول) در سلول‌های چربی فعال می‌شود و نیاز حشره به منابع انرژی را تامین می‌کند (Lorenze & Gade, 2009). دلیل کاهش چربی‌ها در اثر این آفت‌کش ممکن است در اثر تبدیل شدن چربی‌ها به گلیکوژن برای جبران منابع انرژی باشد.

در نتیجه کاهش میزان چربی با افزایش میزان قندها قابل توجه است (جدول ۳). بیشترین تاثیر کاهش بر میزان چربی از تنظیم کننده های رشد مانند فنوکسی کارب و پایی پیروکسیفن گزارش شده است (Hamadah et al., 2012; Zibae et al., 2011; Mulye & Gordon, 1993).

کربوهیدرات ها یکی از منابع مهم انرژی در بسیاری از حشرات محسوب می شوند و میزان آن در همولف شاخص مهمی از میزان متابولیسم و تعادل پویا از جذب، سوخت و ساز و مصرف توسط بافت های مختلف است (Zhu et al., 2012). در این تحقیق میزان گلیکوژن و قند در غلظت ۵۰۰ پی پی ام همزمان کاهش یافته است که با توجه به نمودار کاهش تغذیه، فراهمی قند ناشی از کاهش تبدیل سلولز به قند است. کاهش گلیکوژن در همان غلظت احتمالاً به علت آن است که گلیکوژن به مصرف فعالیت های حیاتی سلول رسیده ولی مجدداً به دلیل کاهش فراهمی قند، گلوکز جایگزین نشده است. افزایش گلیکوژن در غلظت های ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ پی پی ام نمی تواند ناشی از فراهمی بیشتر گلوکز باشد. و با توجه به اینکه محتوای انرژی کاهش یافته است (شکل ۳) بر این اساس به نظر می رسد گلیکوژن مصرف نشده است (جدول ۳)، در ضمن منابع چربی باعث افزایش سطح انرژی متابولیکی نشده است. بر این اساس، افزایش گلیکوژن می تواند ناشی از تجزیه لیپیدها باشد. به نظر می رسد با تجزیه لیپیدها قندها تولید شده باشند که افزایش قند در این تحقیق را قابل توجه می کند (جدول ۳). افزایش منابع کربوهیدراتی در برخی از حشرات تیمار شده با تنظیم کننده های رشد گزارش شده است (Mulye & Gordon, 1993) با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می توان گفت که کاربرد آفت کش فنوکسی کارب علیه موربانه *M. diversus* می تواند ضمن کاهش محتوای انرژی باعث افزایش تلفات در این آفت می شود. فنوکسی کارب یک آفت کش کند اثر است و سبب انتقال سم به سایر افراد کلنی از طریق تروفالاکسیس (تغذیه دهان به دهان) شده و مرگ و میر در موربانه را افزایش می دهد. در این تحقیق غلظت ۵۰۰۰ پی پی ام بیشترین تاثیر مخرب را بر منابع انرژی داشته است و می توان گفت این آفت کش جایگزین مناسبی برای حشره کش های کلره و فسفره بوده و در آینده می تواند به منظور تهیه طعمه مسموم علیه موربانه استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه چمران اهواز به خاطر فراهم آوردن بخشی از امکانات مالی و اجرایی این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

References

- Barber, J., Baird, D., & Cahow, P. (1990) Clonal variation in general responses *Daphnia mangna* straus to toxic stress. II. Physiological Effects. *Functional Ecology* 4(3): 409-414.
- Carlisle, J. A., & Loughton, B. G. (1979) Adipokinetic hormone inhibits protein synthesis in *Locusta*. *Nature* 282: 240-241.
- El-Kordy, M.W., Abbas, M.G., Gadallah, A.I., & Mostafa, S. A. (1994) Effect of Margosan-0 as an azadirachtin compound on some biochemical aspects of *Spodoptera littoralis*. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research* 20: 329-345.

- Fatehpour, H. Moftahe, Gh. M., & Taji Afroz.** (2009). The Effect of fenoxycarb on Growth and Reproduction of German Cockroaches. *Journal of Biology of Iran* 22(2): 343-342.
- Foray, V., Plisson, P.F., Ber- Vener, M.C., Desouhant, E., Venner, S., Menu, F., Giron, D. & Rey, B.** (2012) A handbook for uncovering the complete energetic budget in insects: the van Handel's method (1985) revisited. *Physiological Entomology* 37(3): 295-302.
- Gade, G.** (2004) Flight or fight- the need for adipokinetic hormones. *International Congress Series*, 1275: 40-134.
- Habibpour, B.** (1994) Termites (Isoptera) Fauna, Economic Importance and Their Biology in Khuzestan, Iran. Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. 143 p.
- Hu, X. P., Song, D. & Anderson, C.** (2007) Effect of Imidacloprid granules subterranean termite foraging activity in ground touching non-structural wood. *Sociobiology*, 50(3), 1-6.
- Hamadah, KH. SH., Ghoneim, K.S., & Tanani, M. A.** (2012) Effects of certain insect growth regulators on the lipid content of some tissues of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *African Journal of Biochemistry Research* 6: 121-128.
- Judd, T. M., Magnus, R. M. & Fasnacht, M. P.** (2010) A nutritional profile of the social wasp *Polistes metricus*: Differences in nutrient levels between castes and changes within castes during the annual life cycle. *Journal of Insect Physiology* 56: 42-56.
- Kassem, M. A., Mohammad, T. A. & Bream, A. S.** (2011). Influence of the bioinsecticides, NeemAzal, on main body metabolites of the 3rd larval instar of the house fly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *African Journal of Biochemistry Research* 5(9): 272-276.
- Li, B., Xie, Y., Cheng, Z., Cheng, J., Hu, R., Sang, X., Gui, S., Sun, Q., Gong, X., Cui, Y., Shen, W. & Hong, F.** (2012) Cerium Chloride Improves Protein and Carbohydrate Metabolism of Fifth-Instar Larvae of *Bombyx mori* Under Phoxim Toxicity. *Biological Trace Element Research* 150: 214-220.
- Lorenz, M. W. and Gade, G.** (2009) Hormonal regulation of energy metabolism in insects as a driving force for performance. *Integrative and Comparative Biology*. 49(4): 380-392.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J.** (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193(1): 267-275
- Mulye, H. and Gordon, R.** (1993) Effects of two juvenile hormone analogs on hemolymph and fat-body metabolites of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clemens) (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Journal of Zoology* 71(6): 1169-1174.
- Nath, B. S., Suresh, A., Varma, B. M. and Kumar, R. P.** (1997). Changes in Protein Metabolism in Hemolymph and Fat Body of the Silkworm, *Bombyx mori* L., in response to Organophosphorus Insecticides toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 36: 169-173.
- Nation, J. L.**, (2002) *Insect Physiology and Biochemistry*. CRC Press, Boca Raton.
- Nunes, L. and Nober, T.** (2001) Strategies of subterranean termite control in buildings. *Historical Constructions* 867-874.
- Orchard, I., Ramirez, J. M. & Lange, A. B.** (1993) A multifunctional role for octopamine in locust flight. *Annual Review of Entomology* 38: 227-249.
- Saleem, M. A., Shakoori, A. R. and Mantle, D.** (1998) Macromolecular and Enzymatic Abnormalities Induced by a Synthetic Pyrethroid, Ripcord (Cypermethrin), in Adult

-
- Beetles of a Stored Grain Pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 39: 144–154.
- Waldbauer, G. P.** (1968) The consumption and utilization of foods by insect. *Advance in Insect Physiology* 5: 229-288.
- Widdos, J., Salkeld, P.** (1993) Role of Scope for Growth in environmental toxicology and pollution monitoring. Map Technical reports series No. 71- Selected techniques for monitoring biological effects of pollutants in organisms. UNEP, Athens. pp 115-146.
- Zhu, Q., He, Y., Yao, J., Liu, Y., Tao, L.** and Huang, Q. (2012) Effects of sublethal concentrations of the chitin synthesis inhibitor, hexaflumuron, on the development and hemolymph physiology of the cutworm, *Spodoptera litura* . *Journal of Insect Science* 12 (27): 1-13.
- Zibae, A., Zibae, I. and Sendi, J. J.** (2011) A juvenile hormone analog, pyriproxifen, affects some biochemical components in the hemolymph and fat bodies of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 100: 289–298.
-