

DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jppps.2016.106156

تأثیر فنیتروتیون (EC 50%) بر افزایش ذخایر انرژی سن گندم، *Eurygaster integriceps* Put.

زهرا حاج‌صمدی، مرتضی موحدی فاضل*، اورنگ کاوسی و کبری فتوحی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، استان زنجان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۴

چکیده

سن معمولی گندم (*Eurygaster integriceps* Put.) یکی از آفات کلیدی گندم است که زمستان را به صورت حشرات کامل می‌گذرانند. مقدار منابع انرژی ذخیره شده طی تغذیه، بر میزان بقاء آن در زمستان موثر است. در این پژوهش، تأثیر غلظت‌های زیرکشنده فنیتروتیون (EC 50%) بر ذخایر انرژی حشرات کامل نسل جدید در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایشات به صورت آزمون فاکتوریل چهار متغیره شامل غلظت فنیتروتیون (۵، ۳، ۱ و ۰)، جنسیت (نر و ماده)، زمان نمونه‌برداری (۳ و ۶ روز پس از سمپاشی) و تکرار سمپاشی (یک هفته پس از سمپاشی اول) در چهار تکرار و در قالب طرح کامل تصادفی اجرا گردید. در تیمار شاهد تنها از آب مقطر استفاده گردید. میزان چربی، کربوهیدرات و پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بدن حشره تعیین گردید. نتایج نشان داد که فنیتروتیون تأثیر معنی‌داری بر منابع انرژی دارد. به طوری که میزان افزایش چربی، گلیکوژن و پروتئین در مقایسه با شاهد به ترتیب معادل ۱/۹۶، ۴/۲۵ و ۲/۴ برابر و میزان قند دو برابر شاهد کاهش یافته است. برآیند پارامترهای فوق در قالب محتوای انرژی در غلظت‌های ۵، ۳، ۱ و ۰ از ترکیب فنیتروتیون به ترتیب با میانگین ۰/۷۵۵، ۱/۲۹۱، ۱/۰۸۵ و ۱/۷۶۴ کالری بر میلی‌گرم مشاهده گردید. هم‌چنین، میزان گلیکوژن در سمپاشی دوم به میزان ۹۰ درصد نسبت به سمپاشی اول کاهش و میزان چربی کماکان روند افزایش دو برابری را نشان می‌دهد و گلیکوژن و بالطبع محتوای انرژی با گذشت زمان کاهش قابل توجهی داشته است. بنابراین، کاربرد غلظت‌های زیرکشنده ($\leq LC_{30}$) فنیتروتیون می‌تواند باعث افزایش برخی از ترکیبات انرژی‌زا در سن گندم شده و احتمالاً زمستان‌گذرانی راحت‌تری را برای این حشره به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: سن گندم، مقدار پروتئین، میزان چربی و کربوهیدرات.

مقدمه

در طول دوره زمستان‌گذرانی به تدریج کاهش می‌یابد و این کاهش انرژی، طی زمستان می‌تواند تلفات حشرات را به همراه داشته باشد (Hahn and Denlinger, 2007). در بین منابع انرژی، چربی‌ها با دو نقش انرژی ذخیره‌ای و نیز ترکیبات ضدیخ تاثیر قابل توجهی را روی بقاء حشرات در طول دوره زمستان‌گذرانی دارند (Buckner *et al.*, 2004). بین مقدار ذخیره چربی و زنده‌مانی حشرات زمستان‌گذران رابطه مستقیم وجود دارد (Ito and Nakata, 1998). منابع انرژی غیر چربی نیز در دوره دیاپوز اهمیت دارند (Hahn and Denlinger, 2007). منابع انرژی، علاوه بر تاثیر مستقیم در زنده‌مانی طی دوره دیاپوز، روی ویژگی‌های زیستی پس از دیاپوز نیز موثر می‌باشند (Hahn and Denlinger, 2007). لذا، بررسی عوامل موثر بر میزان این ذخایر امری مهم و ضروری می‌باشد. در این میان، با توجه به استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی به عنوان موثرترین روش کنترل سن گندم در ایران و دیگر کشورهای سن‌خیز دنیا و نیز تاکید محققین بر کاهش غلظت مصرفی آفت-کش‌ها جهت کاهش اثرات نامطلوب آن‌ها، نقش غلظت-های زیرکشنده آفت‌کش‌های رایج مصرفی بر میزان منابع ذخایر انرژی مهم و قابل تامل است. با توجه به اهمیت مطالب مذکور، در این تحقیق تاثیر غلظت‌های زیرکشنده فنیروتیون بر منابع انرژی ذخیره شده در سن گندم مورد بررسی قرار گرفت. فنیروتیون یک حشره‌کش غیر-سیستمیک تماسی و گوارشی از گروه ترکیبات فسفره آلی است که در سیستم عصبی حشره (مهارکننده آنزیم کولین استراز) اختلال ایجاد می‌کند. این آفت‌کش در گذشته، به عنوان رایج‌ترین حشره‌کش (Javahery, 1973; Zeren *et al.*, 1994; Kivan, 1996) و در حال حاضر به عنوان یکی از آفت‌کش‌ها مورد استفاده در کنترل سن گندم مطرح است.

سن معمولی گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Hem. Scutelleridae)، از مهمترین آفات گندم است که خسارتی در حدود ۵۰ تا ۹۰ درصد به محصول وارد می‌سازد (Canhilal *et al.*, 2005; Fatehi *et al.*, 2009). سالانه بیش از یک میلیون لیتر آفت‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این آفت در کشور مصرف می‌شود. امروزه، مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها و کاهش آن و نیز استفاده از اثرات مزمن زیرکشنده آفت‌کش‌های شیمیایی در جهت کاهش تاخیری جمعیت آفات مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است. براساس نتایج تحقیقاتی محققان، برخی از حشره‌کش‌ها اثرات زیرکشنده خود را به صورت تغییر در میزان باروری، رشد و نمو، تغییر در نسبت جنسی، دیاپوز، مورفولوژی و فیزیولوژی حشرات بروز می‌دهند (Takada *et al.*, 2001; Willrich and Boethel, 2001; Krishna *et al.*, 2007). تاثیر بر میزان استفاده از منابع غذایی و نیز ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها یکی از آثار اشاره شده می‌باشد (Saleem *et al.*, 1998). با توجه به این که سن گندم زمستان را به صورت حشره کامل سپری می‌کند، افزایش ذخایر انرژی، مقاومت این حشره را در برابر شرایط نامناسب محیطی افزایش می‌دهد و همچنین، توان پروازهای طولانی مدت را فراهم می‌نماید. به طور کلی در حشرات قبل از مرحله دیاپوز، محتوای چربی، کربوهیدرات و پروتئین کل افزایش می‌یابد (Lefever *et al.*, 1989). هم‌چنین، میزان بقاء حشرات در زمستان (Bosch and Kemp, 2004)، افزایش باروری (Berger *et al.*, 2008) و تحمل گرسنگی (Chippendale *et al.*, 1996) در آن‌ها متناسب با مقادیر ذخایر انرژی و مرتبط با اندازه آن‌ها (Lease and Wolf, 2011) خواهد بود. با توجه به این که اغلب حشرات در طول دوره زمستان-گذرانی تغذیه نمی‌کنند، به منظور بقا فعالیت تولیدمثلی و انجام روند دگردیسی به ذخایر انرژی حاصل از فصل رشد متکی هستند (Leather *et al.*, 1995). انرژی‌های ذخیره‌ای

مواد و روش‌ها

پرورش و نگهداری سن گندم

به منظور پرورش و نگهداری سن گندم، پوره‌های سن پنجم حشره در خرداد ماه از مزارع گندم حومه زنجان جمع‌آوری و تا زمان ظهور حشرات کامل، در اتاقک رشد با شرایط دمایی 24 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و رژیم نوری (۱۶L:۸D) نگهداری و توسط خوشه‌های تازه و بریده گندم تغذیه شدند.

روش زیست‌سنجی

در این تحقیق، از ترکیب فنیتروتیون امولسیون ۵۰٪ (شرکت شیمیایی مشکفام پارس) به عنوان رایج‌ترین ترکیب مورد استفاده علیه سن گندم استفاده گردید. به منظور تعیین سه غلظت از حشره‌کش، آزمایشات اولیه‌ای با حداکثر ۳۰ درصد تلفات اجرا شد. بدین طریق که غلظت‌های فنیتروتیون با حداکثر ۳۰ درصد تلفات طی مدت ۱۵ روز (حداکثر زمان لازم برای نمونه‌برداری از حشرات تحت تیمار در آزمون اصلی)، به عنوان غلظت نهایی انتخاب شدند. برای این اساس، غلظت‌های ۱، ۳ و ۵ $\mu\text{l/l}$ براساس فرمولاسیون تجاری انتخاب و از آب به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. برای انجام آزمایش اصلی، پس از ظهور حشرات کامل، تعداد ۱۴۰ عدد حشره کامل (۷۰ نر و ۷۰ ماده) دو الی سه روزه با وزن مشابه، جهت تیمار با هر غلظت انتخاب شدند. حشرات به ظروف استوانه‌ای پلاستیکی نیم‌لیتری مجهز به توری در ته ظرف، منتقل و توسط سمپاش دستی (SeeSa, GT-5078, 0.5 L) در شرایط آزمایشگاه تیمار شدند و بلافاصله روی خوشه‌های گندم در مزرعه قرار گرفتند. هم‌چنین، جهت اطمینان از استقرار سن‌ها و نیز جلوگیری از جابجایی‌های بین بوته‌ای، حشرات کامل در درون آستین‌های توری به ابعاد $15 * 40$ سانتی‌متر و به تعداد حداکثر ۱۵ عدد محصور شدند. جهت بررسی آثار احتمالی حشره‌کش بر منابع انرژی و نیز تاثیر گذر زمان بر این تغییرات، نمونه‌برداری از تیمارهای تعریف شده به فواصل زمانی ۳ و ۶ روز بعد از سمپاشی

انجام شد. از طرف دیگر، جهت بررسی اثرات یادآوری حشره‌کش و نیز اثرات احتمالی تجمع‌ی آن‌ها روی منابع انرژی در دسته دوم تیمارها یک هفته بعد از سمپاشی اول، مجدداً حشرات کامل از روی خوشه‌ها جمع‌آوری شدند و در آزمایشگاه با غلظت‌های مشابه مرحله اول تیمار و مجدداً روی خوشه‌ها منتقل و با توری محصور گردیدند. فواصل نمونه‌برداری مشابه مرحله اول یعنی ۳ و ۶ روز بعد از سمپاشی انجام شد. تیمار شاهد نیز حاوی ۵۰ عدد حشره نر و ماده تیمار شده با آب مقطر بود که روی خوشه‌ها منتقل و توسط آستین‌های توری محصور گردیدند. در زمان نمونه‌برداری، توری‌های حاوی حشرات کامل از مزرعه جمع‌آوری و حشرات زنده داخل توری‌ها پس از توزین با ترازوی دیجیتال ۰/۰۱ g (مدل A & D EK-300i)، به فریزر با دمای -80 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

اندازه‌گیری مقادیر منابع و محتوای انرژی

حشرات کامل شاهد و تیمار بر حسب نر و ماده تفکیک و برای هر تیمار چهار عدد نر و چهار عدد ماده انتخاب و پس از حذف بال‌پوش‌ها و پاها توزین شدند. پس از اضافه نمودن ۰/۲ میلی‌لیتر سولفات سدیم ۲٪، هر حشره به مدت حداقل پنج دقیقه توسط هموژنایزر با سرعت ۲۶۰۰ دور در دقیقه و در شرایط دمای پایین هموژنیزه گردید. گلیکوژن، قند و چربی طبق روش Van Handel and Van Handel (Day, 1988) جداسازی شدند. میزان چربی توسط واکنشگر وانیلین در طول موج ۵۳۰ نانومتر، قند و گلیکوژن با واکنشگر آنترون در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری (WPA s2000uv/vis) قرائت گردید. میزان پروتئین با استفاده از واکنشگر برادفورد طبق روش (Kruger, 1994) و تغییر جذب نوری در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت و محاسبه شد. از گلوکز (مرک)، روغن سویا (تولید داخل) و آلومین گاو (سیگما) به عنوان استاندارد به ترتیب برای کمیت‌سنجی کربوهیدرات (قند و گلیکوژن)، چربی و پروتئین استفاده شد. میزان پروتئین، کربوهیدرات و چربی کل بر حسب mg/g وزن تر حشره

محاسبه گردید. محتوای انرژی کل طبق فرمول زیر محاسبه (Judd *et al.*, 2010) و سپس بر وزن حشره (mg) تقسیم گردید (واحد هر کدام از منابع به میلی گرم و اعداد ثابت به کالری بر میلی گرم می‌باشد).

محتوای انرژی (cal/mg)

$$= (\text{پروتئین} \times 4/19) + (\text{کربوهیدرات} \times 4/2) + (\text{چربی} \times 9/5)$$

هم‌چنین، جهت نمایش اثرات افزایشی یا کاهش‌ی و اثر شاهد طبق فرمول ذیل کسر و درصد خالص افزایش یا کاهش هر منبع انرژی ارائه گردید.

میانگین تبدیلی = (میانگین هر منبع انرژی در تیمار-میانگین

مشابه در شاهد) ÷ میانگین مشابه در شاهد] × ۱۰۰

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری استاتستیکس^۱ (Analytical software, 2003) و مینی-تب^۲ (Minitab, 2010) انجام شد. آزمایشات به صورت آزمون فاکتوریل چهار متغیره شامل غلظت (۴) × جنسیت (۲) × فواصل نمونه‌برداری (۲) × تکرار سمپاشی (۲) و در چهار تکرار در قالب طرح کامل تصادفی اجرا و میانگین‌ها به روش توکی-کرامر مقایسه گردید.

نتایج

نتایج حاصل از این تحقیق، بیانگر تاثیر معنی‌دار غلظت‌های مختلف فنیتروتیون بر میزان چربی است ($P < 0.001$) و تکرار سمپاشی و نیز جنسیت سن‌ها اثرات معنی‌داری را بر میزان چربی داشته است (جدول‌های ۱ و ۲). اثرات متقابل معنی‌دار سه‌گانه فواصل نمونه‌برداری، غلظت و تکرار سمپاشی ($F_{3,127} = 15.52, P < 0.001$) و فواصل نمونه‌برداری، غلظت و جنسیت ($F_{3,127} = 3.74, P < 0.05$) بر میزان چربی در حشرات تیمار شده با فنیتروتیون مشاهده گردید، به‌طوری‌که بیشترین میزان چربی در جنس نر با غلظت ۱ $\mu\text{l/l}$ و سه روز پس از سمپاشی با میانگین

میزان کربوهیدرات (گلیکوژن و قند) نیز تحت تاثیر فنیتروتیون قرار گرفته است ($P < 0.001$) (جدول‌های ۱ و ۲). تکرار سمپاشی و نیز گذشت زمان (فواصل نمونه-برداری) کارایی تاثیر ترکیب بر میزان کربوهیدرات را معنی‌دار نموده است (جدول‌های ۱ و ۲). به‌طوری‌که بیشترین میزان گلیکوژن در غلظت ۵ $\mu\text{l/l}$ ، ۳ روز پس از سمپاشی اول با میانگین ۷۶۰/۳۲ ± ۱۵/۹۳ mg/g و بیشترین میزان قند در تیمار شاهد، ۳ روز پس از سمپاشی اول با میانگین ۳۱/۶۲ ± ۱/۸۱ mg/g و کمترین میزان گلیکوژن در غلظت ۳ $\mu\text{l/l}$ ، ۶ روز پس از سمپاشی دوم با میانگین ۹/۳۱ ± ۰/۴۴ mg/g و کمترین میزان قند در غلظت ۱ $\mu\text{l/l}$ ، ۳ روز پس از سمپاشی دوم با میانگین ۱/۳۰ ± ۰/۱۱ mg/g مشاهده گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر تاثیر معنی‌دار فنیتروتیون بر میزان پروتئین می‌باشد ($P < 0.001$) (جدول-های ۱ و ۲). علاوه بر گذشت زمان، جنسیت و تکرار مجدد سمپاشی با غلظت‌های مختلف فنیتروتیون روی حشرات کامل نیز اثرات معنی‌داری را بر میزان پروتئین داشته است (جدول‌های ۱ و ۲).

¹ Statistix 8

² Minitab 16

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به تاثیر فنیتروتیون بر منابع انرژی در سن معمولی گندم و برخی عوامل موثر بر آن (میانگین مربعات).
1. Glycogen and `sugar data were transformed to Log base 10 and then analysed.

Source	df	MS				
		Lipid	Glycogen	Sugar	Protein	Caloric content
Sampling	1	135.9 ^{n.s}	2.316 ^{**}	0.264 ^{**}	83.225 ^{**}	11.063 ^{**}
Dose	3	16707.7 ^{**}	0.605 ^{**}	0.558 ^{**}	407.143 ^{**}	5.711 ^{**}
Repeat	1	74579.8 ^{**}	24.139 ^{**}	14.088 ^{**}	641.924 ^{**}	5.149 ^{**}
Sex	1	1148.6 [*]	0.0003 ^{n.s}	0.045 ^{n.s}	65.305 ^{**}	1.013 ^{**}
Error	96	193.3	0.024	0.027	2.559	0.043
CV %		20.59	9.21	22.17	19.02	16.98

n.s: Non significant, **and* Significantly different at $P<0.01$ and $P<0.05$ respectively.

اثرات متقابل سه گانه غلظت، تکرار سمپاشی و جنسیت تاثیر
معنی داری را بر میزان پروتئین در حشرات تیمار شده با
فنیتروتیون نشان دادند. به طوری که بیشترین میزان پروتئین
در نرهای دو بار تیمار با غلظت ۵ $\mu\text{l/l}$ آفت کش، میانگینی
برابر با $21/66 \pm 0/56$ mg/g و کمترین میزان با میانگین
 $4/23 \pm 0/56$ mg/g در ماده های شاهد با تکرار دوم سمپاشی
مشاهده گردید.

جدول ۲- تاثیر حشره کش فنیتروتیون بر میانگین منابع انرژی در سن معمولی گندم.

Table 2. The effectiveness of fenitrothion on the mean changes of bioenergetic resources in adult Sunn pest.

Source	Source levels	Mean of lipid (mg/g)	Mean of glycogen (mg/g)	Mean of sugar (mg/g)	Mean of protein (mg/g)	Mean of caloric content (cal/g)
Sex	Female	64.53 \pm 1.74 ^{ns}	108.18 \pm 5.63 ^{ns}	8.36 \pm 0.64 ^{n.s}	7.70 \pm 0.20 ^b	1134.8 \pm 25.97 ^b
	male	70.52 \pm 1.74 ^{ns}	134.82 \pm 5.63 ^{ns}	9.56 \pm 0.64 ^{n.s}	9.12 \pm 0.20 ^a	1312.7 \pm 25.97 ^a
Spraying Time	1	43.39 \pm 1.74 ^b	220.06 \pm 5.63 ^a	14.77 \pm 0.64 ^a	6.17 \pm 0.20 ^b	1424.3 \pm 25.97 ^a
	2	91.67 \pm 1.74 ^a	22.94 \pm 5.63 ^b	3.16 \pm 0.64 ^b	10.65 \pm 0.20 ^a	1023.2 \pm 25.97 ^b
Sampling intervals	3	66.50 \pm 1.74 ^{n.s}	192.79 \pm 5.63 ^a	10.58 \pm 0.64 ^a	7.61 \pm 0.20 ^b	1517.7 \pm 25.97 ^a
	6	68.56 \pm 1.74 ^{n.s}	50.20 \pm 5.63 ^b	7.35 \pm 0.64 ^b	9.22 \pm 0.20 ^a	929.8 \pm 25.97 ^b
Concentrations ($\mu\text{l/l}$)	0	48.76 \pm 2.46 ^c	52.41 \pm 7.97 ^c	12.43 \pm 0.91 ^a	5.58 \pm 0.28 ^c	755.2 \pm 36.73 ^d
	1	95.67 \pm 2.46 ^a	75.32 \pm 7.97 ^c	7.17 \pm 0.91 ^{bc}	8.45 \pm 0.28 ^b	1290.8 \pm 36.73 ^b
	3	49.09 \pm 2.46 ^c	135.09 \pm 7.97 ^b	6.01 \pm 0.91 ^c	6.18 \pm 0.28 ^c	1084.8 \pm 36.73 ^c
	5	76.59 \pm 2.46 ^b	223.18 \pm 7.97 ^a	10.24 \pm 0.91 ^{ab}	13.43 \pm 0.28 ^a	1764.2 \pm 36.73 ^a

n.s: Non significant, means in each column with the same letters, are not Significant at 0.05 level.

Gade, 2009). به طور طبیعی، هر گونه اختلال در فعالیت این هورمون منجر به تغییرات منابع انرژی خصوصاً چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها خواهد شد. در تحقیقات انجام شده بر روی مگس سرکه، افزایش میزان چربی را با جهش‌های ایجاد شده در ژن‌های دخیل در متابولیسم چربی (Schlegel and Stainier, 2007; Pawestri and Trubenova, 2010) و نیز در ژن‌های مسئول ذخیره‌سازی چربی مرتبط می‌دانند (Schlegel and Stainier, 2007). هم‌چنین، تخریب ژن‌های مسئول سنتز ترکیبات پپتیدی شبیه انسولین، افزایش میزان چربی و کربوهیدرات‌ها را به همراه داشته است (Rulifson et al., 2002; Broughton et al., 2005; Teleman et al., 2006; Lee et al., 2008). در گزارشی دیگر، ایجاد جهش در ژن‌های گیرنده هورمون AKH (AKHR) و یا تغییر در سلول‌های تولیدکننده AKH در کورپوراکاردیاکا، منجر به افزایش چربی ذخیره‌ای می‌گردد (Gronke et al., 2007). لازم به ذکر است که هورمون AKH می‌تواند از طریق یکسری آنزیم‌هایی همچون پپتیدازها و پروتئازها نیز به حال غیرفعال درآید (Gade, 2004). نتایج فوق، بیانگر آنست که هر افزایشی در چربی تحت تاثیر بیان ژن‌های خاص است. بنابراین، به نظر می‌رسد بتوان افزایش میزان چربی در تحقیق حاضر را مرتبط با تغییر بیان ژن‌ها و یا نیز گیرنده‌های هورمون AKH (AKHR) دانست.

با توجه به آن که آفت‌کش‌های شیمیایی می‌توانند در جهت افزایش یا کاهش فعالیت‌های آنزیمی موثر باشند، شاید بتوان یکی از احتمالات ممکن در جهت افزایش چربی را نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های مذکور در اثر کاربرد آفت‌کش‌ها دانست. با توجه به آن که اطلاعات کمی در خصوص تاثیر ترکیبات سمی بر منابع انرژی وجود دارد، در این تحقیق، به نظر می‌رسد فیتروتیون براساس یکی از مسیرهای احتمالی موجود و یا اثرات همزمان بر مراحل مختلف پروسه‌های مذکور، باعث افزایش مقادیر چربی در حشرات کامل سن گندم شده است. البته در برخی از تحقیقات انجام شده بر روی آنالوگ‌های هورمون

هم‌چنین، فیتروتیون در مجموع اثرات افزایشی معنی‌داری را بر غلظت‌های $1.3 \mu\text{g/l}$ و 5 پس از کسر اثر شاهد، به ترتیب به میزان $70/92$ ، $43/64$ و $133/61$ درصد محتوای انرژی را افزایش داده است.

بحث

به‌طور کلی تاثیر ترکیبات شیمیایی بر تغییرات منابع انرژی در حشرات را می‌توان به تأثیرات درونی و غلبه بر نظم فیزیولوژیکی درونی بدن و دخل و تصرف در مراحل مختلف کاتابولیسم و یا آنابولیسم منابع انرژی (Nation, 2002) نسبت داد. چربی‌ها، به عنوان منبع مهم انرژی در موجودات از جمله در حشرات محسوب می‌شوند و حشرات آن‌ها را یا از منابع غذایی بدست می‌آورند و یا در درون بدن سنتز می‌کنند. در این تحقیق، ترکیب فیتروتیون و غلظت‌های مختلف آن، تکرار سمپاشی و اثرات متقابل آن‌ها، اثرات افزایشی بر میزان چربی مورد بررسی قرار داده‌اند. به طور کلی، تغییرات موجود در میزان منابع انرژی به ویژه چربی‌ها و گلیکوژن، تحت تاثیر فرآیندهای هورمونی فعال در اجسام چربی صورت می‌گیرد. اغلب فعالیت‌های این ارگان مهم تحت تاثیر یک نوروپپتید به نام AKH به عنوان عامل ایجاد تعادل (هموستازی) در منابع انرژی (Lorenze and Gade, 2009) و نیز گاهی یکی از آمین‌های بیوزنیک به نام اکتپامین (Orchard et al., 1993) می‌باشد. RPCH فرمی از AKH است که در راسته سن‌ها مشاهده شده است (Gade et al., 2003). مهم‌ترین نقش این هورمون، نقل و انتقال ترکیبات چربی و کربوهیدرات‌ها از درون سلول‌های چربی به همولنف حشرات و از آنجا به سلول‌های بیش‌فعالی همچون سلول‌های ماهیچه‌ای است. در حضور آن، آنزیم‌های فسفوریلاز کیناز (جهت تبدیل گلیکوژن به تری هالوز در حضور گلیکوژن فسفوریلاز) و لپاز (جهت تبدیل تری آسیل گلیسرول‌های ذخیره‌ای به دی آسیل گلیسرول) در سلول‌های چربی فعال شده و نیاز حشره به منابع انرژی را تامین می‌نماید (Lorenze and

چربی است که در بخش چربی بدن اشاره شد. اما کاهش میزان کربوهیدرات‌های غیر گلیکوژنی نسبت به شاهد را می‌توان به رابطه معکوس بین گلیکوژن و سایر قندها نسبت داد. همچنین، این کاهش می‌تواند ناشی از افزایش تنش موجود در اثر استفاده از حشره‌کش‌ها باشد که طی آن به منظور جبران کمبود انرژی، فرآیند گلیکولیز فعال شده و باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌ها می‌شود (Ali et al., 2011). از طرفی، تنش سبب تغییرات غیرطبیعی در مسیرهای متابولیک و در نتیجه تولید ترکیبات فنلی سمی می‌گردد. اثرات کاهشی برخی از آفت‌کش‌ها خصوصاً سایپرترین بر منابع کربوهیدراتی در سایر حشرات نیز گزارش شده است (Saleem et al., 1998; Kalimuthu and Pandian, 2010; Fotouhi et al., 2015a). نکته قابل توجه در این تحقیق، کاهش ۹۰ درصدی میزان گلیکوژن در اثر سمپاشی دوم نسبت به سمپاشی اول در سن گندم می‌باشد که می‌تواند بیانگر تاثیر این ترکیب بر سیستم هورمونی حشره (که یک سیستم وابسته به زمان است) و یا تاثیر افزایش غلظت در اثر تجمع احتمالی ترکیب سمی در درون بدن حشره، بر میزان گلیکوژن باشد. افزایش ترکیبات کربوهیدراتی در حشرات مفید و کاهش آن در حشرات آفت، نقش مهمی در بقای آن‌ها بویژه طی مرحله زمستان‌گذرانی دارد.

پروتئین‌ها، ترکیبات آلی کلیدی هستند که نقش‌های متفاوتی از جمله ساختمانی و آنزیمی دارند و می‌توان انتظار داشت که در مواقع تنش به عنوان یک مکانیسم جبرانی ایفای نقش کنند (Li et al., 2012). در این تحقیق، ترکیب فنیتروتیون و غلظت‌های مختلف، فواصل نمونه-برداری، تکرار سمپاشی، جنسیت و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان پروتئین، اثرات افزایشی داشته است. طبق مطالعات انجام شده، افزایش در میزان پروتئین ممکن است در اثر افزایش طبیعی آنزیم‌های سم‌زدا و هیدرولیتیک محافظ، در مدت زمان کوتاهی بعد از تیمار با حشره‌کش‌ها صورت پذیرد (Assar et al., 2010). بطور مشابه آزمایشات انجام

جوانی، مشاهده شده است که کاربرد متاپرن (آنالوگی از هورمون جوانی با خواص تنظیم‌کنندگی رشد و نمو خصوصاً در لارو پشه‌ها) بر روی ملخ مهاجر آفریقایی باعث افزایش جهشی چربی تا ۸ برابر در حشرات کامل شده است (Gregory, 1989). علاوه بر این کاربرد سه ترکیب آدمیرال، تیوفنوزید و لوفنورون روی پوره‌های یک روزه ملخ *Schistocerca gregaria* سبب افزایش چربی در مقایسه با شاهد شده است (Hamadah et al., 2012). لازم به ذکر است که در اغلب تحقیقات انجام شده، کاربرد آفت‌کش‌ها روی حشرات با کاهش منابع انرژی خصوصاً چربی‌ها همراه بوده است (Patel et al., 2005; Etebari et al., 2007; Bagheri et al., 2010; Ghasemi et al., 2010; Fotouhi et al., 2015 a, b). علت این تفاوت در سن گندم را می‌توان به تفاوت‌های ذاتی موجود بین گونه‌ها از جمله تنوع ایزوفرم‌های احتمالی نوروپتید AKH در این گونه و بالطبع واکنش متفاوت آن نسبت داد. همچنین، عملکرد متفاوت این ترکیب روی آنزیم‌های دخیل در تغییر و تحولات چربی‌ها از جمله لیپازها می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش چربی‌ها تلقی گردد که البته تعیین دقیق مکانیزم عمل آن نیازمند انجام تحقیقات بیشتری است. از طرفی، افزایش تعداد سمپاشی باعث افزایش مضاعف میزان چربی در این حشره شده است که شاید بتوان دلیل آنرا تاثیر تجمعی این ترکیب و بالطبع تاثیر افزایشی وابسته به غلظت سم در مقادیر بالاتر فنیتروتیون در این حشره دانست.

در این تحقیق، غلظت‌های مختلف فنیتروتیون، فواصل نمونه‌برداری، تکرار سمپاشی و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان کربوهیدرات‌ها (گلیکوژن و سایر قندها) اثرگذار بوده است. افزایش میزان گلیکوژن نسبت به شاهد را می‌توان به پدیده هورمیزیس^۱ نسبت داد (Ortel, 1996) که یکی از دلایل احتمالی آن دخل و تصرف فنیتروتیون در پروسه‌های هورمونی و آنزیمی تبدیل کربوهیدرات‌ها در سلول‌های

^۱ Hormesis

چربی، گلیکوژن، پروتئین و در نهایت محتوای انرژی داشته است. هم‌چنین، گذشت زمان و نیز تعداد بار سمپاشی در مجموع اثرات کاهش بر محتوای انرژی، به عنوان برآیند تمامی منابع داشته است. بررسی تاثیر افزایش منابع انرژی و تاثیرات مثبت یا منفی آن‌ها بر میزان بقاء سن‌های گندم در طول فصول تابستان تا ابتدای بهار سال بعد نیازمند انجام تحقیقات بیشتری است تا بتوان با سنجش فعالیت آنزیم‌های دخیل در افزایش مقادیر منابع مختلف انرژی و بررسی‌های بیان ژن عوامل موثر، پی به رابطه دقیق افزایش منابع انرژی و تاثیرات مختلف فنیتروبیون برد. بر اساس اطلاعات موجود، افزایش منابع انرژی در برخی از حشرات از جمله مگس سرکه در اثر کاربرد آفت‌کش‌ها شیمیایی علاوه بر عدم افزایش بقای آن‌ها، میزان حساسیت آن‌ها را افزایش داده است. پاسخ دقیق‌تر در این خصوص مستلزم بررسی تاثیرات چاقی (Obesity) بر فعالیت‌های زیستی و سازگاری سن گندم است.

شده روی تعدادی از حشرات از جمله *Nilaparvata lugens* (Ge *et al.*, 2009) و مگس خانگی (Assar *et al.*, 2010) نشان می‌دهد که تیمار حشرات با ترکیبات شیمیایی باعث افزایش سطح پروتئین شده است. همان‌طور که قبلاً اشاره گردید تحت شرایط تنش، هورمون آدیپوکائنتیک فعال می‌گردد که این هورمون از ستر پروتئین نیز در حشرات جلوگیری می‌کند (Carlisle and Loughton, 1979). به‌طورکلی حشره‌کش‌ها باعث ایجاد اختلال در ستر پروتئین‌ها می‌شوند (Khan *et al.*, 2003) به‌طوری‌که کاربرد آن‌ها روی تعداد قابل توجهی از حشرات باعث کاهش پروتئین کل می‌شود (Saleem *et al.*, 1998; El-Sayed *et al.*, 2005; Kalimuthu and Pandian, 2010). هم‌چنین، اثرات کاهش (Zibae *et al.*, 2011)، افزایشی (Yi and Adams, 2000) و بی‌تفاوتی (De Kort *et al.*, 1997) برخی از حشره‌کش‌های هورمونی روی منابع پروتئینی گونه‌های مختلف حشرات گزارش شده است.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، اغلب غلظت‌های انتخابی فنیتروبیون اثرات افزایشی بر منابع انرژی خصوصاً

References:

- Ali, N. S., Ali, S. S. and Shakori, A. R. 2011. Effects of Sublethal Doses of Talstar on Biochemical Components of Malathion-Resistant and -Susceptible Adults of *Rhyzopertha dominica*. Pakistan Journal of Zoology. 43(5): 879-887.
- Analytical software. 2003. Statistix 8 users manual. Analytical software, Tallahassee, Florida.
- Assar, A. A., Abo El-Mahasen, M. M., Khalil, M. E. and Mahmoud, S. H. 2010. Biochemical effects of some insect growth regulators on the house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. 2(2): 33-44.
- Bagheri, F., Talebi, K. H. and Hosseinaveh, V. 2010. Cellular energy allocation of pistachio green stink bug, *Brachynema germari* Kol. (Hemiptera: Pentatomidae) in relation to juvenoid pyriproxyfen. African Journal of Biotechnology. (9): 5746-5753.
- Berger, D., Walters, R. and Gotthard, K. 2008. What limits insect fecundity? Body size and temperature dependent egg maturation and oviposition in a butterfly. Functional Ecology. (22): 523-529.
- Bosch, J. and Kemp, W. P. 2004. Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie. (35): 469-479.
- Broughton, S. J., Piper, M. D., Ikeya, T., Bass, T. M., Jacobson, J., Driege, Y., Martinez, P., Hafen, E., Withers, D. J. and Leever, S. J. 2005. Longer lifespan, altered metabolism, and stress resistance in *Drosophila* from ablation of cells making insulin-like ligands. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. (102): 3105-3110.
- Buckner, J. S., Kemp, W. P. and Bosch, J. 2004. Characterization of triacylglycerols from overwintering prepupae of the alfalfa pollinator

- Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology. (57): 1-14.
- Canhilar, R., Kutuk, H., Kanat, A. D., Islamoglu, M., El-Haramein, F. and El-Bouhssini, M. 2005.** Economic threshold for the Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae), on wheat in southeastern Turkey. Journal of Agricultural Urban Entomology. (22): 191-201.
- Carlisle, J. A. and Loughton, B. G. 1979.** Adipokinetic hormone inhibits protein synthesis in *Locusta*. Nature. (282): 420-421.
- Chippendale, A. K., Chu, T. J. F. and Rose, M. R. 1996.** Complex trade-offs and the evolution of starvation resistance in *Drosophila melanogaster*. Evolution. (50): 753-766.
- De Kort, C. A. D., Koopmanschap, A. B. and Vermunt, A. M. W. 1997.** Influence of pyriproxyfen on the expression of haemolymph protein genes in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Journal of Insect Physiology. (43): 363-371.
- El-Sheikh, T. A. A., Hassanein, A. A., Radwan, E. M. M. and Abo-Yousef, H. M. 2005.** Biochemical effects of certain plant oils on the Lesser grain borer, *Rhizopertha dominica*. Annals of Agricultural Science (Cairo). 50(2): 729-737.
- Etebari, K., Bizhannia, A. R., Sorati, R. and Matindoost, L. 2007.** Biochemical changes in hemolymph of silkworm larvae due to pyriproxyfen residue. Pesticide Biochemistry and Physiology. (88): 14-19.
- Fatehi, F., Behamta, M. R. and Zali, A. A. 2009.** Evaluating the resistance to sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) and its relationship with high-molecular-weight glutenin subunit in wheat. Asian Journal of Plant Science. (8): 82-85.
- Fotouhi, K., Movahedi Fazel, M. and Kavousi, A. 2015 a.** Effect of spirodiclofen on some biochemical parameters in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. Entomology and Phytopathology. 82(2): 127-136.
- Fotouhi, K., Movahedi Fazel, M. and Kavousi, A. 2015 b.** Effects of pyriproxyfen on bioenergetic resources of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Turkiye Entomoloji Dergisi. 39(1): 11-22.
- Gade, G. 2004.** Flight or fight – the need for adipokinetic hormones. International Congress Series. (1275): 134-40.
- Gade, G., Auerswald, L., Simek, P., Marco, H. G. and Kodri, k. D. 2003.** Red pigment-concentrating hormone is not limited to crustaceans. Biochemical and Biophysical Research Communications. 309: 967-973.
- Ghasemi, A., Sendi, J. J. and Ghadamyari, M. 2010.** Physiological and biochemical effect of pyriproxyfen on Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Plant Protection Research. (50): 416-422.
- Ge, L. Q., Hu, J. H., Wu, J. C., Yang, G. Q. and Gu, H. 2009.** Insecticide-Induced Changes in Protein, RNA, and DNA Contents in Ovary and Fat Body of Female *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). Journal of Economic Entomology. 102(4): 1506-1514.
- Gregory, C. 1989.** A study of the effects of the juvenile hormone analogue methoprene on the intermediary metabolism of the African migratory locust, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses nline: <http://etheses.dur.ac.uk/6432/>, [Accessed on 2013].
- Gronke, S., Muller, G., Hirsch, J., Fellert, S. and Andreou, A. 2007.** Dual lipolytic control of body fat storage and mobilization in *Drosophila*. PLoS Biol. 5(6):1248-1256.
- Hahn, D. A. and Denlinger, D. L. 2007.** Meeting the energetic demands of insect diapause: nutrient storage and utilization. Journal of Insect Physiology. (53): 760-773.
- Hamadah, Kh. Sh., Ghoneim, K. S. and Tanani M. A. 2012.** Effect 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.
- Ito, K. and Nakata, T. 1998.** Diapause and survival in winter in two species of predatory bugs, *Orius sauteri* and *O. minutes*. Entomologia Experimentalis et Applicata. (89): 271-276.
- Javahery, M. 1973.** Chemical controlling applications that are used against *Aelia* and *Eurygaster* in Iran. The regional exchange of experience on surveys of wheat pests and diseases, 5-7 February, Tehran, Iran. University of Tehran, Iran. pp 43-48.
- Judd, T. M., Magnus, R. M. and 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.
- Kalimuthu, M. and Pandian, R. S. 2010.** Toxicological effect of an insecticide that contains organochlorine and pyrethroid on the biochemical constituents of aquatic insect, *Diplonychus rusticus* (Fabr.). Current Biotical. 4(1): 10-22.

- Khan, M. Z., Takassum, R., Naqui, S. N. H., Shah, E. Z., Tabassum, F., Ahmad, I., Fatima, F. and Khan, M. F. 2003.** Effect of cypermethrin and permethrin on cholinesterase activity and protein content in *Rana tigrina* (Amphibia). *Turkish Journal of Zoology*. 27: 243-246.
- Kivan, M. 1996.** Effects of some insecticides that are used controlling *Eurygaster integriceps* Put. (Hem., Scutelleridae) on emergence of its egg parasitoid *Trissolcus semistriatus* Nees. (Hym., Scelionidae), *Turkey Entomoloji Dergisi*. 20: 27-34.
- Krishna, T., Bhasara Reddy, K., Narst Reddy, M. and Maruthi Ram, G. 2007.** Effect of Fenvalerate, A synthetic pyrethroid on the pupal and adult females of sweet potato weevil, *Cylas formicarius* F (Coleoptera:Curculinidae). *Pestology*. 31: 26-29.
- Kruger, N. J. 1994.** The Bradford method for protein quantitation. *Methods Molecular Biology*. 32: 9-15
- Lease, H. M. and Wolf, B. O. 2011.** Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. *Physiological Entomology*. 36: 29-38.
- Leather, S. R., Walters, K. F. A. and Bale, J. S. 1995.** *The Ecology of Insect Overwintering*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, 268pp.
- Lee, K. S., Kwon, O. Y., Lee, J. H., Kwon, K., Min, K. J., Jung, S. A., Kim, A. K., You, K. H., Tatar, M. and Yu, K. 2008.** Drosophila short neuropeptide F signalling regulates growth by ERK-mediated insulin signalling. *Nature Cell Biology*. 10: 468-475.
- Lefever, K. S., Koopmanschap, A. B. and De Kort, C. A. D. 1989.** Changes in the concentrations of metabolites in haemolymph during and after diapauses in female Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*. 35: 121-128.
- Li, B., Xie, Y., Cheng, Z., Cheng, J., Hu, R., Sang, X., Gui, S., Sun, Q., Gong, X., Cui, Y., Shen, W. and 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 FF, G. 2009.** Hormonal regulation of energy metabolism in insects as a driving force for performance. *Integrative and Comparative Biology*. 49: 380-392.
- Minitab. 2010.** Minitab 16 statistical software. Minitab Inc., State College, Pennsylvania, USA.
- Nation, J. L. 2002.** *Insect Physiology and Biochemistry*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 485pp.
- Orchard, I., Ramirez, J. M. and Lange, A. B. 1993.** A multifunctional role for octopamine in locust flight. *Annual Review of Entomology*. 38: 227-249.
- Ortel, J. 1996.** Metal-supplemented diets alter carbohydrate levels in tissue and hemolymph of gypsy moth larvae (*Lymantria dispar*, Lymantriidae, Lepidoptera). *Environmental toxicology and chemistry*. 15: 1171-1176.
- Patel, R.T., Soulages, J. L., Hariharasundaram, B. and Arrese, E. L. 2005.** Activation of the lipid droplet controls the rate of lipolysis of triglycerides in the insect fat body. *Journal of Biological Chemistry*. 280: 22624-22631.
- Pawestri, H. A. and Trubenova, B. 2010.** The obese man to obese yeast. *Gizi Indonesia*. 33(2): 74-81.
- Rulifson, E. J., Kim, S. K. and Nusse, R. 2002.** Ablation of insulin-producing neurons in flies: growth and diabetic phenotypes. *Science*. 296: 1118-1120.
- Saleem, M. A., Shakoory, A. R. and Mantle, D. 1998.** Macromolecular and enzymatic abnormalities induced by a synthetic pyrethroid, Ripcord (cypermethrin) in adult beetles of stored grain pests, *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Col. Tenebrionidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 39: 144-154.
- Schlegel, A. and Stainier, D. Y. R. 2007.** Lessons from "Lower" Organisms: What Worms, Flies, and Zebrafish Can Teach Us about Human Energy Metabolism. *Plos Genetics*. 3(11): 2037-2048.
- Takada, Y., Kawamura, S. and Tanaka, T. 2001.** Effect of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology*. 94: 1340-1343.
- Teleman, A. A., Maitra, S. and Cohen, S. M. 2006.** Drosophila lacking microRNA miR- 278 are defective in energy homeostasis. *Genes Development*. 20, 417-422.
- Van Handel, E. and Day, J. F. 1988.** Assay of lipids, glycogen and sugars in individual mosquitoes: correlations with wing length in field-collected *Aedes vexans*. *Journal of American Mosquito Control Association*. 4: 549-550.
- Willrich, M. M. and Boethel, D. J. 2001.** Effect of diflubenzuron on *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera:Noctuidae) and its parasitoid *Copidosoma floridanum* (Hymenoptera:

- Encyrtidae). *Environmental Entomology*. 30: 794-797.
- Yi, S. X. and Adams, T. S. 2000.** Effect of pyriproxyfen and photoperiod on free amino acid concentrations and proteins in the hemolymph of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Journal of Insect Physiology*. 46: 1341-1353.
- Zeren, O., Yigit, A. and Gullu, M. 1994.** The side effect of some insecticides used in sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hym., Scutelleridae) control on egg parasitoid, *Trissolcus* spp. *Turkiye III. Biyolojik Mucadele Kongresi Bildirileeri*. Ismir, Ege Universitesi Basimevi, Bornova, Turkey. 195-203.
- 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.

The Effectiveness of fenitrothion (EC50%) on the Increase of Bioenergetic Resources in Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Put.**Hajsamadi, Z., Movahedi Fazel*, M., Kavousi, A. and Fotouhi, K.**

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Province, Iran.

Received: Nov, 24, 2014

Accepted: Feb, 17, 2016

Abstract:

Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, is one of the key pests of wheat that overwinters as adult. The amount of stored bioenergetic components are important in the survival of adults during the winter. In this research, the effects of sublethal concentrations ($\leq LC_{30}$) of fenitrothion (Sumithion® 50% EC) were studied on bioenergetic resources in new generation of adults under field conditions. The experiments were designed as factorial with four factors; fenitrothion concentrations (0, 1, 3 and 5 $\mu\text{l/l}$), sex (male and female), sampling time (3 and 6 days after treatment) and number of treatments (first and second) and were replicated four times in a randomized complete design experiment. Lipid, carbohydrate and protein levels were determined in mg/g, w/w and wet weight, respectively. The results revealed that fenitrothion affected the bioenergetic resources significantly. Lipid, glycogen and protein levels were increased in the treated individuals compared with the controls (1.96, 4.25, and 2.4 times, respectively) and sugar levels declined 2 times in the treated individuals. The mean of caloric contents in 0, 1, 3 and 5 $\mu\text{l/l}$ concentrations of fenitrothion were 0.755, 1.291, 1.085 and 1.764 cal/mg, respectively. Glycogen content decreased nearly 90% after the second treatment in respect of the first one, but lipid levels increased 2 times. Therefore, the application of sublethal concentrations ($\leq LC_{30}$) of fenitrothion can increase some bioenergetic resources in adult Sunn pest and may help it to pass the winter safer.

Keywords: Sunn pest, Proteins content, Lipids and Carbohydrates levels.

* **Corresponding author:** Morteza Movahedi Fazel, Email: movahedi@znu.ac.ir