دانش گیاهپزشکی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴ (ص ۳۱-۱۹)

تجمع بیولوژیکی برخی از منابع انرژی در سن گندم *Eurygaster integriceps* (Hem. Scutelleridae) تحت تیمار نیم‌آزال

زهرا حاج صمدی[۱]، مرتضی موحدی فاضل[۲*]، اورنگ کاوسی[۳] و کبری فتوحی[۴]
۱ و ۴. دانشجویان سابق کارشناسی ارشد، حشره‌شناسی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲ و ۳. استادیاران، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۴)

چکیده

ذخیرهٔ منابع انرژی در حشرات کامل زمستان‌گذران سن گندم *Eurygaster integriceps* اهمیت شایان توجهی در بقای زمستانی آنها دارد. در پژوهش حاضر، تغییر ترکیبات بیوشیمیایی حشرات کامل نسل جدید سن گندم تیمارشده با غلظت‌های زیرکشندهٔ نیم‌آزال تی‌اس یک درصد مطالعه شد. نخست، حشرات کامل سن گندم با غلظت‌های مختلف نیم‌آزال (۰، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر (µl/l)) تحت شرایط مزرعه تیمار شدند و نمونه‌برداری به فواصل زمانی ۳، ۶ و ۱۲ روز بعد از سم‌پاشی انجام گرفت. در مرحلهٔ دوم، یک هفته پس از سم‌پاشی اول، تعدادی از حشرات مرحلهٔ اول مجدداً با غلظت‌های مشابه تیمار شد و نمونه‌برداری ۳، ۶ و ۱۲ روز بعد انجام گرفت. میزان قند، گلیکوژن، چربی و پروتئین موجود برای هر یک از دو جنس نر و ماده در چهار تکرار بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بدن حشره تعیین شد. نتایج نشان داد که نیم‌آزال تأثیر معناداری بر میزان چربی، گلیکوژن، قند، پروتئین و محتوای کل ذخایر انرژی (P<۰/۰۰۱) دارد و هر سه غلظت سبب افزایش میزان چربی و پروتئین در مقایسه با شاهد شده‌اند. به‌طوری که پس از کسر اثر شاهد، چربی ۸۵/۵۳، ۹۷/۳ و ۱۰۸/۲۲ درصد و پروتئین ۴/۶۲، ۱۴/۲۳ و ۳۴/۲۷ درصد به‌ترتیب در غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ µl/l افزایش یافته‌اند. میزان گلیکوژن در اولین غلظت به میزان ۲۷/۳۵ درصد کاهش داشته و در بقیهٔ غلظت‌ها تفاوت معناداری را با شاهد نشان نداده است. همچنین میزان قند در مقایسه با شاهد به‌ترتیب در سه غلظت ۹/۹، ۲۷/۳۷ و ۴۳/۷۶ درصد کاهش یافته است. در مجموع محتوای کل ذخایر انرژی در سه غلظت تأثیرات افزایشی نشان داده و گذر زمان و نیز سم‌پاشی مجدد این افزایش را تشدید کرده است. این فاکتور بین دو جنس نر و ماده تفاوت معناداری نداشته است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، چربی، سن گندم، کربوهیدرات، نیم‌آزال

مقدمه

سن معمولی گندم *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Scutelleridae) یکی از سن‌های خسارت‌زا و از آفات مهم گندم است که به میزان ۹۰-۵۰ درصد به این محصول خسارت وارد می‌آورد (Canhilal *et al.*, 2005; Fatehi *et al.*, 2009). سالانه بیش از یک میلیون لیتر آفت‌کش شیمیایی برای کنترل این آفت در کشور مصرف می‌شود. مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها و

* تلفن: ۰۹۱۲۸۴۱۹۹۳۵
E-mail: movahedi@znu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش آن و نیز استفاده از تأثیرات مزمن زیرکشندگی آفت‌کش‌های شیمیایی در جهت کاهش جمعیت آفات، امروزه مرکز توجه محققان زیادی قرار گرفته است. بر اساس مطالعات انجام گرفته، برخی از حشره‌کش‌ها تأثیرات زیرکشندگی خود را به‌صورت تغییر در میزان باروری، رشد و نمو، تغییر در نسبت جنسی، دیاپوز، مورفولوژی و فیزیولوژی حشرات بروز می‌دهند (Takada *et al*., 2001; Willrich & Boethel, 2001; Krishna *et al*., 2007). تأثیر بر میزان استفاده از منابع غذایی و نیز ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها یکی از آثار اشاره شده است (Saleem *et al*., 1998). با توجه به اینکه سن گندم زمستان را به‌صورت حشرهٔ کامل سپری می‌کند، افزایش ذخایر انرژی مقاومت این حشره را در برابر شرایط نامناسب محیطی افزایش داده و همچنین توان پروازهای طولانی‌مدت را فراهم می‌آورد. به‌طور کلی، در حشرات قبل از مرحلهٔ دیاپوز، محتوای چربی، کربوهیدرات و پروتئین کل افزایش می‌یابد (Lefever *et al*., 1989). همچنین میزان بقای حشرات در زمستان (Bosch & 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 اندازهٔ آنها (Lease & Wolf, 2011) خواهد بود. با توجه به اینکه اغلب حشرات در طول دورهٔ زمستان‌گذرانی تغذیه نمی‌کنند، برای بقا و نیز فعالیت تولید مثلی و طی روند دگردیسی به ذخایر انرژی به‌دست‌آمده در فصل رشد متکی‌اند (Leather *et al*., 1995). انرژی ذخیره‌ای در طول دورهٔ زمستان‌گذرانی به‌تدریج کاهش می‌یابد و این کاهش انرژی طی زمستان می‌تواند تلفات حشرات را به همراه داشته باشد (Hahn & Denlinger, 2007). در بین منابع انرژی، چربی‌ها با دو نقش انرژی ذخیره‌ای و نیز ترکیبات ضدیخ تأثیر شایان توجهی را روی بقای حشرات در طول دورهٔ زمستان‌گذرانی دارند (Buckner *et al*., 2004). بین مقدار ذخیرهٔ چربی و زنده‌مانی حشرات زمستان‌گذران رابطهٔ مستقیم وجود دارد (Ito & Nakata, 1998). منابع انرژی غیرچربی نیز در دورهٔ دیاپوز اهمیت دارند (Hahn & Denlinger, 2007). منابع انرژی علاوه بر تأثیر مستقیم در زنده‌مانی طی دورهٔ دیاپوز، روی ویژگی‌های زیستی پس از دیاپوز نیز مؤثرند (Hahn & Denlinger, 2007). لذا بررسی عوامل مؤثر بر میزان این ذخایر امری مهم و ضروری است. در این میان با توجه به استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی به عنوان مؤثرترین روش کنترل سن گندم در ایران و دیگر کشورهای سن‌خیز دنیا و نیز تأکید محققان بر کاهش غلظت مصرفی آفت‌کش‌ها برای کاهش آثار نامطلوب آنها، نقش غلظت‌های زیرکشندهٔ آفت‌کش‌های رایج مصرفی بر میزان منابع و ذخایر انرژی، مهم و قابل تأمل است. با توجه به اهمیت مطالب مذکور، در این تحقیق تأثیر غلظت‌های زیرکشندهٔ آزادیراختین (نیم‌آزال) بر منابع انرژی ذخیره‌شده در سن گندم بررسی شد. آزادیراختین به عنوان یک ترکیب لیمونوییدی از گروه تری‌ترپنوییدها (Senthil-Nathan, 2013; Marcic & Medo, 2015) و با قدرت اکسیدکنندگی بالا است که برای آن فعالیت‌های وسیع بیولوژیک روی حشرات، باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و حتی آثار کلینیکی روی انسان گزارش شده است (Senthil-Nathan, 2013). این ترکیب روی حشرات دارای تأثیرات کشندگی، مهارکنندگی رشد و نمو، ضدتغذیه‌ای (Schmutterer, 1990; Mordue & Blackwell, 1993) تأثیر روی ارگان‌های تولید مثلی از جمله تجزیهٔ اسپرماتوسیت‌ها (Shimizu, 1998) و ممانعت از تخم‌ریزی (Bruce *et al*., 2004)، دخل و تصرف در پروسه‌های هورمونی (Mordue & Blackwell, 1993) و نیز تأثیرات بازدارندگی بر فیزیولوژی منابع غذایی (Koul *et al*., 2003) است. مکانیزم عمل و نیز برخی از تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی این ترکیب روی برخی از گونه‌های راستهٔ بال‌پولک‌داران جمع‌بندی و ارائه شده است (Senthil-Nathan, 2013).

مواد و روش‌ها

پرورش

پوره‌های سن پنجم سن گندم در خردادماه از مزارع گندم حومهٔ زنجان جمع‌آوری و تا زمان ظهور حشرات کامل، در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۲±۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت ۱۰±۶۰ درصد رژیم نوری (۸ ساعت

Archive of SID

www.SID.ir

تاریکی: ۱۶ ساعت روشنایی) نگهداری و توسط خوشه‌های تازه و بریده‌شدهٔ گندم تغذیه شدند.

زیست‌سنجی

در این تحقیق از ترکیب نیم‌آزال تی‌اس یک درصد به علت آثار چندجانبهٔ آن از جمله تأثیرات هورمونی، تنظیم‌کنندگی رشد و تولید مثلی و نیز تأثیرات ضدتغذیه‌ای (Schmutterer, 1990; Kassem *et al.*, 2011) استفاده شد. آزمون‌های اولیه برای تعیین سه غلظت از حشره‌کش با حداکثر ۳۰ درصد تلفات اجرا شد. این آزمون‌ها در قالب ۹ غلظت (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰) و در هر غلظت سه تکرار و در هر تکرار ۱۰ عدد سن گندم انجام گرفت. غلظت‌هایی که حداکثر ۳۰ درصد تلفات را طی مدت ۲۰ روز (حداکثر زمان لازم برای نمونه‌برداری از حشرات تحت تیمار در آزمون اصلی) ایجاد کردند به عنوان غلظت‌های مورد انتظار، بررسی شدند و سه غلظت از میان آنها انتخاب شد. بر این اساس، غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر (µl/l) (با میزان تلفات ۵، ۱۷ و ۲۸ درصد) بر اساس فرمولاسیون تجاری انتخاب و غلظت‌های تحت نظر با آب مقطر تهیه گردید. همچنین از آب مقطر به عنوان تیمار شاهد استفاده شد. برای انجام آزمایش اصلی، پس از ظهور حشرات کامل، ۱۸۰ حشرهٔ کامل (۹۰ نر و ۹۰ ماده) دو تا سه روزه که از نظر وزنی نیز مشابه بودند، برای تیمار با هر غلظت انتخاب شدند. حشرات نر از ماده تفکیک شدند و طی دو مرحله (هر مرحله ۴۵ سن) به ظروف استوانه‌ای پلاستیکی نیم‌لیتری که از کف مجهز به توری بودند منتقل و توسط سمپاش‌های دستی در شرایط آزمایشگاه تیمار شدند و بلافاصله روی خوشه‌های گندم در مزرعه منتقل شدند. همچنین، برای اطمینان از استقرار سن‌ها و نیز جلوگیری از جابه‌جایی‌های بین‌بوته‌ای، حشرات کامل در درون آستین‌های توری به ابعاد ۱۵×۴۰ سانتی‌متر و به تعداد حداکثر ۱۵ سن روی شش خوشه گندم محصور شدند. به منظور بررسی آثار احتمالی حشره‌کش بر منابع انرژی و نیز تأثیر گذر زمان بر این تغییرات، نمونه‌برداری از تیمارهای تعریف‌شده به فواصل زمانی ۳، ۶ و ۱۲ روز بعد از سم‌پاشی انجام گرفت. همچنین به منظور بررسی تأثیرات یادآوری حشره‌کش و نیز آثار احتمالی تجمعی آنها روی منابع انرژی، در دستهٔ دوم تیمارها، یک هفته بعد از سمپاشی اول، مجدداً حشرات کامل از روی خوشه‌ها جمع‌آوری و در آزمایشگاه با غلظت‌های مشابه مرحلهٔ اول تیمار شدند و بلافاصله روی خوشه‌ها قرار گرفتند و با توری محصور شدند. فواصل نمونه‌برداری مشابه مرحلهٔ اول یعنی ۳، ۶ و ۱۲ روز بعد از سم‌پاشی انجام گرفت. تیمار شاهد نیز حاوی ۹۰ حشرهٔ نر و مادهٔ تیمارشده با آب مقطر بود که حداکثر ۱۵ حشره (مشابه تیمار) روی خوشه‌ها منتقل و توسط آستین‌های توری محصور شدند. در زمان نمونه‌برداری، توری‌های حاوی حشرات کامل از مزرعه جمع‌آوری شد و حشرات زنده داخل توری‌ها پس از توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ میلی‌گرم (مدل A&D EK-300i)، به فریزر با دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند.

تعیین منابع انرژی

حشرات کامل نمونه‌برداری‌شده در هر 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 و هر کدام به عنوان تکرار مجزا لحاظ شد. هر حشره به‌مدت حداقل پنج دقیقه توسط همگن‌ساز دست‌ساز با سرعت ۲۶۰۰ دور در دقیقه و در شرایط دمای پایین همگن گردید. گلیکوژن، قند و چربی طبق روش Van Handel & Day (1988)، جداسازی و اندازه‌گیری شد. چربی توسط واکنشگر وانیلین در طول موج ۵۳۰ نانومتر و قند و گلیکوژن با واکنشگر آنترون در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری (WPA s2000uv/vis) قرائت شد. میزان پروتئین با استفاده از واکنشگر بردفورد طبق روش Kruger (1994) تعیین و جذب نوری آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت گردید.

همچنین از گلوکز (مرک)، روغن سویا (تولید داخل) و آلبومین گاوی (سیگما) به عنوان مادهٔ استاندارد به‌ترتیب برای کمیت‌سنجی کربوهیدرات (قند و گلیکوژن)، چربی و پروتئین استفاده شد. میزان

Archive of SID

www.SID.ir

پروتئین، کربوهیدرات و چربی کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم (mg/g) وزن تر حشره محاسبه شد.

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

محتوای کل ذخایر انرژی (cal/mg) =
(۹/۵ × مقدار چربی) + (۴/۲ × مقدار کربوهیدرات) + (۴/۱۹ × مقدار پروتئین)

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

(میانگین مشابه در شاهد / میانگین مشابه در شاهد - میانگین هر منبع انرژی در تیمار) ×۱۰۰

تجزیهٔ آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری استاتیستیکس[1] ۸ (Analytical software, 2003) و مینی‌تب[2] ۱۶ (Minitab, 2010) انجام گرفت. آزمایش‌ها به‌صورت آزمون فاکتوریل چهار متغیره شامل غلظت (۴) × جنسیت (۲) × فواصل نمونه‌برداری (۳) × تکرار سم‌پاشی (۲) و در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا و میانگین‌ها به روش توکی - کرامر مقایسه گردید.

نتایج

نتایج این تحقیق بیانگر تأثیر معنادار غلظت‌های مختلف نیم‌آزال بر میزان چربی است ($P<۰/۰۰۱$) (جدول‌های ۱ و ۲) به‌طوری که در غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ µl/l پس از کسر اثر شاهد، به‌ترتیب ۸۵/۵۳، ۹۷/۳ و ۱۰۸/۲۲ درصد چربی افزایش یافته است. اگر چه بین غلظت‌های مختلف افزایش معناداری مشاهده نمی‌شود، این غلظت‌ها تفاوت حداقل دو برابری با شاهد دارند. فواصل نمونه‌برداری پس از سم‌پاشی و تکرار سم‌پاشی نیز اثرهای معناداری را بر میزان چربی داشته است (جدول‌های ۱ و ۲). همچنین آثار متقابل سه‌گانهٔ فواصل نمونه‌برداری، غلظت و تکرار سم‌پاشی (جدول ۳)، فواصل نمونه‌برداری، غلظت و جنسیت ($F_{6,191}$=۳/۷۹، $P<۰/۰۱$) و غلظت، تکرار سم‌پاشی و جنسیت ($F_{3,191}$=۳/۷۹، $P<۰/۰۰۱$) بر میزان چربی در حشرات تیمارشده با نیم‌آزال معنادار بود. بیشترین میزان چربی در غلظت ۵۰۰ µl/l دوازده روز پس از سم‌پاشی دوم به میزان ۱۴۰ (mg/g) و کمترین آن در تیمار شاهد و شش روز پس از تیمار کردن اول به میزان ۱۴/۵۱ (mg/g) مشاهده شد.

میزان کربوهیدرات (گلیکوژن و قند) نیز تحت تأثیر نیم‌آزال قرار گرفته است ($P<۰/۰۰۱$) (جدول‌های ۱ و ۲). به‌طوری که میزان گلیکوژن در غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ µl/l پس از کسر اثر شاهد، به‌ترتیب ۲۷/۳۶ و ۱۹/۱۸درصد کاهش یافته است، اما در غلظت ۳۰۰ µl/l، ۸/۶۸ درصد افزایش نشان داده است. بیشترین میزان گلیکوژن در تیمار شاهد در اولین نمونه‌برداری پس از تیمارسازی با میانگین ۱۲۸/۲۱ (mg/g) و کمترین آن در غلظت ۳۰۰ µl/l شش روز پس از سم‌پاشی دوم با میانگین ۸/۰۲ (mg/g) مشاهده شد. میزان قند نیز در غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ µl/l پس از کسر اثر شاهد، به‌ترتیب ۹/۹۷، ۲۷/۳۳ و ۴۳/۷۵ درصد کاهش یافته است. همچنین آثار متقابل معنادار از جمله آثار چهارگانهٔ فواصل نمونه‌برداری، غلظت، تکرار سم‌پاشی و جنسیت ($P<۰/۰۰۱$، $F_{6,191\ sugar}$=۶/۸۹، $P<۰/۰۰۱$، $F_{6,191\ glycogen}$=۴/۲۴)، و آثار سه‌گانهٔ فواصل نمونه‌برداری، غلظت و تکرار سم‌پاشی (جدول ۳) بر میزان قند در حشرات تیمارشده با نیم‌آزال مشاهده گردید. بیشترین میزان قند در تیمار شاهد و در اولین نمونه‌برداری پس از تیمار کردن اول با میانگین ۳۱/۶۳ (mg/g) و کمترین آن در تیمار شاهد دوازده روز پس از تیمار کردن دوم با میانگین ۱/۵۷ (mg/g) مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنادار نیم‌آزال بر میزان پروتئین است ($P<۰/۰۰۱$) (جدول‌های ۱ و ۲) به‌طوری که میزان پروتئین در غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ µl/l پس از کسر اثر شاهد، به‌ترتیب ۴/۶۲، ۱۴/۲۳ و ۳۴/۲۷ درصد افزایش یافته است. فواصل نمونه‌برداری، تکرار سم‌پاشی و جنسیت نیز تأثیر معناداری بر میزان پروتئین داشته است (جدول‌های ۱ و ۲). آثار متقابل سه‌گانهٔ فواصل نمونه‌برداری، غلظت و

1. Statistix
2. Minitab

Archive of SID

www.SID.ir

تکرارسم‌پاشی (جدول ۳) تأثیر معناداری را بر میزان پروتئین در حشرات تیمارشده با نیم‌آزال نشان دادند. بیشترین میزان پروتئین در تیمار ۵۰۰ µl/l و شش روز پس از سم‌پاشی اول با میانگین ۹/۶۵ (mg/g) و کمترین آن در تیمار ۱۰۰ µl/l در اولین نمونه‌برداری پس از سم‌پاشی اول با میانگین ۳/۱۷ (mg/g) مشاهده شد.

جدول ۱. جدول تجزیهٔ واریانس تأثیر نیم‌آزال و برخی عوامل مؤثر بر منابع انرژی در سن معمولی گندم (میانگین مربعات[۱])

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	چربی	گلیکوژن	قند	پروتئین	محتوای کل ذخایر انرژی
جنسیت	۱	۱۳۷۳/۴$^{n.s}$	۰/۲۹۲**	۰/۰۰۲$^{n.s}$	۹۰/۹۸**	۰/۰۰۱$^{n.s}$
زمان نمونه‌برداری	۲	۱۳۱۷۱/۶**	۳/۱۹۱**	۱/۳۴۴**	۷۹/۰۶**	۰/۱۶۴*
غلظت	۳	۲۷۱۶۴/۳**	۰/۱۹۳**	۰/۳۵۳**	۳۶/۱۶**	۲/۲۳۱**
تکرار سم‌پاشی	۱	۵۴۶۷۲/۲**	۸/۸۷**	۷/۵۶**	۲۷/۶۵**	۰/۷۲۵**
جنسیت × زمان نمونه‌برداری	۲	۴۱۹/۶$^{n.s}$	۰/۱۳۸**	۰/۰۱۱$^{n.s}$	۱۸/۶۲۱**	۰/۰۶۳$^{n.s}$
جنسیت × غلظت	۳	۹۵۲/۶$^{n.s}$	۰/۱۸۲**	۰/۰۳۹$^{n.s}$	۰/۸۷۶$^{n.s}$	۰/۲۸۸**
جنسیت × تکرار سم‌پاشی	۱	۱۵/۱$^{n.s}$	۰/۱۰۵*	۰/۰۰۱$^{n.s}$	۱۲/۵۸*	۰/۰۷۹$^{n.s}$
زمان نمونه‌برداری × غلظت	۶	۲۳۲۹/۰**	۰/۱۲۹**	۰/۲۹**	۷/۹۵**	۰/۳۷۳**
زمان نمونه‌برداری × تکرار سم‌پاشی	۲	۵۶۹۳/۰**	۱/۹۹**	۰/۲۵**	۱۳/۹۶**	۰/۱۸*
غلظت × تکرار سم‌پاشی	۳	۲۳۵۶/۳**	۰/۲۹**	۰/۶۰**	۸۰/۴۴**	۰/۳۶۲**
جنسیت × زمان نمونه‌برداری × غلظت	۶	۱۶۶۱/۹**	۰/۰۲۴۱$^{n.s}$	۰/۰۰۹$^{n.s}$	۳/۵۱$^{n.s}$	۰/۲۱**
جنسیت × زمان نمونه‌برداری × تکرار سم‌پاشی	۲	۶۶۱/۸$^{n.s}$	۰/۲۳۴**	۰/۰۱۹$^{n.s}$	۰/۰۹$^{n.s}$	۰/۲۱*
جنسیت × غلظت × تکرار سم‌پاشی	۳	۳۰۲۴/۹**	۰/۰۶۳۴*	۰/۰۲۳$^{n.s}$	۲/۴۶$^{n.s}$	۰/۱۸۶**
زمان نمونه‌برداری × غلظت × تکرار سم‌پاشی	۶	۱۹۲۲/۳**	۰/۴۵۲**	۰/۱۰۱**	۱۱/۲۵**	۰/۳۵**
جنسیت × زمان نمونه‌برداری × غلظت × تکرار سم‌پاشی	۶	۶۰۳/۷$^{n.s}$	۰/۰۹۵**	۰/۱۱۱**	۳/۱$^{n.s}$	۰/۱۱۳*
خطا	۱۴۴	۴۳۸/۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۱/۹۱	۰/۰۴۴
ضریب تغییرات (٪)		۲۵/۱۶	۱۰/۸۹	۱۶/۹۰	۲۱/۳۸	۲۰/۹۵

n.s: عدم اختلاف معنادار، * و **: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ و ۱٪.

۱. داده‌های مربوط به گلیکوژن و قند پس از تبدیل به Log base 10 تجزیهٔ آماری شده‌اند.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین تأثیرات سادهٔ کمیت‌های تحت بررسی حاصل از تأثیر نیم‌آزال روی سن معمولی گندم بر اساس آزمون توکی- کرامر

متغیر	سطوح متغیر	میانگین چربی (mg/g)	میانگین گلیکوژن (mg/g)	میانگین قند (mg/g)	میانگین پروتئین (mg/g)	میانگین محتوای انرژی (cal/g)
جنسیت	ماده	۸۰/۵۵$^{n.s}$	۴۳/۶۴^{a}	۷/۲۰$^{n.s}$	۵/۷۸^{b}	۱۰۰۲/۹$^{n.s}$
	نر	۸۵/۹۰$^{n.s}$	۳۰/۹۱^{b}	۷/۸۹$^{n.s}$	۷/۱۶^{a}	۱۰۰۷/۷$^{n.s}$
دفعات سم‌پاشی	۱	۶۶/۳۵^{b}	۵۷/۵۰^{a}	۱۱/۰۹^{a}	۶/۰۹^{b}	۹۴۳/۹^{b}
	۲	۱۰۰/۱۰^{a}	۱۷/۰۵^{b}	۳/۹۹^{b}	۶/۸۵^{a}	۱۰۶۶/۸^{a}
زمان نمونه‌برداری	۳	۷۲/۸۷^{b}	۵۵/۶۴^{a}	۱۰/۵۳^{a}	۵/۴۱^{c}	۹۹۲/۸^{ab}
	۶	۷۷/۲۰^{b}	۴۰/۹۳^{b}	۷/۶۳^{b}	۶/۳۸^{b}	۹۶۲/۲^{b}
	۱۲	۹۹/۶۰^{a}	۱۵/۲۶^{c}	۴/۴۸^{c}	۷/۶۳^{a}	۱۰۶۱^{a}
غلظت (µl/l)	۰	۴۸/۱۷^{b}	۴۱/۱۷^{ab}	۹/۴۶^{a}	۵/۷۱^{c}	۶۹۱/۷^{c}
	۱۰۰	۸۹/۳۷^{a}	۲۹/۹۱^{c}	۸/۵۲^{ab}	۵/۹۸^{bc}	۱۰۳۵/۵^{b}
	۳۰۰	۹۵/۰۴^{a}	۴۴/۷۵^{a}	۶/۸۷^{bc}	۶/۵۳^{b}	۱۱۴۷/۰^{a}
	۵۰۰	۱۰۰/۳^{a}	۳۳/۲۸^{bc}	۵/۳۲^{c}	۷/۶۷^{a}	۱۱۴۷/۱^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معناداری را در سطح ۵٪ نشان نمی‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین نیم‌آزال در مجموع تأثیرات افزایشی معناداری بر محتوای انرژی داشته است (P<۰/۰۰۱) (جدول‌های ۱ و ۲). به‌طوری که در غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ µl/l پس از کسر اثر شاهد، به‌ترتیب ۴۹/۴۱، ۶۵/۸۲ و ۶۵/۸۴ درصد محتوای کل ذخایر انرژی را افزایش داده است. بیشترین میزان محتوای کل ذخایر انرژی در تیمار ۵۰۰ µl/l دوازده روز پس از سم‌پاشی دوم با میانگین ۱/۴۳ (cal/mg) و کمترین آن در تیمار شاهد دوازده روز پس از تیمار کردن اول با میانگین ۰/۲۸ (cal/mg) مشاهده شد.

با توجه به فاکتورهای محاسباتی، میانگین محتوای کل ذخایر انرژی می‌تواند به عنوان اندیس مطلوبی که برآیندی از تغییرات مؤلفه‌های اصلی همچون پروتئین، چربی و کربوهیدرات است، به عنوان مبنای اثرگذاری نیم‌آزال ارزیابی شود. نتایج بیانگر تأثیر گذر زمان بر افزایش معنادار چربی و محتوای کل ذخایر انرژی است. همچنین تعداد دفعات سم‌پاشی نیز تأثیرات افزایشی را در تجمع چربی و بالطبع، محتوای کل ذخایر انرژی داشته است، به‌طوری که میزان چربی پس از سم‌پاشی دوم افزایش ۱/۵ برابری داشت.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل معنادار ۳ عاملی غلظت × زمان نمونه‌برداری × دفعات سم‌پاشی حاصل از تأثیر نیم‌آزال روی سن معمولی گندم بر اساس آزمون توکی- کرامر

تیمارها	چربی (mg/g)	گلیکوژن (mg/g)	قند (mg/g)	پروتئین (mg/g)	محتوای کل ذخایر انرژی (cal/mg)
(D×T×S)					
D1×T1×S1	۳۹/۲۷ij	۱۲۸/۲۱a	۳۱/۶۳a	۶/۱۱cdefg	۱/۰۷abcdef
D1×T1×S2	۶۷/۲efghi	۱۹/۰۹efgh	۳/۸۶e	۳/۷۲gh	۰/۷۵fg
D2×T1×S1	۶۱/۷۲ghi	۷۷/۳۸bc	۱۴/۸۳b	۳/۱۷h	۰/۹۹bcdef
D2×T1×S2	۹۵/۷۴bcdefgh	۱۲/۶۸fgh	۶/۴۸de	۷/۶۶abcd	۱/۰۲bcdef
D3×T1×S1	۵۷/۱۴i	۹۱/۷۷b	۱۱/۹۲bcd	۵/۱۴Efgh	۱/۰bcdef
D3×T1×S2	۹۹/۲۳bcdefg	۱۲/۱۷gh	۴/۳۵e	۵/۴۷defgh	۱/۰۴bcdef
D4×T1×S1	۵۷/۹۱hi	۶۴/۱۱bcd	۷/۴۴cde	۴/۹۹efgh	۰/۸۷cdef
D4×T1×S2	۱۰۴/۷۵abcde	۳۹/۷۳defg	۳/۶۹e	۷/۰۰bcde	۱/۲۱abcd
D1×T2×S1	۱۴/۵۱j	۴۷/۹۶de	۱۲/۲۵bcd	۷/۱۲bcde	۰/۴۲۱gh
D1×T2×S2	۷۴/۰۸defghi	۱۴/۳۷fgh	۱/۹۶e	۵/۳۸defgh	۰/۷۸efg
D2×T2×S1	۵۸/۲۳hi	۵۵/۴۱cd	۱۱/۸۰bcd	۳/۵۰h	۰/۸۵def
D2×T2×S2	۱۱۲/۶۹abc	۱۴/۴۰fgh	۸/۴۳bcde	۷/۸۸abcd	۱/۲۰abcd
D3×T2×S1	۶۹/۲۲efghi	۱۲۲/۸۳a	۱۳/۸۵bc	۳/۸۵gh	۱/۲۵abc
D3×T2×S2	۱۰۳/۹۹abcdef	۸/۰۲h	۳/۳۹e	۸/۱۴abc	۱/۰۷abcdef
D4×T2×S1	۶۶/۲۱fghi	۴۱/۴۸def	۶/۳۹de	۸/۱۲abc	۰/۸۶def
D4×T2×S2	۱۱۸/۶۵ab	۲۳/۰efgh	۲/۹۴e	۷/۰۴bcde	۱/۲۷ab
D1×T3×S1	۱۷/۱۵j	۱۳/۷۴fgh	۵/۴۹de	۷/۸۳abcd	۰/۲۸h
D1×T3×S2	۷۶/۸۳cdefghi	۲۳/۶۷efgh	۱/۵۷e	۴/۱۱fgh	۰/۸۵def
D2×T3×S1	۱۱۰/۰۲abcd	۱۱/۱۶gh	۵/۷۶de	۶/۴cdef	۱/۱۴abcde
D2×T3×S2	۹۷/۸۲bcdefg	۸/۴۲h	۳/۸۱e	۷/۲۴abcde	۱/۰۱bcdef
D3×T3×S1	۱۳۰/۵۰ab	۱۴/۳۰fgh	۳/۹۴e	۷/۲۲abcde	۱/۳۵ab
D3×T3×S2	۱۱۰/۱۴abcd	۱۹/۴۰efgh	۳/۸۰e	۹/۳۴ab	۱/۱۸abcd
D4×T3×S1	۱۱۴/۲۸abc	۲۱/۶۵efgh	۷/۷۷cde	۹/۶۵a	۱/۲۵abc
D4×T3×S2	۱۴۰/۰۳a	۹/۷۰ h	۳/۷۰e	۹/۲۱ab	۱/۴۳a

D: غلظت آفت‌کش. T: زمان نمونه‌برداری (T1: ۳، T2: ۶ و T3: ۱۲ روز پس از سم‌پاشی). S: دفعات سم‌پاشی (S1: بار اول. S2: بار دوم)

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

به‌طور کلی تأثیر ترکیبات شیمیایی بر تغییرات منابع انرژی در حشرات را می‌توان به تأثیرات درونی و غلبه بر نظم فیزیولوژیک درونی بدن و دخل و تصرف در مراحل مختلف تجزیه (کاتابولیسم) یا تشکیل (آنابولیسم) منابع انرژی (Nation, 2002) نسبت داد. در اغلب تحقیقات انجام‌گرفته، دربارهٔ سازوکار (مکانیزم) عمل آفت‌کش‌های شیمیایی بر منابع انرژی کمتر بحث شده است و بیشتر به سازوکارهای احتمالی اشاره شده است.

تغییرات چربی

چربی‌ها منبع مهم انرژی در موجودات از جمله در حشرات محسوب می‌شوند و حشرات آنها را یا از منابع غذایی کسب می‌کنند، یا در درون بدن سنتز می‌کنند. در این تحقیق، ترکیب نیم‌آزال و غلظت‌های مختلف آن و نیز تکرار سم‌پاشی برخلاف انتظار باعث افزایش میزان چربی در سن‌های نسل جدید شده است. همچنین گذر زمان این تأثیرات افزایشی را بیشتر کرده است. نتایج نشان‌دهندهٔ افزایش میزان چربی توأم با افزایش غلظت حشره‌کش است. اصولاً تغییرات حاصل در میزان منابع انرژی خصوصاً چربی تحت تأثیر فرایندهای هورمونی فعال در اجسام چربی صورت می‌گیرد (Nation, 2002). اغلب فعالیت‌های این ارگان مهم تحت تأثیر یک نروپپتید به نام ادیپوکینتیک هورمون[1] (AKH) با ایزوفرم‌های مختلف (Gade, 2009) و نیز بعضاً یکی از آمین‌های بیوژنیک به نام اکتپامین (Orchard *et al.*, 1993) است. این تنوع بیانگر اهمیت و هدایت فرایندهای مختلف زیستی توسط آنهاست؛ به‌گونه‌ای که آن را عامل ایجاد تعادل (هموستازی) در منابع انرژی دانسته‌اند (Lorenze & Gade, 2009). فرم RPCH آدیپوکینتیک هورمون در راستهٔ 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؛ به‌طوری که در حضور آن، آنزیم‌های فسفوریلاز کیناز (برای تبدیل گلیکوژن به تری هالوز در حضور گلیکوژن فسفوریلاز) و لیپاز (برای تبدیل تری اسیل گلیسرول‌های ذخیره‌ای به دی‌اسیل گلیسرول) در سلول‌های چربی فعال می‌شود و نیاز حشره به منابع انرژی را تأمین می‌کند (Lorenze & Gade, 2009). طبیعتاً هرگونه اختلال در فعالیت این هورمون منجر به تغییرات منابع انرژی خصوصاً چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها خواهد شد. به‌علاوه تفاوت‌ها و تغییرات ژنتیکی نیز بر تغییرات چربی مؤثرند (Sardesai, 2012). مگس‌های سرکه‌ای که ژن مرتبط با متابولیسم چربی آنها Bmm (brummer) جهش یافته است، افزایش میزان چربی و حساسیت به گرسنگی از خود نشان داده‌اند و این جهش منجر به چاقی مفرط (Obesity) شده است (Schlegel & Stainier, 2007; Pawestri & Trubenova, 2010). همچنین ژن Lsd-2 که مسئولیت ذخیره‌سازی چربی‌ها در بافت‌های چربی را بر عهده دارد، در صورتی‌که دچار جهش شود، کاهش ذخیره‌سازی چربی در محل‌های مربوط را به دنبال خواهد داشت. به‌علاوه، ژن Adp نیز نقش تنظیم‌کنندهٔ تجمع تری‌اسیل گلیسرول را در سلول‌های چربی بر عهده دارد که در صورت جهش باعث افزایش اندازهٔ سلول‌های چربی و نیز ناباروری مگس‌های سرکه می‌شود (Schlegel & Stainier, 2007). همچنین مگس سرکه دارای ۷ ژن مسئول سنتز ترکیبات پپتیدی شبیه انسولین است (dilp1-7) (Ikeya *et al.*, 2002; Broughton *et al.*, 2005; Giannakou & Partridge, 2007) که البته به‌طور کامل یک گیرندهٔ (dInR) موجود در سلول‌های چربی را تحریک می‌کند (Ikeya *et al.*, 2002). مشاهده شده است که تخریب سلول‌های ترشحی حاوی ژن‌های مذکور در مغز حشره سبب افزایش چربی و کربوهیدرات در این حشره شده است (Rulifson *et al.*, 2002 ; Broughton *et al.*, 2005; Teleman *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2008). علاوه بر این، در مگس سرکه ژنی به نام dSH2B (or dLnk) در سلول‌های چربی شناسایی شده است که نقش مهمی در تنظیم متابولیسم منابع انرژی بازی می‌کند. همچنین می‌تواند در تنظیم پاسخ‌های اکسیداسیونی و نیز تنظیم طول عمر حشره مؤثر باشد. چنین ژنی در دیگر جانوران با نام SH2B1 نیز شناسایی شده است که نقش مشابهی را در منابع انرژی بازی می‌کند؛ به‌طوری که ایجاد جهش در آن

1. Adipokinetic hormon

Archive of SID

www.SID.ir

باعث چاقی در انسان می‌گردد (Song *et al.*, 2010). همچنین مگس‌های سرکه‌ای که همزمان دارای دو ژن جهش یافتهٔ Bmm و AKHR بودند، میزان افزایش و تجمع بیشتر چربی را نشان دادند (Schlegel & Stainier, 2007). همچنین ایجاد جهش در ژن‌های گیرندهٔ هورمون AKH (AKHR) یا تغییر در سلول‌های تولیدکنندهٔ AKH در کورپوراکاردیاکا منجر به افزایش چربی ذخیره‌ای می‌گردد (Gronke *et al.*, 2007). اگرچه هورمون AKH می‌تواند از طریق مجموعه آنزیم‌هایی همچون پپتیدازها و پروتئازها نیز به حال غیرفعال درآید (Gade, 2004)، ایجاد جهش در ژن‌ها باعث تغییر در بیان آنها خواهد شد. طبق تحقیقات انجام‌گرفته، ترکیبات لیمونوییدی همچون آزادیراختین ممکن است به‌طور مستقیم بیان ژن‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهند (Huang *et al.*, 2004). این تغییرات و آثار آن در مگس سرکه، به عنوان یک الگوی آزمایشگاهی تبیین گردیده است. علاوه بر تغییرات ژنتیکی، افزایش میزان چربی می‌تواند در اثر کاهش میزان و فعالیت آنزیم‌های گروه ATPase باشد (Sardesai, 2012). این آنزیم در همهٔ سلول‌های بدن وجود دارد و باعث می‌شود که ۴۰ - ۱۵ درصد از کالری‌هایی که در طول فعالیت‌های فیزیکی مصرف نشده‌اند، سوزانده شود و مانع از تجمع چربی می‌شود. افراد چاق ۲۵ - ۲۰ درصد ATPase کمتری نسبت به افراد نرمال دارند و مصرف انرژی سلول‌های خونی آنها ۲۲ درصد کمتر است (Sardesai, 2012). با توجه به تنوع گروه‌های ATPase، تنها کاهش یا مهار فعالیت گروه Na, K-ATPase افزایش چربی‌ها را به همراه داشته است (Iannello *et al.*, 2007). طبق تحقیقات انجام گرفته، استفاده از ترکیب آزادیراختین در غذای لاروهای *Helicoverpa armigera* باعث کاهش معنادار فعالیت ATPase شده است (Babu *et al.*, 1996). بر این اساس مهار شدن فعالیت این گروه آنزیمی می‌تواند باعث افزایش میزان چربی در حشره گردد. همچنین آزادیراختین با تقلیل کمیت و میزان فعالیت آنزیم‌ها (Klocke, 1989; Feng *et al.*, 1995) باعث کاهش میزان متابولیسم در حشرات خواهد شد (Senthil-Nathan *et al.*, 2005, 2007). فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز که در تولید انرژی نقش شایان توجهی دارد، نیز تحت تأثیر آزادیراختین کاهش می‌یابد و باعث کاهش متابولیسم در حشرات می‌شود (Senthil-Nathan *et al.*, 2006). همچنین آنزیم Ecdyson-20-monoxygenase که در ارتباط با سلول‌های چربی است نیز در مهار آزادیراختین قرار گرفته است (Mitchell *et al.*, 1997).

با توجه به اینکه اطلاعات کمی در زمینهٔ نحوهٔ تأثیر ترکیبات سمی بر منابع انرژی وجود دارد، به نظر می‌رسد ترکیب استفاده‌شده در این تحقیق بر اساس یکی از مسیرهای احتمالی موجود، یا آثار همزمان بر مراحل مختلف پروسه‌های ذکرشده، باعث افزایش مقادیر چربی در حشرات کامل سن گندم شده است. البته در برخی از تحقیقات انجام‌گرفته بر روی آنالوگ‌های هورمون جوانی، مشاهده شده است که کاربرد متاپرن 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، تبوفنوزید و لوفنورون روی پوره‌های یک روزهٔ ملخ *Schistocerca gregaria* سبب افزایش چربی در مقایسه با شاهد شده است (Hamadah *et al.*, 2012). طبق تحقیقات موجود آزادیراختین می‌تواند بر عملکرد ترشحی سلول‌های نرواندوکراین اثرگذار باشد (Barnby & Klocke, 1990; Garcia *et al.*, 1990). ضمن آنکه تأثیرات وابسته به غلظت بیانگر تأثیر هورمونی نیم‌آزال بر منابع انرژی در این حشره است.

تغییرات کربوهیدرات

کربوهیدرات‌ها یکی از منابع مهم انرژی در بسیاری از حشرات محسوب می‌شوند و میزان آن در همولنف، شاخص مهمی از میزان متابولیسم و تعادل پویایی از جذب، سوخت‌وساز و مصرف توسط بافت‌های مختلف است (Zhu *et al.*, 2012). افزایش ترکیبات کربوهیدراتی در حشرات مفید و کاهش آن در حشرات آفت نقش مهمی در بقای آنها به‌ویژه طی مرحلهٔ زمستان‌گذرانی دارد. در این تحقیق، ترکیب نیم‌آزال، فواصل نمونه‌برداری، تکرار سم‌پاشی و آثار متقابل آنها بر میزان کربوهیدرات اثرگذار بوده است. نیم‌آزال در غلظت ۱۰۰ µl/lباعث کاهش میزان گلیکوژن و در تمامی غلظت‌ها اثر کاهشی بر میزان قند داشته است. کاهش میزان

Archive of SID

www.SID.ir

کربوهیدرات نسبت به شاهد می‌تواند ناشی از تنش ایجادشده در اثر استفاده از حشره‌کش‌ها باشد که طی آن به منظور جبران کمبود انرژی، فرایند گلیکولیز فعال می‌شود که این امر منجر به کاهش میزان گلیکوژن می‌گردد (Ali *et al.*, 2011). همچنین، تنش سبب تغییرات غیرطبیعی در مسیرهای متابولیک و در نتیجه تولید ترکیبات فنلی سمی می‌شود. تأثیر کاهشی آزادیراختین روی گلیکوژن در حشرات دیگر از جمله لاروهای شب‌پرهٔ هندی مشاهده شده است (Rharrabe *et al.*, 2008). نمونه‌های مشابه در عالم گیاهی نیز گزارش شده است، به‌طوری که تنش حاصل از فیتوتوکسین‌ها در شکل یک ترکیب سمی سبب کاهش تقسیم سلولی، گره‌زایی، تنفس، فتوسنتز، اختلال در غشای سلولی و خصوصاً کاهش در مقدار کل کربوهیدرات در گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود (Siddiqui & Ahmed 1999). تأثیرات کاهشی برخی از آفت‌کش‌ها خصوصاً سایپرمترین بر منابع کربوهیدراتی در حشرات دیگر نیز گزارش شده است (Saleem *et al.*, 1998; Kalimuthu & Pandian, 2010). همچنین، تأثیرات کاهشی تنظیم‌کننده‌های رشد روی منابع کربوهیدراتی نیز در گزارش‌های محققان مختلف مشاهده شده است (El-Shiekh, 2005; Tanani *et al.*, 2012). با توجه به آثار چندجانبهٔ ترکیب نیم‌آزال (Isman *et al.*, 1990)، به نظر می‌رسد تأثیرات کاهشی این ترکیب بر میزان کربوهیدرات ناشی از تأثیرات هورمونی آن و اختلال در چرخهٔ انرژی یا آثار ضدتغذیه‌ای باشد. همچنین با توجه به امکان تبدیل منابع انرژی از طریق سه‌راهی اتصال انرژی، یعنی Acetyl-coA، کاهش گلیکوژن می‌تواند تا حدودی با افزایش چربی توجیه گردد.

تغییرات پروتئین

پروتئین‌ها ترکیبات آلی کلیدی محسوب می‌شوند 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 نیم‌آزال و غلظت‌های مختلف، فواصل نمونه‌برداری، تکرار سم‌پاشی، جنسیت و آثار متقابل آنها بر میزان پروتئین اثرگذار بوده است. طبق مطالعات انجام‌گرفته، 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). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، اغلب آفت‌کش‌های استفاده‌شده روی تعدادی از حشرات باعث کاهش پروتئین کل شده است (Saleem *et al.*, 1998; El-Sheikh *et al.*, 2005; Kalimuthu & Pandian, 2010). با توجه به آنکه در این تحقیق ترکیب نیم‌آزال به‌صورت سطحی روی بدن حشره اسپری شده است، ترکیب بدون ورود به فضای معدهٔ حشره مستقیماً وارد همولنف شده و باعث افزایش سطح آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ آفت‌کش‌ها شده است، بدون آنکه ممانعتی در فعالیت آنزیم‌های معدهٔ میانی ایجاد کند و با توجه به ماهیت پروتئینی آنزیم‌ها، می‌تواند افزایش میزان پروتئین کل را به همراه داشته باشد.

آزادیراختین نیز مثل اغلب آفت‌کش‌ها، تأثیرات کاهشی روی پروتئین کل در حشراتی همچون سوسک کلرادو سیب‌زمینی (Fotouhi, 2013)، شب‌پرهٔ هندی (Rharrabe *et al.*, 2008) و *Choristoneura rosacean* (Smirle *et al.*, 1996) داشته است. با توجه به آثار هورمونی نیم‌آزال روی حشرات، تأثیرات کاهشی (سن گندم) (Zibaee *et al.*, 2011)، افزایشی (Yi & Adams, 2000) و بی‌تأثیر بودن (سوسک کلرادو سیب‌زمینی) (De Kort *et al.*, 1997) برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد بر منابع پروتئینی گونه‌های مختلف حشرات نیز گزارش شده است. با توجه به پیچیدگی تغییرات مربوط به منابع انرژی و مشارکت عوامل متعدد در این امر، تعیین دقیق علت تأثیرات افزایشی نیم‌آزال روی منابع انرژی سن گندم خود تحقیقات گسترده‌ای را می‌طلبد. بنابراین در این تحقیق صرفاً به دلایل احتمالی مشاهده‌شده در گونه‌های دیگر استناد شده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد غلظت‌های زیرکشندهٔ نیم‌آزال اگرچه تلفات کمتری را در سن‌ها ایجاد کرده است، ولی تأثیرات افزایشی بر منابع انرژی داشته

Archive of SID

www.SID.ir

است. بررسی تأثیر افزایش منابع انرژی و آثار مثبت یا منفی آنها بر میزان بقای سن‌های گندم در طول فصل تابستان تا ابتدای بهار سال بعد نیازمند تحقیقات بیشتر است؛ چرا که طبق اطلاعات ارائه‌شده در برخی از حشرات از جمله مگس سرکه افزایش منابع انرژی در اثر کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی لزوماً نه‌تنها باعث افزایش بقای آنها نشده است، که بالعکس میزان حساسیت آنها را افزایش داده است. به عبارت دیگر، پاسخ دقیق‌تر در این خصوص مستلزم بررسی آثار چاقی (Obesity) بر فعالیت‌های زیستی و سازگاری سن گندم است.

REFERENCES

1. Ali, N. S., Ali, S. S. & 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.
2. Analytical software. (2003). Statistix 8 users manual. Analytical software, Tallahassee, Florida.
3. Assar, A. A., Abo El-Mahasen, M. M., Khalil, M. E. & 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.
4. Babu, R., Murugan, K. & Vanithakumari, G. (1996). Interference of Azadirachtin on the food utilization efficiency and midgut enzymatic profiles of *Helicoverpa armigera*. *Indian journal of Environment Toxicology*, 6, 81-84.
5. Barnby, M. A. & Klocke, J. A. (1990). Effects of azadirachtin on levels of ecdysteroids and prothoracicotropichormone-like activity in *Heliothis virescens* (Fabr.) larvae. *Journal of Insect Physiology*, 36, 125-131.
6. Berger, D., Walters, R. & Gotthard, K. (2008). What limits insect fecundity? Body size and temperature dependent egg maturation and oviposition in a butterfly. *Functional Ecology*, 22, 523-529.
7. Bosch, J. & 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.
8. Broughton, S. J., Piper, M. D., Ikeya, T., Bass, T. M., Jacobson, J., Driege, Y., Martinez, P., Hafen, E., Withers, D. J. & Leevers, 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.
9. Buckner, J. S., Kemp, W. P. & 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.
10. Canhilal, R., Kutuk, H., Kanat, A. D., Islamoglu, M., El-Haramein, F. & 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.
11. Chippendale, A. K., Chu, T. J. F. & Rose, M. R. (1996). Complex trade-offs and the evolution of starvation resistance in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 50, 753-766.
12. De Kort, C. A. D., Koopmanschap, A. B. & 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.
13. El-Sheikh, T. A. A., Hassanein, A. A., Radwan, E. M. M. & 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.
14. Fatehi, F., Behamta, M. R. & 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.
15. Fotouhi, K. (2013). *Effects of some toxicants on bioenergetic resources of Colorado potato beetles, Leptinotarsa decemlineata (Col: Chrysomelidae)*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Zanjan University. PP. 135.
16. Gade, G. (2004). Flight or fight – the need for adipokinetic hormones. *International Congress Series*, 1275, 134-40.
17. Gade, G. (2009). Peptides of the adipokinetic/red pigmentconcentrating hormone family – a new take on biodiversity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1163, 125-136.
18. Gade, G., Auerswald, L., Simek, P., Marco, H. G. & Kodri, K. D. (2003). Red pigment-concentrating hormone is not limited to crustaceans. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 309, 967-973.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Garcia, E., Luz, N., Azambuja, P. & Rembold, H. (1990). Azadirachtin depresses the release of prothoracicotropic hormone in *Rhodnius prolixus* larvae: evidence from head transplantations. *Journal of Insect Physiology*, 36, 679-682.
20. Giannakou, M. E. & Partridge, L. (2007). Role of insulin-like signalling in *Drosophila lifespan*. *Trends in Biochemical Sciences*, 32, 180-188.
21. 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/
22. Gronke, S., Muller, G., Hirsch, J., Fellert, S., Andreou, A. & *et al.* (2007). Dual lipolytic control of body fat storage and mobilization in *Drosophila.* PLoS Biol 5: e137. doi:10.1371/journal.pbio.0050137
23. Hahn, D. A. & Denlinger, D. L. (2007). Meeting the energetic demands of insect diapause: nutrient storage and utilization. *Journal of Insect Physiology*, 53, 760-773.
24. Ikeya, T., Galic, M., Belawat, P., Nairz, K. & Hafen, E. (2002). Nutrient-dependent expression of insulin-like peptides from neuroendocrine cells in the CNS contributes to growth regulation in *Drosophila. Current Biology*, 12, 1293-1300.
25. Isman, M. B., Koul, O., Luczynski, A. & Kaminski, J. (1990). Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 38, 1406-1411.
26. Ito, K. & 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.
27. 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.
28. Kalimuthu, M. & 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 Biotica*, 4(1), 10-22.
29. 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.
30. Koul, O., Daniewski, W. M., Multani, J. S., Gumulka, M. & Singh, G. (2003). Antifeedant effects of the limonoids from *Entandrophragmacan- dolei* (Meliaceae) on the gram pod borer, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7271–7275.
31. Krishna, T., Bhasara Reddy, K., Narst Reddy, M. & 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.
32. Kruger, N. J. (1994) The Bradford method for protein quantitation. *Methods Molecular Biology*, 32, 9-15.
33. Lease, H. M. & Wolf, B. O. (2011). Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. *Physiological Entomology*, 36, 29-38.
34. Leather, S. R., Walters, K. F. A. & Bale, J. S. (1995). *The Ecology of Insect Overwintering*. Cambridge University Press, Cambridge.
35. 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. & Yu, K. (2008). Drosophila short neuropeptide F signalling regulates growth by ERK-mediated insulin signalling. *Nature Cell Biology*, 10, 468-475.
36. Lefever, K. S., Koopmanschap, A. B. & 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.
37. 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.
38. Lorenz, M. W. & Gade, G. (2009). Hormonal regulation of energy metabolism in insects as a driving force for performance. *Integrative and Comparative Biology*, 49, 380-392.
39. Marcic, D. & Medo, I. (2015). Sublethal effects of azadirachtin-A (NeemAzal-T/S) on Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae). *Systematic & Applied Acarology*, 20(1), 25-38.
40. Minitab. (2010). Minitab 16 statistical software. Minitab Inc., State College, Pennsylvania, USA.
41. Mitchell, M., Smith, S., Johnson, S. & Morgan, E. (1997). Effects of the neem tree compounds azadirachtin, salannin, nimbin, and 6−desacetylnimbin on ecdysone 20−monooxygenase activity. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 35, 199-209.
42. Mordue, A.J. & Blackwell, A. (1993). Azadirachtin: anupdate. *Journal of Insect Physiology*, 39, 903-924.
43. Nation, J. L. (2002). *Insect Physiology and Biochemistry*. CRC Press, Boca Raton.

Archive of SID

www.SID.ir

44. Orchard, I., Ramirez, J. M. & Lange, A. B. (1993). A multifunctional role for octopamine in locust flight. *Annual Review of Entomology*, 38, 227-249.
45. Pawestri, H. A. & Trubenova, B. (2010). The obeseman to obese yeast. *Gizi Indonesia*, 33(2), 74-81.
46. Rharrabe, K., Amri, H., Bouayad, N. & Sayah, F. (2008). Effects of azadirachtin on post-embryonic development, energy reserves and α-amylase activity of *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 44, 290-294.
47. Rulifson, E. J., Kim, S. K. & Nusse, R. (2002). Ablation of insulin-producing neurons in flies: growth and diabetic phenotypes. *Science* 296, 1118-1120.
48. Saleem, M. A., Shakoori, A. R. & 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.
49. Sardesai, V. (2012) Introduction to Clinical Nutrition, Third edition, CRC press, Taylor & Francis group, P. 360.
50. Schlegel, A. & 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.
51. Schmutterer, H. (1990). Properties and potentials of natural pesticides from the neem tree, Azadirachta indica. *Annual Review of Entomology*, 35, 271-297.
52. Senthil-Nathan, S. (2013). Physiological and biochemical effect of neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against Lepidopteran insects. *Frontiers in Physiology*, 4, 1-17.
53. Senthil-Nathan, S., Choi, M. Y., Paik, C. H. & Seo, H. Y. (2007). Food consumption, utilization, and detoxification enzyme activity of the rice leaf folder larvae after treatment with Dysoxylum triterpenes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88, 260-267.
54. Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Chung, P. G. & Murugan, K. (2006). Effect of neem limonoids on lactate dehydrogenase (LDH) of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). *Chemosphere*, 62, 1388-1393.
55. Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Murugan, K. & Chung, P. G. (2005). The toxicity and physiological effect of neem limonoids on *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) the rice leaf folder. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 81, 113-122.
56. Shimizu, T. (1988). Suppressive effects of azadirachtin on spermiogenesis of the diapausing cabbage armyworm, *Mamestra brassicae*, in vitro. Entomologia Experimentalis et Applicata, 46, 197-199.
57. Siddiqui, Z. S. & Ahmed, S. (1999) Effect of Dipterex insecticide on carbohydrate, RNA, DNA and Phenolic contents of *Vigna Radiata* (L) Wilczek and *Vigna Mungo* (L) Hepper. *Pakistan Journal of Botany*, 31(1), 93-96.
58. Smirle, M. J., Lowery, D. T. & Zurowski, C. L. (1996) Influence of neem oil on detoxication enzyme activity in the oblique banded leafroller, Choristoneura rosaceana. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 56, 220-230.
59. Song, W., Ren, D., Li, W., Jiang, L., Won Cho, K., Huang, P., Fan, C., Song, Y., Liu, Y. & Rui, L. (2010). SH2B regulation of growth, metabolism and longevity in both insects and mammals. *Cell Metabolism*, 11(5), 427-437.
60. Takada, Y., Kawamura, S. & 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.
61. Tanani, M. A., Ghoneim, K. S. & Hamadah, KH. SH. (2012). Comparative effects of certain IGRs on the carbohydrates of hemolymph and fat body of the Desert locust, *Schistocerca gregaria* (Orth:Acrididae). *Florida Entomologist*, 95(4), 928-935.
62. Teleman, A. A., Maitra, S. & Cohen, S. M. (2006). Drosophila lacking microRNA miR- 278 are defective in energy homeostasis. *Genes Development*, 20, 417-422.
63. Van Handel, E. & 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.
64. Willrich, M. M. & Boethel, D. J. (2001). Effect of diflubenzuron on *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoid *Copidosoma floridanum* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Environmental Entomology*, 30, 794-797.
65. Yi, S. X. & 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.

Archive of SID

www.SID.ir

66. Zhu, Q., He, Y., Yao, J., Liu, Y., Tao, L. & 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.
67. Zibaee, A., Zibaee, I. & 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.

Archive of SID

www.SID.ir