

تأثیر ترکیبات تفلوبنزورون، هگزافلومورون و پایی پروکسی فن بر شاخص های تغذیه ای شپشه آرد، *Tribolium confusum* Duval (Col.: Tenebrionidae)

سعیده لونی^{۱*} - حسین فرازمنند^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۷

چکیده

شپشه آرد (*Tribolium confusum* Duval (Col.: Tenebrionidae) از جمله آفات انباری است که از لحاظ کمی و کیفی خسارت زیادی به آرد می‌رساند. در این تحقیق تأثیر ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات شامل تفلوبنزورون، هگزافلومورون و پایی پروکسی فن روی شاخص های تغذیه ای مراحل لاروی و حشره کامل شپشه آرد مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج اثر ترکیبات مورد مطالعه روی شاخص های تغذیه ای نشان داد که در غلظت های پایین ۶۰ و ۲۵۰ ppm ترکیبات پایی پروکسی فن و هگزافلومورون و در غلظت ۱۰۰۰ ppm ترکیب تفلوبنزورون دارای بیشترین تأثیر بر روی نرخ رشد نسبی و نرخ مصرف نسبی بودند. با افزایش غلظت ترکیبات مقادیر نرخ رشد نسبی و نرخ مصرف نسبی کاهش و مقدار بازدارندگی تغذیه افزایش یافت. ترکیب تفلوبنزورون در غلظت ۱۰۰۰ ppm دارای پایین ترین درصد شاخص بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده (۱/۵ درصد روی حشرات کامل و ۴۹/۵ درصد روی لاروها) و بالاترین درصد شاخص بازدارندگی تغذیه (۹۲ درصد روی حشرات کامل و لاروها) بود. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات می‌توانند به عنوان حشره کش های کم خطر برای کنترل شپشه آرد مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده رشد حشرات، تفلوبنزورون، هگزافلومورون، پایی پروکسی فن، شپشه آرد، نرخ رشد نسبی، نرخ مصرف نسبی، شاخص بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده، شاخص بازدارندگی تغذیه

مقدمه

در ایران به طور متوسط ۱۰ تا ۲۰ درصد از محصولات کشاورزی در انبارها به وسیله آفات و از دست می‌رود (۱۲). شپشه آرد *Tribolium confusum* به عنوان یکی از مهمترین آفات انباری می‌تواند خسارت جدی به محصولات انباری وارد نماید. این آفت بیشتر در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری خسارت قابل توجهی وارد می‌نماید (۱۶و۶). این حشرات نه تنها ضمن تغذیه زیان های زیادی را به محصول وارد می‌نمایند بلکه به علت افزایش سریع جمعیت، محصول انباری را با مدفوع و پوسته های لاروی خود آلوده کرده و از مرغوبیت آن به شدت می‌کاهند. حشرات کامل و لاروها از دانه های شکسته غلات نیز تغذیه می‌کنند (Bagheri, 1995).

در حال حاضر یکی از متداول ترین روش های کنترل آفات انباری استفاده از ترکیبات تدخینی متیل بروماید و فسفین می‌باشد. اما مصرف این دو سم به دلیل سمیت فوق العاده روی انسان و سایر عوارضی که ایجاد کرده است در حال محدود شدن می‌باشد (۳و۲). علاوه بر این مقاومت آفات انباری نسبت به سم فسفین از کشورهای بسیاری گزارش شده است (۱۰). امروزه تحقیقات گسترده ای به منظور استفاده از ترکیبات جدید که خطرات زیست محیطی کمتری داشته باشند، در حال انجام است. از جمله این ترکیبات، تنظیم کننده های رشد حشرات از قبیل تفلوبنزورون، هگزافلومورون (مهار کننده سنتز کیتین) و پایی پروکسی فن (شبه هورمون جوانی) می‌باشد که دارای خصوصیتی از جمله سمیت کم برای انسان و دیگر مهره داران، تولید آسان و ارزان در مقیاس صنعتی، مقاومت کم حشرات به این گونه ترکیبات و مدت زمان کوتاه برای تجزیه کامل آن ها می‌باشد (۱۱).

تنظیم کننده های رشد حشرات برای کنترل آفات انباری روی کالاهای انباری مناسب می‌باشند (۹). کاربرد ترکیب دیفلوبنزورون، مهار کننده سنتز کیتین، روی حشره کامل گونه *T. confusum* موجب کاهش ۱۰۰ درصد در نسل اول می‌گردید (۱۱). تنظیم کننده

۱- مربی گروه حشره شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، عضو باشگاه پژوهشگران جوان واحد اراک

(*-نویسنده مسئول: (Email:Loni_s2001@yahoo.com)

۲- استادیار موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، بخش تحقیقات حشره شناسی کشاورزی، تهران

جهت شاهد فقط از استون استفاده شد. پس از تبخیر استون، در هر ظرف ۳ عدد دیسک توزین شده قرار داده شد. قبل از شروع آزمایش، تعداد ۱۰ عدد لارو مسن و ۱۰ عدد حشره کامل ۷ روزه شپشه آرد وزن شده و به عنوان یک تکرار به پتری دیش حاوی دیسک اضافه گردید. حشرات مورد آزمایش به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگهداری شده بودند. پس از ۳ روز حشرات و همچنین دیسک‌های آردی دوباره وزن گردیدند. این آزمایش در چهار تکرار انجام شد. آزمایش تعیین شاخص بازدارندگی تغذیه به طور جداگانه در شرایط مشابه انجام گردید.

شاخص‌های تغذیه مورد استفاده که به وسیله Farrar *et al.* (۵) به دست آمده و توسط Huang & Ho (۷) تغییر داده شده است به شرح زیر می‌باشد:

الف- نرخ رشد نسبی (Relative Growth Rate):

$$RGR = (A - B) / B \times \text{day}$$

A: مجموع وزن حشرات زنده (میلی گرم) بعد از سه روز

B: مجموع وزن اولیه حشرات (میلی گرم)

ب- نرخ مصرف نسبی غذا (Relative Consumption):

$$RCR = D / (B \times \text{day})$$

D: مقدار غذای خورده شده (میلی گرم) پس از سه روز

B: مجموع وزن اولیه حشرات (میلی گرم)

ج- شاخص بازدهی تبدیل غذایی بلعیده شده (Efficacy of Conversion of Ingested Food):

$$(ECI) (\%) = (RGR / RCR) \times 100$$

د- شاخص بازدارندگی تغذیه (Feeding Deterrent Index):

$$FDI (\%) = (C - T) \times 100 / C$$

C: وزن غذای مصرف شده در شاهد (میلی گرم)

T: وزن غذای مصرف شده در تیمار (میلی گرم)

۳- تجزیه و تحلیل آماری

هر یک از شاخص‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی از نوع فاکتوریل و در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سه ترکیب تنظیم کننده رشد و فاکتور دوم شامل سه غلظت به همراه شاهد بود. جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار RGR کاهش یافت، به طوری که مقدار RGR در غلظت ۱۰۰۰ ppm هر سه ترکیب در یک گروه قرار گرفته و دارای پایین‌ترین مقدار بودند. در این غلظت، تفلوبنزورون بالاترین تأثیر را روی RGR حشرات کامل از خود نشان

های رشد حشرات با تأثیر روی فیزیولوژی حشرات کامل می‌توانند در طول عمر و تولیدمثل آن‌ها اختلال ایجاد کنند همچنین تغذیه لارو نیز می‌تواند روی خصوصیات شفیره و حشره بالغ تأثیر بگذارد (Chih *et al.*, 2003). اندازه‌گیری میزان غذای خورده شده، هضم و کاهش وزن مشخص کننده تأثیر ترکیبات روی کیفیت غذا است (۱۵) و به عبارتی اثرات ضدتغذیه‌ای ترکیبات را نشان می‌دهد. با کمک شاخص‌های تغذیه‌ای می‌توان اثر اجتناب تغذیه‌ای حشره را در اثر کاربرد تنظیم کننده‌های رشد مشاهده کرد.

در این تحقیق تأثیر دو ترکیب مهارکننده سنتز کیتین شامل تفلوبنزورون و هگزافلومورون و شبه هورمون جوانی پایری پروکسی فن روی شاخص‌های تغذیه‌ای در مراحل لاروی و حشرات کامل شپشه آرد مورد مطالعه قرار گرفت تا بهترین ترکیب از لحاظ تأثیر روی شپشه آرد مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر ترکیبات تفلوبنزورون، هگزافلومورون و پایری پروکسی فن روی لاروهای مسن (۱۵ روزه) و حشرات کامل شپشه آرد در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در سال ۸۷-۱۳۸۶ مورد آزمایش قرار گرفت.

۱- پرورش شپشه آرد

پرورش انبوه شپشه آرد در اطاقک رشد در دمای 27 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 5 ± 75 درصد روی جیره غذایی شامل آرد و مخمر (به نسبت ۱۷ به یک) در داخل ظروف استوانه‌ای شکل با ارتفاع ۱۸ و قطر ۸ سانتی‌متر در شرایط تاریکی صورت گرفت.

۲- زیست‌سنجی به روش دیسک آردی

برای بررسی اثر غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل طبق روش Huang & Ho (۷) سوسپانسیون آرد سفید گندم (بدون سبوس) در آب به نسبت ۱۰ گرم آرد در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر تهیه شد. با کمک میکروپیت هر مرتبه ۲۰۰ میکرولیتر از این سوسپانسیون روی یک ورقه نایلونی ریخته شد. پس از ۴ ساعت نگهداری در دمای اتاق سوسپانسیون آرد گندم به شکل دیسک‌های دایره‌ای درآمده و بعد به پتری دیش منتقل شد. دیسک‌های تهیه شده به مدت ۱۲ ساعت داخل هود نگهداری شده تا خشک شود و سپس به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی 27 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبتی نسبی 5 ± 70 درصد نگهداری شدند. وزن هر دیسک آردی پس از خشک شدن حدود ۳/۵ میلی‌گرم بود. دیسک‌ها با ۵ میکرولیتر از دزهای زیر کشندگی شامل غلظت‌های ۲۵۰ ppm و ۱۰۰۰ ppm از ترکیبات مورد مطالعه آغشته گردید و

هگزافلومورون و تفلوبنزورون روی شاخص RCR از خود نشان دادند (جدول ۱).

نتایج تاثیر غلظت‌های مختلف سه ترکیب روی مقدار شاخص بازدهی تبدیل مواد غذایی (ECI) حشرات کامل نشان داد که فقط ترکیب تفلوبنزورون در غلظت ۱۰۰۰ ppm با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و بیشترین تاثیر را روی این شاخص داشت به طوری که مقدار ECI را از ۸۷/۴۵ درصد در تیمار شاهد به میزان ۶۱/۵۱ درصد کاهش داد. سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. در هر سه غلظت مورد مطالعه ترکیب تفلوبنزورون در مقایسه با دو ترکیب دیگر دارای بیشترین تاثیر بود (جدول ۱).

اثر ترکیبات مورد آزمایش روی میزان شاخص بازدارندگی تغذیه (FDI) معنی‌دار بود با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار FDI افزایش یافت. نتایج نشان داد که مقدار FDI در غلظت ۱۰۰۰ ppm از دو ترکیب تفلوبنزورون و پایی پروکسی فن در یک گروه دانکن قرار گرفت و دارای بیشترین مقدار بودند. در حالی که در تیمار شاهد، مقدار FDI، ۹/۵۲ درصد بود (جدول ۱).

دارد و مقدار آن را به پایین‌ترین سطح یعنی ۰/۰۱۴ میلی گرم در روز رسید، در حالی که در تیمار شاهد، مقدار RGR ۰/۱۵ میلی گرم در روز بود. همچنین در غلظت‌های مختلف تاثیر سه ترکیب متفاوت بود به طوری که در غلظت‌های ۶۵، ۲۵۰ و ۱۰۰۰ ppm بیشترین تاثیر را به ترتیب ترکیبات پایی پروکسی فن، هگزافلومورون و تفلوبنزورون روی شاخص RGR از خود نشان دادند (جدول ۱).

اثر ترکیبات مورد آزمایش روی نرخ مصرف نسبی غذا (RCR) معنی‌دار بود. با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار RCR کاهش یافت. نتایج نشان داد که مقدار RCR در غلظت ۱۰۰۰ ppm در هر دو ترکیب تفلوبنزورون و پایی پروکسی فن در یک گروه دانکن قرار گرفت. در این غلظت، تفلوبنزورون بالاترین تاثیر را بر RCR حشرات کامل از خود نشان داد و مقدار آن را به پایین‌ترین سطح یعنی ۰/۰۱۹ میلی گرم در روز رساند، در حالی که در تیمار شاهد، مقدار RCR، ۰/۱۷۶ میلی گرم در روز بود. در غلظت‌های مختلف تاثیر سه ترکیب متفاوت بود به طوری که در غلظت‌های ۶۵، ۲۵۰ و ۱۰۰۰ ppm بیشترین تاثیر را به ترتیب ترکیبات پایی پروکسی فن،

جدول ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات روی شاخص‌های تغذیه ای حشره کامل شبشه آرد در شرایط آزمایشگاهی

Table 1, Effect of IGRs different concentrations on Confused Flour Beetle imago nutritional indexes¹ in vivo.²

Treatment تیمار	RGR (mg/day)	RCR (mg/day)	ECI (%)	FDI (%)
Teflubenzuron (65 ppm)	0.117±0.020 b	0.141±0.029 b	84.36±03.49 a	26.66±12.36 f
Teflubenzuron (250 ppm)	0.084±0.030 c	0.098±0.031 cd	84.72±08.31 a	46.09±11.06 de
Teflubenzuron (1000 ppm)	0.014±0.019 h	0.019±0.02 h	61.51±19.65 b	91.87±09.47 a
Hexaflumuron (65 ppm)	0.098±0.003 bc	0.114±0.0086 c	86.11±05.37 a	38.57±02.26 e
Hexaflumuron (250 ppm)	0.060±0.004 ef	0.068±0.007 ef	87.91±07.39 a	56.19±04.32 cd
Hexaflumuron (1000 ppm)	0.047±0.0006 gf	0.052±0.003 gf	91.31±05.22 a	70.15±01.45 b
Pyriproxyfen (65 ppm)	0.082±0.012 cde	0.088±0.009 de	93.68±06.31 a	54.76±05.63 cd
Pyriproxyfen (250 ppm)	0.063±0.002 def	0.073±0.006 ef	87.06±09.19 a	60.95±03.64 c
Pyriproxyfen (1000 ppm)	0.026±0.008 gh	0.030±0.009 gh	85.26±11.68 a	82.14±05.46 a
Control	0.150±0.024 a	0.176±0.008 a	87.45±16.27 a	09.52±02.57 g

1- Means ± SE

2- Means within column followed by the same letter not found significant (P<0.05, DMRT)

جدول ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات روی شاخص‌های تغذیه ای لارو مسن شبشه آرد در شرایط آزمایشگاهی

Table 2, Effect of IGRs different concentrations on Confused Flour Beetle old larvae nutritional indexes¹ in vivo.²

Treatment تیمار	RGR (mg/day)	RCR (mg/day)	ECI (%)	FDI (%)
Teflubenzuron (65 ppm)	0.057±0.002 b	0.084±0.005 b	68.72±05.74 a	16.31±11.15 g
Teflubenzuron (250 ppm)	0.040±0.013 cd	0.058±0.013 cd	68.70±15.83 a	41.31±12.01 ef
Teflubenzuron (1000 ppm)	0.007±0.009 g	0.012±0.013 h	49.57±20.57 b	90.26±03.17 a
Hexaflumuron (65 ppm)	0.046±0.009 bc	0.066±0.005 c	70.38±12.03 a	32.10±02.26 f
Hexaflumuron (250 ppm)	0.028±0.004 e	0.041±0.011 ef	70.70±10.87 a	56.05±01.12 d
Hexaflumuron (1000 ppm)	0.025±0.005 ef	0.034±0.0006 f	71.81±16.27 a	67.89±01.16 c
Pyriproxyfen (65 ppm)	0.035±0.003 de	0.049±0.005 de	71.29±03.07 a	50.00±02.03 de
Pyriproxyfen (250 ppm)	0.026±0.007 e	0.040±0.013 ef	68.82±10.37 a	59.47±03.62 cd
Pyriproxyfen (1000 ppm)	0.014±0.006 f	0.020±0.006 g	67.78±13.83 a	80.26±04.26 b
Control	0.072±0.009 a	0.101±0.004 a	71.70±08.26 a	02.63±0.003 h

1- Means ± SE

2- Means within column followed by the same letter not found significant (P<0.05, DMRT)

تأثیر ترکیبات تنظیم کننده رشد روی شاخص‌های

تغذیه‌ای لاروهای مسن شپشه‌آرد

اثر ترکیبات مورد آزمایش روی نرخ رشد نسبی (RGR) معنی‌دار بود با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار RGR کاهش می‌یافت. مقدار RGR در غلظت ۱۰۰۰ ppm در سه ترکیب در سه گروه متفاوت قرار گرفت و در بین این ترکیبات، تفلوبنزورون بیشترین تأثیر را بر RGR لاروهای مسن از خود نشان داد و مقدار آن را به پایین‌ترین سطح یعنی ۰/۰۰۷ میلی‌گرم در روز رساند، در حالی که در تیمار شاهد، مقدار RGR ۰/۰۷۲ میلی‌گرم در روز بود. در غلظت‌های مختلف تأثیر سه ترکیب روی RGR متفاوت بود به طوری که در غلظت‌های ۶۵، ۲۵۰ ترکیب پایری پروکسی فن و در ۱۰۰۰ ppm ترکیب تفلوبنزورون، بیشترین تأثیر را روی شاخص RGR از خود نشان دادند (جدول ۲).

اثر ترکیبات مورد آزمایش روی نرخ مصرف نسبی غذا (RCR) معنی‌دار بود با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار RCR کاهش یافت. نتایج نشان داد که مقدار RCR در غلظت ۱۰۰۰ ppm از سه ترکیب در سه گروه متفاوت قرار گرفته و در بین ترکیبات، تفلوبنزورون بیشترین تأثیر را روی RCR لاروهای مسن از خود نشان داد و مقدار آن را به پایین‌ترین سطح یعنی ۰/۰۱۲ میلی‌گرم در روز رساند، در حالی که در تیمار شاهد، مقدار RCR ۰/۱۰۱ میلی‌گرم در روز بود. همچنین در غلظت‌های مختلف تأثیر سه ترکیب متفاوت بود به طوری که در غلظت‌های ۶۵ و ۲۵۰ ppm ترکیب پایری پروکسی فن و در ۱۰۰۰ ppm ترکیب تفلوبنزورون، بیشترین تأثیر را روی شاخص RCR از خود نشان دادند (جدول ۲).

نتایج تأثیر سه ترکیب روی شاخص بازدهی تبدیل مواد غذایی (ECI) لاروهای مسن نشان داد که فقط ترکیب تفلوبنزورون در غلظت ۱۰۰۰ ppm با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و این ترکیب مقدار ECI را از ۷۱/۷۰ درصد در تیمار شاهد به میزان ۴۹/۵۷ درصد کاهش می‌دهد. سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. در هر سه غلظت ترکیب تفلوبنزورون در مقایسه با دو ترکیب دیگر دارای بیشترین تأثیر بود (جدول ۲).

اثر ترکیبات مورد آزمایش روی میزان شاخص بازدارندگی (FDI) معنی‌دار بود و با افزایش غلظت در هر ترکیب، مقدار FDI افزایش یافت. نتایج نشان داد که مقدار FDI در غلظت ۱۰۰۰ ppm سه ترکیب در سه گروه متفاوت قرار گرفته و در بین ترکیبات، تفلوبنزورون بالاترین تأثیر را بر FDI لاروهای مسن از خود نشان داد و مقدار آن را به بیشترین یعنی ۹۲/۱۰ درصد رساند، در حالی که در تیمار شاهد، مقدار FDI ۲/۶۳۲، درصد بود. همچنین در غلظت‌های مختلف تأثیر سه ترکیب متفاوت بود به طوری که در غلظت‌های ۶۵، ۲۵۰ ترکیب پایری پروکسی فن و در ۱۰۰۰ ppm ترکیب تفلوبنزورون بیشترین

تأثیر را روی شاخص FDI از خود نشان دادند (جدول ۲).

بحث

مقایسه نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در غلظت‌های پایین ترکیب پایری پروکسی فن و سپس هگزافلومورون دارای بیشترین تأثیر بر روی شاخص‌های RGR و RCR در حشرات کامل و لاروهای مسن داشته و در این غلظت‌ها (۶۵ و ۲۵۰) ترکیب تفلوبنزورون دارای کمترین تأثیر بوده و با افزایش غلظت (۱۰۰۰)، شدت تأثیر ترکیب تفلوبنزورون نسبت به دو ترکیب دیگر از افزایش بیشتری برخوردار است. تأثیر ترکیبات تنظیم کننده رشد روی شاخص RGR حشرات کامل و لاروهای مسن نشان دهنده کاهش وزن حشرات در نتیجه کاربرد غلظت‌های مختلف این ترکیبات می‌باشد. این شاخص تابعی از افزایش وزن بدن حشره بوده و اغلب به عنوان شاخصی برای ترجیح می‌باشد که کاهش رشد می‌تواند ناشی از کاهش مصرف نسبی غذا باشد. از طرف دیگر اثر این ترکیبات روی شاخص RCR نشان دهنده کاهش مصرف غذا توسط حشرات می‌باشد. شاخص RCR جهت اندازه‌گیری سرعت بهره‌برداری حشره از غذا به کار می‌رود و لذا این دو شاخص ارتباط مستقیمی با هم داشته و نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز این را به اثبات می‌رساند.

به طور کلی عامل مؤثر در کاهش وزن می‌تواند مربوط به کارایی تأثیر ترکیبات بر غذای حشره باشد که به همین منظور از شاخص ECI استفاده می‌شود. این شاخص برای تعیین کیفیت غذا به کار برده شده و پایین بودن آن معرف وجود مکانیسم آنتی-بیوزی در ترکیب مورد نظر بوده و به عبارتی تعیین کننده فرایندهای متابولیکی مؤثر بر روی فیزیولوژی تغذیه‌ای حشره می‌باشد (۴). مقایسه این شاخص در غلظت‌های مختلف سه ترکیب در حشرات کامل و لاروهای مسن نشان داد که ترکیب تفلوبنزورون دارای بیشترین تأثیر در کاهش شاخص ECI دارد. بنابراین کاربرد ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات و به ویژه تفلوبنزورون موجب کاهش کیفیت غذا شده و مانع تغذیه مناسب حشره و در نتیجه کاهش وزن آن می‌گردد. همچنین نتایج مشخص کرد که شاخص تبدیل مواد غذایی در حشرات کامل بیشتر از لاروهای شپشه آرد می‌باشد.

تأثیر غلظت‌های متفاوت عصاره‌های مختلف گیاهی بر روی حشره کامل شپشه آرد نشان داد که عصاره صمغ آنگوزه دارای بالاترین تأثیر بوده و نرخ رشد نسبی و نرخ مصرف نسبی را در حشرات کامل به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. همچنین علاوه بر کاهش شاخص ECI موجب افزایش شاخص بازدارندگی تغذیه تا ۸۷/۳۳ درصد می‌گردد (۱۲).

در آزمایش مشابه مقایسه تأثیر روغن‌های گیاهی روی شاخص

مقایسه اختلافات ایجاد شده در ECI و FDI مشخص می‌کند که تمام غلظت‌های ترکیبات هگزافلومورون و پایری پروکسی فن اختلاف معنی‌داری را از نظر ECI نشان نمی‌دهند. حتی افزایش غلظت‌های ترکیبات نیز نتوانست اثرات سویی در کارایی تغذیه حشرات ایجاد نماید. در حالی که ترکیبات هگزافلومورون و پایری پروکسی فن در غلظت بالا از میزان بازدارندگی تغذیه‌ای بالایی بر روی حشره برخوردار بودند. بنابراین عامل اثرات ایجاد شده در RGR و RCR را می‌توان به اثرات بازدارندگی نسبت داد. اما شاخص ECI در غلظت بالای تفلوبنزورون به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین تفلوبنزورون تأثیر بازدارندگی بسیار بالایی را نشان داد. بنابراین چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کاهش مقادیر RGR و RCR توسط تفلوبنزورون را می‌توان به سمیت پس از تغذیه و اثرات بازدارندگی تغذیه نسبت داد. ترکیبات هگزافلومورون و پایری پروکسی فن در صورتی که در غلظت‌های بالا استفاده شوند، می‌توانند به‌طور مؤثری در اجتناب حشره در تغذیه مؤثر باشند. این موضوع توسط Huang & Ho (۷) با آزمایش روی روغن گیاهی nutmeg ثابت شده و مشخص شده که این گیاه بر روی حشرات کامل شپشه آرد تنها دارای اثرات بازدارندگی تغذیه و فاقد سمیت پس از تغذیه می‌باشند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مشخص می‌گردد که ترکیب مهارکننده سنتز کیتین تفلوبنزورون بیشترین تأثیر را روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات کامل و لاروهای شپشه آرد دارد.

بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده حشرات کامل شپشه آرد، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های به‌کار رفته مشاهده نشد (ناظمی رفیع و همکاران، ۱۳۸۱). لذا عدم معنی‌دار شدن بیشتر تیمارها در این آزمایش و تحقیقات مشابه احتمالاً به این دلیل می‌باشد که ترکیبات تنظیم‌کننده رشد حشرات خاصیت سمیت پس از تغذیه روی حشرات کامل و لاروهای مسن شپشه آرد نداشته و کاهش نرخ رشد نسبی و نرخ مصرف نسبی به‌دلیل خاصیت بازدارندگی تغذیه‌ای می‌باشد و کارایی غذای خورده شده اثری بر کاهش نرخ رشد نسبی ندارد.

لیو و هو (۸) نشان دادند که روغن گیاهی استخراج شده از گیاه *Evodia rutaecarpa*، نرخ رشد نسبی، نرخ نسبی مصرف غذا و شاخص بازدهی غذای بلعیده شده حشرات کامل شپشه آرد را به ترتیب تا ۰/۲۲، ۰/۱۲۴ میلی‌گرم بر روز و ۱۷/۳۶ درصد کاهش داد. همچنین این روغن گیاهی نرخ رشد نسبی، نرخ نسبی مصرف غذا و شاخص بازدهی غذای بلعیده شده لاروهای شپشه آرد را به ترتیب تا ۰/۱۰۵، ۰/۴۸۵ میلی‌گرم بر روز و ۲۱/۵۸ درصد کاهش داد.

همچنین برای تعیین میزان اجتناب حشره از تغذیه از شاخص FDI استفاده می‌شود. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که همانند دو شاخص RGR و RCR، در غلظت‌های پایین ترکیب پایری پروکسی فن و سپس هگزافلومورون دارای بیشترین تأثیر روی شاخص FDI در حشرات کامل و لاروهای مسن بوده و در مقابل ترکیب تفلوبنزورون دارای کمترین تأثیر بوده و با افزایش غلظت، شدت تأثیر ترکیب تفلوبنزورون نسبت به دو ترکیب دیگر از افزایش بیشتری برخوردار است.

منابع

- 1- Bagheri-Zenouz E. 1986. Stored products pests and its control methods. 2nd ed. 309 pp. Sepehr Publishing.
- 2- Bell C.H., and Wilson S.M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* (Everts.) (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 31: 199-205.
- 3- Daghli G.J., and Collins P.J. 1999. Improving the relevance of assays for Phosphine resistance. In: Stored product protection, Eds. Jin X., Liang Q., Liang Y.S., Tan X.C., and Guan L.H., pp. 584-593.
- 4- Farzmand H., Rassoulia Gh.R., & Bayat-Assadi H. 2000. Comparative notes on growth and development of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Col.: Curculionidae), on date palm varieties in Saravan region. Journal of Entomological Society of Iran. 19 (1&2): 1-11.
- 5- Farrer R.R., Barbour J.D., & Kennedy G.G. 1989. Quantifying food consumption and growth in insect. Annals of the Entomological Society of America, 82: 593-598.
- 6- Hollingsworth C.S., Coil W.M., Murray K.D., and Ferro D.N. 2002. Integrated Pest Management for Northeast Schools. Natural Resource, Agriculture and Engineering Service. NRAES-152, pp.60.
- 7- Huang Y., & Ho S.H. 1998. Toxicity and antifeedant activity of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* and *Sitophilus zeamais*. Journal of Stored Products Research, 34: 11-17.
- 8- Liu Z.I., and Ho S.H. 1999. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. And *Tribolium castaneum* Herbst. Journal of Stored Products Research, 35: 317-328.
- 9- Loschiavo S.R. 1976. Effects of the synthetic insect growth regulators methoprene and hydroprene on

- survival, development or reproduction of six species of stored products insects. *Journal of Economic Entomology*, 69(3): 395-399.
- 10- Marouf A., Sangari S., & Jabbari L. 2008. An investigation on fumigant effect of the extract of *Origanum vulgare* (Lamiales: Lamiaceae) for control of two stored-product beetles. *Journal of Entomological Society of Iran*, 27 (2): 29-41.
 - 11- McGregor H.E., and Kramer K.J. 1977. Activity of Dimilin (TH 6040) against Coleoptera in stored wheat and corn. *Journal of Economic Entomology*, 69: 479.
 - 12- Moharramipour S., Nazemirafieh J., Morovati M., Talebi A.A., Fathipour Y. 2003. Effectiveness of extracts of *Nerium oleander*, *Lavandula officinalis* and *Ferula assafoeda* on nutritional indices of *Tribolium castaneum* adults. *Journal of Entomological Society of Iran*, 23 (1): 69-89.
 - 13- Nazemirafieh J., Moharramipour S., & Morovati M. 2002. Insecticidal effect of ethanol extract of *Nerium oleander*, *Larvandum officinalis* and methanol extract of *Ferula assafoetida* against *Ephesia kuehniella*. *Iranian Plant Protection Congress 11th*. pp. 140.
 - 14- Oberlander H., Silhacek D.L., Shaaya E., and Ishaya I. 1997. Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1): 1-6.
 - 15- Rezaei V., Moharramipour S., Fathipour Y., & Talebi A.A. 2006. Nutritional indices and host preference of American white webworm, *Hyphantria cunea* (Lep.: Arctiidae) on five host plants. *Journal of Entomological Society of Iran*, 26 (1): 33-43.
 - 16- Songa J., and Rono W. 1998. Indigenous methods for bruchid beetle (Coleoptera: Bruchidae) control in stored beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Management*, 44(1): 1-4.