نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۸۵ – ۲۶(۱): ۵۷-۷۲

شاخص‌های تغذیه و ترجیح میزبانی لاروهای پروانه‌ی سفید آمریکایی *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) روی پنج گیاه میزبان

ولی اله رضایی، سعید محرمی‌پور، یعقوب فتحی‌پور و علی اصغر طالبی
دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه حشره شناسی کشاورزی، تهران.

Nutritional indices and host preference of American white webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) on five host plants

V. Rezaei, S. Moharramipour, Y. Fathipour and A. A. Talebi
Department of Entomology, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

چکیده

پروانه‌ی سفید آمریکایی (*Hyphantria cunea* Drury) یکی از مهمترین آفات جنگل، باغ‌ها و مزارع در استان گیلان می‌باشد. لذا در این تحقیق شاخص‌های تغذیه و ترجیح میزبانی لارو پروانه‌ی سفید آمریکایی روی برگ درختان توت، گردو، زردآلو، چنار و صنوبر در اتاقک رشد در دمای ۱± ۲۸ :۲۳ (شب: روز) درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و دوره‌ی نوری ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی مطالعه شد. نتایج نشان داد که نرخ مصرف نسبی، نرخ رشد نسبی، کارآیی تبدیل غذای خورده شده، کارآیی تبدیل غذای هضم شده و همچنین قابلیت تقریبی هضم شوندگی میزبان‌های مختلف به طور معنی‌داری با یکدیگر اختلاف دارند. نرخ مصرف نسبی روی چنار به طور معنی‌داری بیشتر از صنوبر، گردو و توت بود. بیشترین نرخ رشد نسبی مربوط به توت و کمترین آن مربوط به زردآلو بود. بیشترین کارآیی تبدیل غذای خورده شده و کارآیی تبدیل غذای هضم شده در برگ توت بدست آمد، ولی لاروهای تغذیه کرده از برگ توت کمترین شاخص تقریبی هضم شوندگی را نشان دادند. به طور کلی نتایج نشان داد که لاروها بالاترین کارآیی تغذیه‌ای را روی توت داشتند. همچنین میزبان‌های مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر گرایش لارو آفت نشان داده و لاروها به طور معنی‌داری برگ توت را نسبت به سایر میزبان‌ها ترجیح دادند.

واژگان کلیدی: پروانه‌ی سفید آمریکایی، شاخص‌های تغذیه، نرخ رشد نسبی، کارآیی تبدیل غذای خورده شده، کارآیی تبدیل غذای هضم شده

Abstract

The American white webworm, *Hyphantria cunea* Drury, is an important pest of the forest, orchards and crop plants in the Guilan province of Iran. Therefore in this study nutritional indices and host preference of the larvae were evaluated on *Morus alba* L., *Juglans regia* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Platanus orientalis* L. and *Populus euramericana* Guinier at 23: 28 ± 1°C (night: day), 65 ± 5 % RH and photoperiod of 16L: 8D. Results indicated that the relative consumption rate (RCR), relative growth rate (RGR), efficiency of conversion of ingested food (ECI), efficiency of conversion of digested food (ECD) and approximate digestibility (AD) were significantly different among hosts. The RCR on *P. orientalis* was significantly higher than *J. regia*, *M. alba* and *P. euramericana*. RGR was the highest on *M. alba*, however, it was the lowest on *A. vulgaris*. ECI and ECD were the highest on *M. alba*. In contrast, AD was the lowest on *M. alba*. These results indicated a higher performance of the larvae fed on *M. alba*. There were significant differences among the hosts and the larvae preferred *M. alba* significantly than other hosts.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۹/۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۳/۱۶.

Key words: American white webworm, nutritional indices, relative growth rate, efficiency of conversion of ingested food, efficiency of conversion of digested food

مقدمه

پروانه‌ی سفید آمریکایی (*Hyphantria cunea* Drury) یکی از مهمترین آفات جنگل، باغ‌ها و مزارع در دنیا محسوب می‌گردد. این آفت برای اولین بار توسط عبایی از استان گیلان در خبرنامه‌ی انجمن حشره شناسی ایران در تابستان ۱۳۸۱ گزارش شد. طبق مشاهدات نگارندگان و بررسی‌های به عمل آمده، این آفت ۱۱ شهرستان و ۲۵۸ روستا را در استان گیلان آلوده نموده است. لارو این پروانه به دامنه‌ی وسیعی از گونه‌های گیاهی از خانواده‌های مختلف حمله می‌کند. پروانه‌ی سفید آمریکایی دارای بیشترین دامنه‌ی میزبانی در بین حشرات می‌باشد، به طوری که لارو این آفت از ٦٣٦ گونه‌ی گیاهی تغذیه می‌کند (Worth, 1994). میزبان‌های این آفت در استان گیلان شامل انواع توت، زبان گنجشک، چنار، صنوبر، گردو، سوزنی برگ خزان‌دار، درختان میوه‌ی هسته‌دار و دانه‌دار، انار، انگور، بید، کدوئیان، موز، کیوی، لرگ، خرمالو، نارون، راش، سپیدار، توسکا، سرخدار، صنوبر آمریکایی، افرا، گلابی، فندق و عرعر می‌باشد (Rezaei *et al*., 2004). به علاوه علف‌های هرز از جمله آقطی نیز میزبان این آفت محسوب می‌شوند (Rezaei *et al*., 2004). این آفت با تغذیه از برگ گیاهان میزبان به مراحل رشد سبزینه‌ای گیاه خسارت وارد می‌نماید. در استان گیلان این حشره دارای پنج سن لاروی است. لاروهای سن اول و دوم بعد از تفریخ تخم به صورت مجتمع از همان برگی که تخم‌ها روی آن گذاشته شده است تغذیه کرده و برگ را به صورت توری در می‌آورند. لاروهای سنین بالاتر به سایر برگ‌ها مهاجرت نموده و لانه‌های توری خود را روی این برگ‌ها ایجاد می‌کنند. لارو سن آخر زیر پوستک درختان، پرچین‌ها و زیر برگ‌های ریخته شده در سطح زمین شفیره می‌شود (Rezaei *et al*., 2004).

کمیت و کیفیت غذاهای مختلف می‌تواند تأثیری مستقیم بر رشد، تولید مثل و بقای موجود زنده بگذارد. تغذیه‌ی لارو می‌تواند روی خصوصیات شفیره و حشرات بالغ نیز تأثیر گذار باشد (Chih *et al*., 2003). اندازه گیری میزان غذای خورده شده، هضم و استفاده از آن می‌تواند مشخص کننده‌ی کیفیت غذا باشد که توسط شاخص‌های تغذیه تعیین می‌شوند. به عنوان مثال، در تحقیقی تأثیر تغذیه از بلوط و ممرز روی شاخص‌های تغذیه‌ای و رشد لارو

پروانه‌ی ابریشم‌باف ناجور مورد مطالعه قرار گرفته است (Lazarevic & Peric-Mataruga, 2003). همچنین تأثیر آللوکمیکال‌ها روی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات مختلف مانند سوسری‌ها، پروانگان و آفات انباری مطالعه شده است (Cohen, 2001; Kopper *et al*., 2002; Moharramipour *et al*., 2003; Koul *et al*., 2004).

با توجه به وجود میزبان‌های مختلف پروانه‌ی سفید آمریکایی در استان گیلان و مشاهده‌ی ترجیح این آفت روی بعضی از میزبان‌ها، در این تحقیق شاخص‌های تغذیه و گرایش لارو سن دوم آفت روی پنج گیاه توت، چنار، صنوبر، زردآلو و گردو مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تأثیر میزبان‌های مختلف روی شاخص‌های تغذیه‌ای و گرایش لارو پروانه‌ی سفید آمریکایی به این میزبان‌ها در سال ۸۴-۱۳۸۳ مورد آزمایش قرار گرفت.

جمع‌آوری گیاهان میزبان: درختان توت، چنار، صنوبر آمریکایی، گردو، زردآلو و زیتون به عنوان میزبان‌های آفت در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. برگ تازه‌ی این درختان روزانه از باغ‌های اطراف کرج جمع‌آوری و جهت تغذیه‌ی لاروهای آفت به آزمایشگاه منتقل گردید. برگ‌ها پس از شستشو با آب برای مدت ۱۰ دقیقه در محلول ضدعفونی پرکلرین قرار داده شد.

پرورش آفت: لارو آفت از تخم‌های تولید شده در آزمایشگاه بدست آمد. با توجه به اجتماعی بودن و میزان مرگ و میر بالای لاروها در سنین ابتدایی، لاروهای سنین اول و دوم به صورت مجتمع روی توت سفید پرورش یافته و لاروهای سنین سوم روی میزبان‌های مختلف منتقل گردید.

خشک کردن نمونه‌ها: محاسبه‌ی وزن خشک برگ‌های مورد تغذیه‌ی آفت، فضولات و لاروهایی مشابه لاروهای بکار رفته در آزمایش، با قرار دادن آنها در داخل آونی با دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت ٤٨ ساعت انجام گردید که برای پرهیز از اشتباه پس از طی این مدت و توزین مواد خشک، دو ساعت بعد نیز این توزین دوباره تکرار گردید (Lazarevic & Peric-Mataruga, 2003).

مطالعه‌ی شاخص‌های تغذیه: مطالعات آزمایشگاهی شاخص‌های تغذیه‌ی آفت روی پنج گیاه مهم میزبان آفت در استان گیلان، شامل توت سفید (*Morus alba* L.)، چنار (*Platanus orientalis* L.)، صنوبر آمریکایی (*Populus euramericana* Guinier)، گردو (*Juglans regia* L.) و زردآلو (*Armeniaca vulgaris* Lam.) صورت گرفت. آزمایش‌ها داخل اتاقک رشد در دمای ۱ ± ۲۸ :۲۳ (شب: روز) درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. برای آزمایش، در وهله اول، برای هر تکرار ۱۰ عدد لارو سن دوم حاصل از تفریخ یک دسته تخم پروانه مورد استفاده قرار گرفت. هر یک از شاخص‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل پنج میزبان فوق بود. هر تکرار شامل ظرفی پلاستیکی به طول و عرض ۲۵ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر بود که برگ‌های گیاهان میزبان هر روز پس از شستشو و ضدعفونی، توزین و داخل ظروف مزبور در اختیار لاروها قرار داده می‌شد. هر روز علاوه بر توزین برگ داده شده به هر تکرار، وزن برگ قبلی مورد تغذیه قرار گرفته، وزن فضولات و تعداد لارو زنده مانده ثبت می‌شد. با تقسیم میزان برگ خورده شده و فضولات بر جای مانده در ته ظروف بر تعداد لارو زنده مانده، میزان تغذیه و فضولات هر لارو در هر روز تعیین گردید.

شاخص‌های تغذیه‌ای: برای تعیین شاخص‌های رشد و نمو لارو پروانه‌ی سفید آمریکایی، در مورد نرخ رشد نسبی از رابطه‌ی ارائه شده توسط Huang & Ho (1998) و سایر شاخص‌ها از روابط ارائه شده توسط Scriber & Slansky (1981) به شرح زیر استفاده شد.

۱- نرخ مصرف نسبی، Relative consumption rate (RCR)

$$RCR = \frac{I}{B \times T}$$

I = Ingested food: وزن خشک کل غذای خورده شده به ازاء هر لارو (mg).

B = Biomass (weight gain): بیوماس لارو یا تفاوت وزن لارو در ابتدا و انتهای آزمایش (mg).

T = Time: مدت زمان آزمایش (۱۵ روز).

۲- نرخ رشد نسبی، Relative growth rate (RGR)

$$RGR = \frac{Fw - Iw}{Iw \times T}$$

F_w = Final weight: وزن خشک لارو در انتهای آزمایش (mg).

I_w = Initial weight: وزن خشک لارو در ابتدای آزمایش (mg).

T = Time: مدت زمان آزمایش (۱۵ روز).

۳- کارآیی تبدیل غذای خورده شده، Efficiency of conversion of ingested food (ECI)

$$ECI(\%) = \frac{B}{I} \times 100$$

٤- کارآیی تبدیل غذای هضم شده، Efficiency of conversion of digested food (ECD)

$$ECD(\%) = \frac{B}{I - F} \times 100$$

F = Frass: وزن خشک کل فضولات تولید شده توسط هر لارو در هر تکرار (mg).

۵- شاخص تقریبی هضم شوندگی، Approximate digestibility (AD)

$$AD(\%) = \frac{I - F}{I} \times 100$$

مطالعه‌ی گرایش میزبانی: برای تعیین میزان گرایش لاروهای سن دوم آفت به میزبان‌های مختلف از روش انجام شده توسط Akhtar & Aslam (2003) استفاده شد. آزمایش در ۵ تکرار و با ۵ میزبان مختلف به عنوان تیمار صورت گرفت که هر تکرار شامل ظرف پتری بزرگ دایره‌ای شکل به قطر ۲۰ سانتی‌متر بود. برگ‌های گیاهان میزبان پس از شستشو و ضدعفونی به شکل ذوزنقه‌ی متساوی الساقین با قاعده‌هایی به ابعاد ۵ و ۱۰ سانتی‌متر و ساق ۱۰ سانتی‌متر بریده شده و در اطراف ظروف مزبور در اختیار لاروها قرار داده شد، به طوری که هر یک از برگ‌ها بخشی از یک دایره را تشکیل داد. تعداد ۲۰ لارو سن دوم به صورت تصادفی از یک جمعیت انتخاب شده و در مرکز ظروف آزمایش روی یک کاغذ دایره‌ای به قطر ۳ سانتی‌متر قرار گرفتند تا بتوانند آزادانه به سمت میزبان‌های مختلف حرکت کنند. پس از ٢٤ ساعت، تعداد لاروهای مستقر شده روی هر میزبان شمارش و ثبت گردید. با توجه به گرایش لاروها طی این مدت، می‌توان تشخیص میزبان مناسب توسط آفت را بیان نمود.

تجزیه و تحلیل آماری: برای پردازش داده‌ها و رسم نمودارها از برنامه‌ی EXCEL استفاده گردید. کلیه‌ی تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 11.5 و مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج

در این تحقیق شاخص‌های تغذیه و گرایش میزبانی لارو پروانـه‌ی سـفید آمریکـایی روی پنج درخت میزبان آفت در استان گیلان و همچنین درخت زیتون مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش اول برای تعیین شاخص‌های تغذیه از روش غیر انتخابی استفاده شد که لاروهـا وادار به تغذیه از میزبان‌های مختلف گردیدند ولی آزمایش دوم به صورت انتخابی برای تعیین میزان گرایش لاروها نسبت به میزبان مناسب صورت گرفت.

اثبات میزبان بودن: آزمایش نشان داد که گیاهان انتخابی همه به جز زیتون میزبان لاروهای سنین اول آفت بودند، زیرا لاروهای قرار داده شده روی برگ درخت زیتون بدون هـیچ گونـه تغذیه‌ای پس از دو روز از بین رفتند.

تأثیر میزبان‌های مختلف بر نرخ مصرف نسبی (RCR): نرخ مصرف نسبی برای اندازه‌گیـری سرعت بهره برداری حشره از غذا بکار می‌رود. نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که میزبان‌های مختلف از نظر نرخ مصرف نسبی دارای اختلاف معنی‌دار هسـتند (جـدول ۱). نـرخ مصـرف نسبی در میزبان‌های مختلف از ۷۰/۰۸ تا ۳۹٤/۰۷ میلی گرم غذا به ازاء هر میلی گرم وزن لارو در هر روز متغیر بود. نرخ مصرف نسبی لاروهای تغذیه کرده از برگ چنار به طور معنـی‌داری بیشتر از صنوبر، گردو و توت بود اما با برگ زردآلو اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲).

جدول۱. میانگین مربعات شاخص‌های تغذیه‌ی لاروهای پروانه‌ی سـفید آمریکـایی روی پـنج گیاه میزبان.

Table 1. Mean squares of nutritional indices of American white webworm larvae on five host plants.

Source of Variation	df	Mean squares				
		RCR	RGR	ECI	ECD	AD
Host plants	4	97159.86**	44.35**	56.23**	299.27**	1493.53**
Error	20	15826.58	2.72	2.14	20.81	130.95

Relative consumption rate (RCR), relative growth rate (RGR), efficiency of conversion of ingested food (ECI), efficiency of conversion of digested food (ECD) and approximate digestibility (AD).
** Significantly different at $P < 0.01$.

تأثیر میزبان‌های مختلف بر نرخ رشد نسبی (RGR): نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که میزبان تأثیر معنی‌داری روی نرخ رشد نسبی لارو آفت دارد (جدول ۱). نرخ رشد نسبی در میزبان‌های مختلف از ۱/۰۸ تا ۸/۹۲ میلی گرم لارو به ازاء هر میلی گرم غذای خورده شده در هر روز متغیر بود. نرخ رشد نسبی لاروهای تغذیه کرده از برگ توت به طور معنی‌داری بیشتر از سایر میزبان‌ها بود. نرخ رشد نسبی روی صنوبر، چنار و گردو در حد متوسط بود و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند اما صنوبر و گردو به طور معنی‌داری نسبت به زردآلو نرخ رشد نسبی بیشتری در لاروها ایجاد کردند. بنابراین زردآلو کمترین نرخ رشد نسبی را ایجاد کرد (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین (± خطای معیار) نرخ مصرف نسبی (RCR)، نرخ رشد نسبی (RGR)، کارآیی غذای خورده شده (ECI)، کارآیی غذای هضم شده (ECD) و شاخص تقریبی هضم شوندگی (AD) لاروهای پروانه‌ی سفید آمریکایی روی پنج گیاه میزبان.

Table 2. Mean (± SE) relative consumption rate (RCR), relative growth rate (RGR), efficiency of conversion of ingested food (ECI), efficiency of conversion of digested food (ECD) and approximate digestibility (AD) of American white webworm larvae on five host plants.

Host Plants	RCR (mg/mg/day)	RGR (mg/mg/day)	ECI (%)	ECD (%)	AD (%)
Juglans regia	98.40 ± 16.65 [c]	4.59 ± 1.04 [b]	7.44 ± 1.02 [b]	11.08 ± 2.85 [b]	74.94 ± 7.71 [ab]
Morus alba	70.08 ± 4.86 [c]	8.92 ± 1.18 [a]	9.69 ± 0.66 [a]	21.14 ± 3.02 [a]	48.14 ± 4.21 [c]
Armeniaca vulgaris	316.91 ± 40.18 [ab]	1.08 ± 0.11 [c]	2.21 ± 0.24 [c]	2.52 ± 0.31 [c]	88.73 ± 2.27 [a]
Platanus orientalis	394.07 ± 114.38 [a]	2.40 ± 0.27 [bc]	2.19 ± 0.46 [c]	2.59 ± 0.60 [c]	87.26 ± 3.09 [a]
Populus euramericana	193.23 ± 28.76 [bc]	3.88 ± 0.37 [b]	3.81 ± 0.61 [c]	6.80 ± 1.75 [bc]	61.80 ± 6.24 [bc]

Mean with the same letter in a column, are not significantly different using Duncan's multiple range test (DMRT) at $P < 0.05$.

تأثیر میزبان‌های مختلف بر کارآیی تبدیل غذای خورده شده (ECI): نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که کارآیی تبدیل غذای حاصل از میزبان خورده شده دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۱). کارآیی تبدیل غذای خورده شده روی پنج میزبان مورد آزمایش از ۲/۱۹ تا ۹/٦۹ درصد متغیر بود. کارآیی تبدیل غذای خورده شده در لاروهای تغذیه کرده از برگ درختان توت به طور معنی‌داری بیشترین بود و سپس گردو در درجه دوم قرار داشت. سایر میزبان‌ها نسبت به دو میزبان فوق به طور معنی‌داری کمترین کارآیی را نشان دادند (جدول ۲).

تأثیر میزبان‌های مختلف بر کارآیی تبدیل غذای هضم شده (ECD): نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که کارآیی تبدیل غذای هضم شده در میزبان‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۱). کارآیی تبدیل غذای هضم شده روی پنج میزبان مورد آزمایش از ۲/۵۲ تا ۲۱/۱٤ درصد در نوسان بود. کارآیی تبدیل غذای هضم شده در لاروهای تغذیه کرده از برگ توت به طور معنی‌داری از چهار میزبان دیگر بیشتر بود. پس از آن برگ درختان گردو کارآیی بیشتری نشان داد اما غذای هضم شده در لاروهای تغذیه کرده از برگ زردآلو، چنار و صنوبر کمترین کارآیی را نشان دادند (جدول ۲).

تأثیر میزبان‌های مختلف بر شاخص تقریبی هضم شوندگی (AD): نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که قابلیت تقریبی هضم شوندگی میزبان دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۱). شاخص تقریبی هضم شوندگی غذا روی پنج میزبان مورد آزمایش از ٤۸/۱٤ تا ۸۸/۷۳ درصد متغیر بود. قابلیت تقریبی هضم شوندگی برگ زردآلو، چنار و گردو به طور معنی‌داری بیش از سایر میزبان‌ها بود اما توت کمترین قابلیت تقریبی هضم شوندگی را نشان داد (جدول ۲).

میزان تغذیه: جدول تجزیه‌ی واریانس نشان داد بیشترین میزان غذای خورده شده توسط لارو آفت مربوط به چنار (۰/۰۷ ± ۰/٦۵ میلی‌گرم) و کمترین میزان غذای خورده شده مربوط به زردآلو (۰/۰۲ ± ۰/۲۸ میلی‌گرم) می‌باشد (جدول ۳ و شکل A۱).

میزان تفاوت وزن بین انتها و ابتدای آزمایش: جدول تجزیه‌ی واریانس نشان داد که لارو آفت در اثر تغذیه از برگ‌های توت بیشترین اختلاف وزن را داشته و سپس گردو و صنوبر بدون اختلاف معنی‌دار با هم و بعد چنار و زردآلو قرار دارند. بیشترین افزایش وزن لارو هنگام

تغذیه از برگ توت (۰/۰۰۲ ± ۰/۳۹ میلی‌گرم) و کمترین افزایش هنگام تغذیه از برگ زردآلو (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰٦ میلی‌گرم) مشاهده شد (جدول ۳ و شکل B۱).

میزان فضولات تولید شده: جدول تجزیه‌ی واریانس نشان داد که فضولات لارو هنگام تغذیه از توت و صنوبر بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به هم بیشترین مقدار و سپس گردو، چنار و زرد آلو بدون اختلاف نسبت به همدیگر قرار دارند. بیشترین میزان تولید فضولات هنگام تغذیه از برگ توت (۰/۰۱ ± ۰/۲۰ میلی‌گرم) و کمترین میزان تولید فضولات هنگام تغذیه از برگ زردآلو (۰/۰۰٦ ± ۰/۰۳ میلی‌گرم) مشاهده شد (جدول ۳ و شکل C ۱).

جدول ۳. میانگین (± خطای معیار) میزان غذای خورده شده (I) ، تفاوت وزن (B) و میزان فضولات تولید شده (F) توسط لارو پروانه‌ی سفید آمریکایی روی پنج گیاه میزبان.

Table 3. Mean (± SE) of ingested food (I), weight gain (B) and frass (F) of American white webworm larvae on five host plants.

Host Plants	Mean (± SE) per larva (mg)		
	I	F	B
Juglans regia	0.32 ± 0.03^{c}	0.08 ± 0.02^{b}	0.025 ± 0.00^{b}
Morus alba	0.41 ± 0.01^{bc}	0.20 ± 0.01^{a}	0.039 ± 0.00^{a}
Armeniaca vulgaris	0.28 ± 0.02^{c}	0.03 ± 0.00^{b}	0.006 ± 0.00^{d}
Platanus orientalis	0.65 ± 0.07^{a}	0.07 ± 0.01^{b}	0.013 ± 0.00^{cd}
Populus euramericana	0.49 ± 0.05^{b}	0.17 ± 0.03^{a}	0.019 ± 0.00^{bc}

Mean with the same letter in a column, are not significantly different using Duncan's multiple rang test (DMRT) at $P < 0.05$

گرایش میزبانی لاروهای سن دوم: نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که لاروهای سن دوم آفت از نظر گرایش به میزبان‌های مختلف اختلاف معنی‌دار دارند ($F = ۹/۷۷$ ؛$df = ٤, ۲۰$ ؛$P <$ ۰/۰۰۱). لاروها برگ درختان توت را به طور معنی‌داری بیشتر از سایر میزبان‌ها ترجیح دادند، اما کمترین گرایش در برگ زردآلو مشاهده شد. همچنین برگ گردو و صنوبر از نظر ترجیح با برگ زردآلو اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ٤).

جدول ٤. گرایش لارو سن دوم پروانه‌ی سفید آمریکایی به پنج گیاه میزبان.

Table 4. Preference of the second instar larvae of American white webworm to five host plants.

Host Plants	Mean number of larvae per leaf
Juglans regia	6.88 ± 2.25^{bc}
Morus alba	58.57 ± 10.14^{a}
Armeniaca vulgaris	2.16 ± 1.33^{c}
Platanus orientalis	26.81 ± 12.06^{b}
Populus euramericana	5.55 ± 5.56^{bc}

Mean with the same letter in a column, are not significantly different using Duncan's multiple rang test (DMRT) at $P < 0.05$.

بحث

گزارش‌های اولیه حاکی از تغذیه‌ی آفت، تقریباً از تمام درختان، به جز سوزنی برگان بود (Worth, 1994). به نظر می‌رسد لاروهای سنین بالاتر این آفت تقریباً هر گیاه سبزی را مورد تغذیه قرار می‌دهند. تغذیه‌ی این آفت از بیش از ۲۰۰ گونه‌ی گیاهی در ایالات متحده، ۲۱۹ گونه‌ی گیاهی در اروپا، بیش از ۳۰۰ گونه‌ی گیاهی در ژاپن و ٦٥ گونه‌ی گیاهی در کره‌ی جنوبی اعم از درختان، علف‌های هرز و سبزیجات گزارش شده است (Worth, 1994). در ایالات متحده‌ی آمریکا، در آلاباما درختان گردوی گرمسیری، انواع درختان گیلاس و آلبالو، خرمالو، ترشک، بید و توت مهمترین میزبان‌های پروانه‌ی سفید آمریکایی محسوب می‌شوند (Hyche, 1999). طبق بررسی‌های Lill & Knox (2005) این آفت در ایالت واشنگتن روی بیش از ۱۰۰ گونه‌ی گیاهی فعالیت دارد که از این بین خرمالو، آلبالو، *Carya ovata* و گردوی سیاه را ترجیح می‌دهد. حشرات کامل در طبیعت معمولاً انواع درختان توت را برای تخم‌گذاری و تغذیه‌ی لاروهای سنین اول خود ترجیح می‌دهند.

نرخ مصرف نسبی برای اندازه گیری سرعت بهره برداری حشره از غذا بکار می‌رود. این شاخص نشان دهنده‌ی نرخ تغذیه در رابطه با وزن حشره در زمان مشخص است. نرخ تغذیه در حشرات به میزان آب و سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی غذا بستگی دارد (Srinivasan & Uthamasamy, 2005). جدول ۲ نشان دهنده‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای است.

بیشترین نرخ مصرف لارو از چنار بوده و زردآلو و صنوبر در ردیف بعدی قرار دارند که این امر ممکن است به دلیل وجود مواد غذایی نامطلوب‌تر برای لارو باشد و لارو مجبور است برای تأمین نیازهای بدن میزان بیشتری از این میزبان‌ها تغذیه کند (Scriber & Slansky, 1981). اما با وجود این وزن لاروهای تغذیه نموده روی این میزبان‌ها نسبت به توت بسیار پایین‌تر است.

نرخ رشد نسبی، تابعی از افزایش وزن بدن موجود زنده است. این شاخص اغلب به عنوان شاخصی برای ترجیح می‌باشد (Srinivasan & Uthamasamy, 2005). کاهش رشد می‌تواند حاصل کاهش مصرف نسبی و کارآیی غذای خورده شده و یا هر دو باشد. دلیل دیگر کاهش نرخ رشد می‌تواند افزایش دوره‌ی لاروی به خاطر افزایش میزان غذای خورده شده‌ای باشد که باید متابولیزم شود (Lazarevic & Peric-Mataruga, 2003). در تحقیق حاضر ثابت گردید که بیشترین نرخ رشد لارو روی توت بوده و صنوبر و گردو در ردیف بعدی قرار دارند که این امر ممکن است با مطلوبیت غذا رابطه داشته باشد. آزمایش نشان داد که در طبیعت و آزمایشگاه، لارو روی توت سریع‌تر به سن آخر لاروی رسیده و تبدیل به شفیره می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که توت مطلوب‌ترین غذا بوده و میزبان‌های دیگر برای رشد و نمو لاروها نامرغوب‌تر از توت بوده‌اند. علاوه بر کیفیت عناصر غذایی، عوامل غیرغذایی مانند آللوکمیکال‌ها نیز می‌توانند روی کیفیت غذا تأثیر داشته باشند (Chih *et al*., 2003).

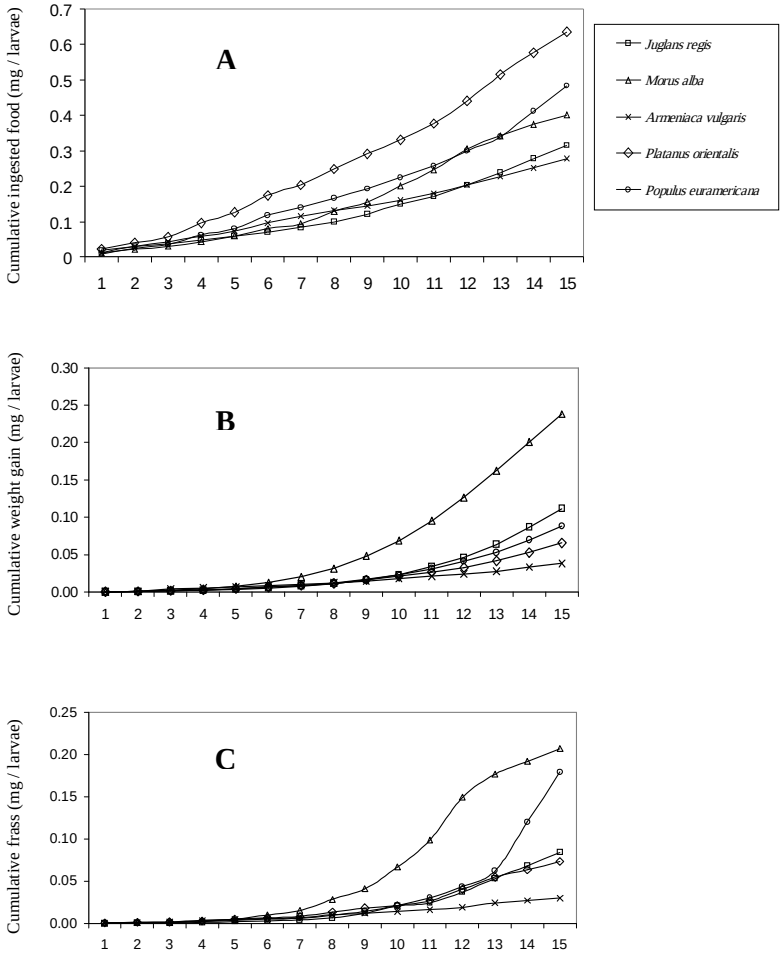
یکی از مهمترین شاخص‌های سودمندی غذا، کارآیی تبدیل غذای خورده شده است که شاخصی برای تعیین کیفیت غذا به شمار می‌رود. این شاخص قابلیت استفاده از غذایی است که برای رشد مورد تغذیه واقع می‌شود (Koul *et al*., 2004). نتایج نشان داد که بیشترین کارآیی تبدیل غذای خورده شده به بیوماس حشره، مربوط به توت بوده و گردو در ردیف بعدی قرار دارد که این امر ممکن است نشان دهنده‌ی کیفیت بهتر غذا و همچنین وجود جلب کننده‌های مختلف در برگ توت باشد که لارو را به تغذیه از آن ترغیب نموده است.

شاخص مهم دیگر در رابطه با سودمندی غذا، کارآیی تبدیل غذای هضم شده است. کارآیی تبدیل غذای هضم شده مشخص کننده‌ی بخشی از غذای جذب شده است که در واقع تبدیل به بیوماس حشره می‌شود. غذاهای با کارآیی تبدیل غذای هضم شده‌ی پایین اغلب

ممکن است برای آفت نامطلوب بوده و یا هزینه هضم و جذب مواد غذایی آنها زیاد باشد و همچنین گیاه میزبان نتواند عناصر غذایی مورد نیاز حشره را تأمین کند. کارآیی تبدیل غذای هضم شده‌ی بالاتر نشان دهنده‌ی مطلوبیت غذا است (Koul *et al.*, 2004). طی بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که بیشترین کارآیی تبدیل غذای هضم شده مربوط به توت بوده و گردو در ردیف بعدی قرار دارد که این امر ممکن است نشان دهنده‌ی کیفیت بهتر غذا و همچنین وجود مواد غذایی لازم برای حشره باشد.

قابلیت تقریبی هضم شوندگی معمولاً نشان دهنده‌ی جذب غذا از طریق دیواره‌ی معده‌ی حشره است. افزایش قابلیت تقریبی هضم شوندگی را می‌توان به خاطر تلاش حشره برای جبران مصرف کمتر و سودمندی غذا برای رسیدن به نرخ‌های رشد فرض نمود. که این شاخص برای تخمین سهولت جذب غذا در بدن حشره بکار می‌رود. اختلاف در میزان تقریبی هضم شوندگی مواد غذایی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان بستگی دارد. اختلاف در قابلیت تقریبی هضم شوندگی می‌تواند نشان دهنده‌ی عواملی مانند کمبود مواد غذایی، عدم تعادل و میزان بالاتر الیاف خام و کمبود آب باشد. غذای با قابلیت تقریبی هضم شوندگی کمتر اغلب حاوی ترکیبات کاهنده هضم شوندگی هستند (Srinivasan & Uthamasamy, 2005). مطالعات نشان داد که بیشترین قابلیت تقریبی هضم شوندگی مربوط به زردآلو و چنار بوده و کمترین آن مربوط به توت است. با آن که میزان تغذیه‌ی لارو آفت روی توت بالا است اما میزان بیشتر تولید فضولات باعث پایین‌تر بودن شاخص تقریبی هضم شوندگی توت نسبت به زردآلو و چنار شده است.

ترکیبات غذایی نامطلوب و رژیم‌هایی که مواد مورد نیاز بدن حشره را برای رشد تأمین نمی‌کنند، دارای شاخص تقریبی هضم شوندگی و نرخ مصرف نسبی نسبتاً بالایی هستند. اما نرخ رشد نسبی و کارآیی تبدیل غذای هضم شده و کارآیی تبدیل غذای خورده شده در آنها بسیار پایین است (Cohen, 2001). در پژوهش حاضر، میزبان‌های چنار و زردآلو که از کیفیت غذایی پایینی برای حشره برخوردار بودند، دارای شاخص تقریبی هضم شوندگی و نرخ مصرف نسبی بالایی بودند. اما بر عکس، نرخ رشد نسبی و کارآیی تبدیل غذای خورده شده و کارآیی تبدیل غذای هضم شده روی آنها پایین‌تر از سه میزبان دیگر بود.



شکل ۱. نمودارهای تجمعی وزن خشک غذای خورده شده (A)، تفاوت افزایش وزن خشک لارو (B) و فضولات تولید شده (C) در لارو پروانه‌ی سفید آمریکایی روی پنج میزبان.

Fig. 1. Cumulative trends of the dry weight of ingested food (A), weight gain (B) and frass (C) in the larvae of American white webworm on five host plants.

با افزایش سن لاروی، میزان تغذیه، افزایش وزن و فضولات تولید شده با سرعت بیشتری بالا می‌رود. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که توت برای تغذیه‌ی لارو بسیار مطلوب است، زیرا اضافه وزن لارو را با سرعت بسیار بالایی باعث شده است. این افزایش در روزهای آخر به بیش از دو تا سه برابر رسیده است (شکل ۱ B). همچنین لاروها هنگام تغذیه از توت فضولات بیشتری دفع کرده‌اند (شکل ۱ C).

لاروهای آفت بیشترین گرایش را به سمت برگ‌های توت نشان دادند، که این امر در طبیعت نیز به وضوح قابل مشاهده است. میزبان‌های دیگر مانند گردو و صنوبر پس از توت مناسب تشخیص داده شدند. مطالعه‌ی گرایش میزبانی لارو پروانگان (Askarianzadeh *et al.*, 2005)، شته‌ها (Moharramipour *et al.*, 2002)، آفات انباری (Akhtar & Aslam, 2003) و حتی سایر آفات در طی آزمایش‌های کوتاه مدت (حداکثر ۷۲ ساعت) نتایج با ارزشی را برای قضاوت در مورد ترجیح حشره به گیاه میزبان فراهم می‌آورد. در بعضی از آزمایش‌ها از این روش برای مطالعه‌ی واکنش حشره به عصاره‌های استخراج شده از گیاهان میزبان استفاده می‌شود (Smith *et al*., 1994). هدف از آزمایش‌های کوتاه مدت، بررسی اثر ترجیح به انتخاب و یا عدم انتخاب و حذف اثرات پس از تغذیه می‌باشد (Panda & Khush, 1995). مطالعات بلند مدت که گاهی ممکن است تا پایان عمر حشره به طول انجامد، در قالب آزمایش‌های آنتی‌بیوزی مورد توجه قرار می‌گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری‌های ارزنده‌ی آقایان مهندس حسن رحیمیان مدیر محترم حفظ نباتات استان گیلان و مهندس یوسف جعفری معاونت محترم حفظ نباتات استان گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Akhtar, H. & Aslam, M. (2003) Antixenosis test on red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera; Tenebrionidae) against different stored product commodities under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(13), 1176-1178.

Askarianzadeh, A. R., Moharramipour, S., Kamali, K., & Fathipour, Y. (2005) Antixenosis resistance to stem borer, *Sesamia nonagriodes* (Let.) in sugarcane varieties. *Iranian Journal of Agricultural Science* 36(2), 485-492. [In Persian with English summary].

Chih, W. W., Li, L., Jen-Wei, L. & Shaw-Yhi, H. (2003) Host-plant utilization of two Luna moths, *Actias* spp. on *Liquidambar formosana* and *Cinnamomum camphora*. *Formosan Entomology* 23, 49-57.

Cohen, R. W. (2001) Diet balancing in the cockroach *Rhyparobia madera:* does serotonin regulate this behavior? *Journal of Insect Behavior* 14(1), 99-111.

Huang, Y. & Ho, S. H. (1998) Toxicity and antifeedant activity of cinnamaldehyde against the grain storage insect, *Tribolium castaneum* and *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Product Research* 34, 11-17.

Hyche, L. L. (1999) Fall webworm, a guide to recognition and habits in Alabama. Available on: *http://www.ag.auburn.edu/enpl/bulletin/fallwebworm.html* (accessed 3 November 2003).

Kopper, B. J., Jakobi, V. N., Osier, T. L. & Lindroth, R. L. (2002) Effects of paper birch condensed tannin on whitemarked tussock moth (Lepidoptera: Lymantriidae) performance. *Physiological and Chemical Ecology* 131(1), 10-14.

Koul, O., Singh, G., Singh, R., Singh, J., Daniewski, W. M. & Berlozecki, S. (2004) Bioefficacy and mode of action of some limonoids of salannin group from *Azadirachta indica* and their role in a multicomponent system against lepidopteran larvae. *Journal of Bioscience* 29(4), 409-416.

Lazarevic, J. & Peric-Mataruga, V. (2003) Nutritive stress effects on growth and digestive physiology of *Lymantria dispar* larvae. *Jugoslovenska Medicinska Biohemija* 22, 53-59.

Lill, J. & Knox, K. (2005) The influence of host plant choice on performance and parasitism of fall webworm. Available on: *http://www.biology.wustl.edu/tyson/index.html* (accessed 25 October 2005).

Moharramipour, S., Movahedi, S., Saidi, A., Talebi, A. A. & Fathipour, Y. (2002) Evaluation of resistance to the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko), in some advanced wheat lines. *Seed and Plant* 18(2), 215-228. [In Persian with English summary].

Moharramipour, S., Nazemirafieh, J., Morovvati, M., Talebi, A. A. & Fathipour, Y. (2003) Effectiveness of extract of *Nerium oleander*, *Lavandula officinalis* and *Feula*

assafoeda on nutritional indices of *Tribolium castaneum* adults. *Journal of Entomological Society of Iran* 23(1), 69-89. [In Persian with English summary].

Panda, N. & Khush, G. S. (1995) *Host plant resistance to insects*. 431 pp. CAB International and IRRI.

Rezaei, V., Jaafari, Y., Moharramipour, S. & Talebi, A. A. (2004) Biological study of American white webworm *Hyphantria cunea* Drury (Lep.: Arctiidae) in Guilan province. *Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress*, Vol. 1, Pests, 336.

Scriber, J. M. & Slansky, F. J. (1981) The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology* 26, 183-211.

Smith, C. M., Khan, Z. R. & Pathak, M. D. (1994) *Techniques for evaluating insect resistance in crop plants*. 319 pp. CRC Press.

Srinivasan, R. & Uthamasamy, S. (2005) Studies to elucidate antibiosis resistance in selected tomato accessions against fruitworm, *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). Resistance Pest Management Newsletter. Available on: *http://whalonlab.msu.edu/rpmnews/general/rpm_archive.html.* (accessed 25 October 2005).

Worth, R. A. (1994) Book of insect records, chapter 2: greatest host range. Available on: *http://ufbir.ufl.edu/chap2.pdf* (accessed 3 November 2003).