

DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13326>

شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای پروانه برگ‌خوار مرکبات *Papilio demoleus* روی چهار رقم تجاری مرکبات در مازندران

شعبانعلی مافی پاشاکولائی✉

بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران. ✉ mafiali@hotmail.com

پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۶

بازنگری: ۹۹/۱۱/۱۹

دریافت: ۹۹/۹/۲۲

چکیده

پروانه برگ‌خوار مرکبات (*Papilio demoleus*) یکی از آفات مهم نهالستان‌های مرکبات در اکثر نقاط مرکبات‌خیز کشور، به‌ویژه استان مازندران می‌باشد. در این تحقیق شاخص‌های تغذیه لارو پروانه برگ‌خوار مرکبات روی ارقام مختلف مرکبات (پرتقال تامسون ناول، نارنج، پرتقال سانگین و نارنگی انشو) در شرایط آزمایشگاهی (دمای $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی ۶۵-۷۵٪ و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) در سال ۱۳۸۹ بررسی شد. نتایج نشان داد که نرخ رشد نسبی، کارایی تبدیل غذای هضم شده و شاخص تقریبی هضم‌شوندگی میزبان‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند اما نرخ مصرف نسبی و درصد کارایی غذای خورده شده توسط لارو آفت در ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. بیشترین نرخ رشد نسبی به برگ تامسون ($6/92 \pm 0/36$) و کمترین مقدار آن مربوط به برگ سانگین ($0/19 \pm 3/71$) بود. همچنین بیشترین کارایی تبدیل غذای خورده شده ($41/19 \pm 6/6$) و بیشترین کارایی تبدیل غذای هضم شده ($96/63 \pm 33/42$) مربوط به رقم تامسون بود.

کلمات کلیدی: پروانه برگ‌خوار، شاخص‌های تغذیه، مرکبات

Nutritional indices of lemon butterfly larvae, *Papilio demoleus* on four commercial citrus varieties in Mazandaran province

Shabanali Mafi Pashakolaei✉

Department of Plant Protection, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. ✉ mafiali@hotmail.com

Received: 12 Dec 2020

Revised: 7 Feb 2021

Accepted: 15 Apr 2021

Abstract

The lemon butterfly, *Papilio demoleus* is one of the most important citrus pests in nursery and newly planted trees in most citrus growing areas of Iran, particularly in Mazandaran province. In this research, nutritional indices of lemon butterfly larvae, was investigated on different host plants (*Citrus sinensis* c.v. Thompson navel, *C. aurantium*, *C. sinensis* c.v. Sangin and *C. reticulata*) under the laboratory conditions ($24 \pm 2^\circ\text{C}$, 65-75% RH and photoperiod of 14L:10D h) in 2008. Results indicated that the relative growth rate (RGR), efficiency of conversion of digested food (ECD) and approximate digestibility (AD) were significantly different among host plants. However, there was no significant difference between relative consumption rate (RCR) and efficiency of conversion of ingested food (ECI) among citrus varieties. The highest and lowest relative consumption rate related to Thompson navel and Sangin as 6.92 ± 0.36 and 3.71 ± 0.19 , respectively. ECI and ECD were the highest on Thompson navel as 41.19 ± 6.6 and 96.63 ± 33.42 , respectively.

Keywords: Citrus, Lemon butterfly, Nutritional indices

How to cite:

Mafi Pashakolaei Sh, 2021. Nutritional indices of lemon butterfly larvae, *Papilio demoleus*, on four commercial citrus varieties in Mazandaran province. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (3): 73-80.

مقدمه

مذکور در رژیم حاوی ذرت ثبت شد. در کل، رژیم‌های غذایی مصنوعی حاوی ذرت و لوبیا قرمز رژیم نامناسب و رژیم‌های حاوی لوبیا سفید و لوبیا چشم بلبلی رژیم مناسبی برای تغذیه این حشره هستند (Nejat *et al.* 2020). در سال‌های اخیر بررسی‌های مختلفی در خصوص تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای شب پره برگ‌خوار فرفیون روی گونه‌های مختلف علف هرز فرفیون (Karimpour *et al.* 2005 & 2009)، لاروهای پروانه سفید آمریکایی روی توت، زردآلو، صنوبر، چنار و گردو (Rezaei *et al.* 2006) و لوپر گوجه فرنگی روی چهار رقم تجاری گوجه فرنگی (Azizi *et al.* 2016) صورت گرفت که نتایج هر یک از این بررسی‌ها در برنامه مدیریت کنترل تلفیقی علف هرز فرفیون، آفت پروانه سفید آمریکایی و لوپر گوجه فرنگی بسیار ارزشمند است.

با توجه به اهمیت آفت پروانه برگ‌خوار مرکبات در کشورهای مرکبات‌خیز، مطالعات مختلفی در خصوص زیست‌شناسی، تغییرات جمعیت، فراسنجه‌های جدول زندگی، مدیریت کنترل تلفیقی، ترجیح میزبانی و شاخص‌های تغذیه روی ارقام مختلف مرکبات صورت گرفته است که یافته‌های هر یک از آنها در برنامه مدیریت کنترل آفت کاربرد وسیعی دارد (Kholghi Eshkalak *et al.* 2016; Kholghi Eshkalak *et al.* 2017; Mangrio *et al.* 2020). از آنجایی که استان مازندران به عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید کننده مرکبات در کشور محسوب می‌شود، این تحقیق با هدف تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای لارو پروانه برگ‌خوار مرکبات روی چهار رقم تجاری مرکبات شامل، پرتقال تامسون، پرتقال سانگین، نارنگی انشو و نارنج مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاهان میزبان

مطالعه آزمایشگاهی شاخص‌های تغذیه‌ای لارو پروانه برگ‌خوار مرکبات روی چهار رقم تجاری مرکبات شامل پرتقال تامسون ناول (Citrus sinensis c.v. Thompson navel)، نارنج (C. aurantium)، پرتقال سانگین (C. sinensis c.v. Sangin) و نارنگی انشو (C. reticulata) در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. برگ‌های جوان و تازه این درختان از نهال‌های سمپاشی نشده موجود در محوطه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، واقع در شهرستان ساری و ایستگاه تحقیقاتی باغبان کلا جمع‌آوری و جهت تغذیه لاروهای آفت به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها پس از شستشو با آب، به مدت ۱۰ دقیقه در محلول پرکلرین ضدعفونی شدند و بعد از شستشوی مجدد با آب

پروانه برگ‌خوار مرکبات، *Papilio demoleus* Linnaeus (Lep: Papilionidae)، یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در اکثر نقاط مرکبات‌خیز دنیا به‌ویژه جنوب و جنوب شرق آسیا می‌باشد (Corbet *et al.* 1992; Guerrero *et al.* 2004). این آفت در ایران برای اولین بار توسط کریوخین در سال ۱۳۲۶ از نواحی جنوب شرقی کشور گزارش شد که احتمالاً از هندوستان وارد ایران گردیده بوده است. این حشره از همه گیاهان متعلق به خانواده روتاسه (Rutaceae) تغذیه می‌کند. از میان ارقام مختلف مرکبات، نارنج و پرتقال در درجه اول و لیموترش و نارنگی در درجه دوم اهمیت قرار دارند. ارقامی چون، بالنک، ترشک، گریپ فروت و ترنج نیز ممکن است مورد حمله این آفت قرار گیرند (Behdad 2002). لارو این حشره از برگ‌های تازه روییده جوانه‌های انتهایی و سرشاخه‌های درختان تازه کاشت و نهال‌های جوان نهالستان‌ها تغذیه می‌کند. با توجه به بزرگی اندازه لارو این آفت و میزان غذایی که نیاز دارد اگر چنانچه به موقع عملیات مدیریت کنترلی صورت نگیرد، یک لارو می‌تواند تمام رشد یک دوره نهال را از بین ببرد (Behdad 2002). پروانه ماده این حشره، تخم‌های خود را به صورت انفرادی روی برگچه‌های سرشاخه‌های جوان قرار می‌دهد. لاروهای سن اول پس از تفریح از تخم، از برگ‌های اطراف محل تخم‌گذاری تغذیه می‌کنند. علائم تغذیه آفت روی برگ به شکل کنگره کنگره ظاهر می‌شود. لاروهای سنین بالاتر با توجه به نیاز غذایی بیشتر، از برگ‌های بزرگ‌تر تغذیه می‌کنند. این لاروها پس از تکمیل دوران لاروی، به قسمت‌های دیگر گیاه میزبان و حتی گیاهان مجاور مهاجرت کرده و سپس به سفیره تبدیل می‌شوند. کمیت و کیفیت غذاهای مختلف می‌تواند تأثیری مستقیم بر رشد، تولید مثل و بقای موجود زنده بگذارد. اندازه-گیری میزان غذای خورده شده، هضم و استفاده از آن می‌تواند مشخص کننده کیفیت غذا باشد که توسط شاخص‌های تغذیه تعیین می‌شوند (Chih *et al.* 2003). مطالعه رژیم‌های غذایی مصنوعی روی فراسنجه‌های زیستی و فیزیولوژیکی کرم غوزه پنبه نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین میزان پروتئین در بدن لارو سن چهارم و اجسام چربی لارو سن پنجم که به ترتیب از رژیم‌های غذایی ذرت و لوبیا سفید تغذیه شدند، ثبت گردید. کمترین میزان پروتئین سفیره، در رژیم حاوی لوبیا قرمز و بیشترین میزان آن در رژیم حاوی لوبیا سفید مشاهده شد. با توجه به کاهش پروتئین در رژیم‌های مختلف، وزن لاروها و فعالیت آنزیم‌های آلفا-آمیلاز و پکتیناز گوارشی نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفت. کمترین وزن لاروها و فعالیت آنزیم‌های

مورد تغذیه لارو قرار گرفتند.

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

B = Biomass
تفاوت وزن لارو در ابتدا و انتهای آزمایش (mg)

T = Time
مدت زمان آزمایش (روز)

نرخ رشد نسبی (RGR) *Relative Growth Rate*

$$RGR = \frac{F_w - I_w}{I_w \times T}$$

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 (۹ روز)

کارایی تبدیل غذای خورده شده
of Ingested food (ECI)
Efficiency of Conversion

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

کارایی تبدیل غذای هضم شده
Digested food (ECD)
Efficiency of Conversion of

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

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

شاخص تقریبی هضم شونده
(AD)
Approximate Digestibility

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

تجزیه و تحلیل آماری

بررسی داده‌های بدست آمده از شاخص‌های تغذیه و رسم جداول با استفاده از نرم افزار Excel ver. 2013 انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS ver. 11.5 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

تأثیر میزان‌های مختلف بر نرخ مصرف نسبی (RCR)

نرخ مصرف نسبی در میزان‌های مختلف از ۰/۲۷ تا ۰/۳۶ میلی گرم غذا به ازای هر گرم وزن لارو متغیر بود. لاروهای تغذیه کرده از برگ پرتقال سانگین و تامسون به ترتیب بیشترین (۰/۰۴ ± ۰/۳۶ میلی گرم) و کمترین (۰/۰۵ ± ۰/۲۷ میلی گرم) نرخ مصرف نسبی را دارا بودند. اما تجزیه واریانس داده‌ها از نظر نرخ

پرورش لارو آفت

لاروهای آفت از تخم‌های جمع‌آوری شده از باغات مرکبات محوطه مرکز و ایستگاه تحقیقاتی باغ کلا، که در محیط آزمایشگاه تغریخ شده بودند، تهیه گردیدند. با توجه به میزان مرگ و میر بالای لاروهای سنین یک و دو، از لاروهای سن سوم برای مطالعه شاخص تغذیه استفاده شد.

خشک کردن نمونه‌ها

جهت تعیین وزن خشک لاروها، فضولات آنها و برگ‌های مورد تغذیه آفت، نمونه‌ها داخل آون (۵۰°C) به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. برای پرهیز از اشتباه پس از طی این مدت و توزین مواد خشک، دو ساعت بعد نیز این توزین دوباره تکرار گردید (Lazarevic & Peric-matarug 2003). این تحقیق در شرایط اتاقک رشد (دمای ۲۴ ± ۲°C، رطوبت نسبی ۶۵-۷۵٪ و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار با چهار تکرار (هر تکرار شامل ۱۰ عدد لارو سن سوم) شروع شد. هر تکرار شامل یک ظرف پلاستیکی استوانه‌ای (به ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر و قطر ۱۵ سانتی‌متر) بود که برگ‌های گیاهان میزبان هر روز پس از شستشو و ضدعفونی، توزین و داخل ظرف مزبور در اختیار لاروها قرار داده شدند. 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 شد. میزان تغذیه و فضولات هر لارو با تقسیم میزان برگ خورده شده و فضولات بر جای مانده در ته ظروف بر تعداد لارو زنده مانده در هر روز تعیین شد.

شاخص‌های تغذیه‌ای

برای تعیین شاخص‌های تغذیه از روش غیرانتخابی استفاده شد که در آن لاروها وادار به تغذیه از میزبان‌های مختلف شدند. در تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای لارو پروانه برگ‌خوار (نرخ رشد نسبی) از رابطه ارائه شده توسط (Huang & Ho 1998) و سایر شاخص‌ها از روابط ارائه شده توسط (Scriber & Slansky 1981) به شرح زیر استفاده شد.

نرخ مصرف نسبی (RCR) *Relative Consumption Rate*

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

خورده شده توسط لارو آفت مربوط به رقم پرتقال سانگین (۱/۰۴ ± ۵/۴۸ میلی‌گرم) بود که در بالاترین کلاس گروه‌بندی قرار گرفت. دیگر تیمارهای مورد مطالعه با اختلاف جزئی در یک گروه قرار گرفتند.

تفاوت وزن لارو بین ابتدا و انتهای آزمایش

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین وزن لارو تغذیه شده از میزبان‌های مختلف در ابتدا و انتهای آزمایش وجود ندارد (جدول ۲). اما بیشترین افزایش وزن لارو مربوط به تغذیه از برگ پرتقال تامسون (۰/۰۹ ± ۱/۷۲ میلی‌گرم) و کمترین افزایش وزن مربوط به میزبان نارنج (۰/۱۸ ± ۱/۳۷ میلی‌گرم) بود.

میزان فضولات تولید شده توسط لارو

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین مقدار فضولات تولید شده توسط لارو هنگام تغذیه از میزبان‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین میزان فضولات تولید شده مربوط به تیمار پرتقال تامسون (۰/۵۹ ± ۲/۲۳ میلی‌گرم) و کمترین میزان مربوط به تیمار نارنگی انشو (۰/۴۹ ± ۱/۴ میلی‌گرم) بود.

بحث

پروانه برگ‌خوار مرکبات دارای دامنه میزبانی نسبتاً وسیع بوده و علاوه بر تغذیه از تمام گیاهان متعلق به خانواده روتاسه، از برخی از گونه‌های گیاهی خانواده لگومینوز نیز تغذیه می‌کند (Tsukada & Nishiyama 1982). آگاهی از میزان تغذیه یک گونه حشره از یک میزبان و تغییر در کمیت و کیفیت غذای خورده شده توسط آن حشره می‌تواند در رشد و نمو، تولید مثل، دیپوز و حتی مهاجرت آن مؤثر باشد (Soufbaf et al. 2012)، همچنین کیفیت غذای خورده شده توسط لارو در میزان خسارت وارده به گیاه میزبان نیز تأثیر فوق العاده‌ای دارد. لذا بررسی شاخص‌های تغذیه یک حشره می‌تواند در انتخاب گیاه میزبان و ترجیح آن به دیگر میزبان‌ها نقش مهمی داشته باشد (Greenberg et al. 2001). شاخص تغذیه نرخ مصرف نسبی برای اندازه‌گیری سرعت بهره‌برداری حشره از غذای خورده شده به کار می‌رود. این شاخص نشان دهنده نرخ تغذیه در رابطه با وزن حشره در زمان مشخص است. نرخ تغذیه در حشرات به میزان آب و سایر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی غذایی که از آن تغذیه می‌کند، بستگی دارد. نرخ رشد نسبی تابعی از تأثیر میزبان‌های

مصرف نسبی اختلاف معنی‌داری بین میزبان‌های مختلف مورد تغذیه نشان نداد (جدول ۱).

تأثیر میزبان‌های مختلف بر نرخ رشد نسبی (RGR)

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تغذیه از میزبان‌های مختلف تأثیر معنی‌داری روی نرخ رشد نسبی لارو آفت داشت (جدول ۱). نرخ رشد نسبی در میزبان‌های مختلف از ۰/۰۴ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم لارو به ازای هر میلی‌گرم غذای خورده شده در هر روز متغیر بود. نرخ رشد نسبی لاروهای تغذیه کرده از برگ پرتقال تامسون (۰/۰۱ ± ۰/۰۷) بیشتر از سایر میزبان‌ها بود. رقم نارنگی و نارنج در درجه دوم و سانگین کمترین نرخ رشد نسبی را دارا بود (جدول ۱).

تأثیر میزبان‌های مختلف بر کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI)

کارایی تبدیل غذای خورده شده روی چهار میزبان مورد آزمایش از ۳۰/۹۰ تا ۴۱/۱۹ درصد متغیر بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌های کارایی تبدیل غذای حاصل از میزبان‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کارایی تبدیل غذای خورده شده در لاروهای تغذیه کرده از برگ پرتقال تامسون به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر و پرتقال سانگین کمتر بود. این در حالی است که درصد کارایی تبدیل غذای خورده شده حاصل از برگ نارنج و نارنگی بسیار به هم نزدیک بود (جدول ۱).

تأثیر میزبان‌های مختلف بر کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد کارایی تبدیل غذای هضم شده روی چهار میزبان مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری است. کارایی تبدیل غذای هضم شده روی میزبان‌های مورد مطالعه، از ۴۹/۲ تا ۹۶/۶۳ درصد در نوسان بود. بیشترین کارایی تبدیل غذای هضم شده در لاروهای تغذیه کرده از میزبان‌های مختلف، مربوط به برگ پرتقال تامسون بود. اما دیگر ارقام‌های مورد آزمایش با کمترین اختلاف در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۱).

مقدار غذای خورده شده توسط لارو آفت

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان غذای خورده شده توسط لارو روی میزبان‌های مختلف وجود دارد (جدول ۲). بیشترین میانگین غذای

گیاهانی با کیفیت غذایی بالا نیستند، بلکه با افزایش میزان تغذیه کمبود را جبران می‌کنند (Kauser *et al.* 1999).

علاوه بر کیفیت عناصر غذایی، عوامل غیر غذایی مانند آللوکمیkalها نیز می‌توانند روی کیفیت غذا تأثیر داشته باشند (Chih *et al.* 2003). نتایج حاصل از مطالعات شاخص تغذیه‌ای کرم غوزه‌ی پنبه روی پنج میزبان گیاهی (Bagheri *et al.* 2013) نشان داد که کیفیت غذای خورده شده توسط لارو، عامل اصلی در نوسانات نرخ مصرف نسبی و نرخ رشد نسبی محسوب می‌شود.

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های سودمندی غذا، کارایی تبدیل غذای خورده شده است که شاخصی برای تعیین کیفیت غذا به شمار می‌رود. این شاخص، قابلیت استفاده از غذایی است که برای رشد حشره مورد تغذیه واقع می‌شود (Koul *et al.* 2004). در این مطالعه بیشترین کارایی تبدیل غذای خورده شده به بیوماس حشره، مربوط به برگ‌های پرتقال تامسون بوده و کمترین مقدار آن مربوط به نارنج بود که این امر ممکن است نشان دهنده کیفیت بهتر غذا و همچنین وجود جلب‌کننده‌های مختلف در برگ تامسون باشد که لارو را به تغذیه از آن ترغیب نموده است. شاخص مهم دیگر در رابطه با سودمندی غذا، کارایی تبدیل غذای هضم شده است که مشخص‌کننده بخشی از غذای جذب شده است که در واقع تبدیل به بیوماس حشره می‌شود. غذاهایی با کارایی تبدیل غذای هضم شده‌ی پایین اغلب ممکن است برای آفت نامطلوب بوده و یا هزینه هضم و جذب مواد غذایی آنها زیاد باشد و گیاه میزبان نتواند عناصر غذایی مورد نیاز حشره را تأمین کند. کارایی تبدیل غذای هضم شده بالاتر، نشان دهنده مطلوبیت غذا است (Koul *et al.* 2004; Azizi *et al.* 2016).

مختلف بر شاخص تقریبی هضم شونده‌گی (AD) تجزیه داده‌ها نشان داد که شاخص تقریبی هضم شونده‌گی میزبان‌های مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۱). شاخص تقریبی هضم شونده‌گی غذا روی چهار میزبان مورد آزمایش از ۴۵/۶۳ تا ۶۵/۸۸ درصد متغیر بود. قابلیت تقریبی هضم شونده‌گی برگ سانگین، نارنگی انشو و نارنج بسیار به هم نزدیک بود اما شاخص هضم شونده‌گی پرتقال تامسون به‌طور معنی‌داری کمتر و در گروه جداگانه‌ای قرار گرفت (جدول ۱).

افزایش وزن بدن موجود زنده است. این شاخص اغلب به عنوان شاخصی برای ترجیح میزبانی می‌باشد. کاهش رشد لارو حشره می‌تواند حاصل کاهش مصرف نسبی و کارایی غذای خورده شده و یا هر دو باشد (Srinivasan & Uthamasamy 2005; Ghassemi-Kahrizheh *et al.* 2015).

در این بررسی بیشترین نرخ مصرف نسبی لارو پروانه برگ‌خوار از پرتقال سانگین و کمترین مقدار آن از پرتقال تامسون ناول بود که این امر ممکن است به کیفیت، میزان آب و ترکیبات فیزیکی‌شیمیایی غذای خورده شده مربوط شود. با در نظر گرفتن این موضوع، به نظر می‌رسد که لارو آفت جهت تأمین نیازهای زیستی خود از حجم بیشتری از این غذا تغذیه کند. بیشترین نرخ رشد نسبی لارو مربوط به پرتقال تامسون بوده که این امر با کیفیت غذای خورده شده رابطه مستقیم دارد. نظرات مختلفی در خصوص کیفیت گیاهان و تاثیر آنها روی شاخص‌های تغذیه حشره گیاهخوار است. Taylor (1989) معتقد است که کیفیت گیاه میزبان تاثیر به‌سزایی روی نرخ مصرف غذای حشره گیاهخوار دارد. تغذیه لارو پروانه سالونیا (*Samea multiplicalis*) (Guenee) از گیاه میزبان با نیتروژن کم، سبب کند شدن سرعت رشد لارو می‌شود، و بالعکس افزایش نیتروژن گیاه میزبان موجب افزایش سرعت رشد لارو می‌شود. لذا حشره جهت غلبه بر مشکل کمبود نیتروژن در گیاه، نرخ مصرف را افزایش می‌دهد. ترکیبات کربنی چون کربوهیدرات‌ها و لیپیدها تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی عمل حشرات گیاهخوار دارند. غلظت بالای کربوهیدرات‌های محلول در بافت گیاه تاثیر منفی روی حشرات گیاهخوار دارد، زیرا این ترکیبات سبب رقیق شدن مواد مغذی در گیاه می‌شوند و گیاهخوار جهت جبران این کمبود، نرخ مصرف را افزایش می‌دهد (Bartelt *et al.* 1990). عکس‌العمل برخی از زنبورهای برگ‌خوار به گیاهانی با کیفیت پایین مواد غذایی متفاوت است. گونه‌های زنبوری که در ابتدای فصل رشد در طبیعت ظاهر می‌شوند، تمایل به تغذیه از گیاهانی با کیفیت غذایی بالا دارند. در حالیکه گونه‌هایی که در اواخر فصل رشد ظاهر می‌شوند به دنبال

جدول ۱. مقایسه میانگین (\pm خطای معیار) نرخ مصرف نسبی (RCR)، نرخ رشد نسبی (RGR)، کارایی غذای خورده شده (ECI)، کارایی غذای هضم شده (ECD) و شاخص تقریبی هضم شونده (AD) (بر حسب میلی‌گرم) لاروهای پروانه برگ‌خوار مرکبات روی چهار رقم تجاری مرکبات.

Table 1. Mean (\pm SE) comparison of Relative Consumption Rate, Relative Growth Rate, Efficiency of Conversion of Ingested food, Efficiency of Conversion of Digested food and Approximate Digestibility (mg) of *Papilio demoleus* larvae on four citrus varieties.

Feeding Index	Citrus species				C.V.	F. value
	<i>C. reticulata</i>	<i>C. sinensis</i> c.v. Sangin	<i>C. aurantium</i>	<i>C. sinensis</i> c.v. Thompson		
Relative Consumption Rate (RCR)	0.33 \pm 0.37 a	0.36 \pm 0.04 a	0.33 \pm 0.09 a	0.27 \pm 0.05 a	18.48	0.24
Relative Growth Rate (RGR)	0.05 \pm 0.01 b	0.04 \pm 0.01 c	0.05 \pm 0.01 b	0.07 \pm 0.01 a	5.052	0.01
Efficiency of Conversion of Ingested food (ECI)	33.50 \pm 3.32 a	30.90 \pm 3.35 a	34.62 \pm 9.42 a	41.19 \pm 6.60 a	17.74	0.17
Efficiency of Conversion of Digested food (ECD)	54.07 \pm 7.29 b	49.20 \pm 14.92 b	53.75 \pm 17.56 b	96.63 \pm 33.42 a	14.812	0.03
Approximate Digestibility (AD)	62.15 \pm 3.42 a	65.88 \pm 13.96 a	65.45 \pm 6.34 a	45.63 \pm 12.74 b	16.77	0.05

Means followed by the same letter within a row are not significantly different (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

جدول ۲. مقایسه میانگین (\pm خطای معیار) غذای خورده شده (I)، میزان فضولات تولید شده (F) و تفاوت وزن لارو بین ابتدا و انتهای آزمایش (B) لارو پروانه برگ‌خوار مرکبات روی چهار رقم تجاری مرکبات.

Table 2. Mean (\pm SE) comparison of ingested food (I), frass (F) weight gain (B) of *Papilio demoleus* larvae on four citrus varieties.

Host Plants	Mean (\pm SE) per larvae (mg)		
	Biomass (B)	Frass (F)	Ingested food (I)
<i>Citrus sinensis</i> c.v. Thompson	1.72 \pm 0.09 a	2.23 \pm 0.59 a	4.25 \pm 0.51 b
<i>C. aurantium</i>	1.37 \pm 0.18 a	1.44 \pm 0.49 b	4.26 \pm 1.47 b
<i>C. sinensis</i> c.v. Sangin	1.67 \pm 0.15 a	1.77 \pm 0.45 b	5.48 \pm 1.04 a
<i>C. reticulata</i>	1.65 \pm 0.15 a	1.87 \pm 0.25 b	4.97 \pm 0.73 b

Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$).

دارا می‌باشند.

Cohen (2001) معتقد است که ترکیبات غذایی نامطلوب دارای شاخص تقریبی هضم شونده و نرخ مصرف نسبی تقریباً بالایی هستند. اما نرخ رشد نسبی و کارایی تبدیل غذای هضم شده و کارایی تبدیل غذای خورده شده در آنها بسیار پایین است. در بررسی حاضر میزان پرتقال تامسون ناول دارای پایین‌ترین شاخص مصرف نسبی و شاخص هضم شونده است. اما نرخ رشد نسبی، کارایی غذای خورده شده و کارایی غذای هضم شده در این میزان در مقایسه با دیگر میزان‌ها بیشتر بود.

سیاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه‌ی تحقیقاتی به شماره ۸۸۱۳۰-۱۶-۶۰-۲ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. از حمایت‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران قدردانی می‌شود.

References

- Azizi M, Khosravani M, Naseri B, 2016. Comparison of feeding indices of *Chrysodeixis chalcites* (Lep.: Noctuidae) on four tomato cultivars. *Plant Pests and Disease* 84 (2): 355–358. (In Persian with English abstract).
- Baghery F, Fathipour Y, Naseri B, 2013. Nutritional indices of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) on seeds of five host plants. *Applied Entomology and Phytopathology* 80(2): 19–27.
- Bartelt R, Mcguire M, Black DA, 1990. Feeding stimulants for the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae): additives to a starch-based formulation for *Bacillus thuringiensis*. *Environmental Entomology* 19: 182–89.

طی بررسی انجام شده بیشترین درصد کارایی تبدیل غذای هضم شده مربوط به پرتقال تامسون ناول بوده و نارنگی انشو در ردیف بعدی قرار دارد که این امر ممکن است نشان دهنده کیفیت بهتر غذا و وجود مواد غذایی لازم برای حشره باشد. قابلیت تقریبی هضم شونده معمولاً نشان دهنده جذب غذا از طریق دیواره معده حشره است. افزایش قابلیت تقریبی هضم شونده را می‌توان به خاطر تلاش حشره برای جبران مصرف کمتر و سودمندی غذا برای رسیدن به نرخ‌های رشد فرض نمود. اختلاف در میزان تقریبی هضم شونده مواد غذایی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان بستگی دارد. تفاوت در قابلیت تقریبی هضم شونده می‌تواند نشان دهنده عواملی مانند کمبود مواد غذایی، عدم تعادل و میزان بالاتر الیاف خام و کمبود آب باشد. غذاهایی با قابلیت تقریبی هضم شونده کمتر اغلب حاوی ترکیبات کاهنده‌ی هضم شونده هستند (Srinivasan & Uthamasamy 2005; Nouri-Ganbalani et al. 2017). بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نشان داد که برگ نارنج، پرتقال سانگین و نارنگی انشو بیشترین شاخص تقریبی هضم شونده و برگ پرتقال تامسون کمترین شاخص را

- Behdad E, 2002. *Introductory Entomology and Important Plant Pests in Iran*. Tehran, Yadbuod press. 840 pp.
- Chih WW, Li 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 RW, 2001. Diet balancing in the cockroach *Rhyarobia maderae*: does serotonin regulate this behavior?. *Journal of Insect Behavior* 14(1): 99–111.
- Corbet AS, Pendlebury HM, Eliot JN, 1992. *The Butterflies of the Malay Peninsula*. 4th edition, Kuala Lumpur, Malaysia, Malayan Nature Society. 456 pp.

- Ghassemi-Kahrizeh A, Nouri-Ganbalani G, Shayesteh N, Barnousi I, Musavi H, 2015. Investigation on ecology and nutritional indices of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col. Chrysomelidae) on 33 varieties of potatoes to evaluate their antibiosis resistance. *Plant Protection Journal* 38 (1): 101-112. (in Persian).
- Greenberg SM, Sappington TW, Legaspi BC, Liu TX, Sétamou M, 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plant. *Annals of the Entomological Society of America* 94(4): 566-575.
- Guerrero KA, Veloz D, Boyce SL, Farrell BD, 2004. First new world documentation of an old world citrus pest, the lime swallowtail *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae) in the Dominican republic. *American Entomologist* 50(4): 227-229.
- Huang Y, Ho SH, 1998. Toxicity and anti-feeding activity of cinnamyl aldehyde against the grain storage insect, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research* 34(1):11-17.
- Karimpour Y, Fathipour Y, Moharrampour S, Talebi AA, 2005. Determination of larval feeding indices of spurge leaf defoliator moth, *Simyra dentinosa* (Lep.: Noctuidae), on different weedy spurge species. *Journal of Entomological Society of Iran* 25(1): 13-25. (In Persian with English abstract).
- Karimpour Y, Fathipour Y, Talebi AA, Moharrampour S, Sedaratian AA, 2009. Determination of the larval feeding indices of *Hyles euphorbiae* (Lep.: Sphingidae) on different species of weedy spurges. *Journal of Entomological Society of Iran* 29(1): 37-49. (In Persian with English abstract).
- Kause A, Haukioja E, Hanhimaki S, 1999. Phenotypic plasticity in foraging behavior of sawfly larvae. *Ecology* 80 (4): 1230-1241.
- Kholghi Eshkalak L, Jalali Sendi J, Karimi Malati A, Zibae A, 2016. Impact of four commercial varieties of citrus on some physiological parameters of citrus butterfly *Papilio demoleus* L. (Lepidoptera). *Proceedings of 22th Iranian Plant Protection Congress, Tehran*, P. 749.
- Kholghi-Eshkalak L, Jalali Sendi J, Karimi-Malati A, Zibae A, 2017. Life table parameters and biological characteristics of citrus butterfly *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae) on various citrus hosts. *Journal of Crop Protection* 6 (3): 315-325.
- Koul O, Singh G, Singh R, Singh J, Daniewskhi WM, Berlozecki S, 2004. Bioefficacy and mode-of-action of some limonoids of salannin group from *Azadirachata indica* A. Juss and their role in a multicomponent system against lepidopteran larvae. *Journal of Biosciences* 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 (1): 53-59.
- Mangrio WM, Sahito HA, Mal B, Kousar T, Shah ZH, Jatoi FA, 2020. Incidence and distribution of Lemon butterfly (*Papilio demo* L.) on five alternate Citrus hosts at Sahati region, Sindh-Pakistan. *Pure Applied Biology* 9(4): 2637-2647.
- Nejat SN, Farshbaf PourAbad R, Ashouri S, 2020. Impact of different diets on some biological and physiological parameters in the *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9 (1): 61-74.
- Nouri-Ganbalani G, Borzoui E, Nouri A, Tajmiri P, 2017. Effect of different potato cultivars on nutritional indices and activity of some digestive enzymes of *Leptinotarsa decemlineata* (Col.: Chrysomelidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science* 48(1): 109-118.
- Rezaei V, Moharrampour S, Fathipour Y, Talebi AA, 2006. Nutritional indices and host preference of American white webworm *Hyphantria cunea* Drury (Lep.: Arctiidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 26(1): 57-72. (In Persian with English abstract).
- Scriber JM, Slansky F, 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology* 26: 183-211.
- Srinivasan R, Uthamasamy S, 2005. Studies to elucidate antibiosis resistance in selected tomato accessions against fruit worm, *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Resistant Pest Management* 14 (2): 24-26.
- Soufba M, Fathipour Y, Zalucki MP, Hui C, 2012. Importance of primary metabolites in canola in mediating interactions between a specialist leaf-feeding insect and its specialist solitary endoparasitoid. *Arthropod-Plant Interactions* 6: 241-250.
- Taylor MFJ, 1989. Compensation for variable dietary nitrogen by larvae of the salvinia moth. *Functional Ecology* 3 (4): 407-416.
- Tsukada E, Nishiyama Y, 1982. Papilionidae. In: Tsukada, E. (ed.), *Butterflies of the South East Asian Islands*. Plapac Co, Tokyo, Collins, N.M, Pp. 355-380.

