Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023,43 (1), 43-51
Research Article
https://doi.org.10.52547/jesi.43.1.5
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

تأثیر جیره های غذایی مختلف بر شاخص‌های زیستی مگس سرباز سیاه، *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)

الهام نیک نیا[1]، حمیدرضا صراف معیری[1] و غلامحسین قره خانی[2]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
elhamm.niknia73@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-4128-4420
hamidsarrafm@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1944-6419
۲- گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
ghgharakhany@yahoo.com https://orcid.org/0000-0003-1018-7019

چکیده: در این مطالعه تأثیر ۱۵ جیره غذایی شامل پودر غذای جوجه یک روزه (A)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) + بذر شاهدانه (۱۰ درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + بذر کتان (۱۰ درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G)، ضایعات سیب (H)، ضایعات موز (I)، ضایعات نان (J)، ضایعات بیسکوئیت (K)، ضایعات ماکارونی (L)، برگ گوجه‌فرنگی (M)، پودر ضایعات ماهی (N) و پودر ضایعات گوشت (O) بر شاخص‌های زیستی مگس سرباز سیاه در دمای ۲ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. مدت‌زمان نشوونمای دوره لاروی در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری باهم داشتند. بیشترین زمان نشوونمای لاروی در جیره H (۰/۲۰۶ ± ۲۱/۹۰۲ روز) و کمترین زمان نشوونما نیز در جیره A (۰/۱۲۶ ± ۱۵/۰۹۸روز) بود. از آنجایی‌که مرگ و میر لاروی در تیمارهای K، J، L، N و O بسیار زیاد بود (۱۰۰٪) هیچکدام از لاروها قادر به اتمام دوره لاروی خود نشدند. بیشترین زمان نشوونما در جیره غذایی H (۰/۱۸۵± ۲۴/۹۲۲ روز) مشاهده شد در حالیکه کمترین زمان نشوونما در جیره D (۰/۲۵۶ ± ۲۲/۲۱۶ روز) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. افزون بر این در خصوص طول عمر حشرات کامل بیشترین طول عمر برای افراد ماده و نر در تیمار D بدست آمد (به ترتیب ۰/۲۱۵ ± ۱۸/۴۳۸ و ۰/۲۹۸ ± ۱۱/۹۵۵ روز) که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. بیشترین وزن لاروی در تیمار I (ضایعات موز) (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۸۰ گرم) بود ولی برخلاف این نتیجه کمترین وزن شفیرگی نیز برای همین تیمار مشاهده شد (۰/۰۰۶ ± ۰/۰۳۶ گرم)، همچنین بیشترین تخمریزی کل حشرات ماده این مگس در تیمار B (۴۹/۴ ± ۵۵۴/۸ تخم) بدست آمد که بطور معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد مخلوط غذای جوجه یک روزه با بذر شاهدانه می‌تواند پتانسیل بسیار خوبی برای تولید انبوه این حشره به سبب بهبود شاخص‌های زیستی، به‌ویژه تولید نتاج بیشتر نسبت به سایر تیمارها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: طول عمر، زادآوری، مگس سرباز سیاه، جیره غذایی، پرورش انبوه

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱
دبیر تخصصی: حسین مددی

Citation: Niknia, E., Sarraf Moayeri, H. & Gharekhani, GH. (2023) The effect of different diets on biological characteristics of Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (1), 43-51.

مقدمه

بر اساس برآورد سازمان غذا و خواروبار جهانی جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید که برای تأمین غذای این جمعیت باید تولید محصولات غذایی نسبت به سال ۲۰۰۶ حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد افزایش یابد (Tomlinson, 2013). درهمین راستا، برای پاسخ به این افزایش جمعیت و تقاضای مصرف بیشتر پروتئین باید در جهت تأمین منابع پروتئینی و همچنین تأمین خوراک دام و طیور اهتمام بیشتری صورت پذیرد (Meyer-Rochow, 1975). در ایران برخی از منابع خوراکی جیره طیور ازجمله منابع پروتئینی مانند کنجاله سویا جزء اقلام وارداتی می‌باشند و افزایش قیمت جهانی این اقلام در سال‌های اخیر، به یکی از چالش‌های مهم صنعت دام و طیور در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر تبدیل‌شده است (Esmaeili, 2012). این افزایش قیمت موجب بیشتر شدن قیمت تمام‌شده خوراک دام و طیور و درنتیجه افزایش قیمت گوشت و مرغ شده است. به دلیل محدود بودن منابع پروتئینی رایج و بومی، جستجو برای یافتن منابع جایگزین جدیدی که تأمین مقدار کافی پروتئین را به همراه توجیه اقتصادی مناسب در آینده تضمین نماید، ضروری به نظر می‌رسد. در طبیعت حشرات بخشی از خوراک طیور را تشکیل می‌دهند. حشرات جانورانی خونسرد هستند، به این معنی که برای حفظ دمای بدن خود انرژی مصرف نمی‌کنند و به همین دلیل

Corresponding author: Hamidreza Sarraf Moayeri (E-mail: Hamidsarrafm@gmail.com)
©2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

ضریب تبدیل بالایی دارند. این ویژگی در کنار تنوع زیستی بالای آنها سبب شده است از حشرات به عنوان یک پتانسیل بسیار خوب برای استفاده در جیره‌های غذایی حیوانات اهلی به‌ویژه آبزیان و طیور استفاده شود (Oonincx *et al.*, 2015). تخمین زده شده است که حدود ۱۹۰۰ گونه حشره به دلیل داشتن پروتئین بالا و محتوای مواد مغذی توسط انسان بطور مستقیم و یا بواسطه استفاده در جیره‌های غذایی حیوانات اهلی در سراسر جهان مورد مصرف قرار می‌گیرند (Zielińska *et al.*, 2015). از مزایای امکان پرورش حشرات به عنوان جیره غذایی برای پرورش حیوانات مزرعه‌ای می‌توان به ضریب تبدیل غذایی مناسب، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه‌ای و کاهش تولید آمونیاک و خطر کم انتقال بیماری‌های مشترک بین انسان و حیوانات ذکر کرد (Van Huis *et al.*, 2013). در سالهای اخیر علاقه‌مندی محققان برای استفاده از پودر حشرات به‌عنوان بخشی از خوراک آبزیان به‌سرعت رشد کرده و استفاده از آن‌ها در اتحادیه اروپا تائید شده است (Magalhaes *et al.*, 2017). در میان گونه‌های مختلف حشرات، مگس سرباز سیاه (Black Soldier Fly) با نام علمی (Diptera: Stratiomyidae) *Hermetia illucens* (L.) به دلیل داشتن توانایی تبدیل ضایعات زیستی به ترکیبات با ارزش مغذی به ویژه پروتئین و چربی به‌عنوان پتانسیل بسیار خوبی برای استفاده در جیره‌های غذایی پرورش حیوانات اهلی معرفی شده است (Sánchez-Muros *et al.*, 2014).

این حشره در مرحله بلوغ از چرخه زندگی خود تغذیه آنچنانی ندارد و گزارش شده است که تنها منبع انرژی مورد استفاده در مرحله زیستی حشره کامل می‌تواند غذای ذخیره شده در مرحله لاروی باشد (Tomberlin *et al.*, 2002). مگس سرباز سیاه در مناطق گرمسیر و معتدل زندگی می‌کند و دارای چند نسل در سال است. این حشره با ترکیب مجدد اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب موجود در کود و ضایعات قادر به بازیافت این مواد آلی و ذخیره آن در زیست‌توده خود می‌باشد و به واسطه میزان پروتئین و چربی قابل توجه (به ترتیب ۴۲ و ۲۹ درصد) می‌تواند یکی از منابع عالی پروتئین برای خوراک انسان و آبزیان و پرندگان باشد (Wang, 2017). ماده‌های مگس سرباز سیاه در عرض دو روز پس از جفت‌گیری حدود ۳۲۰ تا ۶۲۰ تخم در نزدیکی مواد آلی در حال تجزیه می‌گذارند و در مدت کوتاهی پس از تخمریزی می‌میرند (Tomberlin *et al.*, 2002). برای جفت‌گیری حشرات بالغ محیط گرم با حداقل دمای ۲۵ درجه سلسیوس، نور کامل خورشید مورد نیاز است و تخم‌گذاری به‌ندرت زیر این دما و رطوبت نسبی ۶۰ درصد رخ می‌دهد (Tomberlin & Sheppard, 2002).

ضایعات آلی با عبور از دستگاه گوارش لارو مگس سرباز سیاه تبدیل به کمپوست غنی از مواد مغذی می‌شود که نشان داده شده است می‌تواند پتانسیل مناسبی برای استفاده در کشاورزی به‌عنوان کودهای سبز داشته باشد (Salomone *et al.*, 2017). طیف وسیع آنزیم‌های گوارشی، لاروهای مگس سرباز سیاه را قادر می‌سازد چندخوار باشند و حتی بتوانند از فضولات انسان تغذیه کنند و از این‌رو پیشنهاد شده است برای بهبود وضعیت بهداشتی در کشورهای درحال توسعه مورد استفاده قرار گیرد (Banks *et al.*, 2014). با توجه به کاهش منابع پروتئینی موردنیاز جیره‌ی غذایی طیور و آبزیان یکی از کاربردهای حائز اهمیت این حشره تولید یک منبع جایگزین پروتئینی مهم در پرورش حیوانات مزرعه‌ای می‌باشد. نشان داده شده است این حشره می‌تواند برای تولید خوراک آبزیان، دام و صنایع پرورش طیور مورد استفاده قرار گیرد (Magalhaes *et al.*, 2017؛ Schiavone *et al.*, 2017).

در این تحقیق، امکان استفاده از برخی ضایعات صنایع غذایی مانند ضایعات ماهی، گوشت، مرغ، نان، بیسکوئیت، ماکارونی، سیب، موز و همچنین ترکیب غذای جوجه یک‌روزه به‌عنوان جیره غذایی پایه با ترکیب شاهدانه و کتان و ضایعات گوشت و مرغ و ماهی بر شاخص‌های زیستی مگس *H. illucens* بررسی‌شده است. هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی جیره غذایی برای پرورش مگس سرباز سیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات. لاروهای مگس سرباز سیاه از شرکت فناوران زیست بنیان بحق تبریز تهیه شدند. کلنی اصلی به مدت سه نسل در دمای ۲ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و شرایط نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ساعت روشنایی در بستر غذایی غذای جوجه یک‌روزه پرورش داده شد.

هم‌سن سازی حشرات و جیره‌های غذایی. جهت هم‌سن سازی، تعدادی از مگس‌های نر و ماده تازه تفریخ شده یک تا سه‌روزه در قفس‌هایی به ابعاد ۷۰×۷۰×۷۰ سانتی‌متر در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با لامپ مهتابی ۵۰ واتی و توان ۴۸۰۰ شار نوری قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت به آن‌ها اجازه جفت‌گیری و تخم‌ریزی داده شد. از لوله خرطومی برق شماره ۱۱ به عنوان بستر تخمریزی استفاده شد. لوله خرطومی روی ظرفی که حاوی ضایعات میوه (سیب و موز) به عنوان جلب کننده مگس بارور بود، قرار داده شد و تخم‌های گذاشته‌شده به‌عنوان تخم‌های هم‌سن برای شروع آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. قابل ذکر است هنگام انتقال تخم‌ها به بستر غذایی مورد مطالعه قسمت‌هایی از لوله‌های خرطومی که حاوی توده‌های تخم بود برش داده می‌شد تا از آسیب رسیدن به آنها هنگام جابجایی جلوگیری شود.

جیره غذایی. پودر غذای جوجه یک‌روزه (A)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر شاهدانه (۱۰ درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر کتان (۱۰ درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G)، ضایعات سیب (H)، ضایعات موز (I)، ضایعات نان (J)، ضایعات بیسکوئیت (K)، ضایعات ماکارونی (L)، ضایعات گوجه‌فرنگی (M)، پودر ضایعات ماهی(N) و پودر ضایعات گوشت (O). از میان این جیره‌های غذایی، تیمارهای ۱ تا ۹ در آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفت و تیمارهای دیگر به دلیل درصد بسیار بالای مرگ‌ومیر در مراحل لاروی (بیش از ۹۰ درصد) حذف شدند. ضایعات ماکارونی از شرکت زر ماکارون تهران، ضایعات بیسکوئیت از شرکت ساقه طلایی خرمدره، ضایعات ماهی از شرکت کارن زنجان، ضایعات گوشت از کشتارگاه احمدی مراغه و ضایعات مرغ از شرکت تنکادشت شیرود تهیه شدند.

آزمایش‌ها. برای بررسی شاخص‌های زیستی مراحل نابالغ مگس سرباز سیاه با جیره‌های غذایی مختلف، ابتدا تخم‌های هم‌سن روی بستر غذایی تیمارهای مختلف قرار داده شد و ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل با ارتفاع ۱۸ و قطر ۱۰ سانتی‌متر، با مقدار ۱۰۰ گرم از جیره‌های غذایی مختلف به عنوان بستر پرورش

در نظر گرفته شدند (Marco *et al.*, 2021). غذای جوجه یک‌روزه و پنجاه و یک لارو بصورت دسته‌های هفده‌تایی در سه تکرار قرار داده شد و ظروف آزمایش هرروز بازدید شدند و شاخص‌هایی مانند زمان نشوونمای لاروی و شفیرگی اندازه‌گیری شدند. همچنین با توجه به اهمیت وزن لارو سن آخر و شفیره، حشراتی که به این مرحله می‌رسیدند، وزنشان با ترازوی چهار صفر اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها در شرایط محیطی ذکر شده برای هر تیمار انجام شد.

برای بررسی میزان تخمریزی و طول عمر حشرات بالغ مگس سرباز سیاه، یک جفت از حشرات کامل یک‌روزه پرورش یافته روی تیمارهای مختلف پس از خارج شدن از شفیره، در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای با قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۶ سانتی‌متر در شرایط دمای ۲ ± ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۱۰ ± ۶۰ درصد و روشنایی۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرارداده شدند تا جفتگیری و متعاقب آن تخمریزی نمایند (Gao *et al.*, 2009). از لوله‌های خرطومی کابل برق (سایز ۱۱) به عنوان بستر تخمریزی استفاده شد. تعداد تخم‌های گذاشته‌شده به‌صورت روزانه و تا اتمام طول عمر نر و ماده موردبررسی قرار گرفت و ثبت گردید. در صورت مرگ زود هنگام جنس نر نسبت به ماده یک فرد نر حداکثر سه روزه از کلنی جایگزین شد. از پنبه مرطوب با آب و شکر ۱۰ درصد برای تغذیه حشرات کامل استفاده شد (Sheppard *et al.*, 2002). این آزمایش با ۱۵ تکرار انجام شد. قابل ذکر است با توجه به اینکه تخمریزی این حشره به صورت توده‌ای انجام می‌شود برای شمارش دقیق تخم‌ها از قطره گلیسیرین فنیکه (شرکت داروسازی فارابی) برای جدا سازی توده‌های تخم و حل کردن مواد چسبنده بین آنها استفاده شد.

تجزیه تحلیل داده‌ها. داده‌ها ابتدا وارد برنامه اکسل شده و از نرم‌افزار مینی تب (Minitab ver. 18.1) برای تجزیه و تحلیل آن‌ها استفاده شد. برای داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد و میانگین‌ها با روش توکی و با حدود اطمینان ۹۵ درصد مقایسه و دسته‌بندی شدند. برای تجزیه داده‌هایی که نرمال نشدند، از روش غیرپارامتری استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون کروسکال والیس مقایسه و سپس با استفاده از آزمون من– ویتنی دسته‌بندی گردیدند. قابل ذکر است فقط داده های آزمایش بررسی میزان تخمریزی و وزن دوره لاروی نرمال شدند و برای تجزیه آماری سایر آزمایش‌ها از روش غیرپارامتری استفاده شد.

نتایج

بررسی تأثیر جیره‌های غذایی مختلف بر زمان نشو و نمای مراحل نابالغ مگس سرباز سیاه. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد جیره‌های غذایی مختلف بر طول دوره لاروی و طول دوره شفیرگی مگس سرباز اثر معنی‌داری دارد (جدول۱). بیشترین زمان نشوونمای لاروی در جیره غذایی H (ضایعات سیب) (۰/۲۱ ± ۲۱/۹۶ روز) و جیره غذایی I (ضایعات موز) (۰/۰۱۶۲ ± ۲۱/۴۷۱ روز) وکمترین زمان نشوونما نیز در جیره‌های غذایی A (پودر غذای جوجه یک‌روزه) و B (پودر غذای جوجه یک‌روزه و ۱۰ درصد بذر شاهدانه) به ترتیب ۰/۱۳ ± ۱۵/۹۸ و ۰/۱۲ ± ۱۵/۱۲ روز بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای A، B، C و G وجود ندارد ولی بین این تیمارها با سایر جیره‌های غذایی اختلاف معنی‌دار بود (H=۳۲۳; df=۸; *P*<۰/۰۵). در پژوهش حاضر، طول کل دوره شفیرگی از شروع روز پیش شفیرگی تا خروج حشره کامل محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده در خصوص طول دوره‌ی شفیرگی نشان می‌دهد بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۱). بازه زمانی طول دوره شفیرگی بین ۲۲ تا ۲۵ روز به‌دست‌آمد که همانند دوره لاروی بیشترین زمان نشو و نمای شفیرگی مربوط به تیمار H (۰/۱۹ ± ۲۴/۹۲ روز) بود و کمترین آن در جیره غذایی D (۰/۲۶ ± ۲۲/۲۲ روز) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین جیره غذایی ذکر شده و تیمارهای A، B، C و F وجود نداشت (جدول۱) (H=۸۴/۳۸; df=۸; *P*>۰/۰۵).

فاکتورهای مهمی برای استقرار یک سیستم تولید مگس سرباز سیاه وجود دارد که بر رفتار تغذیه و نشوونمای این حشره تأثیر می‌گذارد. این فاکتورها می‌تواند شامل میزان تغذیه لارو، دفعات تغذیه، انواع بستر، اندازه ذرات جیره غذایی، عمق بستر، تراکم لارو، رطوبت بستر و شرایط محیطی پرورش مانند دما و رطوبت باشد (Holmes *et al.*, 2012؛ Fuso *et al.*, 2021). مشابه با نتایج تحقیق حاضر گزارش‌شده است که استفاده از پودر غذای جوجه یک‌روزه در مقایسه با ضایعات انواع میوه و سبزیجات کوتاه‌ترین زمان نشوونمای لاروی را به همراه داشته است (Spranghers *et al.*, 2017). در تحقیق ذکر شده طول دوره لاروی این حشره زمانی که از ضایعات میوه و سبزی تغذیه شده بودند؛ حدود ۱۵ روز بود که شش روز کمتر از نتایج این پژوهش می‌باشد. دلیل این تفاوت را شاید بتوان به استفاد از مخلوطی از ضایعات میوه‌ها و سبزیجات در پژوهش مذکور دانست در صورتیکه در این پژوهش فقط از ضایعات موز و سیب به تنهایی استفاده شده بود (Spranghers *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر نیز گزارش شده است که استفاده از پالپ سیب به تنهایی به دلیل فقر منابع پروتئینی و متعاقب آن اسیدهای آمینه ضروری، زمان نشوونمای لارو مگس سرباز سیاه را نسبت به غذای جوجه یک‌روزه می‌تواند کندتر نماید (Broeckx *et al.*, 2021).

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که اضافه نمودن شاهدانه (۱۰ درصد) در ترکیب با غذای جوجه یک‌روزه (تیمار A) می‌تواند شاخص‌های زیستی مگس *H. illucens* را بهبود دهد. طول دوره لاروی و طول دوره شفیرگی تیمار B (غذای جوجه یک‌روزه و شاهدانه) نسبت به تیمارهایی مانند ضایعات سیب و موز و همچنین ترکیب پایه با ۱۰ درصد پودر ضایعات گوشت قرمز به‌طور معنی‌دار کمتر بود ولی قابل ذکر است با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در این شاخص زیستی دیده نشد (جدول ۱). مشابه نتایج ما در مطالعه‌ای نیز نشان داده شده است با اضافه نمودن شاهدانه (۲۰ درصد) در ترکیب با سبوس گندم (۸۰ درصد) به جیره غذایی مگس *H. illucens* در مقایسه با استفاده از سبوس به تنهایی شاخص‌های زیستی آن بهبود یافته است (Lawal *et al.*, 2021). هر چند در این پژوهش به دلیل اینکه از درصد متفاوتی از شاهدانه استفاده شده و غذای پایه نیز سبوس به تنهایی نبوده است تطبیق دو مطالعه مقدور نیست ولی بنظر میرسد پتانسیل استفاده از شاهدانه به عنوان یک منبع پروتئین گیاهی و مکمل منابع هیدرات کربن می‌تواند در پژوهش‌های آتی با در نظر گرفتن سایر عوامل مانند مسائل اقتصادی و هزینه تمام شده جیره غذایی مورد توجه قرار گیرد. همچنین طبق نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱) استفاده از منابع پروتئینی حیوانی (ضایعات مرغ و گوشت) در جیره غذایی مگس سرباز سیاه اثر معنی‌داری در زمان نشوونمای لارو و شفیره این حشره نسبت به جیره غذایی پایه (A) به عنوان شاهد نداشته است. هر چند می‌توان گفت پودر ضایعات ماهی نسبت به پودر ضایعات گوشت در ترکیب با غذای پایه اثرگذاری بهتری در کاهش زمان نشوونما داشته است.

جدول۱– مقایسه طول دوره لاروی و طول دوره شفیرگی مگس سرباز سیاه پرورش یافته با جیره‌های غذایی مختلف شامل: پودر غذای جوجه یک‌روزه (A) مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر شاهدانه (۱۰ درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر کتان (۱۰ درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G)، ضایعات سیب (H) و ضایعات موز (I).

Table 1. Comparison of the larval and pupae developmental time of the black soldier fly reared on different diets including chicken starter powder (A), mixture of chicken starter powder (90%) + hemp seed (10%) (B), mixture of chicken starter powder (90%) + flax seed (10%) (C), chicken waste powder (D), chicken starter powder (90%) + waste powder mixture chicken (10%) (E), chicken starter (90%) + meat waste powder mixture (10%) (F), chicken starter (90%) + fish waste powder mixture (10%) (G), apple waste (H) and banana waste (I).

Treatments	n**	Laraval Developmental Time (day)	Pupae Developmental Time (day)
		Mean ± SE	Mean ± SE
A	51	15.980±0.126 ^{e*}	22.706±0.219 ^{c}
B	51	15.118±0.124 ^{e}	22.804±0.264 ^{c}
C	51	15.549±0.159 ^{e}	22.392±0.228 ^{c}
D	51	18.314±0.174 ^{b}	22.216±0.256 ^{c}
E	51	16.255±0.177 ^{c}	23.725±0.233 ^{b}
F	51	16.780±0.168 ^{d}	22.549±0.208 ^{c}
G	51	15.490±0.138 ^{e}	22.529±0.195 ^{c}
H	51	21.960±0.206 ^{a}	24.922±0.185 ^{a}
I	51	21.471±0.162 ^{a}	24.222±0.101 ^{ab}

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵).

*Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean (P< 0.05).

**تعداد حشرات

** Number of insects

مشابه با این نتایج در پژوهشی که در خصوص پرورش سوسک زرد آرد *Tenebrio molitor* L. انجام شده نیز نشان داده شده است ضایعات ماهی از ضایعات گوشت قرمز در ترکیب با منابع هیدرات‌کربن اثربخشی بهتری داشته است (Ojaghi, 2021). نکته قابل توجه دیگر در این تحقیق این بود که زمانی که به تنهایی از پودر ضایعات ماهی یا گوشت قرمز استفاده شد تمامی حشرات مورد آزمایش در مرحله لاروی از بین رفتند. بر همین اساس ضایعات پروتئینی به تنهایی برای پرورش این حشره به هیچ عنوان قابل توصیه نمی‌باشد. مطابق با این نتایج در مطالعه دیگری نیز تأثیر سه جیره غذایی شامل پودر ضایعات مرغ، گوشت و ترکیب این دو به عنوان جیره غذایی سرباز مگس سیاه بررسی شده است که نتایج نشان دهنده مرگ و میر کامل لاروهایی است که با این تیمارها تغذیه شده بودند (Gobbi *et al.*, 2013). مکانیسم‌هایی که با مصرف بیش از حد پروتئین در برخی از حشرات منجر به طول عمر کوتاه‌تر می‌شود هنوز به‌درستی شناخته نشده است؛ اما به‌نظر می‌رسد افزایش تولید مواد زائد و سمی نیتروژنی، در فرآیندهای فیزیولوژیک بدن حشرات را بتوان از دلایل مهم مرگ و میر آنها با تغذیه از منابع پروتئین حیوانی به تنهایی دانست (Sanz *et al.*, 2004؛ Rumpold & Schlüter, 2013). همچنین قابل ذکر است در این مطالعه استفاده از ضایعات نان، بیسکوئیت و ماکارونی به عنوان جیره غذایی باعث تلفات کامل لاروهای مگس سرباز سیاه شد. مشابه با نتایج این پژوهش، مرگ و میر کامل لاروهای سوسک زرد آرد با تغذیه از هر سه تیمار ذکر شده نیز گزارش گردیده، که دلیل آن به وجود نمک و سمی بودن آن برای لاروها نسبت داده شده است (Ojaghi, 2021).

نتایج به‌دست‌آمده درخصوص بررسی تأثیر جیره‌های غذایی مختلف بر طول عمر حشرات کامل نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (H=۸۶/۵۳; df=۶; P<۰/۰۵) (جدول۲). بیشترین طول عمر افراد نر برای تیمار D (ضایعات مرغ) (۰/۲۱۵ ± ۱۸/۴۳۸ روز) و کمترین طول عمر نر برای تیمار C (مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و کتان ۱۰ درصد)(۰/۲۹۸ ± ۱۱/۹۵۵روز) بود. همانند افراد نر بیشترین طول عمر ماده نیز برای تیمار ضایعات مرغ (D) (۰/۱۹۱ ± ۱۷/۶۳۲ روز) و کمترین طول عمر ماده برای تیمار مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و کتان ۱۰ درصد (C) (۰/۳۰۸ ± ۱۲/۶۲۱ روز) بودکه از این نظر نشان می‌دهد افراد نر و ماده مشابه به هم تحت تاثیر رژیم غذایی دوره لاروی بوده اند. طول عمر افراد ماده در تیمار پودر غذای جوجه که بعنوان غذای پایه یا شاهد استفاده شد برابر ۰/۴۱۶±۱۴/۷۸۱ روز بود که با تمامی جیره‌ها به غیر از تیمار ضایعات مرغ (D) اختلاف معنی داری نداشت (H=۶۱/۴۱df= ۶; P>۰/۰۵) (جدول۲).

تاثیر جیره‌های غذایی مختلف بر وزن لاروی و شفیرگی مگس سرباز سیاه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد جیره‌های غذایی استفاده شده در این پژوهش بر وزن لارو و شفیره تأثیر می‌گذارند و اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود داشت (جدول۳). بیشترین وزن لاروی مربوط به تیمار I (ضایعات موز) (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۸۰ گرم) بود و کمترین وزن لاروی مربوط به پودر ضایعات مرغ بود (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۴۰ گرم) که با تمامی تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (F=۶۸/۷۱; df=۶, ۷۸; P<۰/۰۵). متفاوت از وزن لارو سن آخر بیشترین وزن شفیرگی در تیمار G (مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و ضایعات ماهی (۰/۰۰۱±۰/۰۵۰ گرم) بود. برخلاف دوره لاروی کمترین وزن شفیره نیز در تیمار I (ضایعات موز) (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۳۶ گرم) مشاهده شد. برخلاف دوره لاروی کمترین وزن شفیره نیز در تیمار I (ضایعات موز) (۰/۰۰۱ ± ۰/۰۳ گرم) مشاهده شد. در تحقیقی دیگر مشابه با نتایج این پژوهش نشان داده شده است استفاده از ضایعات میوه وزن لاروها را افزایش دهد که این امر می‌تواند به دلیل محتوای بالای فیبر و آب در ضایعات میوه باشد (Lalander *et al.*, 2019). همچنین مشابه با نتایج بدست آمده در این پژوهش گزارش شده است استفاده از پالپ سیب به تنهایی به دلیل کمبود پروتئین، رشد لارو مگس سرباز سیاه و وزن لاروی را محدود می‌کند (Broeckx *et al.*, 2021). در تحقیق حاضر نیز کمترین وزن مرحله لارو مربوط به ضایعات سیب بود (جدول۳).

جدول۲- مقایسه زمان نشوونمای دوره بالغ افراد نر و ماده مگس سرباز سیاه با جیره‌های غذایی مختلف شامل: پودر غذای جوجه یک‌روزه (A)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر شاهدانه (۱۰ درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر کتان (۱۰ درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G).

Table 2. Comparison of female and male longivity of the black soldier fly reared on different diets including chicken starter powder (A), mixture of chicken starter powder (90%) + hemp seed (10%) (B), mixture of chicken starter powder (90%) + flax seed (10%) (C), chicken waste powder (D), chicken starter powder (90%) + waste powder mixture chicken (10%) (E), chicken starter (90%) + meat waste powder mixture (10%) (F), chicken starter (90%) + fish waste powder mixture (10%) (G).

Treatments	n**	Female Longevity (day)	Male Longevity (day)
		Mean± SE	Mean± SE
A	23	14.781±0.416 bc*	14.421±0.435 c
B	29	13.217±0.514 c	14.464±0.543 c
C	32	12.621±0.308 c	11.955±0.298 d
D	19	17.632±0.191 a	18.438±0.215 a
E	30	15.520±0.436 b	16.380±0.428 b
F	19	15.600±0.430 b	15.950±0.384 b
G	25	14.947±0.363 b	15.438±0.294 b

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵).

*Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean (P< 0.05).

**تعداد حشرات

** Number of insects

در تمامی تیمارها شفیره وزن کمتری نسبت به لارو داشت (جدول۳) که به‌نظر می‌رسد این کاهش وزن به دلیل از دست دادن محتوای آب در فرآیند استحاله مرحله لاروی به شفیرگی است. وزن لاروی برای پرورش انبوه، فاکتور بسیار مهمی است چراکه کمیت محصول تولید شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد که به‌لحاظ اقتصادی می‌تواند عامل حائز اهمیتی باشد. در پژوهشی نشان داده شده است اضافه نمودن ضایعات ماهی به جیره غذایی به‌عنوان منبع پروتئین حیوانی می‌تواند منجر به افزایش وزن نهایی لارو و شفیره و افزایش راندمان تبدیل زیست‌توده مگس سرباز سیاه باشد (Isibika *et al.*, 2021). هر چند در این پژوهش نشان داده شد که اضافه نمودن ضایعات ماهی به میزان ۱۰ درصد به غذای جوجه یک روزه تفاوت معنی‌داری در وزن لارو سن آخر و شفیره ایجاد نمی‌نماید. نکته قابل توجه در بررسی وزن لاروها و شفیره‌ها با تغییر جیره غذایی در این پژوهش، برآورد وزن حشرات زنده (تر) در هر دو مرحله لاروی و شفیرگی بود. با توجه به اینکه در بسیاری از موارد از پودر خشک شده این حشره در جیره غذایی طیور و آبزیان استفاده می‌شود (Makkar *et al.*, 2014). اندازگیری وزن خشک لاروها و شفیره‌ها برای پژوهش‌های آتی می‌تواند معیار دقیق‌تری برای مقایسه پتانسیل جیره‌های غذایی در پرورش مگس *H. Illucens* باشد.

در خصوص میزان تخم‌گذاری مگس سرباز سیاه با تغذیه از جیره‌های غذایی مختلف، نتایج نشان داد این شاخص مهم زیستی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مورد آزمون بوده است (F=۲۵/۹۰; df=۸, ۸۴; P<۰/۰۵) (جدول۴). بیشترین میزان تخم‌ریزی در تیمارB (مخلوط غذای جوجه یک‌روزه ۹۰ درصد و شاهدانه ۱۰ درصد) (۴۹/۴ ± ۵۵۴/۸ تخم) و کمترین میزان تخم‌ریزی در تیمارF (مخلوط غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و ضایعات گوشت (۱۰ درصد)) (۳۰/۶ ± ۲۲۴/۸ تخم) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد افزودن ترکیباتی مانند بذر کتان (۱۰ درصد) (C) و ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G) نسبت به غذای جوجه یک‌روزه (A) به‌عنوان جیره پایه اثر معنی‌داری بر میزان تخم‌گذاری افراد ماده نداشت (F=۲/۳۶; df=۸, ۸۴; P>۰/۰۵) (جدول۴). نتیجه قابل ملاحظه در این آزمایش افزایش حدود دو برابری میزان تخم‌گذاری ماده‌های این حشره با افزودن ۱۰ درصد شاهدانه (B) به جیره غذای پایه (A) (۲۱/۶ ± ۲۶۲/۵ تخم) بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد اضافه کردن پودر ضایعات مرغ به میزان ۱۰ درصد به جیره پایه نیز می‌تواند به میزان قابل توجه و معنی‌داری تخمریزی افراد ماده (۵۸/۹ ± ۴۵۶/۹ تخم) را نسبت به جیره غذایی پایه افزایش دهد (جدول۴). افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد با وجود اینکه لاروها با تغذیه از ضایعات سیب (H) و موز (I) می‌توانند مراحل رشدی خود را تا حشره کامل تکمیل نمایند ولی حشرات کامل قادر به تخمریزی نبودند. بر خلاف نتایج ما در پژوهشی نشان داده شده است که حشرات کامل مگس *H. illucens* با تغذیه از ضایعات موز و سیب در مراحل لاروی قادر به تخمریزی می‌باشند ولی مشابه با نتایج ما گزارش می‌کنند این حشره با تغذیه از ضایعات گوجه فرنگی نمی‌تواند نسل بعدی خود را به‌وجود آورد (Yasar & cirik, 2018). در پژوهشی دیگر که میزان تخم‌گذاری این حشره با تغذیه از ضایعات موز و جیره غذایی مرغ مقایسه شده است نشان داده شده که پالپ موز نسبت به خوراک صنعتی مرغ، میزان تخم‌ریزی را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (به ترتیب ۳۴/۳ ± ۱۷۵/۳ و ۴۹/۴ ± ۴۰۸/۳ تخم) (Giffari *et al.*, 2021). اختلاف نتایج پژوهش حاضر و دو تحقیق ذکر شده می‌تواند به دلیل استفاده از سیب و موز کامل به عنوان مواد غذایی برای تغذیه لاروها در این پژوهش‌ها باشد در صورتیکه در بررسی ما از ضایعات این دو میوه استفاده شد که عمدتا شامل پوست میوه بود. از طرفی در پژوهش Yasar & cirik (2018) آزمایش در اتاق باز همراه با گیاهان گلدار بعنوان جایگاه جفت‌گیری و منبع غذایی حشرات کامل در نظر گرفته شده بود در حالیکه در تحقیق حاضر آزمایش‌ها در محیط بسته و با تغذیه حشرات کامل از آب و شکر ۱۰ درصد انجام شده بود. این موضوع می‌تواند در میزان تخم‌گذاری حشرات کامل اثرگذار باشد. همچنانکه گزارش شده است که تغذیه حشرات کامل می‌تواند به شدت در میزان تخم‌گذاری ماده‌های مگس سرباز سیاه موثر باشد (Bertinetti *et al.*, 2019). در همین پژوهش، در تیماری که حشرات کامل با مخلوط شکر و آگار تغذیه شده بودند حدود ۱/۵ برابر و زمانی‌که با مخلوط شیر و شکر تغذیه شده بودند بیش از ۵ برابر نسبت به شاهد (تغذیه با آب مقطر) وزن توده‌های تخم بیشتر بوده است. بنظر می‌رسد در پرورش انبوه این حشره و دستورالعمل‌هایی که برای آن در نظر گرفته شده است (Sheppard *et al.*, 2002) تغذیه حشرات کامل بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرد و تحقیقات آتی در این زمینه می‌تواند در بهبود روند پرورش آن موثر باشد.

جدول۳- مقایسه وزن چهارمین سن لاروی و شفیره مگس سرباز سیاه پرورش یافته با جیره‌های غذایی مختلف شامل: پودر غذای جوجه یک‌روزه (A)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر شاهدانه (۱۰درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰) درصد و بذر کتان (۱۰درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G)، ضایعات سیب (H) و ضایعات موز (I).

Table 3. Comparison of 4 [la] larval and pupa of weightthe black soldier fly reared on different diets including chicken starter powder (A), mixture of chicken starter powder (90%) + hemp seed (10%) (B), mixture of chicken starter powder (90%) + flax seed (10%) (C), chicken waste powder (D), chicken starter powder (90%) + waste powder mixture Chicken (10%) (E), chicken starter (90%) + meat waste powder mixture (10%) (F), chicken starter (90%) + fish waste powder mixture (10%) (G). apple waste (H) and banana waste (I).

Treatments	n**	4 [th] larval Weight (g)	Pupa Weight (g)
		Mean± SE	Mean± SE
A	51	0.066±0.0013 [b]	0.050±0.0006 [a]
B	51	0.060±0.0090 [b]	0.050±0.0006 [a]
C	51	0.050±0.0014 [c]	0.050±0.0016 [a]
D	51	0.040±0.0008 [d]	0.040±0.0007 [b]
E	51	0.050±0.0009 [c]	0.050±0.0016 [a]
F	51	0.060±0.0019 [b]	0.050±0.0011 [a]
G	51	0.060±0.0013 [b]	0.050±0.0008 [a]
H	51	0.050±0.0009 [d]	0.040±0.0072 [b]
I	51	0.080±0.0017 [a]	0.036±0.0006 [c]

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵).

*Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean (P< 0.05).

**تعداد حشرات

** Number of insects

بطور کلی مطابق نتایج پژوهش حاضر در اکثر بررسی‌های انجام شده نیز نشان داده‌شده است، زمانی که لاروهای مگس سرباز سیاه صرفا از ضایعات آلی مانند پوست آناناس، سویا و مواد دورریز غذایی تغذیه شوند میزان تخم‌گذاری ماده‌ها و به تناسب آن نرخ رشد جمعیت به دلیل کاهش مواد پروتئینی حاوی نیتروژن کاهش پیدا می‌کند (Samayoa & Hwang, 2018). هر چند استقرار یک سیستم پرورش انبوه، وابستگی بالایی به بقای نسل و میزان تخمریزی کلنی مادری دارد ولی نباید از این نکته غافل شد که پتانسیل این حشره در زیست پالایی به‌ویژه در مورد زباله‌های تر شهری و صنایع غذایی می‌تواند سوژه بسیار خوبی برای مطالعات میدانی بویژه در کشورما باشد همچنان‌که پتانسیل این حشره به‌عنوان مبدل زیستی ضایعات موز در کشورهایی که تولید بالایی از این محصول را دارند توصیه شده است (Giffari *et al.*, 2021).

جدول٤- مقایسه تعداد کل تخمریزی مگس سرباز سیاه پرورش یافته با جیره‌های غذایی مختلف شامل: پودر غذای جوجه یک‌روزه (A)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر شاهدانه (۱۰درصد) (B)، مخلوط پودر غذای جوجه یک‌روزه (۹۰ درصد) و بذر کتان (۱۰ درصد) (C)، پودر ضایعات مرغ (D)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات مرغ (۱۰ درصد) (E)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات گوشت (۱۰ درصد) (F)، مخلوط پودر غذای جوجه یک روزه (۹۰ درصد) + پودر ضایعات ماهی (۱۰ درصد) (G)، ضایعات سیب (H)و ضایعات موز (I).

Table 4. Comparison on total eggs of the black soldier fly reared on different diets including chicken starter powder (A), mixture of chicken starter powder (90%) + hemp seed 10% (B), mixture of chicken starter powder (90%) + flax seed (10%) (C), chicken waste powder (D), chicken starter powder (90%)+ waste powder mixture chicken (10%) (E), chicken starter (90%) + meat waste powder mixture (10%) (F), chicken starter (90%) + fish waste powder mixture (10%) (G), apple waste (H) and banana waste (I).

Treatments	n**	Number of Total Eggs
		Mean± SE
A	15	262.5±21.6 [c]
B	10	554.8±49.4 [a]
C	12	251.4±21.5 [c]
D	12	231.0±17.5 [c]
E	10	456.9±58.9 [b]
F	15	224.8±30.6 [c]
G	10	276.6±16.7 [bc]
H	10	-
I	10	-

*حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشد (P<۰/۰۵).

*Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean (P< 0.05).

**تعداد حشرات

** Number of insects

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که با در نظر گرفتن هدف مورد نظر در پرورش مگس *H. illucens* و انتظار از کلنی می‌توان از جیره‌های غذایی مختلف بهره جست. به‌عنوان نمونه اگر هدف تولید بیشترین لارو در کمترین زمان باشد می‌توان از غذای جوجه یک‌روزه و یا مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و شاهدانه استفاده کرد، اگر هدف توسعه کلنی و افزایش باروری باشد می‌توان از غذاهای مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و شاهدانه و یا مخلوط غذای جوجه یک‌روزه و ضایعات مرغ استفاده نمود و اگر چنانچه هدف تولید سنگین‌ترین لارو در کمترین زمان باشد می‌توان از ضایعات موز برای پرورش مگس سرباز سیاه استفاده کرد. تمامی این مطالب برآیندی از میزان بهبود پارامترهای زیستی، هزینه پرورش و به‌ویژه تلاش در استفاده اقتصادی از ضایعات کشاورزی قابل دسترس می‌باشد که باید مورد توجه قرار گیرد. برای پژوهش‌های آتی تجزیه زیست توده این حشره و بررسی میزان پروتئین، چربی و اسیدهای آمینه ضروری حشرات پرورش یافته با هر کدام از جیره‌های غذایی و برآورد میزان کارایی آنها در پرورش حیوانات مزرعه‌ای به‌ویژه با معیارهایی مانند بالاترین بازده وزنی و ضریب تبدیل، قبل از هر توصیه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

از دانشگاه مراغه و شرکت فناوران زیست‌بنیان بحق تبریز برای در اختیار قراردادن امکانات آزمایشگاهی و از آقایان دکترکاوسی، مهندس ساعدی و مهندس احمدی به جهت کمک در تجزیه داده‌ها و راهنمایی درخصوص پرورش کلنی حشرات سپاسگزاری می‌شود.

حمایت مادی و معنوی

این نتایج برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول است که باحمایت‌های مالی دانشگاه زنجان انجام شده است.

REFERENCES

Esmaeili, A. (2012) Survey of internal price impressionability from international market. *Agricultural Economics and Development* 20 (78), 145-170. 10.30490/AEAD.2012.58731

Banks, I. J. (2014) To assess the impact of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae on fecal reduction in pit latrines. Ph. D. thesis, London School of Hygiene & Tropical Medicine. 231pp. 10.17037/PUBS.01917781

Bertinetti, C., Samayoa, A. C. & Hwang, S. Y. (2019) Effects of Feeding Adults of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on Longevity, Oviposition, and Egg Hatchability: Insights into Optimizing Egg Production.*Journal ofInsect Science* 19, 1-7.10.1093/jisesa/iez001

Broeckx, L., Frooninckx, L., Slegers, L., Berrens, S., Noyens, I., Goossens, S. & Van Miert, S. (2021). Growth of black soldier fly larvae reared on organic side-streams. *Sustainability* 13(23), 12953.10.3390/su132312953

Fuso, A., Barbi, S., Macavei, L. I., Luparelli, A. V., Maistrello, L., Montorsi, M. & Caligiani, A. (2021) Effect of the Rearing Substrate on Total Protein and Amino Acid Composition in Black Soldier Fly. *Foods* 10(8), 17-73.10.3390/foods10081773

Gao, Z., Wang, W., Lu, X., Zhu, F., Liu, W., Wang, X. & Lei, C. (2019) Bioconversion performance and life table of black soldier fly (*Hermetiaillucens*) on fermented maize straw. *Journal of Cleaner Production* 230, 974-980.10.1016/j.jclepro.2019.05.074

Giffari, F. R., Susanto, A., Putra, R. E. & Permana, A. D. (2021) Periode Hidupdan Potensi Reproduksi LalatTentara Hitam (*Hermetia illucens*) Linnaeus (Diptera: Stratyomyidae) pada Substrat Kulit Pisang. *Agrikultura* 32(2), 158-167.10.24198/agrikultura.v32i2.33749

Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A. & Rojo, S. (2013) The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology* 110 (3), 461-468.10.14411/eje.2013.061

Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L. & Tomberlin, J. K. (2012) Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmenal Entomology* 41, 971–978.10.1603/EN12054

Isibika, A., Vinnerås, B., Kibazohi, O., Zurbrügg, C. & Lalander, C. (2021) Co-composting of banana peel and orange peel waste with fish waste to improve conversion by black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Journal of Cleaner Production* 318, 128570.10.1016/j.jclepro.2021.128570

Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C. & Vinnerås, B. (2019) Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production* 208, 211-219.10.1016/j.jclepro.2018.10.017

Magalhaes, R., Sanchez-Lopez, A., Leal, R. S., Martinez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. & Peres, H. (2107) Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European sea bass (Dicentrarchuslabrax). *Aquaculture* 476, 79–85.10.1016/j.aquaculture.2017.04.021

Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014) State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197, 1-33.10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Meyer-Rochow, V. B. (1975) Can insects help to ease the problem of world food shortage. *Search* 6, 261–262.

Ojaghi, H. (2021)The effect of different diets on biological characteristics of *Tenebriomolitor*. M.Sc. thesis. Universty of Zanjan. 61pp.10.3390/foods11193075

Oonincx, D. G., van Broekhoven, S., van Huis, A. & van Loon, J. A. (2015) Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One* 10 (12), 1-20. 10.1371/journal.pone.0144601

Rumpold, B. A. & Schlüter, O. K. (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 17, 1-11.10.1016/j.ifset.2012.11.005

Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. & Savastano, D. (2017) Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of life cycle assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production* 140(2), 890– 905.10.1016/j.jclepro.2016.06.154

Samayoa, A. C. & Hwang, S. Y. (2018) Degradation capacity and diapause effects on oviposition of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Economic Rntomology* 111(4), 1682-1690.10.1093/jee/toy078

Sánchez-Muros, M., Barroso, F. & ManzanoAgugliaro, F. (2014) Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* 65: 16–27.10.1016/j.jclepro.2013.11.068

Sanz, A., Caro, P. & Barja, G. (2004) Protein restriction without strong caloric restriction decreases mitochondrial oxygen radical production and oxidative DNA damage in rat liver. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes* 36 (6), 545-552.10.1007/s10863-004-9001-7

Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., Dezzutto, D., Gai, F., Dabbou, S., Gasco, L. & DalleZotte, A. (2017) Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetiaillucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science* 16, 93–100.10.1080/1828051X.2016.1249968

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C. & Sumner, S. M. (2002) Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology 39* (4), 695-698.10.1603/0022-2585-39.4.695

Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. & De Smet, S. (2017) Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetiaillucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of Science and Food Agricalture* 97, 2594-2600.10.1002/jsfa.8081

Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C. & Joyce, J. A. (2002) Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America* 95: 379-386.10.1603/0013-8746(2002)095[0379:SLHTOB]2.0.CO;2

Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C. (2002) Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science* 37, 345-352.10.18474/0749-8004-37.4.345

Tomlinson, I. (2013) Doubling food production to feed the 9 billion: a critical perspective on a key discourse of food security in the UK. *Journal of Rural Studies* 29, 81-90.10.1016/j.jrurstud.2011.09.001

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. & Vantomme, P. (2013) Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* 180 pp. ISBN: 978-92-5-107595-1

Wang, Y. S. & Shelomi, M. (2017) Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods* 6(10), 91.10.3390/foods6100091

Yasar, B. & Crick, T. (2018) Life Tables of *Hermetiaillucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) on Different Foods. *Journal of Natural and Applied Sciences* 22, 392-398.10.19113/sdufbed.51651

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K. & Jakubczyk, A. (2015) Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77: 460–466.10.1016/j.foodres.2015.09.008

The effect of different diets on biological characteristics of Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)

Elham Niknia[1], Hamidreza Sarraf Moayeri[1] & Gholamhossein Gharekhani[2]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
✉elhamm.niknia73@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-4128-4420
✉hamidsarrafm@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1944-6419
2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
✉ghgharakhany@yahoo.com https://orcid.org/0000-0003-1018-7019

Article History

Received: 7 January 2023 | *Accepted:* 10 April 2023 | Subject Editor: Hossein Madadi

Abstract

In the present study, the effect of 15 food diets was studied on the biological parameters of black soldier fly, *Hermetia illucens*i ncluding chicken starter powder (CSP) (A), CSP (90%) + Cannabis seeds (10%) (B), CSP (90%) + flax seeds (10%) (C), chicken waste powder (CWP) (D), CSP (90%) + CWP (10%) (E), CSP (90%) + meat waste powder (10%) (F), CSP (90%) + fish waste powder (10%) (G), apple waste (H), banana waste (I), bread waste (J), biscuit waste (K), pasta waste (L), tomato leaves (M), fish waste powder (N) and meat waste powder (O). Experiments were carried out under 28 ± 2 ˚C, 60 ± 10 % R.H. and 16:8 L: D conditions. There was a significant difference in the larval developmental time among different treatments. The highest and lowest larval development time was in diet H (21.902 ±0.206 days) and A (15.098 ± 0.126 days), respectively. Because the mortality was extremely high (100%) in treatments K, J, L, N and O none of the larvae could complete their larval stage. The highest pupa development time was seen in diet H (24.922 ± 0.185 days), which had a considerable difference with all treatments while the lowest pupa developmental time was in diet D (22.216 ± 0.256 days). Furthermore, in the case of longevity, the longest adult life span of the female and male was obtained on treatment D (17.632 ±0.191 and 18.438 ± 0.215 days, respectively) which was significantly more than other diets. The highest larval weight was in treatment I (banana waste) (0.080 ±0.001 gr) but in contrast, the lowest pupal weight was observed in this diet (0.036 ± 0.006 gr). Also, the total fecundity of female flies was in treatment B (554.8 ± 49.4 eggs) which was significantly more than others. It seems that the mixed chicken starter diet with Cannabis seeds has a high potential for mass rearing of this insect since it causes positive effects on the biological characteristics, especially on producing more offspring rather than other food diets.

Keywords: Longevity, fecundity, black soldier fly, food diet, mass rearing

Corresponding Author: Hamidreza Sarraf Moayeri (Email: Hamidsarrafm@gmail.com)

Citation: Niknia, E., Sarraf Moayeri, H. & Gharekhani, GH. (2023) The effect of different diets on biological characteristics of Black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (1), 43-51. https://doi.org.10.52547/jesi.43.1.5