Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023, 42 (4), 265-278
Research Article
https://doi.org/10.52547/jesi.42.4.2
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

پارامترهای جدول زندگی (Coleoptera: Chrysomelidae) *Callosobruchus maculatus* روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با برخی کودهای زیستی و شیمیایی

فاطمه حمزه‌وی[۱و۲]، بهرام ناصری[۱]، مهدی حسن پور[۱]، جبرائیل رزمجو[۱] و علی گلی‌زاده[۱]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

https://orcid.org/0000-0001-5821-0957 ✉ bnaseri@uma.ac.ir
https://orcid.org/0000-0002-5409-428X ✉ hassanpour@uma.ac.ir
https://orcid.org/0000-0003-0948-8279 ✉ razmjou@uma.ac.ir
https://orcid.org/0000-0002-4003-9343 ✉ golizadeh@uma.ac.ir

۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، سیستان و بلوچستان، ایران

https://orcid.org/0000-0001-9933-4155 ✉ fhamze@uma.ac.ir

چکیده: سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (Coleoptera: Chrysomelidae) *Callosobruchus maculatus* (F.) آفتی خسارت‌زا روی لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در مزرعه و انبار بوده و منجر به کاهش قابل‌توجه وزن دانه، قدرت جوانه‌زنی و ارزش بازاری محصول می‌شود. تاثیر کوددهی لوبیا چشم‌بلبلی (رقم مشهد) با کودهای شیمیایی تریپل سوپرفسفات (TSP) و اوره و برخی کودهای زیستی (*Bradyrhizobium japonicum*، *Pseudomonas putida* و *Glomus* spp) روی زیست‌شناسی و پارامترهای جدول زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات در دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و تاریکی مطلق بررسی شد. بیش‌ترین درصد بقای مراحل نابالغ در تیمارهای *P. putida* و شاهد (به ترتیب ۹۷/۷۵ و ۹۵/۶۹ درصد) و کم‌ترین درصد بقاء در تیمارهای TSP و *B. japonicum* (به ترتیب ۶۵/۰۶ و ۷۵ درصد) مشاهده شد. علی‌رغم اینکه طول مراحل نابالغ *C. maculatus* در دانه‌های تیمارشده با TSP و *B. japonicum* طولانی‌تر از تیمار شاهد بود، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (۰/۱۲۴ بر روز) و نرخ خالص تولیدمثل (۳۴/۳۴ نتاج) حشره روی دانه‌های تیمارشده با TSP کمتر از شاهد (به ترتیب ۰/۱۴۳ بر روز و ۵۱/۰۷ نتاج) به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که ارزش غذایی دانه‌های حاصل از تیمار کود TSP و *B. japonicum* برای سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، کم‌تر از دانه‌های حاصل از سایر تیمارهای کودی بودند.

واژه‌های کلیدی: سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، لوبیا چشم‌بلبلی، دوره‌ی زندگی، جدول زندگی، کود زیستی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۰
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸
دبیر تخصصی: مسعود امیر معافی

Citation: Hamzavi, F., Naseri, B., Hassanpour, M., Razmjou, J. & Golizadeh, A. (2023) Life table parameters of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) treated with some biological and chemical fertilizers. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 265-278.

مقدمه

حبوبات عمده‌ترین منبع غذایی مردم ایران بعد از گندم هستند (Majnoun-Hosseini, 2004). مقدار پروتئین حبوبات تا ۴ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر گیاهان غده‌ای است. تکامل دانه‌های غنی از ازت برای حبوبات ضروری است، زیرا برای شروع تولید غده و حمایت از ریزوبیوم‌ها و شروع فعالیت نیتروژناز، به ذخیره‌ی مناسبی از آن نیاز دارند (Sprent & Raven, 1985). لوبیا چشم‌بلبلی *Vigna unguiculata* (L.) (Fabaceae) یک گیاه بهاره و از گونه‌های رایج در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر بوده و منبعی ارزان برای تامین پروتئین در رژیم غذایی مردم جهان به‌ویژه در آسیا و آفریقا است (Philips *et al.*, 2003). حشرات راسته سخت‌بالپوشان از مهم‌ترین آفات محصولات انباری به‌شمار می‌آیند که در مدت کوتاهی، خسارت هنگفتی وارد می‌کنند. سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (سوسک لوبیا چشم‌بلبلی) (Coleoptera: Chrysomelidae) *Callosobruchus maculatus* (F.) آفتی چندخوار با پراکنش جهانی و یکی از مهم‌ترین آفات لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد. این آفت به علت سرعت بالای نشوونما، ظرفیت بالای تولیدمثل، دوره نسلی کوتاه و ایجاد نسل‌های پیوسته، قادر است تمامی دانه‌های انبار شده را طی چند ماه از بین ببرد. حشره کامل در انبار حبوبات روی دانه‌ها تخم می‌گذارد و لاروها پوسته دانه را سوراخ کرده و از کوتیلدون آن تغذیه می‌کنند. هر سوسک در داخل یک دانه، مراحل نابالغ (لارو و شفیره) را طی کرده و حشره کامل از دانه خارج می‌شود. در اثر تغذیه لارو، حفره‌ای در دانه ایجاد می‌شود که سبب کاهش وزن، قدرت جوانه‌زنی، مواد مغذی و ارزش اقتصادی دانه می‌شود (Swapan, 2016؛ Umeozor, 2005).

خسارت شدید سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات یک عامل محدودکننده در نگهداری لوبیا چشم‌بلبلی بعد از برداشت به‌ویژه در انبارهای سنتی است. در گذشته، حشره‌کش‌های مختلفی از جمله متیل بروماید و فسفین به صورت گسترده، برای کاهش خسارت ناشی از سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به کار رفته‌اند

Corresponding author: Bahram Naseri (E-mail: bnaseri@uma.ac.ir)

© 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.

(Tyler, 1978 ؛Compton *et al*., 1993). در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، کاربرد سموم شیمیایی به دلیل هزینه‌ی بالای آنها، امکان مسمومیت انسان و جانوران غیرهدف و آلودگی محیط زیست محدود شده است (Echendu, 1991). بنابراین، بررسی روش‌های جایگزین ایمن به‌منظور کنترل سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات الزامی است.

مطالعه فراسنجه‌های جدول زندگی حشرات در اندازه‌گیری توانایی رشد جمعیت آنها در شرایط مختلف از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Carey, 1993). جدول زندگی یک روش استاندارد اکولوژیکی برای تخمین فراسنجه‌های جمعیت‌نگاری وابسته به پویایی جمعیت است (Southwood & ؛ Carey, 2001 Henderson, 2000). به‌علاوه، تشکیل جدول تولیدمثلی نیز به مدیریت بهتر آفات کمک می‌نماید و خصوصیات جمعیت‌نگاری حشرات آفت به‌عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم در ارزیابی میزان حساسیت گیاهان در مقابل آفات بکار گرفته می‌شوند (Toapanta *et al*., 2005). در مدیریت آفات و اتخاذ تصمیم صحیح جهت کنترل آفات لازم است تا شاخص‌های رشد جمعیت حشرات مشخص شود. از داده‌های دموگرافیک می‌توان در پیش‌بینی شیوع رشد جمعیت، پیش‌بینی شیوع گونه آفت، برآورد احتمال انقراض و زمان استفاده از آفت‌کش استفاده کرد (Southwood & Henderson, 2000).

گیاهان میزبان نقش مهمی در افزایش جمعیت و طغیان حشرات بازی می‌کنند (Shafaqat *et al*., 2010). به طور کلی با تغییر کیفیت گیاهان میزبان، ویژگی‌های زیستی حشرات از جمله زنده‌مانی، اندازه‌ی بدن، زادآوری و طول عمر تغییر می‌کند (Umbanhowar & Hastings, ؛ Awmack & Leather, 2002 Sequiera & Dixon, 1996؛ 2002). رفتار تخم‌گذاری و توانایی رشد جمعیت حشرات در محصولات انباری تحت تأثیر نوع و محتوای مواد مغذی و دیگر صفات فیزیکی و بیوشیمیایی محصول مورد تغذیه حشره قرار دارد (El-Rodeny *et al*., 2018).

در سال‌های اخیر، بررسی روش‌های جایگزین با هدف کنترل آفات به صورت جدی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از روش‌های اثربخش، کم‌هزینه و سازگار با زیست‌بوم، کاربرد کودهای مناسب به‌ویژه کودهای زیستی با هدف القای مقاومت به گیاه در مقابل آفات می‌باشد (Hertlein *et al*., 2011). عوامل ژنتیکی و محیطی، مقاومت گیاه میزبان را نسبت به حشرات گیاه‌خوار تعیین می‌کنند. به عنوان مثال، آنتی‌متابولیت‌های غیرپروتئینی مثل فنل‌ها و تانن‌ها در افزایش مقاومت گیاهان نقش مهمی دارند و چون توسط چندین ژن ساخته می‌شوند، امکان شکسته‌شدن مقاومت گیاه توسط آفت ناچیز می‌باشد (Venugopal *et al*., 2000). تانن‌ها به مقدار زیاد در پوسته دانه حبوبات یافت می‌شوند و از عوامل ضدتغذیه‌ای پیشرفته در مقابل آفات هستند (Stamopoulos, 1987). چندین مطالعه، تاثیر منفی بعضی عوامل شیمیایی یا فیزیکی موجود در دانه‌های انبارشده را بر بقاء، مراحل نابالغ، طول عمر و زادآوری آفات انباری نشان داده‌اند (Arong & Usua, 2006؛ Adam & Baidoo, 2008 ؛ Bidar *et al*., 2021؛ Naseri & Hamzavi, 2021؛Naseri *et al*., 2022). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کوددهی گیاهان بر ساخت ترکیبات ثانویه اثر گذاشته و موجب القای مقاومت نسبت به آفات گیاه‌خوار می‌شود (Hugentobler & ؛ Agrawal *et al*., 2012 Renwick, 1995). از این منظر، کاربرد کود مناسب می‌تواند مقاومت گیاه را در برابر حشرات گیاه‌خوار افزایش داده و منجر به کاهش خسارت آفت شود.

نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر درشت مغذی برای گیاهان است که به شدت بر رشد و زادآوری حشرات گیاه‌خوار اثر می‌گذارد (Trdan *et al*., 2008 Douglas, 1993؛). کود نیتروژن در گیاه منجر به افزایش شاخه و برگ و زیست‌توده گیاه شده و متعاقب آن نشوونمای جمعیت حشرات آفت را سرعت می‌بخشد (Throop & Lerdau, 2004؛ Zehender & Hunter, 2008). کمبود فسفر یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تثبیت نیتروژن در لوبیا چشم‌بلبلی است (Bhattacharjee & dey, 2014). تقابل بین فسفر خاک و کودهای زیستی بسیار مهم است زیرا تأثیر زیادی بر تداوم همزیستی و تثبیت نیتروژن دارد. مقدار متعادل و کافی از فسفر، رشد و فتوسنتز گیاه را افزایش می‌دهد (Gao *et al*., 1989).

کودهای زیستی حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند گونه از موجودات میکروسکوپی خاکزی به همراه مواد نگهدارنده هستند که قادرند عناصر غذایی غیرقابل استفاده برای گیاه را به شکل قابل استفاده در جریان فرایندهای زیستی تبدیل کنند (Sharma, 2003) و به‌منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک و گاهی حتی به جای کودهای شیمیایی به کار می‌روند (Diaz *et al*., 2009). کودهای زیستی در طبیعت قابلیت تکثیر خودبخودی دارند و هزینه تولید و حمل و نقل آن‌ها نسبت به کودهای شیمیایی پایین‌تر بوده و اکوسیستم را آلوده نمی‌کنند (Sharma, 2003؛ Vessey, 2003). به‌دلیل بروز مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی از یک سو و قابلیت‌های میکروارگانیسم‌های خاکزی از طرف دیگر، نگرش جدیدی تحت عنوان کشاورزی پایدار و زیستی مطرح شده است که شالوده آن بر اساس بهره‌برداری از کودهای زیستی می‌باشد. به‌طورکلی، میکروارگانیسم‌های مفید ریزوسفر، رشد گیاه را از طرق مختلف بیوشیمیایی، با تغییر مقدار هورمون‌های گیاهی، جلوگیری از رشد سویه‌های میکروبی و افزایش قابلیت زیستی مواد مغذی خاک، تنظیم می‌کنند (Jacoby *et al*., 2017). قارچ‌های میکوریز مجموعه‌ای از قارچ‌های همزیست با ریشه گیاهان هستند (Olsson *et al*., 1999) که به واسطه فوایدی نظیر افزایش رشد گیاه، افزایش جذب مواد غذایی، افزایش مقاومت به بیماری‌های خاکزاد، حفظ خاک‌دانه و نیز بهبود چرخه‌ی میکروبی و مواد غذایی در خاک دارای اهمیت‌اند. علاوه بر این باعث تغییر شکل و ساختار ریشه و افزایش جذب آب و مواد معدنی شده و تحمل گیاهان را در مقابل شوری و خشکی بالا می‌برند (Alloush *et al*., 2000).

بررسی درصد خسارت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا چشم‌بلبلی تیمارشده با کود نیتروژن و باکتری‌های ریزوبیوم نشان داد که رشد جمعیت حشره وابسته به رقم (ژنوتیپ) لوبیا چشم‌بلبلی و منبع تامین نیتروژن آن (کود ازته یا باکتری ریزوبیوم) بوده و دانه‌های تیمارشده با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش مرگ و میر سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات شدند (Torres *et al*., 2016). بررسی اثربخشی تعدادی از کودهای شیمیایی و زیستی بر مقاومت دانه‌های نارس لوبیا چشم‌بلبلی (رقم مشهد) نسبت به سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات نشان داد که کود زیستی *B. japonicum* مقاومت غلاف و دانه‌های نارس لوبیا چشم‌بلبلی را در برابر سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات افزایش داد (Naseri & Hamzavi, 2021). در پژوهشی، Hamzavi *et al*. (2022) پارامترهای جدول زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات را روی لوبیا چشم‌بلبلی (رقم ۱۰۵۷) تیمارشده با کودهای زیستی و شیمیایی بررسی و گزارش کردند که کود ترپیل سوپرفسفات تاثیر منفی بیش‌تری روی رشد جمعیت آفت داشت. در تحقیق حاضر، تأثیر کاربرد دو کود شیمیایی نیتروژن و فسفر و سه کود زیستی *B. japonicum*، *Pseudomonas putida* و قارچ‌های میکوریز و کاربرد همزمان سه کود زیستی ذکر شده در لوبیا چشم‌بلبلی رقم مشهد، روی زیست‌شناسی و پارامترهای جدول

زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات بررسی شد. با توجه به خسارت بالای سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی لوبیا چشم‌بلبلی، با شناسایی تیمارهایی که تاثیر منفی بیش‌تری روی رشد جمعیت آفت دارند، می‌توان در برنامه‌های مدیریتی آفت، با کوددهی به گیاه لوبیا چشم‌بلبلی خسارت ناشی از این آفت را کاهش داد.

مواد و روش‌ها

تهیه بذر و کود. بذر رقم مشهد لوبیا چشم‌بلبلی از موسسه "اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج" تهیه شد. باکتری هم‌زیست لوبیا چشم‌بلبلی (*Bradyrhizobium japonicum*) به صورت محلول در محیط کشت YMB (Yeast Manitol Broth) و باکتری محرک رشد (*Pseudomonas putida*) (PGPR) به صورت محلول در محیط کشت NB (Nutrient Broth) از موسسه "تحقیقات خاک و آب کرج" تهیه شدند. ترکیبی از سه گونه قارچ میکوریز شامل (*Glomus etunicatum*، *G. mosseae* و *Rhizophagus irregularis*) از شرکت "دانش بنیان زیست فناور پیشتاز واریان" خریداری شد. کود اوره از "شرکت پتروشیمی خراسان" و تریپل سوپرفسفات از "شرکت چینی شانگ‌های گودیر اینترنشنال (Shanghai Good Year International) "تهیه شد.

آماده‌سازی زمین زراعی. عملیات شخم، دیسک و تسطیح انجام شد و توسط فاروئر جوی و پشته ایجاد گردید. پشته‌ها با فاصله ۷۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شدند. آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد. بذور لوبیا چشم‌بلبلی در یک زمین زراعی به مساحت تقریبی ۲۰۰ متر مربع واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مغان (شهرستان پارس آباد) در سه کرت با ۷ تیمار متفاوت به صورت بلوک‌های کامل تصادفی طرح‌ریزی شده و در اردیبهشت سال ۱۳۹۹ کشت شدند. هر کرت شامل یک پشته با طول ۱۰ و عرض ۰/۷ متر در نظر گرفته شد.

تلقیح و کاشت بذر. بذور لوبیا چشم‌بلبلی با باکتری‌های هم‌زیست تلقیح شدند. پودر قارچ‌های میکوریز، طبق توصیه شرکت تولیدکننده، با محلول آب قند ۱۰ درصد مرطوب و چسبنده شده و سپس بذور به آن آغشته شدند. یک لیتر از محلول حاوی باکتری هم‌زیست برای یک کیلوگرم بذر و یک کیلوگرم از پودر قارچ برای یک کیلوگرم بذر از طرف سازمان سازنده توصیه شده بود که بعد از تعیین مقدار بذر مورد نیاز برای هر تیمار، میزان کود زیستی لازم برای تلقیح محاسبه و مورد استفاده قرارگرفت. بذور با این کودها تلقیح شده و بلافاصله کشت شدند. برای تیمار کود فسفره، قبل از کشت شیاری با عمق ۲۵ سانتی‌متر در وسط و در راستای پشته ایجاد شد و کود شیمیایی تریپل سوپرفسفات به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار زیر خاک قرار داده شد. کود اوره همزمان با اولین آبیاری، ۷ روز بعد از کشت به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک به گیاه داده شد.

بذور با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر و عمق ۲/۵ سانتی‌متر روی پشته‌ها با دست کشت شدند. برای افزایش زنده‌مانی و محافظت از عوامل میکروبی هم‌زیست، از هیچ نوع آفت‌کشی در مزرعه استفاده نشد. با در نظر گرفتن یک شاهد (بدون کود)، ۷ تیمار به‌دست آمد (تلقیح با ریزوباکتر، تلقیح باPGPR ، تلقیح با قارچ‌های میکوریز، تلقیح با ترکیب سه کود زیستی ذکر شده، بعلاوه کودهای شیمیایی تریپل سوپرفسفات، اوره و شاهد). علف‌های هرز تا زمان برداشت محصول، در سه دوره به صورت دستی وجین شدند. آبیاری مزرعه هر ۱۰ روز یکبار انجام شد. در زمان برداشت، غلاف‌های رسیده هر تیمار جداگانه جمع‌آوری شدند و اطلاعات هر تیمار روی پاکت نگهداری غلاف‌ها درج شد. در نهایت دانه‌ها از غلاف جدا شده و با حفظ اطلاعات مربوط به هر تیمار، به مدت حدود یک ماه در دمای ۲۰- درجه سلسیوس در فریزر نگهداری شدند تا دانه‌ها از وجود احتمالی حشراتی که به صورت تصادفی از مزرعه همراه آن‌ها بودند پاک شوند. سپس دانه‌ها به یخچال منتقل و تا زمان استفاده بعدی در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

پرورش آزمایشگاهی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات. سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات از انبارهای حبوبات آلوده به آفت جمع‌آوری شد. دویست گرم از دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی (رقم ۱۰۵۷) درون ظروف پلاستیکی گرد (به قطر ۱۸/۵ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر) قرار داده شد و سپس۳۰ جفت حشره کامل نر و ماده سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات درون این ظروف رهاسازی شدند. درپوش ظروف به منظور ایجاد تهویه، سوراخ شده و برای جلوگیری از فرار حشرات کامل با توری پوشانده شدند. پرورش آزمایشگاهی حشره درون اتاقک پرورش با دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و تاریکی کامل انجام شد.

بررسی زیست‌شناسی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی به دست آمده از تیمارهای مختلف کودی. برای بررسی طول دوره‌ی نشوونما و بقای مراحل نابالغ، حدود ۳۰ جفت از حشرات نر و ماده‌ی یک روزه روی ۱۰۰ عدد از دانه‌های حاصل از هر تیمار برای تخم‌گذاری رهاسازی شدند. بعد از ۲۴ ساعت، دانه‌های حاوی تخم از دسترس حشرات خارج شده و روی هر دانه یک تخم حفظ و مابقی حذف شدند. هر دانه حاوی یک تخم به صورت انفرادی به یک ظرف پتری ۶ سانتی‌متری منتقل شد (۷۶-۹۳ تکرار). به منظور مبادله هوا، قسمت میانی ظروف سوراخ شده و با پارچه توری مسدود شدند. ظروف پتری به اتاقک پرورش با شرایط ذکرشده در بالا منتقل و تا زمان ظهور حشرات کامل رصد شدند. طول دوره‌ی نشوونما (از تخم تا ظهور حشره کامل) و بقای مراحل نابالغ سوسک روی هر یک از تیمارها ثبت شدند. حشرات کامل نر و ماده پس از ظهور جفت شدند و برای جفت‌گیری و تخم‌گذاری، به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی ۳ عدد دانه به عنوان بستر تخم‌گذاری از هر تیمار مورد آزمایش، منتقل شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده (روزانه و کل) توسط هر فرد ماده همراه با طول عمر حشرات کامل نر و ماده تا زمان مرگ آخرین فرد از گروه مورد مطالعه محاسبه شدند. دانه‌هایی که هیچ گونه حشره کاملی از آنها بیرون نیامد، با دقت باز شده و تعداد حشرات مرده (لارو، شفیره یا بالغ) ثبت شدند.

جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله (فراسنجه‌های رشد جمعیت). فراسنجه‌های جدول زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات بر اساس روش جدول زندگی دوجنسی سن- مرحله با استفاده از برنامه کامپیوتری (TWOSEX-MSChart) محاسبه شد (Chi, 2020). داده‌های خام فراسنجه‌های زیستی (برای حشرات نر و ماده) شامل زمان رشد مراحل نابالغ، طول دوره نابالغ، طول عمر بالغ همه افراد و زادآوری روزانه (تعداد تخم‌های گذاشته شده) وارد نرم افزار شد.

نرخ بقای ویژه‌ی سن- مرحله (s_{xj}) نشان‌دهنده‌ی احتمال بقاء افراد تا سن x است، درحالی‌که در مرحله رشدی j می‌باشند. این فراسنجه علاوه بر توصیفی از بقاء، انتقال از یک مرحله رشدی به مرحله رشدی دیگر را توصیف می‌کند. زادآوری ویژه‌ی سن – مرحله (f_{xj}) نیز تعداد نتاج تولید شده توسط هر فر ماده را در سن i و

مرحله رشدی j نشان می‌دهد. براساس روش Chi & Su (2006) ، نرخ بقای ویژه سنی (l_x) شامل هر دو جنس و زادآوری ویژه سنی (m_x) با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد:

$$l_x = \sum_{j=1}^{K} s_{xj} \quad (1)$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{k} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{k} s_{xj}} \quad (2)$$

در فرمول بالا k نشان‌دهنده‌ی تعداد مراحل سنی می‌باشد.

فراسنجه‌های رشد جمعیت با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شدند (Chi & Su, 2006؛ Carey, 1993)

نرخ خالص تولیدمثل (Net reproductive rate = R_0)

$$R_0 = \sum_{x=i}^{\omega} \sum_{j=1}^{m} s_{xj} f_{xj} \quad (3)$$

نرخ ناخالص تولیدمثل (Gross reproductive rate = GRR)

$$GRR = \sum_{x=\alpha}^{\beta} m_x \quad (4)$$

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Intrinsic rate of increase = r)

$$\sum_{x=1}^{\omega} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (5)$$

نرخ متناهی افزایش جمعیت (Finite rate of increase = λ)

$$\lambda = e^r \quad (6)$$

میانگین مدت زمان یک نسل (Mean generation time = T)

$$T = \frac{LnR_0}{r} \quad (7)$$

مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (Doubling time = DT)

$$DT = \frac{Ln2}{r} \quad (8)$$

امید به زندگی ویژه سن–مرحله (e_{xj}) مدت زمانی که انتظار می‌رود یک فرد تا سن x و تا مرحله j زنده بماند را محاسبه می‌کند (Chi & Sue, 2006).

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^{k} s_{ij} \quad (9)$$

ارزش تولید مثلی (v_{xj}) سن–مرحله، به سهم فرد در سن و مرحله j در جمعیت آینده تعریف می شود (Fisher, 1993) و مطابق فرمول ارائه شده توسط Huang & Chi (2011) محاسبه شد:

$$v_{xj} = \frac{e^{r(x+1)}}{s_{xj}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^{k} s_{ij} f_{ij} \quad (10)$$

تجزیه آماری داده‌ها. داده‌های اولیه به‌دست آمده ازمراحل زیستی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمارهای مورد مطالعه با جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله (Chi & Liu, 1985) طبق روش توضیح داده‌شده توسط Chi (1988) با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart تجزیه شدند (Chi, 2020). اختلاف آماری بین فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده توسط همین نرم افزار در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند (Huang & Chi, 2013).

نتایج

درصد بقای مراحل نابالغ، طول دوره نابالغ، دوره‌ی تخم‌گذاری و زادآوری سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های حاصل از تیمارهای مختلف کودی به طور معنی‌داری متفاوت بود ($P<۰/۰۵$). اما در بررسی مقایسه میانگین‌های طول عمر حشرات نر و ماده اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. بیش‌ترین درصد بقای مراحل نابالغ روی تیمار *P. putida* و کم‌ترین آن روی تیمارهای *B. japonicum* و تریپل سوپرفسفات مشاهده شد. طول دوره نابالغ در تیمار *B. japonicum* طولانی‌ترین و در تیمار ترکیب کودهای زیستی کوتاه‌ترین بود. طولانی‌ترین دوره‌ی تخم‌گذاری حشره ماده مربوط به دانه‌های حاصل از تیمار ترکیب کودهای زیستی، شاهد، *B. japonicum* و *P. putida* و کم‌ترین آن مربوط به دانه‌های حاصل از تیمار تریپل سوپرفسفات بود. بیش‌ترین میزان زادآوری سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات برای دانه‌های حاصل از تیمارهای *B. japonicum*، شاهد و *P. putida* و کم‌ترین آن برای تیمارهای میکوریز و ترکیب کودهای زیستی ثبت شد (جدول ۱).

بررسی فراسنجه‌های رشد جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی حاصل از تیمارهای مختلف کودی. فراسنجه‌های رشد جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های حاصل از تیمارهای مختلف کود اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۵$)، به طوری‌که نرخ خالص تولید مثل روی دانه‌های حاصل از تیمار تریپل سوپرفسفات و شاهد به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار را داشتند. به همان ترتیب، کم‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) حشره، مربوط به تیمار کود تریپل سوپرفسفات و بیش‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. کم‌ترین نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) مربوط به حشرات پرورش‌یافته روی دانه‌های حاصل از تیمار اوره و بیش‌ترین آن روی دانه‌های تیمار شاهد بود. سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات کوتاه‌ترین زمان متوسط یک نسل (T) را روی دانه‌های حاصل از تیمار ترکیب کودهای زیستی و طولانی‌ترین آن را روی دانه‌های حاصل از تیمار *B. japonicum* گذراند. در فراسنجه‌های نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) و مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT)، بین تیمارهای کودی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$) (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین (± خطای استاندارد) پارامترهای زیستی *Callosobruchus maculatus* روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Table 1. Mean (±SE) life history parameters of *Callosobruchus maculatus* on cowpea grains treated with tested fertilizers

Parameters	Fertilizer treatments[δ]						
	Urea	TSP	*P. putida*	*B. japonicum*	Mycorrhizal fungi	Combined biofertilizers	Control
Immature Survival (%)	90.78 ± 3.31ab (76)	65.06 ± 5.23c (83)	97.75 ± 1.57a (89)	75.00 ± 4.72c (84)	90.69 ± 3.12b (86)	93.82 ± 2.67ab (81)	95.69 ± 2.10a (93)
Developmental time (day)	24.11 ± 0.08c (69)	25.51 ± 0.16ab (54)	25.28 ± 0.11b (87)	25.82 ± 0.16a (63)	24.28 ± 0.10c (78)	23.89 ± 0.07d (76)	24.32 ± 0.04c (89)
Fecundity (eggs per reproductive day)	98.97 ± 3.07ab (35)	102.07 ± 3.98ab (28)	105.04 ± 3.23a (42)	106.00 ± 2.47a (34)	98.21± 2.14b (34)	97.73 ± 2.04b (37)	105.55 ± 2.86a (45)
Oviposition period (day)	7.42 ± 0.22ab (35)	7.21 ± 0.24b (28)	7.90 ± 0.16a (42)	7.97 ± 0.22a (34)	7.56 ± 0.18ab (34)	7.86 ± 0.19a (37)	8.02 ± 0.22a (45)
Female longevity (day)	10.14 ± 0.77a (35)	9.87 ± 0.77a (28)	9.69 ± 0.20a (42)	10.23 ± 0.36a (34)	10.00 ± 0.42a (34)	9.34 ± 0.21a (37)	10.44 ± 0.58a (45)
Male longevity (day)	9.20 ± 0.30a (34)	9.50 ± 0.37a (26)	9.48 ± 0.26a (45)	9.03 ± 0.28a (29)	9.18 ± 0.24a (44)	8.81 ± 0.21a (39)	9.31 ± 0.23a (44)

Mean values in a row followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) according to paired-bootstrap test.
[δ]Mycorrhizal fungi: a mixture of *Glomus etunicatum, Glomus mosseae* and *Rhizophagus irregularis*, TSP: Triple superphosphate, Combined biofertilizers: a mixture of three biological fertilizers including *Psudomonas putida* +mycorhizal fungi + *Bradyrhizobium japonicum*.
Numerals in the parentheses show the sample size for each parameter.

جدول ۲- میانگین (± خطای استاندارد) پارامترهای جدول زندگی دوجنسی *Callosobruchus maculatus* روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

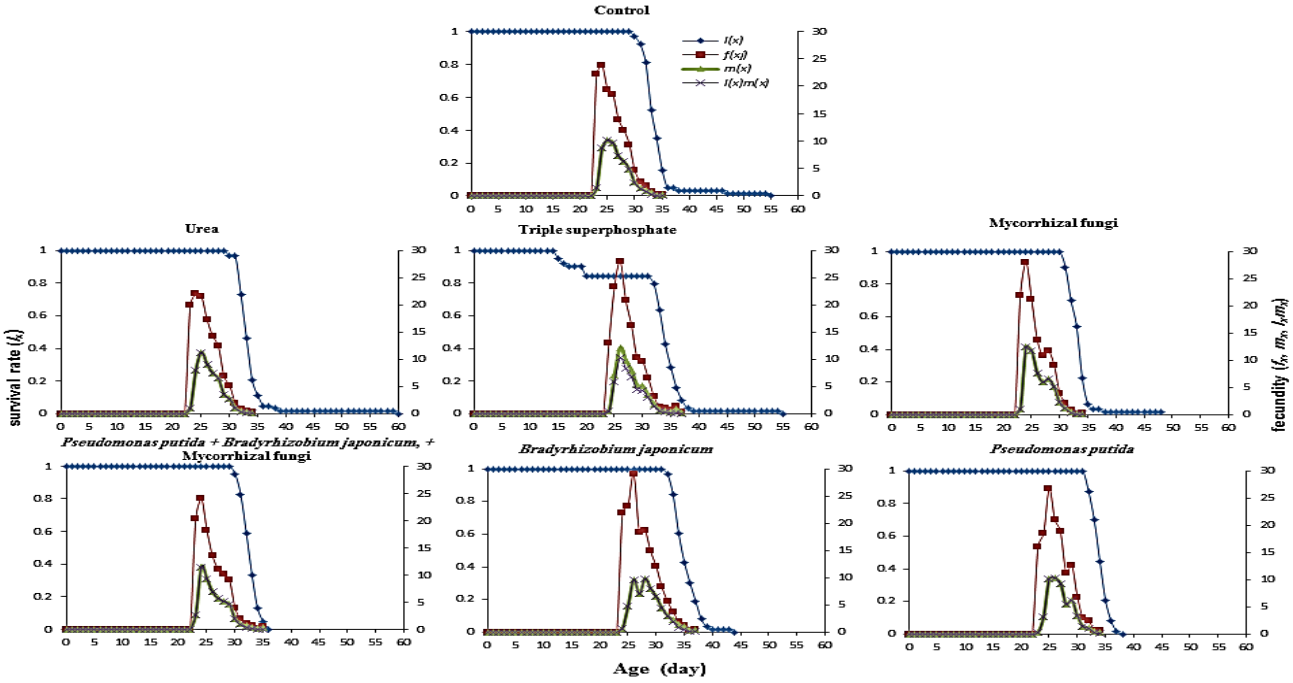
Table 1. Mean (±SE) two-sex life table parameters of *Callosobruchus maculatus* on cowpea grains treated with tested fertilizers

Parameters	Fertilizer treatments[δ]						
	Urea	TSP	*P. putida*	*B. japonicum*	Mycorrhizal fungi	Combined biofertilizers	Control
GRR (offspring)	50.86 ± 6.21a	54.38 ± 7.43a	52.09 ± 5.92a	59.26 ± 6.80a	53.03 ± 5.78a	50.48 ± 5.84a	54.43 ± 5.89a
R_0 (offspring)	45.57 ± 5.83ab	34.34 ± 5.45b	49.57 ± 5.67ab	42.90 ± 5.75ab	46.82 ± 5.37ab	45.85 ± 5.49ab	51.07 ± 5.63a
r (day^{-1})	0.140 ± 0.004abcd	0.124 ± 0.005d	0.138 ± 0.004abcd	0.129 ± 0.004bcd	0.141 ± 0.004ab	0.141 ± 0.004ab	0.143 ± 0.004a
λ (day^{-1})	1.132 ± 0.006c	1.150 ± 0.005ab	1.148 ± 0.004abc	1.138 ± 0.005bc	1.151 ± 0.005ab	1.152 ± 0.005ab	1.154 ± 0.004a
T (day)	27.21 ± 0.12cd	28.38 ± 0.17b	28.28 ± 0.17b	29.02 ± 0.22a	27.19 ± 0.15cd	26.96 ± 0.11d	27.37 ± 0.10c
DT (days)	4.93 ± 0.17a	5.15 ± 0.21a	4.88 ± 0.17a	4.96 ± 0.16a	4.67 ± 0.14a	4.77 ± 0.16a	4.73 ± 0.15a

Mean values in a row followed by different letters are significantly different (P≤0.05) according to paired-bootstrap test

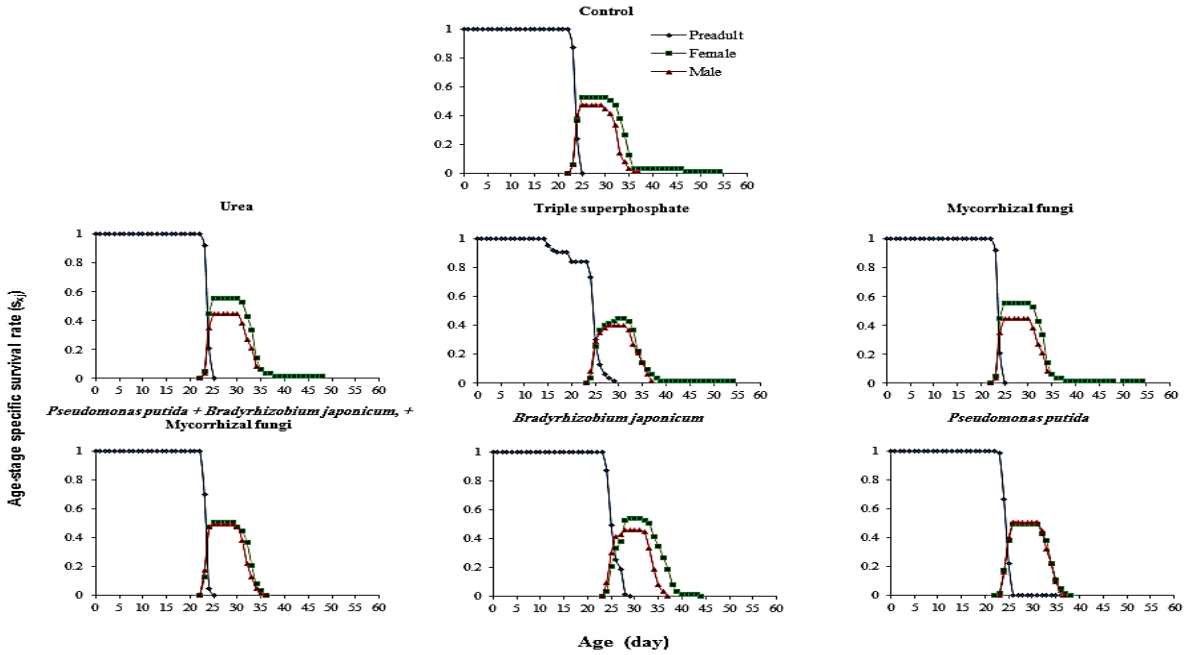
[δ]Mycorrhizal fungi: a mixture of *Glomus etunicatum, Glomus mosseae* and *Rhizophagus irregularis*, TSP: triple superphosphate, Combined biofertilizers: a mixture of three biological fertilizers including *Psudomonas putida* + mycorhizal fungi + *Bradyrhizobium japonicum*.
GRR: gross reproductive rate, R_0: net reproductive rate, r: intrinsic rate of increase, λ: finite rate of increase, T: mean generation time, DT: doubling time.

نرخ بقاء، زادآوری ویژه سن-مرحله و زادآوری ویژه‌ی سنی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی حاصل از تیمارهای مختلف کودی. نرخ بقاء (l_x)، زادآوری ویژه‌ی سن- مرحله (f_{xj}) و زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمارهای کودی مورد آزمایش دارای روند متفاوتی بود. نرخ بقاء در زمان ورود افراد هم سن اولیه (Cohort) به مرحله حشره کامل ماده روی دانه‌های حاصل از تیمارهای اوره، تریپل‌سوپرفسفات، *P. putida*، *B japonicum*، میکوریز، ترکیب‌کودهای‌زیستی و شاهد به ترتیب برابر با ۹۰/۷۸، ۶۵/۰۶، ۹۷/۷۵، ۷۵/۰۰، ۹۰/۶۹، ۹۳/۸۲ و ۹۵/۶۹ درصد به‌دست‌آمد. بیش‌ترین زادآوری ویژه‌ی سن-مرحله (f_{xj}) یا میانگین نتاج تولید شده توسط هر فرد ماده در هر روز روی تیمارهای اوره، تریپل‌سوپرفسفات، *P. putida*، *B. japonicum*، میکوریز، ترکیب‌کودهای‌زیستی و شاهد به ترتیب برابر با ۲۲/۰۸ نتاج در روز ۲۴، ۲۳/۳۱ نتاج در روز ۲۵، ۲۶/۷۰ نتاج در روز ۲۵، ۲۳/۲۳ نتاج در روز ۲۵، ۲۸/۰۳ نتاج در روز ۲۴، ۲۴/۰۳ نتاج در روز ۲۴ و ۲۲/۲۵ نتاج در روز ۲۳ به دست‌آمد. شروع تخم‌گذاری توسط اولین فرد ماده روی دانه‌های حاصل از تیمارهای تریپل سوپرفسفات و *B. japonicum* ، در روز ۲۴ و مابقی تیمارها در روز ۲۳ بود (شکل ۱).



شکل ۱- نرخ بقای ویژه‌ی سنی (l_x)، زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) و زادآوری ویژه‌ی سن- مرحله (f_{xj}) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) پرورش‌یافته روی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Fig. 1. Age-specific survival rate (l_x), age-specific fecundity (m_x) and age-stage specific fecundity (f_{xj}) of *Callosobruchus maculatus* reared on *Vigna unguiculata* grains treated with tested fertilizers.

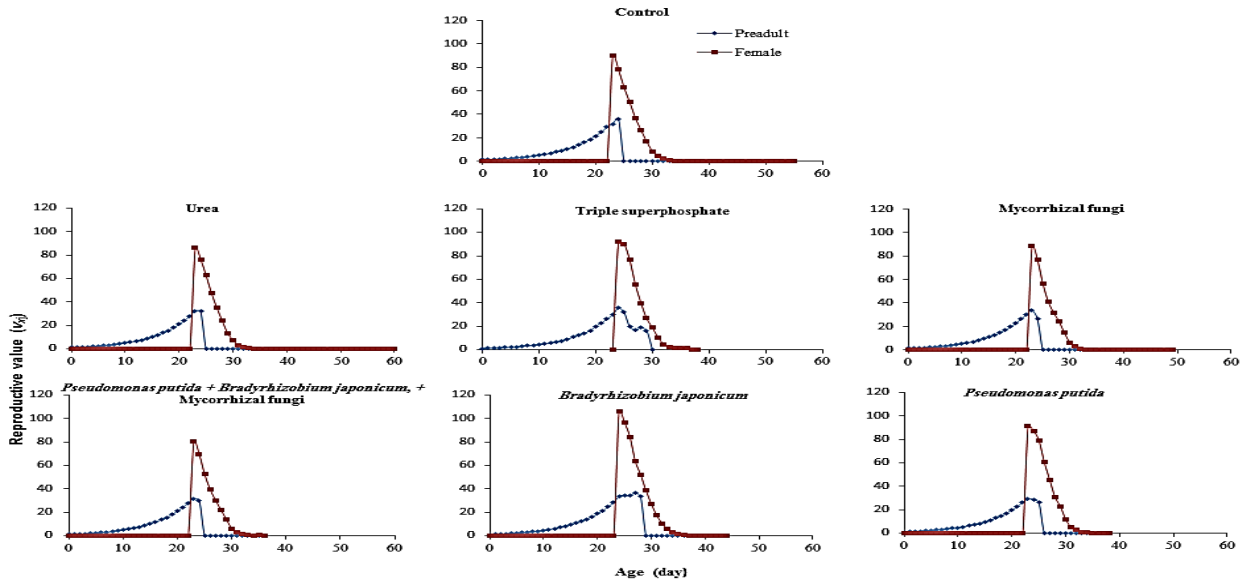


شکل ۲- نرخ بقای ویژه سن–مرحله (s_{xj}) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) پرورش‌یافته روی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Fig. 2. Age-stage specific survival rate (s_{xj}) of *Callosobruchus maculatus* reared on *Vigna unguiculata* grains treated with tested fertilizers.

نرخ بقای ویژه سن–مرحله (s_{xj}) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات پرورش‌یافته روی لوبیا چشم‌بلبلی تیمار شده با کودهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. چون حشره، مراحل لاروی و شفیرگی خود را درون دانه می‌گذراند و قابل ردیابی نیست، بنابراین نرخ بقاء به دو صورت، مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و مرحله بالغ (حشره کامل ماده و نر) ترسیم شد. بقای مراحل نابالغ در تیمار *P. putida* بیش‌ترین و در تیمار تریپل سوپرفسفات کم‌ترین بود. بقای حشره کامل ماده در تیمار قارچ میکوریز بیش‌ترین و در تیمار تریپل سوپرفسفات کم‌ترین بود. بقای حشره کامل نر در تیمارهای *P. putida* و ترکیب کودهای زیستی بیش‌ترین و در تیمار تریپل سوپرفسفات کم‌ترین بود.

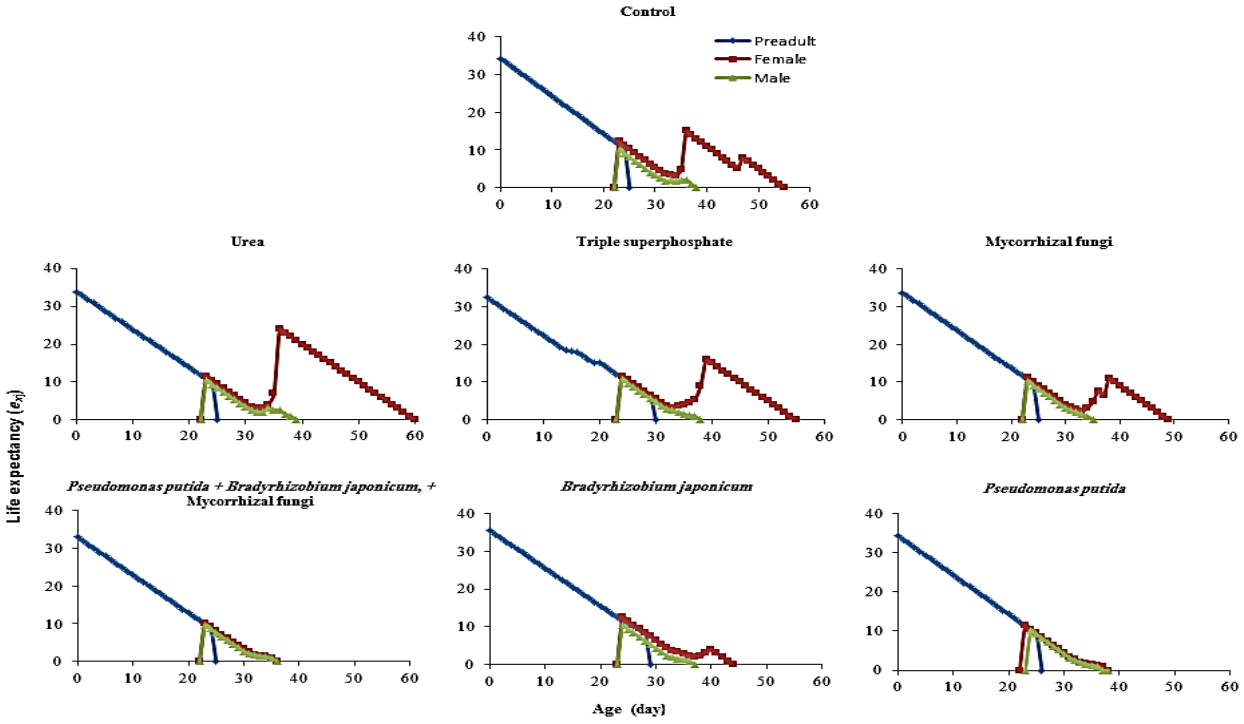
ارزش تولید مثلی، امید به زندگی و توزیع سنی پایدار سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی حاصل از تیمارهای مختلف کودی. ارزش تولید مثلی سن–مرحله سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمارهای کودی مورد آزمایش دارای روند متفاوتی بود. برای مراحل نابالغ و حشره کامل ماده بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار *B. japonicum* و کم ترین مقدار مربوط به تیمار ترکیب کودهای زیستی بود (شکل ۳).



شکل ۳- ارزش تولید مثلی (v_{xj}) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) پرورش‌یافته روی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Fig. 3. Reproductive value (v_{xj}) of *Callosobruchus maculatus* reared on *Vigna unguiculata* grains treated with tested fertilizers.

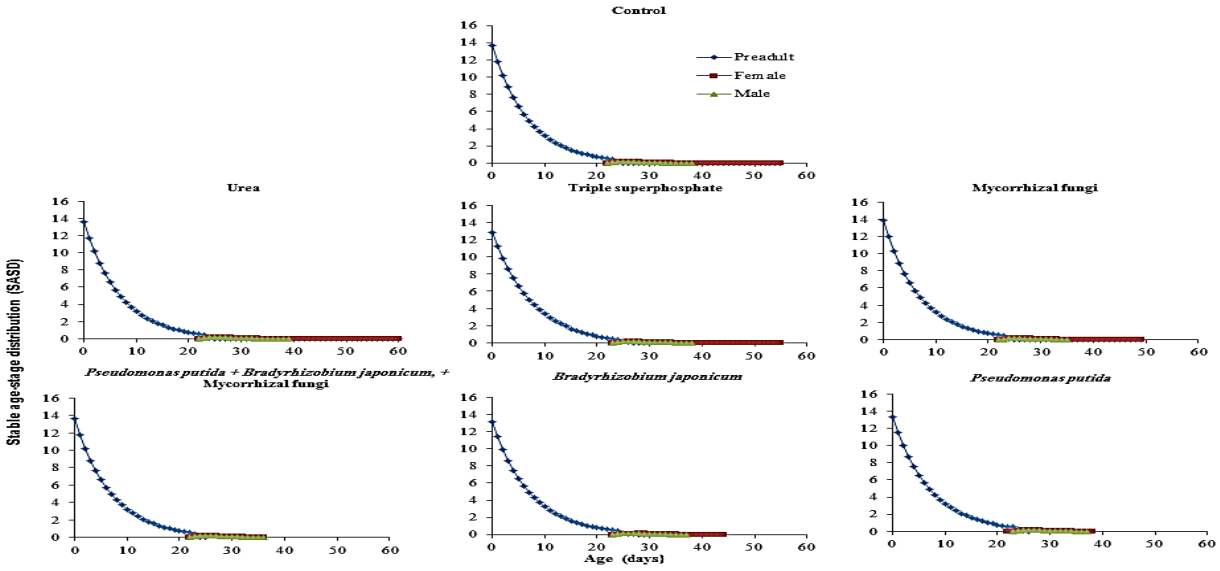
امید به زندگی ویژه سن–مرحله سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات برای مراحل نابالغ روی دانه‌های حاصل از تیمارهای کود اوره، تریپل‌سوپرفسفات، *P. putida*، *B. japonicum*، میکوریز، ترکیب‌کودهای‌زیستی و شاهد به ترتیب برابر با ۳۳/۹۰، ۳۲/۳۴، ۳۴/۳۷، ۳۵/۵۰، ۳۳/۶۶، ۳۲/۸۲ و ۳۴/۲۳ روز به‌دست‌آمد. بیش‌ترین امید به زندگی برای حشرات ماده روی تیمار *B. japonicum* و برای حشرات نر روی تیمار تریپل سوپرفسفات بود. کم‌ترین امید به زندگی برای حشرات نر و ماده برای تیمار ترکیب کودهای زیستی به‌دست آمد (شکل ۴).



شکل ٤– امید به زندگی ویژه سن–مرحله (e_{xj}) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) پرورش‌یافته روی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Fig. 4. Age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Callosobruchus maculatus* reared on *Vigna unguiculata* grains treated with tested fertilizers.

نمودار تغییرات توزیع سنی– مرحله‌ای پایدار برای مراحل نابالغ سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمارهای کودی مختلف نشان داد که پایداری حشره روی تیمار کود میکوریز بیش‌ترین و روی تیمار تریپل سوپرفسفات کم‌ترین بود (شکل ۵).



شکل ۵– توزیع سنی مرحله‌ای پایدار (SASD) سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) پرورش‌یافته روی لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) تیمارشده با کودهای مورد آزمایش

Fig. 5. Stable age-stage distribution (SASD) of *Callosobruchus maculatus* reared on *Vigna unguiculata* grains treated with tested fertilizers.

بحث و نتیجه گیری

بر طبق نتایج این تحقیق، زیست‌شناسی و فراسنجه‌های جدول زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات به طور قابل توجهی تحت تاثیر تغذیه آفت از دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی تیمارشده با کودهای شیمیایی و زیستی مورد آزمایش قرار گرفت. دوره لاروی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات در داخل یک دانه سپری می‌شود و لارو توانایی تغییر دادن میزبان خود را ندارد. بنابراین بقای لارو بسته به نوع مواد تغذیه‌ای موجود در دانه تغییر می‌کند. علاوه بر آن، حشرات کامل در شرایط انبار تغذیه نمی‌کنند و توانایی تولیدمثل آن‌ها وابسته به ذخیره‌ی غذایی است که طی مراحل لاروی اندوخته‌اند (Fox & Czesak, 2000).

تلقیح با باکتری ریزوبیوم جهت تامین منبع نیتروژن گیاه، کمیت و کیفیت نیتروژنی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد و موجب تغییر مواد غذایی و مقوی بذر می‌شود و در نتیجه ترکیبات دفاعی علیه حشرات افزایش می‌یابد (Bortoli & Maia, 1994). مهم‌ترین فراسنجه تعیین‌کننده رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت است که یک شاخص استاندارد بوده و بیش‌ترین میزان رشد جمعیت یک گونه را تحت شرایط مورد آزمایش نشان می‌دهد (Roy *et al*., 2003). فراسنجه‌های رشد جمعیت ابزار مناسبی برای مطالعه پویایی جمعیت حشرات بوده (Maia *et al*., 2000) و روشی ارزشمند برای تعیین میزان رشد جمعیت (Krips *et al*., 1998) و شناسایی موثرترین روش کنترل آفت (Kakde *et al*., 2014) است. درصد بقای نابالغ در تیمارهای تریپل سوپرفسفات و *B. japonicum* کم‌تر از تیمارهای شاهد و *P. putida* بود. در پژوهش انجام گرفته توسط Imbuhila (2020) ، همبستگی مثبت معنی‌داری بین غلظت پروتئین رقم‌های لوبیا چشم‌بلبلی و خسارت ناشی از تغذیه *C. maculatus* گزارش شد، اما محتوای تانن با میزان خسارت دانه همبستگی منفی داشت.

بیش‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمار شاهد به‌دست آمد که می‌تواند به دلیل بقای بالای مراحل نابالغ و زادآوری بیش‌تر حشره روی این تیمار باشد. با این حال، درصد بقای پایین مراحل نابالغ حشره از دلایل اصلی کاهش نرخ خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های حاصل از تیمار کود تریپل سوپرفسفات می‌باشد. کود فسفر بیش از آن که تاثیر مستقیم بر خود گیاه داشته باشد، روی باکتری‌های هم‌زیست اثر گذاشته و موجب افزایش تعداد و اندازه گره‌های ریشه می‌شود (Pathak *et al*., 2003, 2017). در حضور فسفر کافی، تحرک سلول‌های باکتریایی افزایش می‌یابد که منجر به رشد و افزایش اندازه و تعداد گره‌ها می‌شود (Jat & Ahlawat, 2004). یکی دیگر از دلایل احتمالی تغییر در نرخ خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی تیمارهای مختلف کودی، ضخامت پوسته دانه می‌باشد. نوع مواد غذایی مورد مصرف گیاه، روی ضخامت پوسته دانه لوبیا اثر دارد. پوسته دانه اولین خط دفاعی و جایی است که حمله فیزیکی توسط سوسک‌های حبوبات از آنجا شروع می‌شود. نتایج تحقیقات قبلی حاکی از آن است که پوسته دانه روی نسبت تفریخ تخم، ظهور حشرات کامل و مدت زمان نفوذ لارو سن اول به داخل دانه تاثیرگذار است (Souza *et al*., 2011). در تحقیقی، Hamzavi *et al*. (2022) زیست‌شناسی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات را روی رقم ۱۰۵۷ لوبیا چشم‌بلبلی بررسی و گزارش کردند که نرخ ذاتی افزایش جمعیت حشره با مقدار نشاسته و تانن دانه همبستگی منفی دارد. ترکیبات ثانویه گیاهان (مانند آلکالوئیدها، فنل‌ها و ترپنوئیدها) از تخم‌گذاری و تغذیه حشرات جلوگیری می‌کنند (Ake, 2011). مقدار تغذیه سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات از لوبیا چشم‌بلبلی بستگی به محتوای فنل و تانن دانه آن دارد و با افزایش غلظت این مواد، مرگ و میر حشره افزایش می‌یابد (Ahmad *et al*., 2019). هم‌چنین افزایش فنل در دانه ذرت، مطلوبیت آن را برای تغذیه شپشه ذرت *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) کاهش می‌دهد (Arnason *et al*., 1993؛ Ashamo, 2001).

در بررسی خسارت سوسک چینی حبوبات (*Callosobruchus chinensis* L.) روی ارقام نخودفرنگی اظهار شد که در بیش‌تر ارقام مقاوم، محتوای نشاسته دانه بالا بوده و همبستگی مثبت معنی‌داری بین مقدار نشاسته دانه و مقاومت ارقام نخودفرنگی وجود داشت (Kellenbarger *et al*., 1951؛ Kooistra, 1962). یکی از عوامل مهم در تعیین ارزش غذایی نشاسته برای آفات انباری، نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین است (Badenhuizen, 1963). در مطالعات متعددی اثرات منفی آمیلوز بر نشوونمای لاروهای آفات انباری تشریح شده است (Applebaum & Konijn, 1966؛ Rhine & Staples, 1968؛Podoler & Applebaum, 1971a,b). جیره‌ی غذای مصنوعی حاوی آمیلوز بالا، مانع نشوونمای لارو سوسک چینی حبوبات، شپشه گندم، *Sitophilus granaries* (L.) و شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.) شد (Peters, 1960).

در یک تحقیق، Naseri & Hamzavi (2021) رشد جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات را روی غلاف‌های سبز و دانه‌های نارس لوبیا چشم‌بلبلی رقم مشهد که با کودهای مختلف تیمارشده بودند بررسی و اعلام کردند که تیمار کود زیستی *B. japonicum* نسبت به بقیه تیمارها اثر منفی بیش‌تری بر رشد جمعیت آفت دارد. با این‌حال، در مطالعه حاضر، کم‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت مربوط به تیمار تریپل سوپرفسفات بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های نارس لوبیا چشم بلبلی رقم ۱۰۵۷ تیمارشده با کودهای اوره، تریپل سوپرفسفات، *P. putida*، *B. japonicum*، قارچ‌های میکوریز و شاهد به ترتیب برابر با ۰/۰۹۰، ۰/۰۸۰، ۰/۰۷۰، ۰/۰۶۵، ۰/۰۷۷ و ۰/۰۸۲ بر روز به‌دست آمد (Hamzavi *et al*., 2022) که از مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر کمتر است. تغییر در تعداد تخم‌های گذاشته‌شده روی دانه‌های حاصل از تیمارهای مختلف کودی مورد آزمایش می‌تواند ناشی از متفاوت بودن رطوبت دانه‌ها باشد. بر اساس گزارش Hudaib *et al*. (2010) حشرات ماده سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی دانه‌های با رطوبت کم‌تر تعداد تخم بیش‌تری در مقایسه با دانه‌های مرطوب‌تر قرار می‌دهند. اگرچه رطوبت دانه‌های انبار شده به عنوان تنها منبع تأمین کننده‌ی رطوبت، نقش اساسی در نشوونما و زنده‌مانی مراحل نابالغ و ظهور حشرات کامل آفات انباری دارد (Ykubu *et al*., 2011؛ Naseri *et al*., 2022)، به نظر می‌رسد که مقدار زیاد آن برای حشره چندان سودمند نیست و نشان می‌دهد که خسارت سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات روی دانه‌ها در انبار بیش‌تر از غلاف و دانه‌های نارس در شرایط مزرعه می‌باشد (Hamzavi *et al*., 2022؛Hill, 1990).

بر اساس گزارش Reuveni & Reuveni (1998)، نتایج کاربرد کود بر روی آفات و بیماری‌ها بسیار متناقض است. با این وجود بیش‌تر محققان تأیید کردند که کاربرد کود نیتروژن به طور کلی موجب حساس‌تر شدن گیاهان نسبت به آفات می‌شود (Perrenoud, 1990). اگرچه در حبوبات، مقدار کم ترکیبات ازته باعث تحریک غده‌بندی می‌شود، اما در مقدار زیاد مانع تشکیل غده می‌شوند. لوبیا چشم‌بلبلی به کود نیتروژن نیاز چندانی ندارد زیرا نیتروژن مورد نیاز خود را با استفاده از گره‌های موجود در ریشه تثبیت می‌کند. با این حال، در مناطقی که خاک آن از نظر نیتروژن فقیر است، استفاده از کود نیتروژن برای افزایش عملکرد محصول

مورد نیاز است. اگر از کود نیتروژن بیش از حد استفاده شود، عملکرد دانه ضعیف می‌شود (Sprent & Sprent, 1990). بر اساس گزارش Reuveni & Reuveni (1998)، کود فسفر و پتاس در اغلب مطالعات انجام گرفته، منجر به القای مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها شده است (Jensen & Munk, 1997؛ Singh, 1978؛ Harper & Will, 1968؛ Webb & George, 1968؛ Herlihy & Caroll, 1969). باتوجه به نتایج این تحقیق، استفاده از کود تریپل سوپرفسفات و *B. japonicum* برای کاهش رشد جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی لوبیا چشم‌بلبلی رقم مشهد توصیه می‌شود. محققان قبلی برای کاهش خسارت آفت در مزرعه و انبار، کود *B. japonicum* و تریپل سوپرفسفات را توصیه کرده‌اند (Torres *et al*., 2016؛ Naseri & Hamzavi, 2021؛ Hamzavi *et al*., 2022)، که با نتایج ما تا حدی هم‌خوانی دارد. به طور کلی، کاربرد سویه‌های کود زیستی سازگار با اقلیم و رقم مورد کشت همراه با کود تریپل سوپرفسفات، می‌تواند خسارت سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات را روی لوبیا چشم‌بلبلی انبارشده کاهش دهد.

سپاسگزاری

از دانشگاه محقق اردبیلی برای تامین هزینه تحقیق حاضر قدردانی می‌شود.

حمایت مادی و معنوی

این مقاله با حمایت مادی و معنوی دانشگاه محقق اردبیلی در قالب رساله دکتری انجام شده است.

REFERENCES

Adam, J. I., & Baidoo, P. K. (2008) Susceptibility of five cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties to attack by *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of the Ghana Science Association* 10(2), 85-92. DOI: 10.4314/jgsa.v10i2.18044

Agrawal, A. A., Petschenka, G., Bingham, R. A., Weber, M. G., & Rasmann, S. (2012) Toxic cardenolides: chemical ecology and coevolution of specialized plant–herbivore interactions. *New Phytologist* 194(1), 28-45. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.04049.x

Ahmad, M. A., Agnihotri, M., Khan, M. S., Dubey, A., Tyagi, B., Kumar, R., & Prakash, N. (2019) Biochemical basis of resistance in chickpea varieties against *Callosobruchus chinensis* Linn.(Coleoptera: Bruchidae). *Legume Research-An International Journal* 42(2), 282-286. DOI: 10.18805/LR-3848

Ake, J. E. G. (2011) *Repellent, Insecticidal and Antifeedant Potential of Selected Aromatic Plants Against Three Storage Insect Pest* (Doctoral dissertation, PhD Thesis (Unpublished). Department of Animal and Environmental Biology, Delta State University, Abraka, Nigeria.

Alloush, G. A., Zeto, S. K., & Clark, R. B. (2000) Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. *Journal of Plant Nutrition* 23(9), 1351-1369. https://doi.org/10.1080/01904160009382105

Applebaum, S. W., & Konijn, A. M. (1966) The presence of a Tribolium-protease inhibitor in wheat. *Journal of Insect Physiology* 12(6), 665-669. https://doi.org/10.1016/0022-1910(66)90112-0

Arnason, J. T., Baum, B., Gale, J., Lambert, J. D. H., Bergvinson, D., Philogene, B. J. R., & Jewell, D. C. (1993) Variation in resistance of *Mexican landraces* of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. *Euphytica* 74(3), 227-236.

Arong, G. A., & Usua, E. J. (2006) Comparative development of cowpea bruchid, (*Callosobruchus maculates* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on pods and seeds of some cowpea cultivars (*Vigna unguiculata*). *Global Journal of Pure and Applied Sciences* 12(1), 35-40. DOI: 10.4314/gjpas.v12i1.16545

Ashamo, M. O. (2001) Varietal resistance of maize to the maize weevll, *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleo/Sortenbedingte Resistenz von Mais gegen den Maiskäfer, Sitophllus zeamais Motsch.(Coleoptera Curculionidae). *Journal of Plant Diseases and Protection* 108, 314-319. https://www.jstor.org/stable/45154862

Awmack, C. S., & Leather, S. R. (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 47(1), 817-844. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145300

Badenhuizen, N. P. (1963) Formation and distribution of amylose and amylopectin in the starch granule. *Nature* 197(4866), 464-467.

Bhattacharjee, R., & Dey, U. (2014) Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research* 8(24), 2332-2343. https://doi.org/10.5897/ AJMR2013.6374.

Bidar, F., Razmjou, J., Golizadeh, A., Fathi, S. A. A., Ebadollahi, A., & Naseri, B. (2021) Effect of different legume seeds on life table parameters of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Stored Products Research* 90, 101755. https:// doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101755.

Bortoli, S. D., & Maia, I. D. G. (1994) Influência da aplication de fertilizantes na ocorrência de pragas [Influence of fertilizer application on pest occurrence], in *ImportânciaDa Adubadacao NaQualidadeDos Produtos Agricolas*, ed. by SA ME and Buzzeti S. Sao Paulo, Brazil, 53–63.

Carey, J. R. (1993) *Applied demography for biologists: with special emphasis on insects*. Oxford University Press.

Carey, J. R. (2001) Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46, 79-110.

Chi, H. (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17(1), 26-34. https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26

Chi, H. (2020) TWOSEX-MSChart: a computer program for the agestage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, (http://140.120.197.173/Ecology/Download/ Twosex- MSChart.zip) (accessed 1 August 2020). (Replace 2020 with the actual year you downloaded the program).

Chi, H., & **Su, H. Y.** (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology* 35, 10–21. https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10

Chi, H., & Liu, H. S. I. (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. *Buletin of the. Insitue of Zoology Academia Sinica* 24(2), 225-240.

Compton, J. A. F., Tyler, P. S., Hindmarsh, P. S., Golob, P., Boxall, R. A., & Haines, C. P. (1993) Reducing losses in small farm grain storage in the tropics. *Tropical Science* 33, 283-318.

Díaz-Zorita, M., & Fernández-Canigia, M. V. (2009) Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *European Journal of Soil Biology* 45(1), 3-11. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.07.001

Douglas, A. E. (1993) The nutritional quality of phloem sap utilized by natural aphid populations. *Ecological Entomology* 18(1), 31-38. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1993.tb01076.x

Echendu, T. N. C. (1991) Ginger, cashew and neem as surface protectants of cowpeas against infestation and damage by *Callosobruchus maculatus* (Fab.). *Tropical Science* 31(2), 209-211.

El-Rodeny, W. M., Salem, A. A., Mostafa, S. M., & Mohamed, A. M. (2018) Comparative Resistance as Function of Physical and Chemical Properties of Selected Faba Bean Promising Lines against *Callosobruchus maculatus* Post Harvest. *Journal of Plant Production* 9(7), 609-617. DOI: 10.21608/JPP.2018.36367

Fisher, R. A. (1993) *The genetical theory of natural selection: a complete variorum edition*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Fox, C. W., & Czesak, M. E. (2000) Evolutionary ecology of progeny size in arthropods. *Annual Review of Entomology* 45(1), 341-369. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.341

Gao, S. J., Chen, S. S., & Li, M. Q. (1989) Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis and photorespiration in tobacco leaves. *Acta Phytophysiol Sinica* 15, 281-287.

Hamzevi, F., Naseri, F., Hassanpour, M., Razmjou, J., & Golizadeh, A. (2022) Biology and life table parameters of *Callosobruchus maculatus* (F.) on *Vigna unguiculata* (L.) Walp. fertilized with some mineral- and bio-fertilizers. *Journal of Stored Product Research* 97 (101978), 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101978

Harper, P. C., & Will, H. (1968) A response of grey mould of potatoes to fertilizer treatment. *European Potato Journal* 11(3), 134-136.

Herlihy, M., & Carroll, P. J. (1969) Effects of N, P and K and their interactions on yield, tuber blight and quality of potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 20(9), 513-517.https://doi.org/10.1002/jsfa.2740200901

Hertlein, M. B., Thompson, G. D., Subramanyam, B., & Athanassiou, C. G. (2011) Spinosad: a new natural product for stored grain protection. *Journal of Stored Products Research* 47(3), 131-146. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.01.004

Hill, D. S. (1990) *Pests of stored products and their control*. Belhaven Press.

Huang, Y. B., & Chi, H. (2013) Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (D iptera: T ephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. *Journal of Applied Entomology* 137(5), 327-339. https://doi.org/10.1111/jen.12002

Huang, Y. B., & **Chi, H.** (2011) The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio dependent on female age. *Journal of Agriculture and Forestry* 60, 337–345.

Hudaib, T., Hayes, W., Brown, S., & Eady, P. E. (2010) Effect of seed moisture content and d-limonene on oviposition decisions of the seed beetle Callosobruchus maculatus. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 137(2), 120-125. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.01044.x

Hugentobler, U., & Renwick, J. A. A. (1995) Effects of plant nutrition on the balance of insect relevant cardenolides and glucosinolates in Erysimum cheiranthoides. *Oecologia* 102(1), 95-101.

Imbuhila, B. S. (2020) *Influence of Cowpea Plant and Seed Characteristics and Packaging Material in Storage on Cowpea Weevil (Callosobruchus maculatus) Infestation (Doctoral dissertation*, JKUAT-AGRICULTURE).

Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017) The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—current knowledge and future directions. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1617. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617

Jat, R. S., & Ahlawat, I. P. S. (2006) Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture* 28(1), 41-54. https://doi.org/10.1300/J064v28n01_05

Jensen, B., & Munk, L. (1997) Nitrogen-induced changes in colony density and spore production of *Erysiphe graminis* f. sp. hordei on seedlings of six spring barley cultivars. *Plant Pathology* 46(2), 191-202.https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-224.x

Kakde, A. M., Patel, K. G., & Tayade, S. (2014) Role of life table in insect pest management-A review. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7(1), 40-43.

Kellenbarger, S., Silveira, V., McCready, R. M., Owens, H. S., & Chapman, J. L. (1951) Inheritance of Starch Content and Amylose Content of the Starch in Peas (*Pisum sativum*). *Agronomy Journal* 43(7), 337-340. https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300070010x

Kooistra, E. (1962) On the differences between smooth and three types of wrinkled peas. *Euphytica* 11(3), 357-373.

Krips, O. E., Witul, A., Willems, P. E. L., & Dicke, M. (1998) Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera: intraspecific variation in host plant and herbivore. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89(2), 159-168. https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00395.x

Maia, A. D. H., Luiz, A. J., & Campanhola, C. (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93(2), 511-518. https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511

Majnoun-Hosseini, N. (2004) *Grain Legume Production*. University of Tehran Press.

Naseri, B., & Hamzavi, F. (2021) Effects of chemical-and bio-fertilizers on cowpea resistance to cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Stored Products Research* 92, 101785. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101785

Naseri, B., Hamzavi, F., Ebadollahi, A., & Sheikh, F. (2022) Physicochemical traits of *Vicia faba* L. seed cultivars affect oviposition preference and demographic parameters of *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Stored Products Research* 95, 101924. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101924

Olsson, P. A., Thingstrup, I., Jakobsen, I., & Bååth, E. (1999) Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(13) 1879-1887. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00119-4

Pathak, D. V., Kumar, M., & Rani, K. (2017) *Biofertilizer application in horticultural crops. In Microorganisms for Green Revolution* (pp. 215-227). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4_11

Pathak, H., Ladha, J. K., Aggarwal, P. K., Peng, S., Das, S., Singh, Y., & Gupta, R. K. (2003) Trends of climatic potential and on-farm yields of rice and wheat in the Indo-Gangetic Plains. *Field Crops Research* 80(3), 223-234. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00194-6

Perrenoud, P. (1990) Culture scolaire, culture élitaire. *Revue Coordination* (37), 21-23.

Peters, D. C., Zuber, M. S., & Fergason, V. (1960) Preliminary evidence of resistance of high-amylose corn to the Angoumois grain moth. *Journal of Economic Entomology* 53(4), 573-574. https://doi.org/10.1093/jee/53.4.573

Phillips, R. D., McWatters, K. H., Chinnan, M. S., Hung, Y. C., Beuchat, L. R., Sefa-Dedeh, S., & Saalia, F. K. (2003) Utilization of cowpeas for human food. *Field Crops Research* 82(2-3), 193-213. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00038-8

Podoler, H., & Applebaum, S. W. (1971a) Basic nutritional requirements of larvae of the bruchid beetle, *Callosobruchus chinensis* L. *Journal of Stored Products Research* 7(3), 187-193. https://doi.org/10.1016/0022-474X(71)90006-3

Podoler, H., & Applebaum, S. W. (1971b) The α-amylase of the beetle *Callosobruchus chinensis*. Purification and action pattern. *Biochemical Journal* 121(2), 317-320. doi: 10.1042/bj1210317

Reuveni, R., & Reuveni, M. (1998) Foliar-fertilizer therapy—a concept in integrated pest management. *Crop Protection* 17(2), 111-118. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(97)00108-7

Rhine, J. J., & Staples, R. (1968) Effect of high-amylose field corn on larval growth and survival of five species of stored-grain insects. *Journal of Economic Entomology* 61(1), 280-282. https://doi.org/10.1093/jee/61.1.280

Roy, M., Brodeur, J., & Cloutier, C. (2003) Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (rm) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl* 48(1), 57-72. https://doi.org/10.1023/A:1021289832664

Sequeira, R. I. C. H. A. R. D., & Dixon, A. F. (1996) Life history responses to host quality changes and competition in the Turkey-oak aphid, *Myzocallis boerneri* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Callaphididae). *European Journal of Entomology* 93, 53-58.

Shafqat, S., Sayyed, A. H., & Ahmad, I. (2010) Effect of host plants on life-history traits of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science* 83(2), 165-172. https://doi.org/10.1007/s10340-009-0283-8

Sharma, A. K. (2003) Biofertilizers for sustainable agriculture. *Agrobios* 30: 31-37.

Singh, A. (1978) Protection against fungal attack by fertilizers. *Fertility and Abstract* 11(2).462.

Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. (2000) *Ecological methods*. 3rd ed. Blackwell, Oxford, United Kingdom.

Souza, A. J., Santos, P. O., Pinto, M. S., Wermelinger, T. T., Ribeiro, E. S., Souza, S. C., Deus, M. F., Souza, M. C., Fiho, J. X., Fernandes, K. V. S., Oliveira, A. E. A. (2011) Natural seed coats provide protection against penetration by *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) larvae. *Crop Protection* 30(6), 651-657. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.12.014

Sprent, J. I., & Raven, J. A. (1985) Evolution of nitrogen-fixing symbioses. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B. Biological Sciences* 85(3-4), 215-237. DOI: https://doi.org/10.1017/S0269727000004036

Sprent, J. I., & Sprent, P. (1990) *Nitrogen fixing organisms: pure and applied aspects* (Vol. 256). London: Chapman and Hall. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859600076371

Stamopoulos, D. C. (1987) Influence of the Leguminosae secondary substances on the ecology and biology of Bruchidae. *Entomologia Hellenica* 5, 61-67.

Swapan, T. (2016). Bruchid resistance in food legumes-an overview. *Research Journal of Biotechnology* 97-105.

Throop, H. L., & Lerdau, M. T. (2004) Effects of nitrogen deposition on insect herbivory: implications for community and ecosystem processes. *Ecosystem* (7), 109-133. https://doi.org/10.1007/s10021-003-0225-x

Toapanta, M. A., Schuster, D. J. & Stansly P. A. (2005). Development and life history of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Environmental Entomology*, 34, 999-1008.

Torres, E. B., Nóbrega, R. S., Fernandes-Júnior, P. I., Silva, L. B., dos Santos Carvalho, G., Marinho, R. D. C. N., & Pavan, B. E. (2016). The damage caused by *Callosobruchus maculatus* on cowpea grains is dependent on the plant genotype. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(12), 4276-4280.https://doi.org/10.1002/jsfa.7639

Trdan, S., Žnidarčič, D., Kač, M., & Vidrih, M. (2008) Yield of early white cabbage grown under mulch and non-mulch conditions with low populations of onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman). *International Journal of Pest Management* 54(4), 309-318. https://doi.org/10.1080/09670870802220596

Tyler, P. S. (1978) *Handbook of Crop Storage and Marketing*. Government of Botswana, Ministry of Agriculture.

Umbanhowar, J., & Hastings, A. (2002) The impact of resource limitation and the phenology of parasitoid attack on the duration of insect herbivore outbreaks. *Theoretical Population Biology* 62(3), 259-269. https://doi.org/10.1006/tpbi.2002.1617

Umeozor, O. C. (2005) Effect of the infection of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) on the weight loss of stored cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Journal of Applied Science and Environmental Management* 9(1), 169-172.

Venugopal, K. J., Janarthanan, S., & Ignacimuthu, S. (2000) Resistance of legume seeds to the bruchid, *Callosobruchus maculatus*: metabolites relationship. *Indian Journal of Experimental Biology* 38, 471–476.

Vessey, J. K. (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255(2), 571-586. https://doi.org/10.1023/A:1026037216893

Webb, J., & George, R. (1968) Potassium reduce corn leaf disease. *Better Crop* 2: 2-4.

Yakubu, A., Bern, C. J., Coats, J. R., & Bailey, T. B. (2011) Hermetic on-farm storage for maize weevil control in East Africa. *African Journal of Agricultural Research* 6(14), 3311-3319. DOI: 10.5897/AJAR10.829

Zehnder, C. B., & Hunter, M. D. (2008) Effects of nitrogen deposition on the interaction between an aphid and its host plant. *Ecological Entomology* 33(1), 24-30. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00945.x

Life table parameters of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) treated with some biological and chemical fertilizers

Fatemeh Hamzavi[1,2], Bahram Naseri[1], Mahdi Hassanpour[1], Jabraeil Razmjou[1] & Ali Golizadeh[1]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Adrabil, Iran

✉ bnaseri@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0001-5821-0957
✉ hassanpour@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-5409-428X
✉ razmjou@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0948-8279
✉ golizadeh@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-4003-9343

2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Higher Education Complex of Saravan, Sistan and Baluchestan, Saravan, Iran

✉ fhamze@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0001-9933-4155

Article History
Received: 1 December 2022 | *Accepted:* 28 Janurary 2023 | Subject Editor: Masood Amir-Maafi

Abstract
The cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), a destructive insect pest of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.), in the field and storage, causes significant losses in seed weight, germination ability, and the market value. The effect of cowpea (Mashhad cultivar) fertilization with chemical fertilizers (triple superphosphate (TSP) and urea) and some biofertilizers (*Bradyrhizobium japonicum*, *Pseudomonas putida*, mycorrhizal fungi) was studied on biology and life table parameters of *C. maculatus* at 28 ± 1°C, relative humidity of 65 ± 5%, and complete darkness. The highest immature survival (%) was on the grains treated with *P. putida* and control (97.75 and 95.69%, respectively), and the lowest survival was on the grains fertilized with TSP and *B. japonicum* (65.06 and 75%, respectively). Although the developmental time of *C. maculatus* reared on TSP- and *B. japonicum*-treated grains was longer than the control, the intrinsic rate of increase (0.124 day^{-1}) and net reproductive rate (34.34 offspring) on the grains treated with TSP were lower than the control (0.143 day^{-1} and 51.07 offspring, respectively). Results of this research showed that the nutritional value of the grains obtained from TSP and *B. japonicum* treatments were lower than that obtained from other fertilizer treatments.

Keywords: *Callosobruchus maculatus*, Cowpea, Life history, Life table, Biofertilizer

Corresponding Author: Bahram Naseri (Email:bnaseri@uma.ac.ir)

Citation: Hamzavi, F., Naseri, B., Hassanpour, M., Razmjou, J. & Golizadeh, A. (2023) Life table parameters of *Callosobruchus maculatus* on cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) treated with some biological and chemical fertilizers. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 265-278. https://doi.org/10.52547/jesi .42.4.2