



گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)

جلد ۴۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

doi 10.22055/ppr.2023.44022.1697

زیست‌شناسی و پارامترهای رشد جمعیت *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) روی ارقام مختلف برنج

بهرام ناصری^{۱*} و عباس رحیمی آشجردی^۲

۱- نویسنده مسوول: استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (bnaseri@uma.ac.ir)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۹

چکیده

لمبه گندم، (*Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)، یکی از آفات پلی‌فاژ غلات انباری در ایران و برخی کشورهای جهان می‌باشد. در این تحقیق، به منظور تعیین مقاومت و حساسیت ارقام برنج در برابر لمبه گندم، زیست‌شناسی و پارامترهای رشد جمعیت آفت روی شش رقم تجاری برنج (تیس، خزر، شفق، صدری، نعمت و هاشمی) در دمای 33 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و ۲۴ ساعت تاریکی بررسی شد. نتایج نشان داد که درصد زنده‌مانی مراحل نابالغ روی رقم صدری بیشتر از سایر ارقام بود. سوسک‌های پرورش یافته روی رقم خزر حدوداً به ۸ روز زمان طولانی‌تری در مقایسه با رقم صدری، برای تکمیل دوره نشوونمای نابالغ خود نیاز داشتند. زادآوری لمبه گندم (تعداد تخم‌های گذاشته شده در طول دوره تخمگذاری) روی ارقام صدری و تیس به طور معنی‌داری بیشتر از رقم خزر بود. بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) روی رقم صدری و کمترین آن روی ارقام هاشمی، شفق و خزر بود. علاوه بر این، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) روی ارقام صدری و تیس بیشتر از سایر ارقام به دست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارقام صدری و تیس در مقایسه با ارقام هاشمی، شفق و خزر حساس‌تر می‌باشند. از ارقام مقاوم می‌توان در مهندسی ژنتیک محصولات کشاورزی برای به حداقل رساندن خسارت این آفت کلیدی استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: جدول زندگی، رقم مقاوم، آفت انباری، لمبه گندم

دبیر تخصصی: دکتر اورنگ کاوسی

Citation: Naseri, B. & Rahimi Ashjerdi, A. (2023). Biology and population growth parameters of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various rice cultivars. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 46(2), 31-41. <https://doi.org/10.22055/ppr.2023.44022.1697>.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* (L.) بعد از گندم مهمترین گیاه زراعی در جهان بوده و قسمت عمده‌ای از نیازهای غذایی بشر را تامین می‌کند (FAO, 2014). آفات متعددی از راسته سخت‌بالپوشان، دانه‌های برنج را در انبارها تهدید می‌کنند که یکی از مخرب‌ترین آنها، لمبه گندم *Trogoderma granarium* Everts می‌باشد. این آفت علاوه بر گندم به دانه‌های جو، برنج، چاودار، یولاف، حبوباتی مثل فندق، بادام زمینی و دانه‌های روغنی در انبار خسارت می‌زند. خسارت آفت فقط مربوط به مرحله لاروی است و حشرات کامل با وجود داشتن قطعات دهانی طبیعی، تغذیه نمی‌کنند. لاروها قادرند تمام محتویات دانه را مورد تغذیه قرار دهند و با افزایش سن لاروی، تغذیه و خسارت آن‌ها بیشتر می‌شود. کیفیت محصولات خسارت دیده به علت آمیخته شدن آنها با فضولات، پوسته‌ها و موهای کنده شده از بدن لارو، مرغوب نبوده و در صورتی که از آرد آلوده به آفت، نان پخته شود در دستگاه گوارش انسان اختلال ایجاد می‌نماید (Jood & Kapoor, 1993).

در گذشته، برای کنترل آفات انباری از ترکیبات شیمیایی تدخینی از قبیل متیل بروماید و فسفین استفاده می‌شد، ولی به دلیل سمیت فوق‌العاده روی انسان و سایر عوارض خطرناک، مصرف آن‌ها با محدودیت‌های شدیدی روبرو شد (Finkelman et al., 2006). متیل بروماید از مهم‌ترین آلاینده‌های لایه ازن بوده و کاربرد آن از سال ۲۰۰۵ ممنوع شده است (Ayvaz et al., 2010). علاوه بر این، در بسیاری از کشورهای دنیا، مقاومت آفات انباری نسبت به حشره‌کش فسفین گزارش شده است (Lee et al., 2001). کاربرد گسترده آفتکش‌ها برای کنترل آفات سبب به خطر افتادن سلامتی انسان و سایر موجودات، آسیب‌های زیست‌محیطی، طغیان مجدد آفات و پیدایش گونه‌های مقاوم به آفتکش‌ها شده است (Mueller, 1990). بنابراین، به منظور کاهش آسیب‌های ناشی از کاربرد حشره‌کش‌های شیمیایی، استفاده از روش‌های دیگر کنترل آفات به ویژه روش‌های کنترل

غیرشیمیایی توصیه شده است. یکی از روش‌های مفید و موثر، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم است که به طور کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گرفته است (Dent, 2000). ارقام مقاوم با تأثیر روی تغذیه و دوره زیستی حشره آفت و یا روابط متقابل رقم-آفت، می‌توانند از شدت خسارت آفت بکاهند (Panda & Khush, 1995). یکی از شاخص‌های بسیار مهم در ارزیابی مقاومت ارقام گیاهی نسبت به آفات، بررسی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت حشرات آفت با تغذیه از ارقام گیاهی مختلف می‌باشد (Price et al., 1980). بنابراین، مطالعه‌ی زیست‌شناسی و توانایی افزایش جمعیت حشرات آفت روی ارقام گیاهی مختلف می‌تواند در توسعه‌ی راهکارهای کنترلی ایمن‌تر برای انسان و سایر جانوران غیرهدف در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مفید باشند.

اغلب بررسی‌های قبلی انجام گرفته در مورد زیست‌شناسی و رشد جمعیت لمبه گندم، روی ارقام گندم (به عنوان میزبان اصلی آفت) و جو می‌باشد. با این حال، به دلیل خسارت اقتصادی این آفت روی دانه‌های برنج در انبار (Myers & Hagstrum, 2012)، نتایج حاصل از این پژوهش دارای جنبه‌های نوآورانه بوده و می‌تواند در به حداقل رساندن استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی و گرایش به سمت استفاده از ارقام مقاوم، مفید و کاربردی باشد. به عنوان مثال، یافتن ویژگی‌هایی از ارقام مقاوم برنج که سبب ایجاد اثر سوء روی آفت مورد نظر می‌شود، به محققین بخش اصلاح نباتات کمک خواهد کرد تا با انتقال ژنتیکی این عوامل نامطلوب به ارقام دیگر بتوانند ارقامی را تولید کنند که ضمن برخورداری از ارزش غذایی بالا، حاوی ژن‌های تولیدکننده این اثرات سوء باشند تا بدین وسیله محصولی مناسب و ایمن در برابر لمبه گندم داشته باشیم.

میزان خسارت لمبه گندم روی ارقام مختلف گندم توسط (Khan & Kulachi, 2002) مطالعه و گزارش شده است که در ارقام مختلف، تفاوت‌های قابل توجهی در کاهش وزن دانه و فضولات تولیدی توسط حشره وجود داشت که آن را مربوط به

بررسی اثر تغذیه از دانه ارقام مختلف تجاری برنج روی برخی ویژگی‌های زیستی و جمعیتی لمبه گندم می‌باشد. با استفاده از یافته‌های حاصل از این پژوهش، امکان طراحی بهتر برنامه‌های مدیریتی این آفت در انبارهای برنج فراهم خواهد شد.

مواد و روش‌ها

تهیه ارقام برنج

دانه‌های ارقام برنج مورد آزمایش به نام‌های تیس، خزر، شفق، صدری، نعمت و هاشمی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان تهیه شدند. علت انتخاب این ارقام تجاری بودن آن‌ها و سطح کشت وسیع در ایران می‌باشد. کشت و تولید ارقام برنج مورد آزمایش، در شرایط زراعی مشابه و هم‌زمان بوده است. دانه‌های مورد استفاده ابتدا توسط آب شسته شده و سپس در مجاورت هوا خشک شدند. با توجه به اینکه لاروهای سن اول لمبه گندم توانایی تغذیه از دانه‌های سالم را ندارند (Athnassiou et al., 2016)، بنابراین قبل از شروع آزمایش، دانه رقم‌های مختلف برنج با استفاده از دستگاه آسیاب‌کن خرد شدند.

پرورش آزمایشگاهی حشره

کلنی اولیه لمبه گندم از آزمایشگاه گروه گیاهپزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد و سپس روی دانه‌های گندم (به عنوان میزبان اصلی) در ظروف پلاستیکی گرد (قطر ۲۰ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) به صورت گروهی پرورش داده شدند تا جمعیت کافی از حشره حاصل شود. حشرات کامل به دست آمده از کلنی اولیه، روی دانه ارقام برنج مورد آزمایش منتقل (۲۰ جفت روی هر رقم) و به طور گروهی داخل ظروف پرورشی ذکرشده در بالا به مدت دو نسل پرورش داده شدند. سپس از تخم‌های هم‌سن حشره (حداکثر ۲۴ ساعته) به دست آمده از هر رقم برنج، برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. پرورش حشره و تمامی آزمایش‌ها در اتاقک پرورش با دمای 23 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و ۲۴ ساعت تاریکی انجام شد.

حساسیت متفاوت ارقام گندم به این آفت دانستند. در تحقیقی دیگر، Rao et al. (2004) مقاومت و حساسیت ۱۲ رقم گندم را در برابر لمبه گندم بررسی کردند. در این پژوهش، میانگین تعداد نتاج ماده‌ها روی ارقام مختلف از ۱۰ تا ۳۹ فرد متفاوت بود. همچنین نتایج پژوهش آنها نشان داد که برخی از ارقام مورد آزمایش، از مقاومت بیشتری در برابر لمبه گندم برخوردار بودند. پارامترهای زیستی لمبه گندم روی دانه پنج میزبان گیاهی مختلف (گندم، جو، چاودار، برنج و گردو) توسط Borzoui et al. (2015) بررسی شده است. نتایج ایشان نشان داد که لمبه گندم پرورش یافته روی گردو طولانی‌ترین دوره‌ی لاروی و شفیرگی را داشتند. بیشترین وزن شفیرگی روی چاودار و کمترین آن روی برنج و گردو بود. پژوهش انجام یافته توسط Golizadeh & Abedi (2016) درباره پارامترهای جدول زندگی لمبه گندم روی ۱۰ رقم گندم (اروم، بزوستایا، میهن، کوه‌دشت، گاسکوژن، شیرودی، پیشگام، سائسونز، تک-آب و ۹۰۰۹) نشان داد که رقم کوه‌دشت در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی، رقم نامطلوبی برای تغذیه این آفت است. علاوه بر این، Golizadeh & Abedi (2017) اثر ارقام مختلف جو شامل Abidar ، Bahman ، Line 22 ، Line 20 ، Line 30 ، Lisuei ، Lokht 11 ، Makuyi ، Sahand و Sahraa را روی پارامترهای زیستی لمبه گندم بررسی و گزارش داده‌اند که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین دوره‌ی نشوونما به ترتیب روی ارقام Line 22 و Makuyi است. بین ارقام مورد بررسی، بیشترین زادآوری لمبه گندم روی رقم Lisuei و کمترین آن روی رقم Line 22 بود. بنابراین، ارقام Makuyi و Lisuei به عنوان ارقام حساس به لمبه گندم معرفی شدند. نتایج مطالعه رشد نسبی جمعیت *Trogoderma granarium* Everts و *Trogoderma variabile* Ballion بر روی گندم و برنج شلتوک (آسیاب‌نشده) توسط Lampiri et al. (2022) نشان دادند که میزان خسارت و توانایی افزایش جمعیت هر دو گونه آفت روی گندم و برنج مشابه بود. با عنایت به خسارت اقتصادی لمبه گندم روی دانه‌های انباری برنج، هدف از تحقیق حاضر

$$\lambda = e^r$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه ارقام برنج

غلظت پروتئین و نشاسته دانه

برای محاسبه میزان پروتئین موجود در دانه برنج، بعد از همگن‌سازی ۲۰۰ میلی‌گرم از دانه آردشده هر رقم با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، مقدار یکصد میکرولیتر از آردهای همگن شده به نسبت ۳۰ برابر با معرف برادفورد رقیق شدند. سپس جذب نوری ترکیب حاصله در طول موج ۵۹۵ نانومتر در سه تکرار خوانده شد (Bradford, 1976). به منظور محاسبه میزان نشاسته‌ی موجود در دانه، پس از همگن کردن ۲۰۰ میلی‌گرم از دانه آردشده هر رقم با ۳۵ میلی‌لیتر آب مقطر، به مدت ۱۵ دقیقه داخل حمام آبی جوشانده شدند. سپس مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از مواد همگن شده به نسبت ۲۵ برابر با معرف یدین (۰/۰۲ درصد ید و ۰/۲ درصد یدید پتاسیم) رقیق شدند. در نهایت جذب نوری ترکیب به دست آمده، در طول موج ۵۸۰ نانومتر در سه تکرار خوانده شد (Bernfeld, 1955).

درصد رطوبت و سختی دانه

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت ارقام مورد آزمایش بر اساس روش (AACC (2000)، ابتدا ۲ گرم از دانه‌های آسیاب شده‌ی هر رقم در ظروف پتری شیشه‌ای (سه تکرار به ازای هر رقم) قرار داده شده و در آون با دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت خشک شدند. سپس تفاوت وزن دانه‌های آسیاب شده قبل و پس از خشک کردن آنها محاسبه و بر وزن اولیه نمونه تقسیم شد. برای اندازه‌گیری سختی دانه (سه تکرار به ازای هر رقم)، ابتدا ۲۰ گرم دانه‌های مختلف با آسیاب برقی پودر شده و با استفاده از الک شماره ۱۸ (فطر سوراخ‌ها ۱ میلی‌متر) غربال شدند. سپس، درصد وزن پودرهای باقی‌مانده در الک بر وزن اولیه دانه به عنوان شاخص سختی دانه در نظر گرفته شد (AACC, 2000).

زیست‌شناسی لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج

به ازای هر رقم برنج، ۶۰ عدد تخم تازه گذاشته شده (سن کمتر از ۲۴ ساعت) به صورت تصادفی انتخاب و به طور جداگانه در ظروف پتری ۶ سانتی‌متری حاوی ۲ گرم از دانه خرد شده هر رقم برنج قرار داده شدند. جهت انجام تهویه، درپوش ظروف پتری به قطر ۲ سانتی‌متر سوراخ و باتوری مسدود شد. ظروف پتری به طور روزانه بازدید و طول دوره تفریح تخم، طول دوره لاروی و شفیرگی به همراه مرگ و میر آنها ثبت شد. پس از ظهور حشره کامل، حشرات نر و ماده جفت شده و به داخل ظروف پتری ۶ سانتی‌متری جدید انتقال داده شدند. این ظروف نیز روزانه بازدید و طول عمر حشرات کامل نر و ماده، طول دوره تخم‌گذاری و میزان زادآوری حشره ماده روی هر رقم تا پایان عمر حشره بررسی شد.

پارامترهای رشد جمعیت لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج

پارامترهای رشد جمعیت حشره روی ارقام مختلف برنج به روش جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله بررسی شد. بدین منظور، ابتدا نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) و زادآوری ویژه سنی (m_x) حشره با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Chi & Su, 2006):

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj}$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}}$$

سپس پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ خالص تولید مثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و متوسط زمان یک نسل (T) حشره به شرح زیر محاسبه شدند (Chi & Su, 2006):

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} \sum_{j=1}^m S_{xj} f_{xj}$$

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

تجزیه آماری داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. داده‌های خام به دست آمده از مراحل زیستی حشره روی ارقام مختلف برنج با جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله (Chi & Liu, 1985; Chi, 1988) با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart تجزیه شدند (Chi, 2021). برای تکرار دار کردن داده‌های زیست-شناسی و پارامترهای رشد جمعیت، از روش بوت استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار و برای مقایسه میانگین‌ها از روش بوت استرپ جفت شده استفاده شد. به منظور تجزیه آماری ویژگی‌های فیزیوشیمیایی دانه، از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) در نرم‌افزار Minitab ver. 16 استفاده شد. اختلاف آماری میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

نتایج

زیست‌شناسی لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج

میانگین پارامترهای زیستی مراحل نابالغ و حشرات کامل لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج در جدول ۱ ارائه شده است. درصد زنده‌مانی مراحل نابالغ روی رقم صدری بیشتر از سایر ارقام بود ($P < 0.05$). طول دوره جنینی روی رقم شفق طولانی‌تر از ارقام صدری و تیسا بود ($P < 0.05$). کوتاه‌ترین دوره لاروی، سفیرگی و کل دوره نابالغ روی ارقام صدری و تیسا و طولانی‌ترین آنها روی رقم خزر مشاهده شد ($P < 0.05$). زادآوری سوسک-های ماده روی ارقام صدری و تیسا به طور معنی‌داری بیشتر از رقم خزر بود ($P < 0.05$). طولانی‌ترین دوره تخمگذاری آفت روی ارقام صدری و تیسا و کوتاه‌ترین آن روی رقم خزر ثبت شد ($P < 0.05$). با این حال، طولانی‌ترین دوره قبل از تخمگذاری کل حشره (TPOP) روی ارقام شفق و خزر و کوتاه‌ترین آن روی ارقام صدری و تیسا مشاهده شد ($P < 0.05$). طولانی‌ترین عمر حشرات کامل ماده و نر روی ارقام صدری و تیسا و کوتاه‌ترین آن روی رقم خزر به دست آمد ($P < 0.05$).

نرخ زنده‌مانی، زادآوری ویژه سن-مرحله و زادآوری ویژه‌ی سنی لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج

نرخ زنده‌مانی (l_x)، زادآوری ویژه‌ی سن-مرحله (f_{xj}) و زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) لمبه گندم روی شش رقم برنج مورد مطالعه دارای روند متفاوتی بود (شکل ۱). سطح زیر منحنی نرخ زنده‌مانی لمبه گندم روی ارقام تیسا و صدری بیشتر از سایر ارقام مورد آزمایش بود. بیشترین مقدار زادآوری ویژه‌ی سن-مرحله لمبه گندم روی ارقام خزر، هاشمی، صدری، نعمت، تیسا و شفق به ترتیب در روزهای ۶۰، ۵۰، ۵۰، ۵۶، ۵۰ و ۵۰ مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار زادآوری ویژه‌ی سنی لمبه گندم روی ارقام ذکر شده در بالا به ترتیب در روزهای ۵۸، ۵۷، ۵۳، ۵۵، ۵۰ و ۵۷ ثبت شد.

پارامترهای رشد جمعیت لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای رشد جمعیت (جدول ندگی دوجنسی) لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج در جدول ۲ آورده شده است. به جز نرخ خالص تولید مثل (R_0)، تمامی پارامترهای جدول زندگی مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری را روی ارقام مختلف برنج نشان دادند ($P < 0.05$). بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) روی رقم صدری و کمترین آن روی ارقام هاشمی، شفق و خزر بود. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) روی ارقام صدری و تیسا بیشتر از سایر ارقام به دست آمد. طولانی‌ترین متوسط زمان یک نسل آفت (T) روی رقم خزر و کوتاه‌ترین آن روی ارقام صدری و تیسا مشاهده شد.

ویژگی‌های فیزیوشیمیایی دانه رقم‌های مختلف برنج

برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیکی دانه ارقام برنج مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. در میان ارقام مورد مطالعه، غلظت پروتئین در رقم‌های صدری و هاشمی بیش‌تر از رقم خزر بود ($F=4.66$; $df=5, 12$; $P < 0.05$). غلظت نشاسته دانه در ارقام صدری، نعمت و شفق بیش‌ترین و در رقم خزر کم‌ترین مقدار به دست آمد ($F=879.51$; $df=5, 12$; $P < 0.001$). درصد رطوبت دانه در ارقام نعمت، شفق و خزر بیش‌تر از رقم

تاخیر در رشد، کاهش توانایی تولیدمثلی و زنده‌مانی آنها می‌شود (Borzoui et al., 2015). اگرچه برنج در مقایسه با غلاتی مانند گندم و جو عموماً به عنوان میزبان مرجح *T. granarium* نمی‌باشد (Borzoui et al., 2015)، با این حال لاروهای مورد آزمایش در این پژوهش به طور موفقیت‌آمیزی از رقم‌های برنج مورد مطالعه تغذیه و نشوونمای خود را تکمیل کردند. همسو با یافته‌های به دست آمده از تحقیق حاضر، بررسی‌های Myers & Hagstrum (2012) نشان داد که برنج یکی از رایج‌ترین میزبان‌های این حشره می‌باشد.

صدوری بود ($F=6.87$; $df=5, 12$; $P < 0.01$). شاخص سختی دانه در میان ۶ رقم برنج مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($F=2.91$; $df=5, 12$; $P > 0.05$).

بحث

توانایی حشرات برای تغذیه و نشوونما روی ارقام مختلف، به کیفیت غذای مصرفی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی ارقام بستگی دارد (Karasov et al., 2011). تغذیه حشرات گیاهخوار از غذاهای با کیفیت پایین منجر به

جدول ۱- میانگین (\pm خطای معیار) درصد زنده‌مانی و مراحل مختلف رشدی *Trogoderma granarium* روی دانه ارقام مختلف برنج
Table 1. Mean (\pm SE) survival percentage and different developmental stages of *Trogoderma granarium* on seed of different rice cultivars

Parameters	Cultivar					
	Hashemi	Sadri	Nemat	Shafagh	Khazar	Tisa
Immature survival (%)	84.74 \pm 4.00 b	96.15 \pm 2.00 a	84.48 \pm 4.00 b	83.33 \pm 4.00 b	81.96 \pm 4.00 b	92.59 \pm 3.00 ab
Egg incubation (day)	6.47 \pm 0.07 ab	5.55 \pm 0.07 c	6.29 \pm 0.06 b	6.60 \pm 0.06 a	6.57 \pm 0.06 ab	5.72 \pm 0.08 c
Larval period (day)	40.66 \pm 0.27 b	36.44 \pm 0.25 d	39.67 \pm 0.26 c	41.24 \pm 0.29 ab	42.02 \pm 0.25 a	36.87 \pm 0.25 d
Pupal period (day)	6.00 \pm 0.09 bc	4.90 \pm 0.08 d	5.73 \pm 0.09 c	6.20 \pm 0.08 ab	6.42 \pm 0.08 a	5.00 \pm 0.08 d
Developmental time (day)	53.44 \pm 0.28 b	46.88 \pm 0.26 d	51.79 \pm 0.26 c	54.22 \pm 0.32 b	55.28 \pm 0.26 a	47.42 \pm 0.24 d
Fecundity (eggs per reproductive day)	51.40 \pm 1.79 abc	59.64 \pm 1.93 a	54.20 \pm 2.19 ab	49.88 \pm 1.67 bc	47.52 \pm 1.65 c	57.52 \pm 2.06 a
Oviposition period (day)	5.12 \pm 0.21 b	6.00 \pm 0.21 a	5.40 \pm 0.25 ab	4.96 \pm 0.20 b	4.72 \pm 0.18 c	5.76 \pm 0.23 a
TPOP (day)	55.12 \pm 0.40 b	49.04 \pm 0.40 d	53.32 \pm 0.41 c	55.80 \pm 0.56 a	56.84 \pm 0.39 a	49.32 \pm 0.37 d
Female longevity (day)	8.04 \pm 0.18 bc	8.96 \pm 0.25 a	8.28 \pm 0.23 ab	7.80 \pm 0.18 bc	7.60 \pm 0.19 c	8.84 \pm 0.23 a
Male longevity (day)	8.56 \pm 0.18 bc	9.44 \pm 0.27 a	8.79 \pm 0.21 ab	8.16 \pm 0.17 cd	7.80 \pm 0.17 d	9.32 \pm 0.25 a

Mean values in a row followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$) according to paired-bootstrap test. The bootstrapping with 100,000 replications was used to estimate the variances and standard errors.

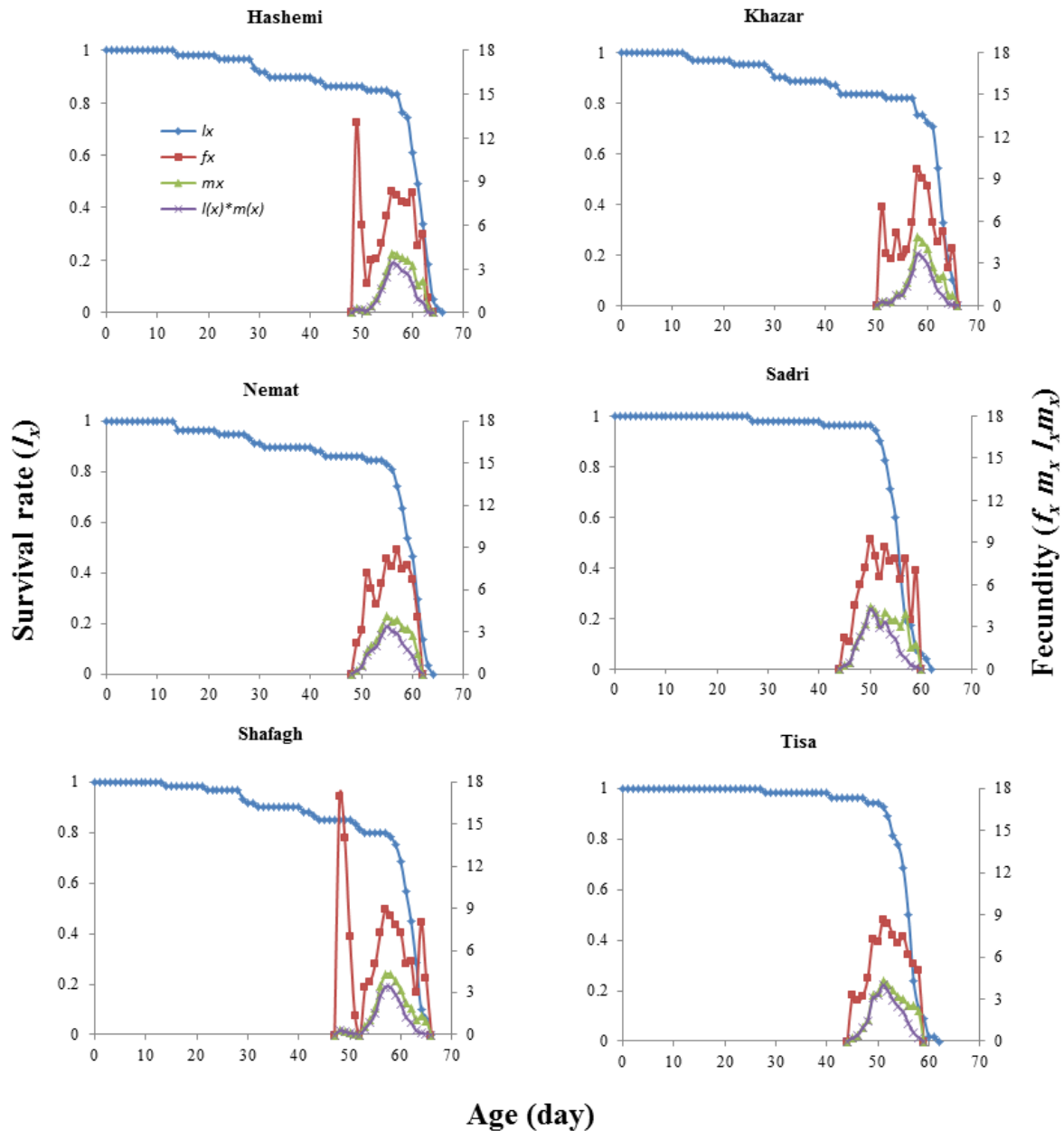
TPOP: Total pre-oviposition period.

جدول ۲- میانگین (\pm خطای معیار) پارامترهای رشد جمعیت *Trogoderma granarium* روی دانه ارقام مختلف برنج
Table 2. Mean (\pm SE) population growth parameters of *Trogoderma granarium* on seed of different rice cultivars

Parameters	Cultivar					
	Hashemi	Sadri	Nemat	Shafagh	Khazar	Tisa
R_0 (offspring)	21.77 \pm 3.40 a	28.67 \pm 4.23 a	23.36 \pm 3.64 a	20.78 \pm 3.24 a	19.47 \pm 3.06 a	26.62 \pm 4.01 a
r (day^{-1})	0.0533 \pm 0.002 c	0.0643 \pm 0.002 a	0.0560 \pm 0.002 b	0.0519 \pm 0.002 c	0.0500 \pm 0.002 c	0.0626 \pm 0.002 ab
λ (day^{-1})	1.054 \pm 0.002 b	1.066 \pm 0.003 a	1.057 \pm 0.003 b	1.053 \pm 0.002 b	1.051 \pm 0.002 b	1.064 \pm 0.003 a
T (day)	57.77 \pm 0.44 b	52.14 \pm 0.41 d	56.22 \pm 0.43 c	58.38 \pm 0.49 ab	59.32 \pm 0.42 a	52.37 \pm 0.40 d

Mean values in a row followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$) according to paired-bootstrap test. The bootstrapping with 100,000 replications was used to estimate the variances and standard errors.

R_0 : net reproductive rate, r : intrinsic rate of increase, λ : finite rate of increase, T : mean generation time.



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی (l_x)، زادآوری ویژه سن- مرحله (f_{xj}) و زادآوری ویژه سنی (m_x) *Trogoderma granarium* روی دانه ارقام مختلف برنج

Figure 1. Survival rate (l_x), age-stage specific fecundity (f_{xj}) and age-specific fecundity (m_x) of *Trogoderma granarium* on seed of different rice cultivars

پایین این رقم برای تغذیه و نشوونمای آفت می‌باشد. به طوری که آهسته بودن نشوونمای حشره روی این رقم ممکن است منجر به افزایش احتمال مرگ و میر مراحل نابالغ آفت شود. بررسی درصد زنده‌مانی حشره روی رقم خزر نشان داد که ۸۱ درصد

نتایج به دست آمده از طول دوره قبل از بلوغ لمبه گندم نشان داد که حشره برای تکمیل دوره نشوونمای نابالغ روی رقم خزر حدوداً به ۸ روز زمان طولانی‌تری در مقایسه با رقم صدری نیاز داشت. افزایش طول این دوره روی رقم خزر نشان‌دهنده کیفیت

فیزیکی دانه می‌تواند در نتایج متفاوت اثرگذار باشد. در میان ارقام برنج مورد مطالعه، بیش‌ترین زادآوری، طولانی‌ترین عمر و دوره تخم‌گذاری حشرات ماده روی ارقام صدری و تیسرا به دست آمد که می‌تواند به دلیل زنده‌مانی بالا و تکمیل هر چه سریع‌تر مراحل قبل از بلوغ حشره روی این دو رقم باشد. علاوه بر این، طولانی بودن عمر افراد نر و ماده روی ارقام صدری و تیسرا، فرصت کافی برای جفتگیری و تولید تخم‌های بارور بیشتر را برای سوسک‌های ماده فراهم می‌سازد. با توجه به عدم تغذیه حشرات کامل لمبه گندم در شرایط انبار، بالا بودن زادآوری و دوره تخم‌گذاری حشره ماده روی دانه-های ارقام صدری و تیسرا می‌تواند به دلیل کارایی تغذیه‌ای بهتر حشره در طی دوران لاروی باشد که منجر به افزایش توان تولیدمثلی حشره در مرحله بلوغ شده است.

نتایج جدول زندگی لمبه گندم روی ارقام مختلف برنج نشان داد که ارقام صدری و تیسرا مطلوب‌ترین رقم‌ها برای افزایش جمعیت آفت می‌باشند، زیرا بیش‌ترین مقادیر r و λ حشره روی این دو رقم مشاهده شد. با این حال، حشرات پرورش‌یافته روی ارقام هاشمی، شفق و به ویژه خزر، کمترین توانایی افزایش جمعیت را داشتند که نشان‌دهنده نامطلوب بودن این ارقام برای لمبه گندم می‌باشد. در پژوهش‌های قبلی، نقش ویژگی‌های فیزیکی دانه محصولات انباری به ویژه سختی دانه در ایجاد مقاومت تغذیه‌ای نسبت به حشرات آفت انباری گزارش شده است (Majd-Marani et al., 2018; Barzin et al., 2019; Naseri & Majd-Marani, 2020).

حشرات نابالغ پرورش‌یافته روی این رقم توانستند دوره قبل از بلوغ را تکمیل کرده و به مرحله حشره کامل برسند. این در حالی است که روی رقم صدری، حدود ۹۶ درصد جمعیت حشرات نابالغ قادر بودند با تکمیل دوره رشدی خود، به حشره کامل تبدیل شوند. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که کوتاه بودن دوره نشوونما و افزایش نرخ زنده‌مانی مراحل نابالغ حشرات گیاهخوار روی یک گیاه میزبان، نشان‌دهنده کیفیت غذایی مطلوب آن گیاه می‌باشد (Razmjou et al., 2014). یکی از دلایل نشوونمای سریع و زنده‌مانی بالای نتاج لمبه گندم روی رقم صدری می‌تواند محتوای بالای پروتئین در دانه این رقم باشد که انرژی کافی را برای رشد هر چه سریع‌تر نتاج سوسک فراهم کرده است. محتوای بیشتر پروتئین در غذا منجر به افزایش کارایی تغذیه‌ای، زنده‌مانی و سرعت نشوونمای لمبه گندم می‌شود (Golizadeh & Abedi, 2016; Majd-Marani et al., 2018). محدوده طول دوره نابالغ لمبه گندم در مطالعه حاضر تقریباً نزدیک به نتایج به دست آمده برای *T. granarium* روی ارقام گندم (Golizadeh & Abedi, 2016) و هیبریدهای ذرت (Majd-Marani et al., 2017) است. با این حال، طول این دوره روی ارقام برنج مورد آزمایش در تحقیق حاضر، کوتاه‌تر از مقادیر گزارش شده توسط Golizadeh & Abedi (2017) روی ارقام مختلف جو می‌باشد. بنابراین ممکن است ارقام برنج مورد آزمایش در مطالعه حاضر از مواد مغذی بیش‌تری نسبت به ارقام جوی فوق‌الذکر برای لاروهای *T. granarium* برخوردار باشند. علاوه بر این، تفاوت از نظر مواد شیمیایی موثر بر آنزیم‌های گوارشی و نیز ویژگی‌های

جدول ۳- میانگین (± خطای معیار) برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی دانه ارقام برنج مورد آزمایش

Table 3. Mean (±SE) some physical and biochemical traits in seed of tested rice cultivars

Parameters	Cultivars						F	df	P
	Hashemi	Sadri	Nemat	Shafagh	Khazar	Tisa			
Protein content (mg/ml)	0.53 ± 0.00 a	0.53 ± 0.00 a	0.50 ± 0.01ab	0.53 ± 0.00 ab	0.44 ± 0.04 b	0.46 ± 0.00 ab	4.66	5, 12	< 0.05
Starch content (mg/ml)	37.77 ± 0.19 b	42.95 ± 0.23 a	43.62 ± 0.19 a	43.54 ± 0.19 a	25.79 ± 0.32 c	38.56 ± 0.21 b	879.51	5, 12	< 0.001
Moisture content (%)	10.59 ± 0.61 ab	6.09 ± 0.31 b	12.59 ± 1.18 a	12.60 ± 0.85 a	16.05 ± 1.25 a	11.92 ± 2.27 ab	6.87	5, 12	< 0.003
Hardness index (%)	87.27 ± 0.54 a	90.25 ± 2.30 a	84.26 ± 1.69 a	86.07 ± 1.56 a	80.50 ± 2.88 a	85.16 ± 1.61 a	2.91	5, 12	0.060

The values in a row followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$) according to Tukey test.

وجود دارد که ارزش غذایی ارقام برنج مورد آزمایش در تحقیق حاضر بیشتر از ارقام جوی مورد بررسی توسط پژوهشگران ذکر شده در بالا برای *T. granarium* باشد.

با توجه به توانایی بالای افزایش جمعیت لمبه گندم روی رقم‌های صدری و تیسرا، در مناطقی که این آفت شیوع دارد، انبارداری بذور این دو رقم به مدت طولانی توصیه نمی‌شود. با این حال، در صورت لزوم انبارداری طولانی‌مدت، بایستی با ردیابی دقیق حضور و فعالیت حشره، اقدامات کنترلی لازم برای جلوگیری از آلودگی محصول به آفت اتخاذ شود. برای مدیریت بهتر لمبه گندم، آزمایش‌های بیشتری به منظور شناسایی سایر عوامل فیزیوشیمیایی، تغذیه‌ای و ضدتغذیه‌ای موجود در ارقام برنج و نقش آنها در ایجاد مقاومت و حساسیت به این سوسک مورد نیاز خواهد بود.

سپاس‌گزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر تأمین هزینه‌های اجرای این پژوهش و از سرکار خانم دکتر فاطمه حمزوی به دلیل همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

با این حال، به دلیل اینکه ارقام مورد بررسی از نظر سختی دانه اختلاف معنی‌دار نداشتند، در این تحقیق، تفاوت در نتایج می‌تواند متأثر از دیگر عوامل فیزیکی یا بیوشیمیایی دانه باشد. به عنوان مثال، کم بودن میزان پروتئین و نشاسته در رقم خزر، می‌تواند از عوامل تاثیرگذار روی مقاومت این رقم در برابر لمبه گندم باشد. نتایج حاصل از این تحقیق درباره نامطلوب بودن رقم خزر برای رشد جمعیت لمبه گندم همسو با یافته‌های Barzin et al. (2019) بود. این پژوهشگران با بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی لاروهای لمبه گندم روی شش رقم برنج (علی کاظمی، شیروودی، گیلانه، خزر، دم‌سیاه و هاشمی)، رقم خزر را به عنوان نامطلوب‌ترین رقم برای تغذیه این آفت معرفی کردند. محدوده نرخ ذاتی افزایش جمعیت لمبه گندم در مطالعه حاضر تقریباً مشابه یافته‌های گزارش شده برای *T. granarium* روی ارقام مختلف گندم (Golizadeh & Abedi, 2016) و هیبریدهای ذرت (Majd-Marani et al., 2017) است. با این حال، مقدار این پارامتر روی ارقام برنج مورد آزمایش در تحقیق حاضر، بیش‌تر از مقادیر گزارش شده توسط Golizadeh & Abedi (2017) روی ارقام مختلف جو می‌باشد. بنابراین این امکان

References

- AACC, (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. The American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Boukouvala, M.C. (2016). Population growth of the khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on different commodities. *Journal of Stored Products Research*, 69, 72-77.
- Ayvaz, A., Sagdic, O., Karaborklu, S., & Ozturk, I. (2010). Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*, 10, 1536-2442.
- Barzin, S., Naseri, B., Fathi, S.A.A., Razmjou, J., & Aeinehchi, P. (2019). Feeding efficiency and digestive physiology of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on different rice cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 84, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101511>.

- Bernfeld, P. (1955). Amylase, α and β . *Methods in Enzymology*, 1, 149-158. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(55\)01021-5](https://doi.org/10.1016/0076-6879(55)01021-5).
- Borzoui, E., Naseri, B., & Namin, F.R. (2015). Different diets affecting biology and digestive physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 62, 1-7.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17, 26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>.
- Chi, H. (2021). TWOSEX-MSChart: a Computer Program for the Age Stage, Two-Sex Life Table Analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwoSEX-MSChart.zip>. (accessed 5 April 2021).
- Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24, 225-240.
- 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(1), 10-21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>.
- Dent, D. (2000). *Insect Pest Management*, second ed. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 20-81.
- FAO, (2014). FAOSTAT online statistical service. FAO, Rome. <http://faostat.fao.org>.
- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., & Dias, R. (2006). Effect of low pressure on the survival of *Trogoderma granarium* Everts, *Lasioderma serricorne* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) at 30°C. *Journal of Stored Products Research*, 42, 23-30.
- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2016). Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 69, 159-165.
- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2017). Feeding performance and life table parameters of Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various barley cultivars. *Bulletin of Entomological Research*, 1-10. <http://doi:10.1017/S0007485317000207>.
- Jood, S., & Kapoor, A.C. (1993). Protein and uric acid contents of cereal grains as affected by insect infestation. *Food Chemistry*, 46, 143-146.
- Karasov, W.H., Martinez del Rio, C., & Caviedes-Vidal, E. (2011). Ecological physiology of diet and digestive systems. *Annual Review of Physiology*, 73, 69-93.
- Khan, S. M., & Kulachi, I.R. (2002). Assessment of post-harvest wheat losses in D. I. Khan. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1, 103-106.

Lampiri, E., Baliota, G.V., Morrison, W.R., Domingue, M.J., & Athanassiou, C.G. (2022). Comparative population growth of the Khapra beetle (Coleoptera: Dermestidae) and the warehouse beetle (Coleoptera: Dermestidae) on wheat and rice. *Journal of Economic Entomology*, 115, 344-352, <https://doi.org/10.1093/jee/toab209>.

Lee, B.H., Choi, W.S., Lee, S.E., & Park, B.S. (2001). Fumigation toxicity of essential oils and their constituents compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Crop Protection*, 20, 317-320.

Majd-Marani, S., Naseri, B., Nouri-Ganbalani, G., & Borzoui, E. (2017). The effect of maize hybrid on biology and life table parameters of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Economic Entomology*, 110 (4), 1916-1922.

Majd-Marani, S., Naseri, B., Nouri-Ganbalani, G., & Borzoui, E. (2018). Maize hybrids affected nutritional physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 77, 20-25.

Mueller, D.K. (1990). Fumigation. In Mallis. A (Ed). Handbook for Pest Control. Franzak and Foster Co. celeveland, Ohio, 901-939.

Myers, S.W., & Hagstrum, D.W. (2012). Quarantine. In: Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., Cuperus, G. (Eds.), Stored Product Protection. Kansas State University, Manhattan, KS, pp. 297-304.

Naseri, B., & Majd-Marani, S. (2020). Assessment of eight rice cultivars flour for feeding resistance to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 88, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101650>.

Panda, N., & Khush, G.S. (1995). Host plant resistance to insect. CAB International, 431 pp.

Price, P.W., Bouton, C.E., Gross, P., MsPherson, B.A., Thompson, J.M., Weis, A.E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecological Systems*, 11, 41-65.

Rao, N.S., Sharma, K., Samyal, A., & Tomar, S.M.S. (2004). Wheat grain variability to infestation by Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. *Annals of Plant Protection Sciences*, 12, 288-291.

Razmjou, J., Naseri, B., & Hemati, S.A. (2014). Comparative performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *Journal of Pest Science*, 87, 29-37.



© 2023 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



Biology and population growth parameters of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various rice cultivars

B. Naseri ^{1*}, A. Rahimi Ashjerdi ²

1. ***Corresponding Author:** Professor of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (bnaseri@uma.ac.ir)
2. M.Sc. Graduate of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 9 June 2023

Accepted: 26 July 2023

Abstract

Background and Objectives

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important cereal grains and serves as a staple food for nearly half of the world's population. *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), commonly known as the Khapra beetle, is a significant pest that infests stored grains and other stored products in various countries worldwide, including Iran. The pest's polyphagous nature and high ability to survive for extended periods without food necessitate using chemical fumigants to control *T. granarium* in storage facilities. However, the serious adverse effects of these insecticides on humans and the environment render it imperative to explore alternative pest control approaches. One of the best safe options is using resistant cultivars in integrated pest management programs. Insect-plant interactions and the resistance of various cultivars to herbivorous insects can be studied by insects' life history and population parameters.

Materials and Methods

The resistance and susceptibility of six commercial rice cultivars (Tisa, Khazar, Shafagh, Sadri, Nemat, and Hashemi) to *T. granarium* were determined by analyzing the life history and population growth parameters of the pest. The seeds of tested rice cultivars, which have a large cultivation area in Iran, were obtained from the Agricultural and Natural Resources Research Center (Gilan province, Iran). The initial colony of *T. granarium* was obtained from the laboratory of Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili (Ardabil, Iran), and was reared in groups on wheat seeds (as the main host). The adult insects obtained from the primary colony were transferred to the seeds of tested rice cultivars (20 pairs on each cultivar), and were reared as a group for two generations. Then, the eggs (1-day-old) laid on each rice cultivar were used for the experiments. The beetle rearing and all experiments were carried out in a growth chamber set at $33 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ RH, and 24 h darkness. Subsequently, the raw data obtained from the life history of *T. granarium* on various rice cultivars were analyzed with TWOSEX-MSChart software using an age-stage, two-sex life table model.

Results

The study results indicated that immature survival rate on cultivar Sadri was higher than on the other tested cultivars. The incubation period was longer on cultivar Shafagh than on cultivars Sadri and Tisa. The shortest larval, pupal and the entire immature periods were observed on cultivars Sadri and Tisa, and longest on cultivar Khazar. The beetles raised on cultivar Khazar took approximately eight days longer to complete their development than those on cultivar Sadri. The fecundity of *T. granarium* (number of eggs laid by each female) on cultivars Sadri and Tisa was significantly higher than on cultivar Khazar. The longest oviposition period was observed on cultivars Sadri and Tisa, and the shortest on cultivar Khazar. The longevity of female and male adults was longest on cultivars Sadri and Tisa, and shortest on cultivar Khazar. The intrinsic rate of increase (r) was highest on cultivar Sadri and lowest on cultivars Hashemi, Shafagh, and Khazar. Additionally, the finite rate of increase (λ) was higher on cultivars Sadri and Tisa than on the other tested cultivars. The longest mean time generation was observed on cultivar Khazar and the shortest on cultivars Sadri and Tisa.

Discussion

One of the reasons for the rapid development and high survival of *T. granarium* on cultivar Sadri may be the high protein content of its seeds, which has provided sufficient energy for the immature stages' rapid growth. However, the amount of protein and starch in cultivar Khazar is lower than in other cultivars, which may be a factor in this cultivar's resistance to *T. granarium*. Our results indicate that Sadri and Tisa are the most susceptible cultivars to potential population increase of the pest because the highest values of r and λ are on these two cultivars. However, owing to the highest values of r and λ on cultivars Hashemi, Shafagh, and Khazar, they are the most resistant cultivars to *T. granarium*. Consequently, resistant cultivars can be used in the genetic engineering of plants to minimize the damage caused by this key pest.

Keywords: Life table, Resistant cultivar, Storage pest, Khapra beetle

Associate editor: A. Kavousi (Ph.D.)

Citation: Naseri, B. & Rahimi Ashjerdi, A. (2023). Biology and population growth parameters of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various rice cultivars. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 46(2), 31-41. <https://doi.org/10.22055/ppr.2023.44022.1697>.