تحقیقات آفات گیاهی
۸۷-۷۳ :(۳) ۹- ۱۳۹۸

تأثیر جیره‌های مختلف غذایی همراه مکمل روغن بر فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* (Zeller)

افشین رحمانی، حمیدرضا صراف معیری* و اورنگ کاوسی
گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۰)

چکیده

در این مطالعه، تأثیر چهار جیره‌ی غذایی شامل غذای استاندارد (٪۶۸ آردگندم، ۲۹٪ سبوس گندم و ۳٪ مخمر) و جیره‌های غذایی حاوی غذای استاندارد به علاوه ۱۰ درصد روغن پالم، روغن گلیسیرین و روغن پومیس روی ویژگی‌های زیستی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری تاریکی کامل بررسی شد. باروری در جیره‌ی غذایی حاوی روغن پومیس (۲۶۴/۳۱ تخم)، جیره‌ی غذایی حاوی روغن گلیسیرین (۲۵۰/۵۴ تخم) و جیره‌ی غذایی حاوی روغن پالم (۳۳۵/۰۳ تخم) به طورمعنی داری کم‌تر از جیره‌ی غذای استاندارد (۳۹۳/۳ تخم) بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) بین جیره‌های غذایی حاوی روغن پومیس (۰/۰۹۲ بر روز)، روغن پالم (۰/۱۰۱ بر روز)، روغن گلیسیرین (۰/۰۹۹ بر روز) و غذای استاندارد (۰/۱۰۹ بر روز) تفاوت معنی داری داشت. نرخ خالص تولید مثل (R_0) در غذای استاندارد (۱۷۴/۷۵ نتاج/ فرد) در مقایسه با جیره‌ی غذای حاوی روغن پالم (۱۲۷/۳۱ نتاج/ فرد) تفاوتی مشاهده نشد، ولی بیش‌تر از جیره‌ی غذایی حاوی روغن پومیس (۷۶/۶۵ نتاج/ فرد) و روغن گلیسیرین (۱۰۲/۲۷ نتاج/ فرد) بود. طول عمر حشرات در جیره‌ی غذایی استاندارد (۵۲/۸۶ روز) با جیره‌ی حاوی روغن گلیسیرین (۵۴/۰۸ روز) و جیره‌ی حاوی روغن پالم (۴۹/۱۷ روز) تفاوت معنی داری نداشت، ولی مقایسه سایر جیره‌ها با یکدیگر تفاوت به‌طور معنی داری داشتند. به نظر می‌رسد جیره‌های غذایی حاوی روغن پالم، گلیسیرین و پومیس نسبت به غذای استاندارد، دارای کیفیت لازم برای استفاده به عنوان غذای مصنوعی، در پرورش این حشره نیستند.

واژه‌های کلیدی: زمان نشوونما، غذای مصنوعی، باروری، جدول زندگی

* نویسنده مسئول: Hamidsarrafm@gmail.com

مقدمه

شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae)، از آفات مهم فرآورده‌های انباری نظیر غلات، میوه‌های خشک، بادام، فندق، پسته و غیره در کشورهای مختلف می‌باشد (Rees, 2003). تخم و لارو شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، به عنوان یک میزبان جایگزین برای پارازیتوئیدها (مانند زنبورهای خانواده Braconidae و Trichogrammatidae) و شکارگرها (مانند شکارگرهای خانواده Coccinellidae، Chrysopidae و Anthocoridae) در واحدهای پرورش انبوه استفاده می‌شود (Corbet, 1973; Rahman *et al*., 2004; Vaez *et al*., 2009). در کشور ما، از تخم بید غلات و لارو آن برای پرورش زنبورهای تریکوگراما و براکونیده استفاده می‌شود (Yazdanian *et al*., 2005).

ماده غذایی مورد استفاده برای پرورش این حشره انباری در کشورهای مختلف جهان، متناسب با تولید عمده محصولات کشاورزی این کشورها تا حدودی متفاوت بوده و از مواد غذایی مختلف مانند آرد و سبوس گندم، آرد ذرت و یولاف (Magrini *et al*., 1993)، دانه ذرت و جو، دانه سویا و مواد افزودنی ویتامین داری نظیر جوانه گندم و مخمر آبجو (Rodriguez *et al*., 1988) استفاده می‌شود. در کشور ما نیز به دلیل سهولت دسترسی به آرد گندم، از این ماده غذایی برای پرورش انبوه آن استفاده می‌شود که مقداری سبوس گندم و هم‌چنین مخمر به آن اضافه می‌شود.

یزدانیان و همکاران (Yazdanian *et al*., 2005) نشان دادند که افزودن ۲۵ درصد سبوس به جیره غذایی لاروها می‌تواند باعث افزایش قدرت باروری ماده‌ها شده و نیز روی برخی دیگر از صفات مطلوب و مورد نظر در پرورش‌های انبوه تاثیر مثبتی داشته باشد. هم‌چنین، این پژوهشگران رطوبت محیط را به عنوان عامل تأثیرگذار برای زنده‌مانی بیش‌تر مراحل نابالغ می‌دانند (Yazdanian *et al*., 2005).

عیوض و کارابورکلو (Ayvaz and Karabörklü, 2008) نیز از شش جیره‌ی مختلف در پرورش شب‌پره مدیترانه‌ای آرد استفاده کرده‌اند و بهترین جیره را از نظر دوره رشدی نابالغ (تخم تا بلوغ) بر پایه آرد ذرت گزارش کرده‌اند. هم‌چنین، گزارش شده است که درصد تفریخ تخم با توجه به تغذیه حشرات بالغ در دوره قبل از بلوغ متفاوت است و بیش‌ترین میزان تفریخ تخم در جیره‌ی آرد چاودار و کم‌ترین مقدار در جیره‌ی آرد ذرت می‌باشد (Ayvaz and Karabörklü, 2008). در بررسی دیگری که روی آرد گندم نرم با اندازه ذرات مختلف در جیره‌ی غذایی همراه با پروتئین و نشاسته صورت گرفته است، نشان داده شده است که جیره‌های غذایی با اندازه ذرات بین ۲۵۰ تا ۴۱۹ میکرومتر منجر به بیش‌ترین تعداد ظهور حشرات بالغ و هم‌چنین کوتاه‌ترین دوره رشدی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد شده‌اند (Locatelli *et al*., 2008). هم‌چنین نشو و نمای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد روی دو جیره‌ی غذایی (یک جیره شامل ذرت هیبرید زرد و مخمر و دیگری شامل ذرت سفید و مخمر) بررسی شده است که نتایج نشان می‌دهد که جیره‌ی غذایی حاوی ذرت هیبرید زرد از نظر غذایی برای تولید انبوه این حشره مناسب‌تر است (Magrini *et al*., 1995).

رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2011) با مقایسه طول عمر مراحل مختلف زندگی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد روی چهار میزبان گردو، بادام، پسته و خرما نشان دادند که بین مراحل جنینی، لارو، شفیره و حشره کامل در میزبان‌های مورد آزمایش اختلاف معناداری مشاهده نشده، ولی بین کل طول عمر حشره اختلاف معنادار وجود داشته است. به طوری که، کم‌ترین طول عمر مربوط به جیره‌ی پسته و گردو است. گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد بال‌پولکداران برای رشد طبیعی لارو یا ظهور افراد بالغ حداقل به یکی از اسیدهای چرب اشباع‌نشده نیاز دارند (Vanderzant, 1968). در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شده است که حشرات بالغ شب پره‌های *A. kuehniella*، *Ephestia elutella* (Hübner)، *Ephestia cautella* (Walker) و *Plodia interpunctella* (Hübner) که لارو آن‌ها روی غذای مصنوعی شامل کازئین، گلوکز، کلسترول و نمک تغذیه شدند، ظهور نکردند و در ادامه آزمایش، با اضافه کردن روغن جوانه گندم به همان جیره،

حشرات به بلوغ رسیدند (Fraenke land Blewett, 1946a). در این پژوهش بیان شده است که عوامل فسفات مورد نیاز حشره از طریق روغن جوانه گندم تأمین می‌شود. هم‌چنین، نشان داده شده است که *A. kuehniella* روی جیره‌ی غذایی دارای ۸۰ درصدگلوکز رشد مطلوبی دارد و در مقادیر کم گلوکز، رشد آن کند یا متوقف می‌شود. این پژوهشگران بیان داشتند که کلسترول یکی از اجزای ضروری در جیره‌ی غذایی مورد استفاده است. در جیره‌های غذایی حاوی عوامل شناخته‌شده از ویتامین‌های خانواده B و ۸۰ درصدگلوکز، با حذف مخمر از جیره‌ی غذایی، رشد حشرات به‌نسبت خوب بوده است، اما نرخ رشد در مقایسه با جیره‌ی غذایی حاوی مخمر به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. این یافته‌ها نشان‌دهنده بهبود ویژگی‌های رشدی در صورت استفاده از مخمر در جیره‌های غذایی *A. kuehniella* می‌باشد (Fraenkel and Blewett, 1946a). هم‌چنین، گزارش شده است اسید لینولئیک موجود در روغن جوانه گندم اثر مثبتی در رشد شب‌پره‌ی آرد دارد (Fraenkel and Blewett, 1946b). استفاده از روغن ماهی کاد در جیره‌ی غذایی، به دلیل محتوای اسیدهای چرب اشباع‌نشده باعث افزایش سرعت رشد می‌شود، در حالی که اثر آن روی اندازه حشره و ظهور حشره بالغ نزولی یا کاهنده است. نشان داده شده است که حضور لینولئیک اسید برای رشد عادی بال در خانواده نوکتوئیده ضروری است و هر چند افزودن درصدهای مختلف روغن جوانه گندم به جیره‌ی غذایی *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Dip.: Tephritidae) تأثیری در وزن شفیره، طول دوره‌ی لاروی، ظهور حشرات بالغ و توانایی جفت‌گیری ندارد، ولی باعث افزایش معناداری در تولید و تفریخ تخم می‌شود (Fraenkel and Blewett, 1946b; Terriere and Grau, 1972; Chang and Vargas, 2007).

صنعت روغن نخل یکی از منابع اصلی آلودگی صنعتی در مالزی است. در پژوهشی، از روغن پالمی که به عنوان پساب صنعتی محسوب می‌شد، در پرورش لاروهای دوبالان خانواده Chironomidae استفاده شده است و نتایج حاکی از آن بوده که روغن پالم تأثیر معناداری در نشوونمای لارو داشته و سبب تسریع در رشد آن‌ها شده است (Habib *et al.*, 1997). هم‌چنین، گزارش شده است که فسفولیپیدهای موجود در روغن جوانه گندم و روغن زیتون باعث تحریک تغذیه در جنس نر ملخ‌ها می‌شوند (Thorsteinson and Nayar, 1963). در پژوهشی که روی جیرجیرک خانگی انجام گرفته است، از دو نوع غذای مصنوعی، یکی شامل روغن جوانه گندم و دیگری فاقد این روغن استفاده شد که نتایج به دست آمده نشان داد که غذای حاوی روغن جوانه گندم باعث افزایش باروری، رشد و زنده‌مانی این حشره شده است (McFarlane and Alli, 1984).

پژوهشگرانی که در زمینه تولید انبوه این میزبان‌های جایگزین فعالیت دارند، با لحاظ کردن صرفه‌های اقتصادی و زیستی، در پی یافتن روش‌های پرورشی مطلوبی هستند که با حداقل هزینه، حداکثر بازدهی حاصل شده و کیفیت حشرات تولیدی نیز حفظ شود. در همین راستا،عواملی نظیر دما، رطوبت، تراکم اولیه تخم‌ها، طول دوره روشنایی و نوع ماده غذایی، موضوع بررسی‌های فراوان بوده و سعی شده است تا مطلوب‌ترین شرایط برای هر یک از گونه‌های حشرات مورد آزمایش تعیین شود.

جدول زندگی، توصیف جامع و فراگیری از زنده‌مانی، نشو و نما و تولیدمثل افراد مورد مطالعه می‌باشد که اساس علم اکولوژی جمعیت را تشکیل می‌دهد (Chi and Yang, 2003). در جدول زندگی باروری با دنبال کردن رویدادهایی مانند تعداد افراد متولد شده تا مرگ آخرین فرد از گروه هم سن و هم‌چنین توصیف زمان نشو و نما و نرخ بقای هر مرحله رشدی، پیش‌بینی اندازه جمعیت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص میسر می‌شود (Carey, 1993). در پژوهش حاضر نیز از روش ذکر شده برای بررسی فراسنجه‌های جمعیت بید آرد در تیمارهای غذایی مختلف استفاده شده است.

هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی جیره‌ی غذایی برای پرورش انبوه شب‌پره مدیترانه‌ای آرد است که برای رسیدن به این هدف، تأثیر جیره‌های غذایی حاوی روغن‌های

پالم، پومیس و گلیسیرین بر شایستگی بید آرد نسبت به جیره غذایی استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش کلنی

برای تشکیل کلنی، جمعیت اولیه از کلنی‌های موجود در آزمایشگاه اکولوژی و کنترل بیولوژیک دانشگاه زنجان تهیه شد. به منظور پرورش آزمایشگاهی شب پره‌ی آرد، از ظروف پلاستیکی درب‌دار به ابعاد ۱۰×۲۰×۲۵ سانتی‌متر که درب آن‌ها برای ایجاد تهویه با توری پوشیده شده بود، استفاده شد. کلنی‌های آزمایشی درون اتاقک رشد با دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و شرایط تاریکی کامل قرار گرفت. واحدهای آزمایشی، ظروف پلاستیکی شفاف درب‌دار به قطر ۷ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر بودند که درب آن‌ها جهت ایجاد تهویه توسط توری پوشیده شده بود. هم‌چنین، برای تخم‌ریزی حشرات بالغ از ظروف مستطیلی شکل به ابعاد ۳/۵×۵/۵×۷ سانتی‌متر استفاده شد (Tahernia, 2017).

هم‌سن‌سازی و بررسی جدول زندگی

به منظور هم‌سن‌سازی تخم‌ها، ابتدا تعدادی شب‌پره‌ی بالغ نر و ماده که به تازگی ظاهر شده بودند (۱ تا ۳ روزه) به طور تصادفی از کلنی‌های آزمایشگاهی گزینش شدند. سپس، داخل قیف مخصوص برای جمع‌آوری تخم قرار گرفتند و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاهی به آن‌ها اجازه‌ی جفت‌گیری و تخم‌ریزی داده شد. در مرحله‌ی بعد، ۱۰۰ عدد تخم هم‌سن به‌طور تصادفی به وسیله‌ی قلم‌مو از بین تخم‌ها انتخاب شده و به‌صورت جداگانه داخل واحدهای آزمایشی حاوی ۲ گرم جیره‌ی غذایی قرار گرفتند. آزمایش‌ها در دمای ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد به طور جداگانه در سه تیمار مختلف شامل غذای استاندارد اینسکتاریوم‌ها (آرد گندم و سبوس گندم و مخمر)+ ۱۰٪ روغن (پومیس، پالم، گلیسیرین) (Lima *et al*, 2001)، در اتاقک‌های رشد و بر مبنای طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت. برای بررسی جدول زندگی از ۱۰۰ عدد تخم هم‌سن با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت استفاده شد. بازدید از نمونه‌ها به صورت روزانه صورت گرفت و زنده‌مانی و رشد و نمو افراد تا آخرین فرد زنده مانده ثبت شد. پس از بلوغ، افراد نر و ماده با یکدیگر جفت شده و علاوه بر میزان زنده‌مانی، تعداد تخم‌ریزی روزانه‌ی آن‌ها نیز ثبت شد (Chi, 1988). در صورت عدم وجود جنس نر در روز جفتگیری، از نرهای جوان و هم‌سن کلنی که در شروع آزمایش پیش‌بینی شده بود، استفاده شد.

چهار جیره‌ی غذایی مورد مطالعه در پژوهش حاضر شامل جیره‌ی غذایی استاندارد (۶۸ درصد آرد گندم، ۲۹ درصد سبوس و ۳ درصد مخمر)، جیره‌ی غذایی استاندارد + ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، جیره‌ی غذایی استاندارد + ۱۰ درصد روغن پالم و جیره‌ی غذایی استاندارد + ۱۰ درصد روغن پومیس بود که در متن به‌ترتیب با حروف اختصاصی A، B، C و D نشان داده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس نظریه جدول زندگی دوجنسی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی رشدی (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988) انجام شد. برای برآورد فراسنجه‌های جدول زندگی و خطاهای معیار مرتبط با آن‌ها، از نرم‌افزار TWO-SEX MSChart (Chi, 2016) استفاده شد. خطای معیار فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش Bootstrap و با تعداد ۱۰۰,۰۰۰ نمونه محاسبه شد. مقایسه میانگین فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش Paired bootstrap انجام شد (Chi, 2016). از نرم‌افزار SigmaPlot v.12 برای رسم نمودارها استفاده شد (Polat-Akköprü *et al*., 2015) و روند رشد جمعیت نیز با استفاده از نرم‌افزار Timing-MSChart انجام شد (Chi, 2019).

نتایج

ویژگی‌های زیستی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *A. kuehniella*، در چهارجیره‌ی غذایی مختلف

ویژگی‌های زیستی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *A. kuehniella* روی چهار جیره‌ی غذایی مختلف در جدول ۱

نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده تفاوت معناداری بین طول دوره‌ی لاروی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد روی جیره‌ی غذایی B با بقیه‌ی جیره‌ها وجود داشت (جدول ۱). کوتاه‌ترین طول دوره‌ی لاروی روی جیره‌ی غذایی B و به لحاظ مقدار عددی طولانی‌ترین دوره روی جیره‌ی غذایی D مشاهده شد (جدول ۱). هم‌چنین، طول دوره‌ی شفیرگی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در جیره‌ی غذایی D اختلاف معنا-داری با سایر جیره‌ها داشت (جدول ۱) ($P<0.05$). بین طول عمر حشرات کامل پرورش‌یافته روی جیره‌ی غذایی A با C و B اختلاف معناداری وجود نداشت ولی هر سه تیمار ذکر شده با جیره غذایی D اختلافشان معنادار بود (جدول ۱) ($P<0.05$). بیش‌ترین و کم‌ترین طول عمر حشره‌ی بالغ به لحاظ مقادیر به‌دست آمده به‌ترتیب روی جیره‌های غذایی B و D برآورد شد (جدول ۱).

میانگین کل دوره‌ی پیش از بلوغ برای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد مطابق جدول ۱ می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین دوره‌ی پیش از بلوغ به‌ترتیب در جیره‌ی غذایی D و B محاسبه شد و بین جیره‌ی غذایی B با A، C و D تفاوت معناداری وجود داشت (جدول ۱) ($P<0.05$). طول عمر کل با تغذیه از جیره‌های مختلف غذایی اختلاف معناداری را نشان دادند (جدول ۱) ($P<0.05$).

هم‌چنین، در خصوص باروری حشره‌ی مذکور در مقایسه‌ی میانگین تیمارها اختلاف معناداری وجود داشت، به‌طوری که بیش‌ترین میزان باروری روی جیره‌ی غذایی A و کم‌ترین میزان آن روی جیره‌ی غذایی B مشاهده شد

جدول ۱- ویژگی‌های زیستی و تولیدمثلی (میانگین ± خطای معیار) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* پرورش یافته روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم و D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

Table 1. Biological and reproductive characteristics (Mean ± SE) of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella*, grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet meal + 10% glycerin oil, C: standard diet meal + 10% palm oil, and D: standard diet meal + 10% pumice oil)

Life stages/ characteristics	**A**	**B**	**C**	**D**
Egg (day)	4.49 ± 0.05a	5.00±0.00a	4.43 ± 0.05a	4.11 ± 0.03a
Larva (day)	30.37 ± 0.2 a	28.07 ± 0.134 b	30.57 ± 0.3 a	30.93 ± 0.7 a
Pupa (day)	10.18 ± 0.08 b	9.88 ± 0.133 b	10.11 ± 0.2 b	11.46 ± 0.3 a
Adult (day)	12.19 ± 0.5 ab	12.81 ± 0.5 a	11.01 ± 0.3 b	6.71 ± 0.6 c
Preadult period (day)	44.99 ± 0.2 a	42.91 ± 0.2 b	45.01 ± 0.3 a	46.08 ± 0.9 a
Longevity (day)	52.87 ± 1.4 ab	54.08 ± 0.7 a	49.17 ± 1.3 bc	48.58 ± 1.2 c
Fecundity (offspring)	393.20± 17.59 a	250.54 ± 28.72 c	335.03 ± 22.98 b	264.31 ± 30.29 bc
Oviposition period (day)	6.08 ± 0.14 a	5.76 ± 0.25 a	6.18 ± 0.36 a	4.29 ± 0.61 b
TPOP (day)	45.42 ± 0.35 a	44.24 ± 0.28 b	46.11 ± 0.6 a	46.33 ± 1.01 a
APOP (day)	0.33 ± 0.07 b	1.71 ± 0.22 a	1.46 ± 0.09 a	1.30 ± 0.08 a

*حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار میان میانگین‌ها می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

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

(جدول ۱). در ارتباط با دوره‌ی پیش از تخمریزی کل (TPOP) نیز در شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، بین جیره‌ی غذایی B با A، C و D اختلاف معناداری مشاهده شد (جدول ۱) ($P<0.05$).

منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله رشدی (S_{xj}) که احتمال رسیدن یک فرد تازه متولد شده تا سن x و مرحله‌ی زیستی j را نشان می‌دهد، در شکل ۱ نمایش داده شده است. الگوی منحنی زنده‌مانی برای جیره‌ی غذایی A و B تا حدودی مشابه است، چون تعداد افراد بالغ در این دو تیمار بیش‌تر و درصد تلفات دوره‌ی پیش از بلوغ آن‌ها کم‌تر است. ولی، در جیره‌ی غذایی D و C تلفات پیش از بلوغ زیاد و تعداد افراد بالغ کم‌تر است. با توجه به اثرگذاری باروری افراد بالغ و تلفات پیش از بلوغ در جیره‌های غذایی، بیش‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در جیره‌ی A و کم‌ترین مقدار آن در جیره‌ی D مشاهده شد (جدول ۲).

باروری ویژه‌ی سن-مرحله‌ی رشدی (f_{xj})، باروری ویژه‌ی سنی (m_x)، زایش ویژه‌ی سنی (l_xm_x) و نرخ بقای ویژه‌ی سنی (l_x) روی جیره‌های غذایی مختلف در شکل ۲ نشان داده شده اند. به عنوان مثال، در مورد ویژگی‌های تولید مثلی، زایش ویژه‌ی سنی (l_xm_x)، تیمار A بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است (شکل ۲).

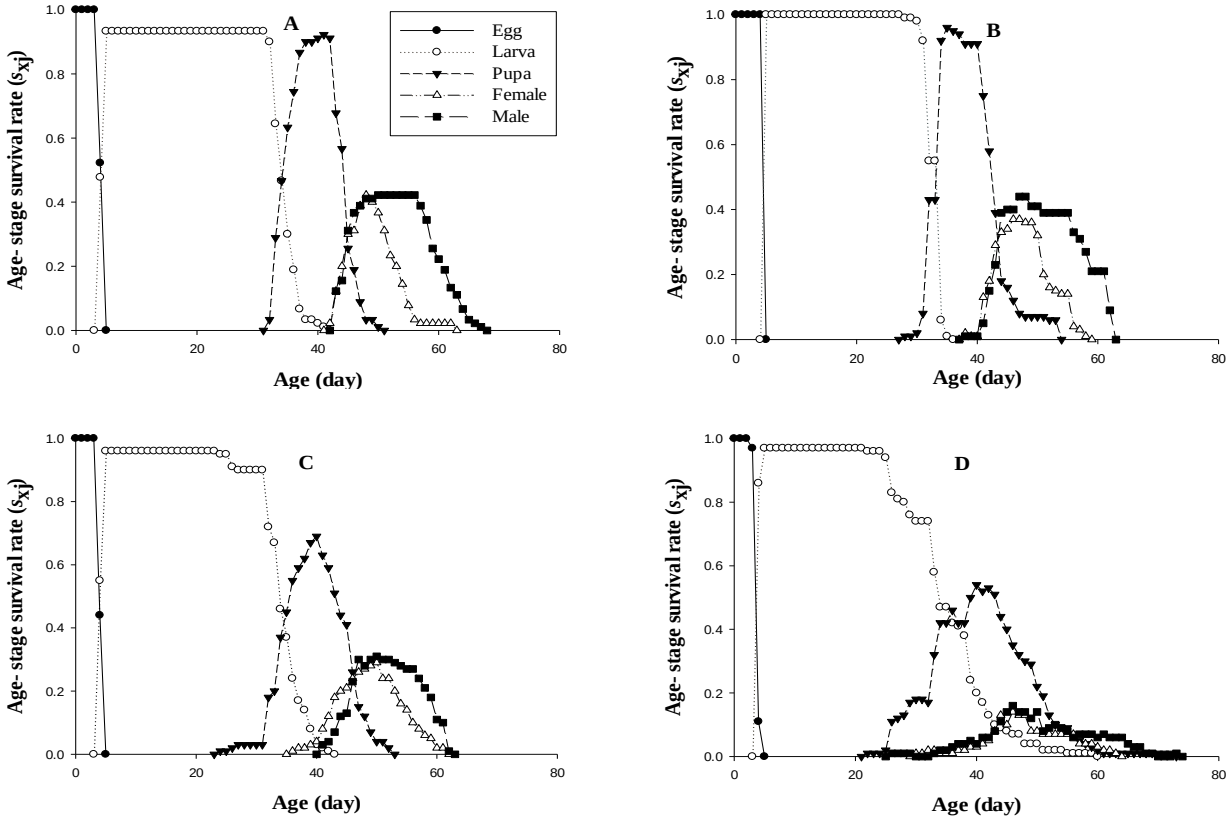
جدول ۲- فراسنجه‌های جمعیتی (میانگین ± خطای معیار) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* پرورش یافته روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم و D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

Table 2. Population parameters (Mean ± SE) of the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella*, grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet meal + 10% glycerin oil, C: standard diet meal + 10% palm oil and D: standard diet meal + 10% pumice oil)

Population parameters	**A**	**B**	**C**	**D**
Intrinsic rate of increase (r) (day^{-1})	0.109 ± 0.003 a	0.099 ± 0.003 b	0.101 ± 0.003 ab	0.096 ± 0.004 b
Finite rate of increase (λ) (day^{-1})	1.115 ± 0.003 a	1.104 ± 0.004 b	1.106 ± 0.004 ab	1.096 ± 0.5 b
Net reproductive rate (R_0) (female/individual)	174.75 ± 22.02 a	102.72 ± 16.99 bc	127.31 ± 18.39 ab	76.65 ± 14.8 c
Gross reproductive rate (*GRR*) (female/individual)	206.52 ± 25.87 a	116.93 ± 19.05 b	202.46 ± 29.06 a	166.12 ± 37.58 ab
Mean generation time (T) (day)	47.33 ± 0.32 a	46.59 ± 0.26 a	47.70 ± 0.82 a	47.14 ± 1.13 a

*حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار میانگین‌ها می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

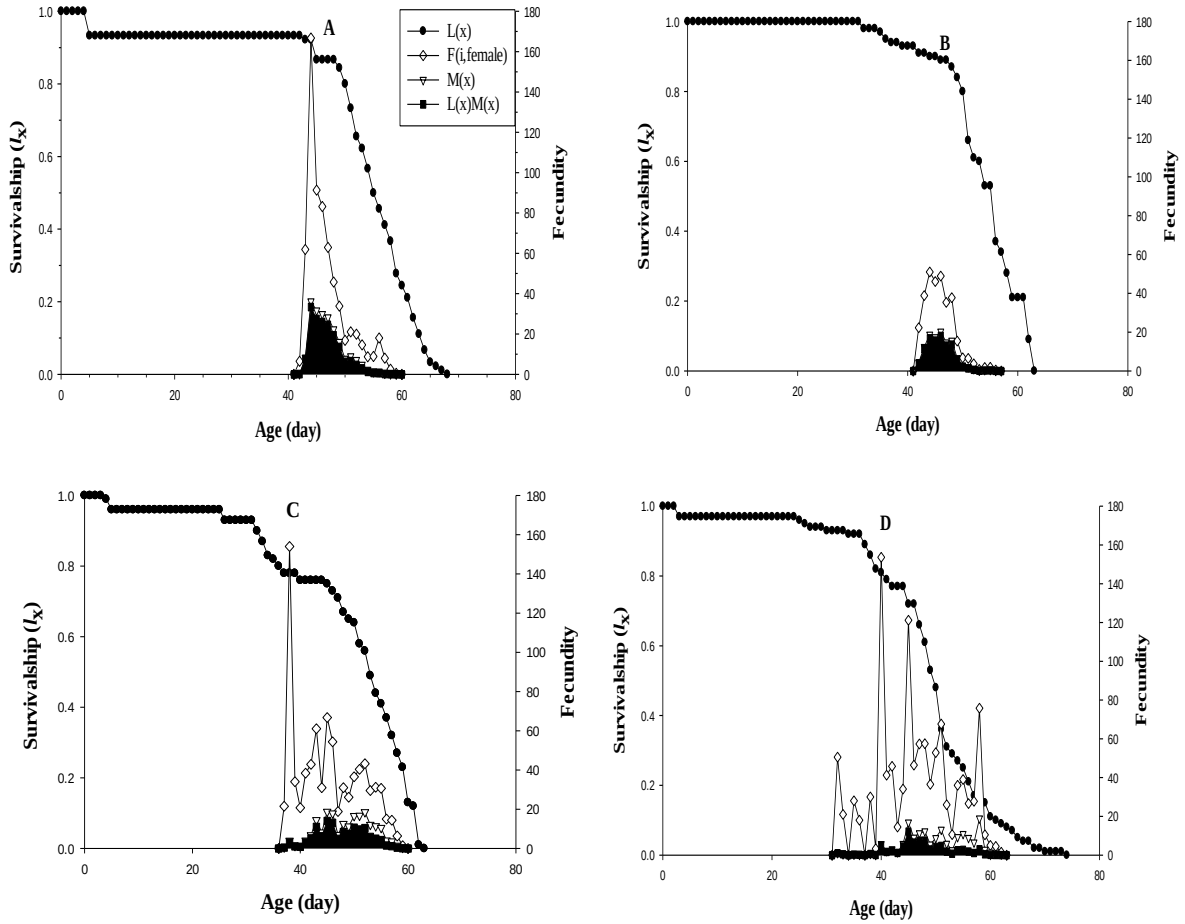
* Non-similar letters in each row indicate a significant difference in means (P <0.05).



شکل ۱- منحنی زنده‌مانی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی رشدی (S_{xj}) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم و D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

Figure 1. Age–stage specific survival rate (S_{xj}) of the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella* grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet meal + 10% glycerin oil, C: standard diet meal + 10% palm oil, and D: standard diet meal + 10% pumice oil)

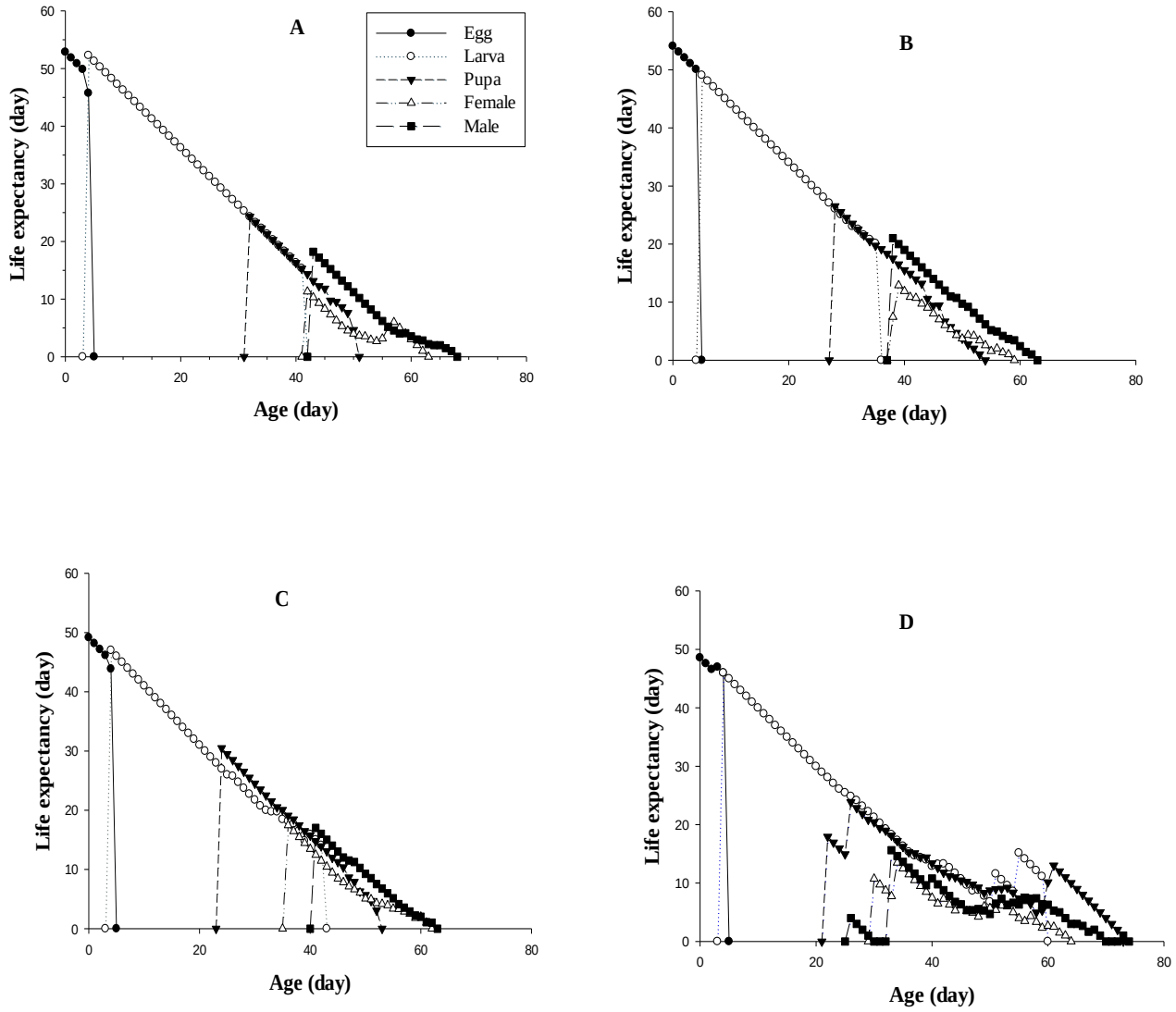
بیش‌ترین میزان باروری به ازای هر ماده در جیره‌ی A و کم‌ترین باروری به ازای هر ماده در جیره‌ی B مشاهده شد (شکل۲). سطح زیر نمودار m_x بیانگر نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) می‌باشد که بیش‌ترین آن مربوط به جیره‌ی A و کم-ترین سطح، مربوط به جیره‌ی B بوده است (شکل ۲). هم چنین، سطح زیر نمودار l_xm_x بیانگر نرخ خالص تولید مثل (R_0) می‌باشد که همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در جیره غذای A بیش‌تر از دیگر تیمارها است.



شکل ۲–نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سنی (l_x)، باروری ویژه‌ی سنی ماده (f_x)، باروری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) و زایش ویژه‌ی سنی (l_xm_x) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Anagasta kuehniella* پرورش یافته روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم، D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

Figure 2. Age-specific survival rate (l_x), age-stage specific fertility (f_x), age-specific fecundity (m_x) and age-specific maternity (l_xm_x),of Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella*, grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet meal + 10% glycerin oil, C: standard diet meal + 10% palm oil, D: standard diet meal + 10% pumice oil)

تعداد روزهایی که فرد در هر سن و مرحله‌ی رشدی قادر به زنده ماندن است را با منحنی امید به زندگی ویژه‌ی سن–مرحله‌ی رشدی (e_{xj}) نشان می‌دهند. امید به زندگی شب‌پره‌ی آرد *A. kuehniella* در چهار جیره‌ی غذایی مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. امید به زندگی برای یک فرد تازه متولد شده (تخم یک‌روزه) در چهار جیره‌ی غذایی A، B، Cو D به‌ترتیب ۵۲/۸۶۶، ۵۴/۰۸، ۴۹/۱۷ و ۴۸/۵۸ روز و امید به زندگی برای یک فرد ماده تازه به مرحله‌ی بلوغ رسیده نیز در جیره‌های مختلف مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۱/۲۹۹، ۷/۴۴۲، ۱۷/۴۴۹ و ۱۰/۷۳۴ روز به‌دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- منحنی امید به زندگی ویژه‌ی سن- مرحله‌ی رشدی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* پرورش یافته روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم و D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

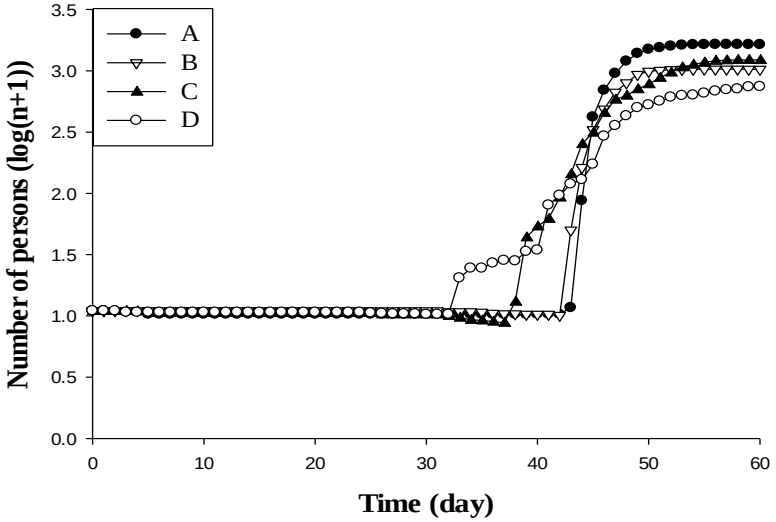
Figure 3. Age-stage specific life expectancy of Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella*, grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet including meal + 10% glycerin oil, C: standard diet including meal + 10% palm oil, and D: standard diet including meal + 10% pumice oil)

بررسی و مقایسه فراسنجه‌های جمعیتی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *A. kuehniella* با تغذیه ازچهار جیره‌ی غذایی مختلف

نتایج مربوط به محاسبه‌ی فراسنجه‌های رشد جمعیت *A. kuehniella* در جدول ۲ آمده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد بین متوسط مدت زمان یک نسل (T) شب‌پره‌ی آرد با تغذیه از جیره‌های غذایی مختلف اختلاف معناداری وجود نداشت (جدول ۲) ولی بین نرخ ناخالص تولید مثل (GRR)، نرخ خالص تولید مثل (R_0) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) بین جیره‌های غذایی تفاوت معناداری وجود داشت (جدول ۲) ($P<0.05$). در خصوص نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز بین تیمارها اختلاف معناداری دیده شد (جدول ۲) ($P<0.05$).

شبیه‌سازی جمعیت شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *A. kuehniella* با تغذیه از چهار جیره غذایی مختلف

با استفاده از شبیه‌سازی جمعیت، ساختار و روند رشد کمی جمعیت طی زمان به صورت پیش‌بینی کل جمعیت (شکل ۴) و یا تفکیک مراحل زیستی، با توجه به نرخ رشد جمعیت نشان داده می‌شود (شکل ۳). بر این اساس، با فرض تعداد اولیه ۱۰ تخم، پس از ۶۰ روز در تغذیه از جیره‌های B، C، D و A جمعیت شب‌پره آرد به‌ترتیب به ۱۰۳۰، ۱۲۲۷، ۷۴۳ و ۱۶۳۵ فرد رسید (شکل ۴).



شکل ۴- پیش‌بینی روند رشد جمعیت کل شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* پرورش یافته روی چهار جیره‌ی غذایی (A: جیره‌ی غذایی استاندارد، B: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن گلیسیرین، C: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پالم، D: جیره‌ی غذایی استاندارد+ ۱۰ درصد روغن پومیس)

Figure 4. Total population projection of Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella*, grown on four diets (A: standard dietary meal, B: standard diet meal + 10% glycerin oil, C: standard diet meal + 10% palm oil, D: standard diet meal + 10% pumice oil)

بحث

نتایج این تحقیق تأثیر جیره‌های مختلف غذایی بر ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *A. kuehniella* را نشان می‌دهد. در رابطه با تأثیر جیره‌های غذایی بر طول دوره لاروی، با توجه به نتایج این تحقیق تنها جیره‌ی B باعث کاهش طول دوره‌ی لاروی شد. به نظر می‌رسد با اضافه کردن گلیسیرین به دلیل حفظ رطوبت جیره‌ی غذایی، لاروها انرژی کم‌تری را از دست می‌دهند و بر همین اساس دوره‌ی لاروی کوتاه‌تری نیز دارند. با توجه به نتایج این پژوهش، وجود گلیسیرین در جیره‌ی غذایی باعث کاهش طول دوره‌ی لاروی شده است که هم‌سو با نتایج پژوهش‌های مشابه می‌باشد (Yazdanian *et al.*, 2000; Ryne *et al.*, 2004). رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2011) ، مراحل نشو و نمای بید آرد را در چهار جیره‌ی غذایی گردو، بادام، پسته و خرما در شرایط دمایی ۲۰ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، به ترتیب ۴۵، ۴۶، ۴۲ و ۴۷ روز گزارش کرده‌اند که تقریباً مشابه با مقادیر به‌دست آمده در تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش بوده است (جدول ۱). طول مرحله‌ی شفیرگی بید آرد در تحقیق بیان شده در جیره‌های گردو ۱۳/۳۲ روز، بادام ۱۵/۰۶ روز، پسته ۱۲/۰۶ روز و خرما ۱۱/۱۳ روز گزارش شده است. در تحقیق حاضر، بیش‌ترین طول دوره‌ی شفیرگی مربوط به جیره‌ی پومیس با میانگین طول دوره‌ی ۱۱/۴۶ روز و کم‌ترین آن در جیره‌ی گلیسیرین برابر با ۹/۸۸ روز بوده است (جدول ۱). هم‌چنین، طول دوره بلوغ بید آرد در جیره-های گردو، بادام، پسته و خرما به ترتیب ۸/۲، ۷، ۹/۰۶ و ۹/۲

روز گزارش شده است (Abdi *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیش‌ترین طول دوره‌ی حشرات بالغ در جیره‌ی گلیسیرین (۱۲/۸۱ روز) و کم‌ترین آن در جیره‌ی پومیس (۶/۷۱ روز) بود (جدول ۱). متوسط مدت زمان طول یک نسل (T) نیز در پژوهش ذکر شده برای تیمارهای گردو، بادام، پسته و خرما به ترتیب ۷۳/۸۵، ۷۵/۲۶، ۷۱/۱۱ و ۷۵/۶۶ روز گزارش شده است.در تحقیق حاضر، مقادیر محاسبه شده برای این فراسنجه‌های در جیره‌های غذایی A، B، C و D تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند. به عبارت دیگر، جیره‌های غذایی حاوی آرد، سبوس و روغن‌های تیمار شده مدت زمان یک نسل را برای این حشره کاهش می‌دهند که این مسئله می‌تواند در برنامه‌های پرورش انبوه حائز اهمیت باشد (جدول ۲). در مطالعه‌ای دیگر، میانگین طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی بید آرد در شرایط دمایی ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵٪ و دوره نوری تاریکی کامل روی جیره‌ی غذایی آرد گندم و مخمر به ترتیب ۳۳/۶۹ و ۸/۸۴ روز گزارش شده است (Sahaf and Moharramipour, 2014). طول دوره‌ی لاروی در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش ذکر شده کوتاه‌تر، ولی طول دوره‌ی شفیرگی طولانی‌تر می‌باشد (جدول ۱). به نظر می‌رسد دلایل این تفاوت را بتوان در جیره غذایی مورد استفاده در پژوهش یاد شده (آرد گندم و مخمر به نسبت ۱۰ به ۱) و دمای مورد آزمایش (۲۷ درجه سلیسیوس) جستجو کرد. نشو و نمای بید آرد، شب‌پره‌ی هندی و شب‌پره‌ی برنج روی جیره‌های غذایی مختلف از گندم معمولی و گندم سیاه در شرایط دمایی ۲۶ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی مورد بررسی قرار گرفته است (Locatelli and Limonta, 1998). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بیش‌ترین طول دوره‌ی پیش از بلوغ برای بید آرد در جیره‌ی گندم سیاه با پریکارب، ۴۲ روز و کم‌ترین طول دوره در جیره‌ی آرد گندم ۳۴ روز می‌باشد. هم‌چنین، نشان داده شده است بیش‌ترین طول دوره‌ی نشو نما کل در جیره‌ی گندم سیاه با پریکارب، ۵۶ روز و کم‌ترین طول دوره در جیره‌ی آرد گندم ۴۳ روز بوده است.

در پژوهش حاضر، بیش‌ترین طول عمر ۵۴ روز و کم‌ترین آن ۴۸ روز محاسبه شدکه به‌ترتیب در جیره‌های B و D بود (جدول ۱). اختلاف در مقادیر دوره‌ی نشو نمای ذکر شده می‌تواند ناشی از تفاوت در طول دوره‌ی نوری، جیره‌ی غذایی متفاوت و هم چنین نوع پرورش حشره در دو پژوهش باشد.

بررسی شاخص‌های زیستی بید آرد روی آرد نه رقم گندم در شرایط دمایی ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی نشان داده است که بیش‌ترین و کم‌ترین طول دوره‌ی شفیرگی به‌ترتیب روی رقم‌های کوشکی و بک‌کراس روشن به مقدار ۱۶/۳۳ روز و N-80-19، ۷ روز بوده است (Abdi *et al.*, 2013). در تحقیق حاضر، بیش‌ترین و کم‌ترین این مقادیر به‌ترتیب روی جیره‌ی D و جیره‌ی B برابر با ۱۱/۴۶ و ۹/۸۸ روز بود (جدول ۱). هم‌چنین، در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است که طول عمر ماده‌ها حدود ۷–۸ روز و طول عمر نرها ۷–۱۲ روز است که نشان‌دهنده‌ی بیشتر بودن طول عمر نرها نسبت به ماده‌ها است (Altahtawy *et al.*, 1973; Rodriguez *et al.*, 1988). در پژوهش حاضر هم طول عمر نرها از ماده‌ها بیش‌تر می‌باشد و جیره‌ی غذایی حاوی گلیسیرین هرچند باعث کاهش طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی می‌شود، ولی طول عمر حشره بالغ را افزایش داده و باعث افزایش طول عمر کل نیز می‌شود (جدول ۱).

پژوهشگران متعددی گزارش کرده‌اند که باروری شب‌پره‌ها می‌تواند تحت تأثیر نوع جیره غذایی مورد استفاده آن‌ها قرار گیرد (Kumral *et al.*, 2007; Madboni and Pourabad, 2012) که نتایج این پژوهش نیز تغییر میزان باروری را با استفاده از جیره های غذایی حاوی روغن نسبت به غذای استاندارد نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای در این زمینه، بیش‌ترین میزان باروری حشرات ماده‌ی بید آرد مربوط به گندم رقم N-86-7 (۱۲۶/۸۰ تخم) و کم‌ترین میزان روی رقم N-80-19 (۴۷/۶۷ تخم) گزارش شده است. در این پژوهش، بیش‌ترین میزان باروری در جیره‌ی A و کم‌ترین در جیره‌ی B به‌ترتیب به میزان ۳۹۳/۲ و ۲۵۰/۵۴ تخم بود که در

هر دو تیمار میزان تخم‌ریزی حشرات ماده به طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از پژوهش ذکر شده است. موضوع قابل ذکر در خصوص انجام این پژوهش در مقایسه با مطالعه‌ی ذکر شده این است که در پژوهش حاضر، حشرات به صورت انفرادی پرورش یافته و سپس جفت شده و میزان باروری آن‌ها مقایسه شد، ولی در پژوهش ذکر شده حشرات به صورت گروهی در جیره‌هایی با اندازه‌ی یکسان پرورش داده شده و سپس به صورت جداگانه جفت شده‌اند (Xu *et al.*, 2008).

تولید انبوه شب‌پره‌ی بید آرد روی غذای مصنوعی حاوی آرد ذرت نیز در شرایط دمایی ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بررسی شده است (Lima *et al.*, 2001). نتایج این مطالعه نشان داده است که بهترین جیره از لحاظ ظهور حشرات بالغ، وزن لاروی و باروری جیره‌ی آرد ذرت ۴۸٪/۵ + آرد گندم ۴۸/۵٪ + مخمر ۳٪ است که میزان باروری بید آرد با تغذیه از این جیره، ۱۸۸/۲ تخم به ازای هر ماده گزارش شده است. میزان باروری در این مطالعه، در مقایسه با پژوهش حاضر مقدار کم‌تری را نشان می‌دهد. چون هدف از پرورش بید آرد، استفاده از لارو و تخم‌های این حشره به عنوان میزبان دشمنان طبیعی است و از آن‌جاکه میزان باروری یکی از شاخصه‌های زیستی مهم در پرورش انبوه به شمار می‌رود، به نظر می‌رسد تیمارهای پژوهش حاضر گزینه‌ی مناسب‌تری نسبت به پژوهش ذکر شده می‌باشند.

در خصوص فراسنجه‌های جدول زندگی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت با تغذیه از آرد گندم و مخمر در پژوهش صحاف و محرمی‌پور (Sahhaf and Moharramipour, 2014)، ۰/۱۱۴ بر روز و نرخ خالص تولید مثل، برابر با ۱۳۳/۳۴۴ نتاج/فرد گزارش شده است. بهترین تیمار ما از لحاظ این دو فراسنجه تیمار A است که نرخ ذاتی افزایش جمعیت با تغذیه از آن، ۰/۱۰۹ بر روز می‌باشد که نسبت به پژوهش ذکر شده کم‌تر است. دلیل این تفاوت می‌تواند ناشی از تلفات بیشتر مراحل پیش از بلوغ در تیمار A نسبت به پژوهش ذکر شده باشد (جدول ۱). مدت متوسط زمان یک نسل نیز در پژوهش صحاف و محرمی‌پور (Sahhaf and Moharramipour, 2014)، ۴۲/۸۲ روز گزارش شده است که نسبت به پژوهش حاضر کوتاه‌تر بود.

فراسنجه‌های جدول زندگی شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد توسط ناصری و بیدار (Naseri and Bidar, 2015)، در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی ارقام مختلف جو و گندم مورد بررسی قرار گرفته است. بیش‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل روی رقم سپاهان (۰/۰۷ بر روز و ۸۷/۴۱ نتاج/فرد) و کم‌ترین آن روی رقم دشت (۰/۰۳ بر روز و ۱۲/۲۹ نتاج/فرد) گزارش شده است. به نظر می‌رسد افزودن روغن به جیره‌ی غذایی در پژوهش حاضر باعث افزایش نرخ خالص تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با مقادیر متناظر در مطالعه‌ی مذکور شده است.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد بهترین عملکرد بین جیره‌های غذایی را جیره‌ی A (جیره‌ی غذای استاندارد فاقد روغن) داشته است؛ به این دلیل که دارای کم‌ترین تلفات پیش از بلوغ، بیش‌ترین درصد ظهور حشرات بالغ، بیش‌ترین باروری حشره‌ی ماده و همین‌طور سرعت رشد بود. اگرچه جیره‌ی غذایی B باعث کاهش طول دوره‌ی پیش از بلوغ شده و همین‌طور تلفات کمی نیز با تغذیه از آن مشاهده شده است، ولی باروری در این جیره پایین‌ترین مقدار را در بین جیره‌های مختلف مورد مطالعه داشت. جیره‌ی C هم در بیشتر فراسنجه‌ها مشابه جیره‌ی A بود، ولی به دلیل تلفات پیش از بلوغ بالا و هم‌چنین باروری پایین نمی‌تواند به عنوان جیره‌ی مناسبی برای پرورش بید آرد باشد. جیره‌ی D، ضعیف‌ترین عملکرد را در بین جیره‌های مختلف مورد بررسی داشت. باروری پایین، مرگ و میر پیش از بلوغ بالا، تفاوت در رشد و زنده‌مانی بین افراد جمعیت و هم‌چنین بیش‌ترین دوره‌ی پیش از بلوغ عواملی هستند که در عملکرد ضعیف این جیره تأثیرگذار بوده‌اند. هدف از پرورش انبوه حشراتی که از تخم آن‌ها در پرورش انبوه حشرات دیگر استفاده می‌شود، تولید

بیش‌ترین تعداد تخم در شرایط بهینه در کم‌ترین زمان ممکن است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد افزودن روغن (غلظت ۱۰٪) به جیره‌ی غذایی استاندارد مورد استفاده در پرورش بید آرد تأثیر مثبتی بر روند پرورش بید آرد نداشته است. البته قابل ذکر است که نتایج این پژوهش از یک نسل تغذیه‌ی شب‌پره‌ی آرد از جیره‌های غذایی به دست آمده است و برای بررسی‌های بیش‌تر پرورش در چندین نسل روی این جیره‌ها و مقایسه نتایج در این شرایط می‌تواند دورنمای بهتری را برای قضاوت در این خصوص در اختیار ما قرار دهد.

سپاسگزاری

از سرکار خانم مهندس افسانه داودی برای همکاری در این پژوهش قدردانی می‌شود.

References

Abdi, A., Naseri, B. and Fathi, A. A. 2014. Nutritional indices, and proteolytic and digestive amylolytic activities of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae): response to flour of nine wheat cultivars. **Journal of Entomological Society of Iran** 33(4): 29-41. (in Farsi)

Altahtawy, M. M., Hammad, S. M. and Habib M. E. 1973. Bionomics of *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). **Indian Journal of Agricultural Sciences** 43(10): 905-908.

Ayvaz, A. and Karabörklü, S. 2008. Effect of cold storage and different diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Pest Science** 81(1): 57-62.

Carey, J. R. 1993. Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press. New York. pp.206.

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17: 26-34.

Chi, H. 2016. COSUME-MSchart. Available from: (http://.znu-ac.ir/ agriculture/ pages/ plantprotection/ software/ index. Htm/ CosumeMsChart. Zip. Version: 2016.05.11).

Chi, H. 2019. Timing-MSChart: A Computer Program for the Population Projection Based on Age-Stage, Two-sex Life Table. (http://140.120.197.173/Ecology/Download/TIMING-MSChart.rar)

Chi, H. and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology**, Academia Sinica 24 (2): 225-240.

Chi, H. and Yang, T. C. 2003. Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 32: 327-333.

Corbet, S. A. 1973. Oviposition pheromone in larval mandibular glands of *Ephestia kuehniella*. **Nature** 243: 537-538.

Fathipour, Y. and Naseri, B. 2011. Soybean cultivars affecting performance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). 599-630 in Ng, T. B. (Ed) Soybean - biochemistry, chemistry and physiology. In Tech. Rijeka, Croatia. pp. 642.

Fraenkel, G. and Blewett, M. 1946 (A). The dietetics of the caterpillars of three *Ephestia* species, *E. kuehniella*, *E. elutella*, and *E. cautella*, and of a closely related species, *Plodia interpunctella*. **Journal of Experimental Biology** 22 (3-4): 162-171.

Fraenkel, G. and Blewett, M. 1946 (B). Linoleic acid, vitamin E and other fat-soluble substances in the nutrition of certain insects, *Ephestia kuehniella*, *E. elutella*, *E. cautella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Experimental Biology** 22 (3-4): 172-190.

Habib, M. A. B., Yusoff, F. M., Phang, S. M., Ang, K. J. and Mohamed, S. 1997. Nutritional values of chironomid larvae grown in palm oil mill effluent and algal culture. **Aquaculture** 158(1-2): 95-105.

Kumral, N. A., Kovanci, B. and Akbudak, B. 2007. Life tables of the olive leaf moth, *Palpita unionalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), on different host plants. **Journal of Biological and Environmental Sciences** 1: 105-110.

Lima, F. M., Favero, S. and Lima, J. O. G. 2001. Production of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet containing corn meal. **Neotropical Entomology** 30: 37-42.

Locatelli, D. P. and Limonta, L. 1998. Development of *Ephestia kuehniella* (Zeller), *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) on kernels and wholemeal flours of *Fagopyrum esculentum* (Moench) and *Triticum aestivum* L. **Journal of Stored Products Research** 34 (4): 269-276.

Madboni, M. A. Z. and Pour Abad, R. F. 2012. Effect of different wheat varieties on some of developmental parameters of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Munis Entomology and Zoology** 7 (2): 1017-1022.

Magrini, E. A., Botelho, P. S. M., Parra, J. R. P. and Haddad, M. L. 1993. Comparação de dietasartificiais para criaçãomassal de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). **Anais-Sociedade Entomologica do Brasil** 22 (2): 361-361.

Magrini, E. A., Parra, J. R. P., Haddad, M. L. and Botelho, P. S. M. 1995. Comparação de dietasartificiais e tipos de milho, para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). **Scientia Agrícola**. 52 (1): 60-64.

McFarlane, J. E. and Alli, I. 1985. Influence of sex and dietary fat on the group effect in larvae of *Achetadom esticus* (L.). **Journal of Insect Physiology** 31 (5): 379-382.

PolatAkköprü, E., Atlıhan, R., Okut, H. and Chi, H. 2015. Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: A Case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars**. Journal of Economic Entomology** 108: 378-387.

Rahimi, A., Takloozade, H. M. and Javidfar, R. 2011. Comparison between different life stages of *Ephestia kuehniella* on four stored products. Proceedings of 2nd Iranian Pest Management Conference (IPMC), 14 September, Kerman. pp. 450-455. (in Farsi)

Rahman, M. M., Roberts, H. L. and Schmidt, O. 2004. The development of the endoparasitoid *Venturia canescens* in Bt-tolerant, immune induced larvae of the flour moth *Ephestia kuehniella*. **Journal of Invertebrate Pathology** 87(2): 129-131.

Rees, D. 2003. Insects of stored products. CSIRO Publishing, London. pp. 181.

Rodriguez-Menendez, H., Vargas, P. and Cabello-Garcia, T. 1988. Influence of the diet on the development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Phycitidae). **Boletin de Sanidad Vegetal** 14 (3): 363-369.

Sahaf, B. Z. and Moharamipour, S. 2014. Effects of ecdysteroidal extract of *Spinacia oleracea* L. on life table and Population growth parameters of *Ephestia kuehniella*. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants** 30(3): 353-360. (in Farsi)

Tahernia, S., Sarraf-moayeri, H. R., Kavousi, A., Arbab, A. and Asgary, F. 2017. Biological characteristics of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) under different photoperiods. The second National congress of Monitoring and Forecasting in Plant Protection, 9 March, University of Gonbad kavous, pp.1-5. (in Farsi)

Terriere, L. C. and Grau, P. A. 1972. Dietary requirements and tissue levels of fatty acids in three Noctuidae. **Journal of Insect Physiology** 18(4): 633-647.

Thorsteinson, A. J. and Nayar, J. K. 1963. Plant phospholipids as feeding stimulants for grasshoppers. **Canadian Journal of Zoology** 41(6): 931-935.

Vaez, N., Nouri, Gh. Iranipour, Sh., Mashhadi Jafarloo, M. and AsghariZakaria, R. 2009. Necessity of encountering *Trichogramma brassicae* Bezdenko wasps reared on alternative hosts, cereal moth *Sitotroga cerealella* Hubner and flour moth *Anagasta kuehniella* Zeller to target pest bollworm *Helicoverpa armigera* Hubner prior to release. **Journal of Agricultural Knowledge** 19: 317-332. (in Farsi)

Vanderzant, E. S. 1968. Dietary requirements of the bollworm, *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae), for lipids, choline, and inositol and the effect of fats and fatty acids on the composition of the body fat. **Annals of the Entomological Society of America** 61(1): 120-125.

Xu, J., Wang, Q. and He, X. Z. 2008. Influence of larval density on biological fitness of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **New Zealand Plant Protection** 60: 199.

Yazdanian, M., Talebi-Chaichi, P. and Haddad Irani-Nezhad, K. 2005. Observations on the post-emergrnce and mating behaviours of adults of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Zeller) and investigation on some of their reproductive properties. **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources** 12 (5): 167-176. (in Farsi)

Plant Pest Research
2019- 9 (3): 73-87

Effect of different diets with oil additives on life table parameters of the flour moth *Anagasta kuhniella* (Zeller)

A. Rahmani, H. R. Sarraf Moayeri*, and O. Kavousi
Department of Plant Protection, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(Received: July 15, 2019- Accepted: December 11, 2019)

Abstract

In this study, the effects of four diets including standard food (68% wheat flour, 29% wheat bran and 3% yeast) and standard diets with oil additives including 10% palm oil, glycerin oil and pumice oil was studied on biological properties of Mediterranean flour moth. The study was carried out in a rearing chamber set at 25 ± 1 °C, relative humidity of 65 ± 5% and complete darkness. The fecundity rate was recorded (264.31 egg 250.54 egg and 335.03 egg in the diet containing pumice oil, glycerin oil and palm oil respectively that was significantly lower than standard diet (393.2 egg). There were significant differences in intrinsic rate of population increase (*r*) among diets, diets containing pumice oil (0.092 day^{-1}), palm oil (0.101 day^{-1}), glycerin (0.099 day^{-1}) and standard food (0.109 day^{-1}). Net reproduction rate (R_0) in standard food (174.75 offspring /individual) was not significantly different from palm diet (127.31 offspring /individual), but significantly higher than pumice diet (76.65 offspring /individual) and glycerin diet (102.27 offspring /individual). Insect's longevity in standard diet (52.86 day) was not significantly different from glycerin added diet (54.08 day) and palm (49.17 day) but the remaining diet had a meaningful difference. Therefore, diets containing palm, glycerin and pumice oil did not have much more efficiency than standard food for use in artificial diet based rearing this insect.

Key words: Developmental time, artificial diet, fecundity, life table

*Corresponding author: hamidsarrafm@gmail.com