

پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) روی غده شش رقم سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی

سمیه صلواتی^۱، حامد غباری^{۱*}، امین صادقی^۱ و مصطفی معروفپور^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۹)

چکیده

یکی از روش‌های مناسب برای کنترل بید سیب‌زمینی (*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae)) به عنوان یکی از آفات مهم سیب‌زمینی در مزرعه و انبار، استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد. بدین منظور مقاومت غده شش رقم سیب‌زمینی (بانبا، بلینی، جلی، دراگا، مارفونا و میلوا) نسبت به بید سیب‌زمینی با مطالعه پارامترهای زیستی و دموگرافیک آفت ذکر شده مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش در اتاقک رشد با دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام گرفت. بر اساس نتایج، غده ارقام مختلف سیب‌زمینی مورد نظر تاثیر معنی‌داری روی طول دوره‌ی مراحل تخم، لارو، شفیره، پیش از بلوغ، حشره کامل نر، کل طول دوره رشدی نر و ماده این آفت نشان دادند ($P < 0.05$). اما روی طول دوره حشره کامل ماده تاثیر معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). علاوه بر این، در این تحقیق بررسی پارامترهای تولیدمثل شامل طول دوره قبل از تخم‌ریزی و میزان تخم‌ریزی کل بید سیب‌زمینی روی غده شش رقم سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$)، اما روی کل دوره پیش از تخم‌ریزی و دوره تخم‌ریزی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین بررسی پارامترهای جدول زندگی نشان داد که کم‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) روی غده رقم مارفونا (۰/۱۴۱ بر روز)، کم‌ترین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) روی غده رقم دراگا (۳۴/۵۶ نتاج)، کم‌ترین نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) روی غده رقم مارفونا (۱/۱۵۱ بر روز) و بیش‌ترین مدت زمان یک نسل (T) روی غده رقم مارفونا (۲۸/۰۶ روز) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: ارقام مقاوم، بید سیب‌زمینی، پارامترهای زیستی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت

مقدمه

۱۰۰ درصد گزارش شده است (Arnone *et al.*, 1998; Lagnaoui *et al.*, 2000). برای کنترل خسارت لاروهای بید سیب‌زمینی در مزرعه و انبار از حشره‌کش‌های مختلف استفاده می‌شود. اما کاربرد بی‌رویه حشره‌کش‌ها در کنترل این آفت سبب به جاماندن بقایای حشره‌کش‌ها روی غده های انبار شده و نیز بروز مقاومت نسبت به حشره‌کش می‌شود، اما استفاده از ارقام مقاوم گیاهی می‌تواند به عنوان مکمل کنترل بیولوژیک و شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت مفید واقع شود (Du *et al.*, 2004; Rondon and Xue, 2010). استفاده از ارقام مقاوم مقاومت آنتی بیوزی شناخته شده است و تاثیرات نامطلوبی روی آفت، از قبیل کاهش وزن و جثه، طولانی‌تر شدن دوره‌های رشد و نمو مراحل لاروی و کاهش باروری افراد بالغ دارد. آنتی‌بیوز ممکن است در اثر وجود آلومون‌ها و یا فقدان کایرومون‌های گیاهی ایجاد شود و یا گیاه مورد نظر دارای مواد شیمیایی ویژه‌ای باشد که برای حشره سمی باشد. ارقام فاقد سازوکار آنتی‌بیوز ممکن است دارای مقادیر مناسبی از مواد غذایی مورد نیاز حشره مورد نظر باشد (Smith, 2005).

مطالعه‌ی پارامترهای دموگرافی در حشره‌شناسی برای دستیابی به اهداف، مطالعه‌ی تاثیر عوامل بیرونی از جمله دما و گیاهان میزبان روی پارامترهای زیستی (رشد، زنده‌مانی، تولیدمثل و نرخ افزایش جمعیت حشره)، تعیین توزیع سنی و نرخ مرگ و میر در جمعیت طبیعی، پیش‌بینی توانایی استقرار و رشد جمعیت دشمن طبیعی وارد شده، محاسبه‌ی پارامترهای کلیدی دموگرافی از جمله: نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ رشد تولیدمثل و تعیین ارقام حساس و مقاوم گیاهان میزبان از اهمیت زیادی برخوردار است (Pilkington and Hoddle, 2007).

در ارتباط با مقاومت ارقام مختلف سیب‌زمینی نسبت به بید سیب‌زمینی پژوهش‌های گسترده‌ای صورت گرفته است، همچنان‌که در دهه‌ی ۸۰ میلادی در مرکز بین‌المللی سیب‌زمینی در پرو مقاومت ۳۷۴۷ رقم ابتدایی و ۴۵۲ رقم گونه وحشی سیب‌زمینی نسبت به این آفت آزمایش شد و

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بعد از گندم، برنج و ذرت، چهارمین محصول زراعی پراهمیت در سراسر جهان محسوب می‌شود (Pelletier and Dutheil, 2006). بید سیب‌زمینی با نام علمی *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) از جمله آفات چندخوار (الیگوفاز) می‌باشد که به ۵۲ جنس گیاهان زراعی و علف‌های هرز خانواده سولاناسه^۱ از جمله سیب‌زمینی، توتون، بادمجان و گوجه‌فرنگی خسارت وارد می‌کند (Fenimore, 1988; Chandel *et al.*, 2005). خسارت اصلی این آفت مربوط به تغذیه‌ی لاروهای این آفت است که با ایجاد دالان‌های متعدد داخل غده‌های سیب‌زمینی از آن تغذیه می‌کنند. بدین ترتیب علاوه بر خسارت مستقیمی که در اثر تغذیه از غده‌ها ایجاد می‌کنند، با ایجاد منافذ در غده‌ها، باعث تسهیل ورود عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها به داخل غده‌ها شده و به طور غیرمستقیم نیز باعث ایجاد خسارت می‌شوند. آلودگی در مزارع سیب‌زمینی با تخم‌ریزی حشرات کامل روی برگ‌های بوته سیب‌زمینی آغاز می‌شود، بعد از تفریح تخم‌ها، لاروهای این آفت دالان‌های تغذیه‌ای در برگ‌ها، دمبرگ‌ها و ساقه سیب‌زمینی ایجاد کرده و سبب کاهش سطح فتوسنتز گیاه و کوچک ماندن اندازه غده‌ها می‌شوند و در انبار نیز به غده‌های سیب‌زمینی خسارت وارد می‌کند (Capinera, 2001; Chandel *et al.*, 2005; Rondon, 2010). بید سیب‌زمینی از آفات مهم پس از برداشت است و بعد از انبار کردن محصول هم فعالیت آفت متوقف نشده و در شرایط مساعد انبار، آفت دامنه‌ی خسارت خود را روی غده‌ها توسعه می‌دهد و سبب کاهش بازارپسندی محصول می‌شود. آسیب غده‌ها در انبار، به‌ویژه در انبارهای فاقد سیستم خنک‌کننده می‌تواند بسیار شدید باشد. در بعضی از کشورها به دلیل عدم دسترسی کشاورزان به انبارهای سرد، میزان خسارت این آفت به میزان ۲۵ تا

^۱. Solanaceae

نسبت به این آفت برای معرفی به کشاورزان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

گیاه: غده ارقام سیب‌زمینی مورد مطالعه شامل بانبا، جلی، مارفونا، دراگا، میلوا و بلینی بودند که از شرکت کشت و صنعت کردستان سبز ایران تهیه شد.

پرورش حشره: در راستای استقرار و تهیه جمعیت بید سیب‌زمینی در آزمایشگاه، دو کلنی بید سیب‌زمینی از گروه گیاه پزشکی دانشگاه تبریز و مراغه تهیه شد. جمعیت حشرات کامل دو کلنی در آزمایشگاه با هم ترکیب شدند و پرورش انبوه به مدت دو نسل روی غده سیب‌زمینی رقم اسپریت انجام شد تا اثر ماده غذایی قبلی حذف شود.

شرایط پرورش: برای پرورش و تخم‌گیری اولیه، جمعیت بید سیب‌زمینی در داخل اتاقک رشد شرکت کروگ مدل GC.400 با دمای 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار داده شد.

حشرات کامل بید سیب‌زمینی با نسبت جنسی ۱:۱ (ماده: نر) داخل ظروف تخم‌گیری استوانه‌ای شکل به قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر رهاسازی شدند و قسمت بالایی ظروف با توری پوشانده شد. برای تغذیه حشرات کامل از محلول آب و عسل به نسبت ۴ به ۱ استفاده شد (Maharjan and Jung, 2011). در قسمت بالایی توری با مش مناسب برای تخم‌ریزی و چسباندن تخم‌ها توسط حشرات کامل، کاغذ روغنی با قطر ۶ سانتی‌متر قرار داده شد. تغذیه حشرات کامل و تعویض کاغذ روغنی به صورت روزانه انجام گرفت. بعد از عمل تخم‌گیری اولیه و تهیه کاغذهای روغنی حاوی تخم، کاغذهای روغنی روی غده سیب‌زمینی رقم اسپریت در داخل ظروف پرورش پلاستیکی قرار داده شد. لازم به ذکر است که قسمت بالایی ظروف پرورش پلاستیکی به منظور تهویه با دستمال حوله‌ای پوشانده شد و در قسمت کف ظرف ماسه استریل شده به

بر اساس نتایج به دست آمده، ۲۲ رقم ابتدایی و ۲۱ رقم وحشی سیب‌زمینی به عنوان گونه‌های مقاوم معرفی شده است (Raman and Palacios, 1982). در پژوهشی دیگر که در استرالیا صورت گرفته است، پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی در آزمایشگاه، روی چهار رقم غده سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفته است (Gurr and Symington, 1988). همچنین در کلمبیا مقاومت ۱۳ رقم غده سیب‌زمینی نسبت به بید سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای بر اساس دالان‌های موجود در غده و تعداد لاروهای زنده مورد مقایسه قرار گرفته است (Rondon et al., 2009). در پژوهشی دیگر، مقاومت سه رقم غده سیب‌زمینی وحشی که نشان‌دهنده‌ی یک منبع بالقوه از صفات مقاومت در برابر بید سیب‌زمینی بود، در مزرعه و انبار در برابر این آفت مورد بررسی قرار گرفته است (Horgan et al., 2010). همچنین جدول زندگی بید سیب‌زمینی روی چهار رقم غده سیب‌زمینی در مصر بررسی شده است (Abdallah et al., 2012).

در پژوهشی در ایران پارامترهای زیستی این آفت روی غده شش رقم سیب زمینی مورد بررسی قرار گرفت و رقم آگریا به عنوان رقم مقاوم و رقم مورن به عنوان رقم حساس شناخته شد (Golizadeh and Razmjou, 2010). علاوه بر این مقاومت ۱۲ رقم غده و برگ سیب‌زمینی نسبت به بید سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت و رقم ۲-۳۹۷۰۸۲ به عنوان رقم مقاوم نسبت به این آفت معرفی شد (Mansouri et al., 2012; 2013). در گزارش دیگری پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی روی برگ ۱۰ رقم مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس نتایج به دست آمده رقم مارفونا در مقایسه با سایر ارقام مورد آزمایش نسبت به این آفت مقاوم‌تر بوده است (Esmali et al., 2013).

در این پژوهش پارامترهای دموگرافی بید سیب زمینی روی غده ۶ رقم سیب‌زمینی که شامل رقم‌های متداول کشت شده توسط کشاورزان کردستانی و همچنین رقم‌هایی که به تازگی وارد منطقه شده‌اند، به منظور تعیین رقم مقاوم

داخل لیوان‌های یکبار مصرف به قطر ۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر که قسمت فوقانی آن با توری پارچه‌ای پوشانده شده بود، رهاسازی شد و به صورت روزانه با محلول آب و عسل ۲۵٪ تغذیه شدند (تغذیه به وسیله‌ی توری پارچه‌ای و کاغذ آغشته به محلول که روی ظروف تخم‌ریزی قرار داده شد، انجام شد). به‌منظور تخم‌گیری از حشرات ماده جفت شده در قسمت بالایی توری کاغذ روغنی به قطر ۵ سانتی‌متر قرار داده شد (Fenemore, 1977). همچنین برای تحریک و جلب شب‌پره ماده برای تخم‌ریزی روی کاغذ روغنی مربوطه برشی از غده سیب‌زمینی از همان رقم قرار گرفت. کاغذهای روغنی مخصوص تخم‌گیری به صورت روزانه تعویض شده و تخم‌های گذاشته شده به صورت روزانه شمارش شدند. شمارش تخم‌ها تا زمان مرگ آخرین ماده بالغ ادامه یافت. علاوه بر این برای تعیین نسبت جنسی در نسل دوم، تمامی تخم‌های گذاشته شده توسط حشره ماده، روی غده‌های سیب‌زمینی همان رقم منتقل شد و تا زمان رسیدن به مرحله بلوغ و تعیین جنسیت مورد پایش قرار گرفتند (Taimouri et al., 2014).

بررسی پارامترهای جدول زندگی

به منظور بررسی پارامترهای جدول زندگی، تخم‌ریزی و طول عمر حشرات به صورت روزانه و تا مرگ حشرات کامل مورد بازدید قرار گرفتند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت مهم‌ترین پارامتر جدول زندگی است. برای محاسبه آن و سایر پارامترهای جدول زندگی، داده‌ها بر اساس عمر حشره ماده (X) و نسبت بقاء حشره ماده در سن X (l_x) و تعداد نتاج ماده تولید شده در سن X (m_x) تنظیم شد و به کمک آن‌ها پارامترهای رشد جمعیت شامل: نرخ رشد ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و متوسط مدت زمان یک نسل (T) محاسبه شد (Tsai and Chi, 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده از پرورش بید سیب‌زمینی روی غده ارقام مختلف از قبیل پارامترهای جدول زندگی، طول دوره‌های مختلف زیستی و پارامترهای تولید مثل با استفاده از جدول زندگی دوجنسی ویژه سن - مرحله رشدی نرم-

ارتفاع پنج میلی‌متر برای ایجاد مکان مناسب برای شفیره شدن لاروهای سن آخر ریخته شد.

بعد از تفریخ تخم‌ها، لاروهای سن اول وارد غده‌ها شده، بعد از طی مراحل لاروی و تغذیه کامل از غده‌های سیب‌زمینی، لاروهای سن آخر از غده‌ها خارج شده و داخل ماسه ریخته شده در کف قفس تبدیل به شفیره شدند. سپس برای جداسازی شفیره‌ها از ماسه نیز از الک با مش مناسب استفاده شد. شفیره‌های جمع‌آوری شده به لوله‌های آزمایش منتقل شده و بعد از ظهور حشرات کامل به ظروف تخم‌گیری انتقال یافتند.

روش انجام آزمایش

بررسی طول دوره‌های رشدی قبل و بعد از بلوغ و درصد تلفات

۷۰ عدد تخم به صورت انفرادی روی غده هر رقم قرار داده و هر کدام از غده‌های حاوی تخم داخل ظروف پلاستیکی یکبار مصرف با قطر و ارتفاع ۵ × ۱۰ سانتی‌متر منتقل شد. ظروف با ایجاد سوراخی به اندازه ۳ × ۳ سانتی‌متر تهویه شدند، همچنین در کف هر ظرف ماسه بادی اتوکلاو شده به ارتفاع پنج میلی‌متر به منظور تسهیل تبدیل شفیره به حشره کامل ریخته شد. سپس ظرف‌های ذکر شده به داخل اتاقک رشد منتقل شدند. بعد از قرار دادن تخم روی غده‌ها، طول دوره لاروی، شفیرگی و حشره کامل نر و ماده (تا پایان زندگی حشرات بالغ) و میزان مرگ و میر هر مرحله به صورت روزانه در داخل جدول‌های مربوطه یادداشت شد و تبدیل لارو به شفیره از طریق جلد شفیرگی تشخیص داده شد. در این پژوهش به محض تبدیل لارو به شفیره، شفیره به لوله‌های آزمایش منتقل و برای تهویه لوله‌های آزمایش با تور پوشانده شدند. بعد از ظهور حشرات کامل، در داخل هر ظرف تخم‌ریزی، یک جفت حشره کامل نر و ماده مربوط به هر رقم رهاسازی شد (Mohamadi et al., 2012).

بررسی طول دوره تولید مثلی، میزان باروری و

نسبت جنسی

بلافاصله بعد از ظهور حشرات کامل، هر جفت حشره کامل نر و ماده مربوط به هر رقم به صورت جداگانه

مقایسه میانگین طول دوره‌ی جنینی نشان داد که بیش‌ترین میانگین طول دوره جنینی مربوط به رقم میلوا ($4/17 \pm 0/05$ روز) و کم‌ترین مقدار در رقم بلینی ($3/88 \pm 0/06$ روز) مشاهده شد. همچنین بر اساس نتایج به-دست‌آمده، میانگین طول دوره‌ی لاروی از $9/90 \pm 0/23$ روز در رقم میلوا تا $12/09 \pm 0/08$ روز در رقم مارفونا متغیر بود. در این پژوهش مقایسه میانگین طول دوره‌ی شفیرگی اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به صورتی که بیش‌ترین طول دوره‌ی شفیرگی با $7/43 \pm 0/22$ روز در رقم بانبا و کم‌ترین مقدار با $5/05 \pm 0/14$ روز در رقم دراگا محاسبه شد و بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین طول دوره‌ی پیش از بلوغ در رقم مارفونا ($22/05 \pm 0/16$ روز)، همچنین کم‌ترین مقدار در رقم دراگا ($19/82 \pm 0/15$ روز) مشاهده شد. بر اساس نتایج به دست آمده طول عمر حشرات کامل نر روی غده ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری داشت، به صورتی که بیش‌ترین مقدار این پارامتر در ارقام جلی ($21/06 \pm 1/17$ روز)، بانبا ($19/43 \pm 1/62$ روز)، بلینی ($19/15 \pm 2/25$ روز)، مارفونا ($19/64 \pm 1/29$ روز) و میلوا ($21/5 \pm 1/18$ روز) و کم‌ترین مقدار در رقم دراگا ($12/81 \pm 0/87$ روز) مشاهده شد. با استفاده از نتایج به دست آمده، میانگین کل دوره‌ی زندگی حشرات نر اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به طوری که رقم دراگا ($32/78 \pm 0/88$ روز) سطح پایین‌تری نسبت به ارقام جلی ($43/5 \pm 1/10$ روز)، بانبا ($42/09 \pm 1/54$ روز)، بلینی ($40/5 \pm 2/03$ روز)، مارفونا ($41/63 \pm 1/26$ روز) و میلوا ($42/27 \pm 1/16$ روز) داشت. همچنین کم‌ترین میانگین کل دوره‌ی زندگی حشرات ماده در رقم دراگا ($37/17 \pm 1/39$ روز) و بیش‌ترین مقدار در ارقام مارفونا ($42/73 \pm 1/15$ روز) و میلوا ($41/29 \pm 1/25$ روز) مشاهده شد ($P < 0.05$). در صورتی که در مقایسه میانگین مربوط به طول عمر حشرات کامل ماده بید سیب‌زمینی تحت تاثیر غده‌های ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۱).

افزار *TwoSex- MsChart* (Chi, 2015) تجزیه و تحلیل شده و مقایسه‌ی میانگین‌ها (طول دوره‌های مختلف زیستی، تولید مثل ویژه سنی و پارامترهای جدول زندگی) با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده^۱ و در سطح احتمال $P < 0.05$ صورت پذیرفت، همچنین نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار *Sigma plot 12.0* رسم شدند.

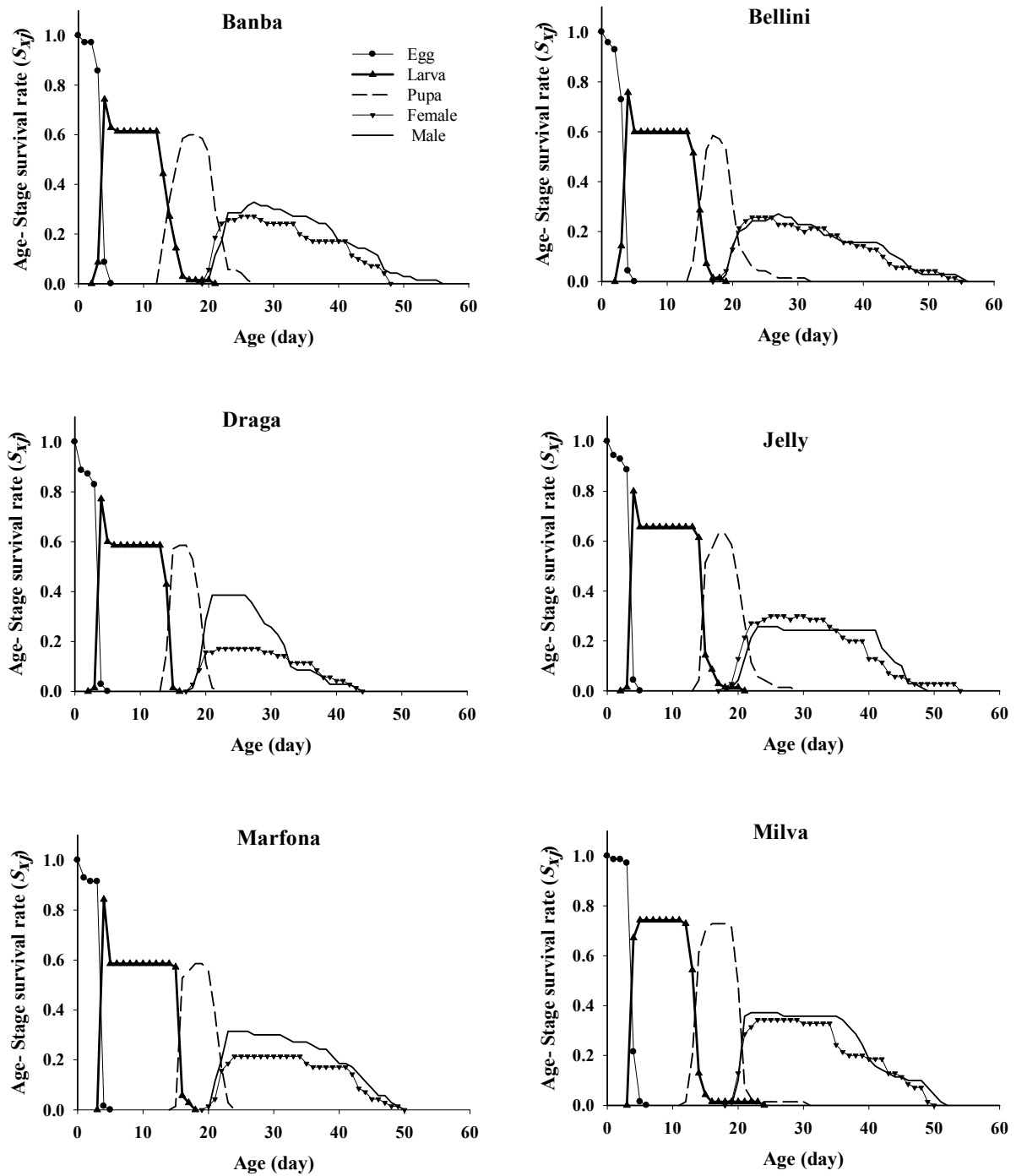
نتایج

درصد تلفات قبل از بلوغ و طول دوره‌های رشدی

بر اساس نتایج حاصل از نرخ بقای ویژه سن - مرحله رشدی (S_{xj}) احتمال زنده‌مانی فرد در سن x و در مرحله رشدی j بید سیب‌زمینی تحت تاثیر غده ارقام مختلف، بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ بقا به ترتیب برای مرحله لاروی روی ارقام مارفونا ($84/29$ درصد) و بانبا ($74/29$ درصد) و برای مرحله شفیرگی بیش‌ترین مقدار روی رقم میلوا ($72/86$ درصد) و کم‌ترین روی ارقام دراگا ($58/57$ درصد)، بلینی ($58/57$ درصد) و مارفونا ($58/57$ درصد) ثبت شد. همچنین برای ماده بالغ بیش‌ترین مقدار S_{xj} روی رقم جلی (30 درصد) و کم‌ترین روی رقم دراگا ($17/14$ درصد) و همچنین بالاترین بقای بالغ نر در رقم دراگا ($38/57$ درصد) و پایین‌ترین در ارقام جلی ($25/71$ درصد) و بلینی ($25/71$ درصد) مشاهده شد (شکل ۱).

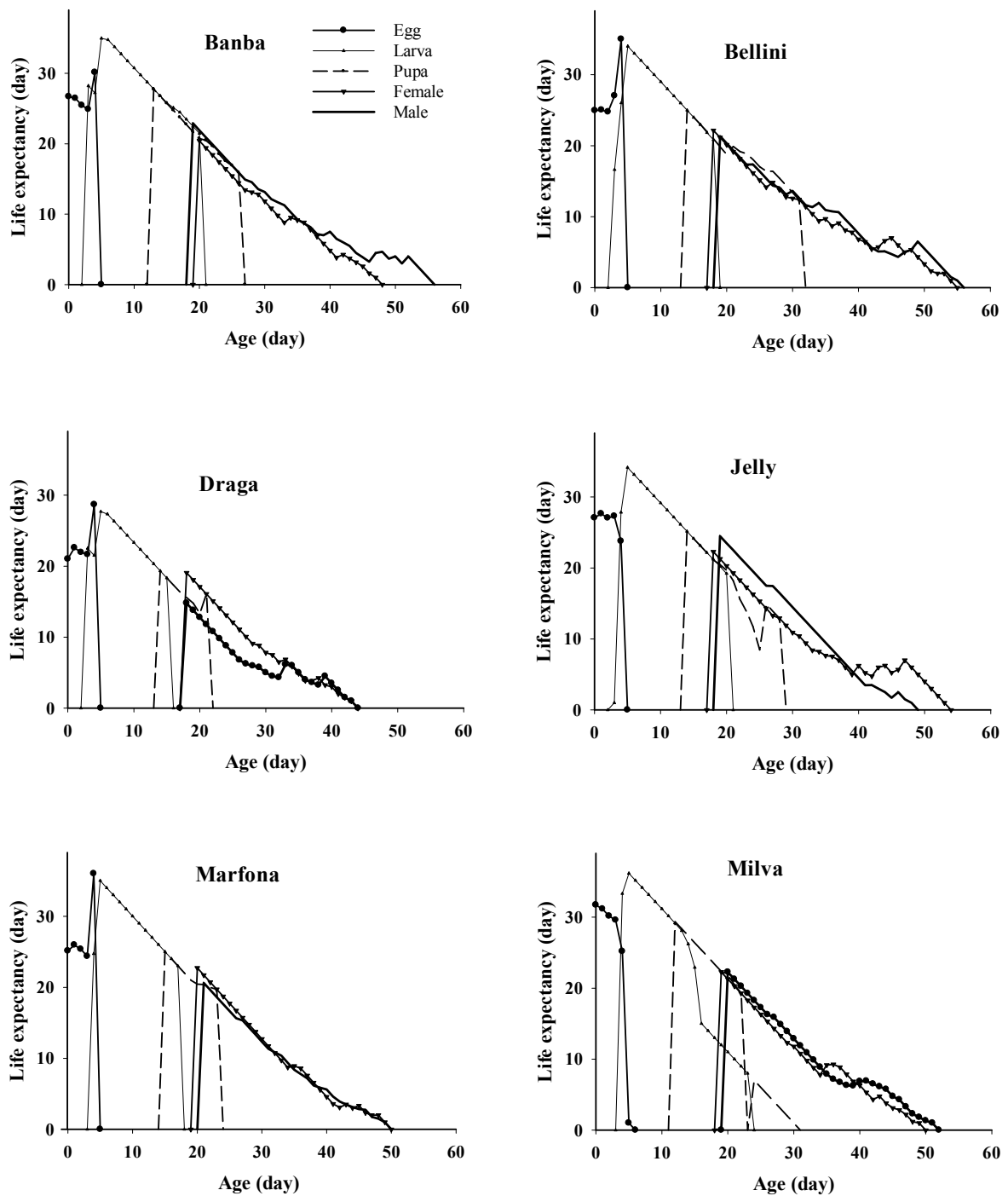
منحنی‌های امید به زندگی (e_x) بید سیب‌زمینی روی غده ارقام مختلف سیب‌زمینی در شکل ۲ نشان داده شده است. در اوایل زندگی، مقادیر امید به زندگی روی ارقام بانبا، بلینی، دراگا، جلی، مارفونا و میلوا به ترتیب $26/7$ ، $24/96$ ، $21/01$ ، $27/06$ ، $25/13$ و $31/71$ روز بود. بر این اساس، امید به زندگی روی رقم میلوا بیش‌ترین مقدار و روی رقم دراگا کم‌ترین مقدار بود. همان‌طور که دیده می‌شود آخرین افراد مرده در رقم دراگا زودتر از دیگر رقم‌ها است و به عبارتی زمان پایان دوره در این رقم زودتر اتفاق افتاده است.

¹. Paired bootstrap



شکل ۱- نرخ بقای ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj}) بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* روی غده شش رقم سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 1. Age-Stage survival rate (s_{xj}) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions (=probability that a newborn will survive to age x and stage j)



شکل ۲- امید به زندگی ویژه سنی (e_{xj}) بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* روی غده شش رقم سیب زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 2. Age- stage life expectancy (e_{xj}) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions

جدول ۱- میانگین \pm خطای استاندارد طول دوره مراحل قبل از بلوغ، دوره بلوغ و کل طول دوره رشدی نر و ماده بید سیبزمینی *Phthorimaea operculella* در شش رقم غده سیبزمینی در شرایط آزمایشگاهی

Table 1. Mean \pm SE developmental time of immature stages, adult longevity and adult life span (days) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions

Stage	Cultivars					
	Banba	Bellini	Draga	Jelly	Marfona	Milva
Egg	3.98 \pm 0.06bc	3.88 \pm 0.06c	4.02 \pm 0.03b	4.02 \pm 0.03b	4.02 \pm 0.02b	4.17 \pm 0.05a
Larva	10.58 \pm 0.22c	11.57 \pm 0.15b	10.76 \pm 0.08c	11.35 \pm 0.18b	12.09 \pm 0.08a	9.90 \pm 0.23d
Pupa	7.43 \pm 0.22a	5.74 \pm 0.34cd	5.05 \pm 0.14d	6.17 \pm 0.28c	5.95 \pm 0.16c	6.9 \pm 0.09b
Pre- adult	21.95 \pm 0.26ab	21.23 \pm 0.41abc	19.82 \pm 0.15d	21.37 \pm 0.29bc	22.05 \pm 0.16a	20.8 \pm 0.11c
Adult (female)	19.11 \pm 1.46a	19.21 \pm 1.79a	17.58 \pm 1.37a	19 \pm 1.33a	20.6 \pm 1.21a	20.46 \pm 1.13a
Adult (male)	19.43 \pm 1.62a	19.15 \pm 2.25a	12.81 \pm 0.87b	22.06 \pm 1.17a	19.64 \pm 1.29a	21.5 \pm 1.18a
Female life span	40.42 \pm 1.49ab	40.32 \pm 1.92ab	37.17 \pm 1.39b	40.32 \pm 1.96ab	42.73 \pm 1.15a	41.29 \pm 1.25a
Male life span	42.09 \pm 1.54a	40.5 \pm 2.03a	32.78 \pm 0.88b	43.5 \pm 1.10a	41.63 \pm 1.26a	42.27 \pm 1.16a

میانگین های با حروف مشابه در هر ردیف با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).

The means followed by same letters in the same row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$).

طول دوره تولید مثلی، میزان باروری، درصد زندهمانی حشرات بالغ ماده و نسبت جنسی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی^۱ و میزان تخم‌ریزی کل بید سیبزمینی روی غده‌های ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$)، اما تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی کل دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی^۲ و طول دوره‌ی تخم‌ریزی بید سیبزمینی روی غده شش رقم اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). به طوری که مقایسه میانگین کل دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این پارامتر به ترتیب مربوط به ارقام مارفونا (۲۱/۴۰ \pm ۰/۲۱ روز) و دراگا (۲۱/۰۸ \pm ۰/۳۳) روز) بود. طول دوره تخم‌ریزی نیز از ۱۰/۷۴ تا ۱۵/۰ روز به ترتیب در ارقام مارفونا و بلینی متغیر بود (جدول ۲). طبق نتایج به دست آمده نسبت جنسی $\left(\frac{\text{ماده}}{\text{نر}+\text{ماده}}\right)$ حشرات پرورش یافته روی غده ارقام مختلف در رقم بانبا بیش‌ترین مقدار و در ارقام دراگا و مارفونا کم‌ترین مقدار را در میان ارقام مورد مطالعه نشان داد (جدول ۲).

بقای ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و

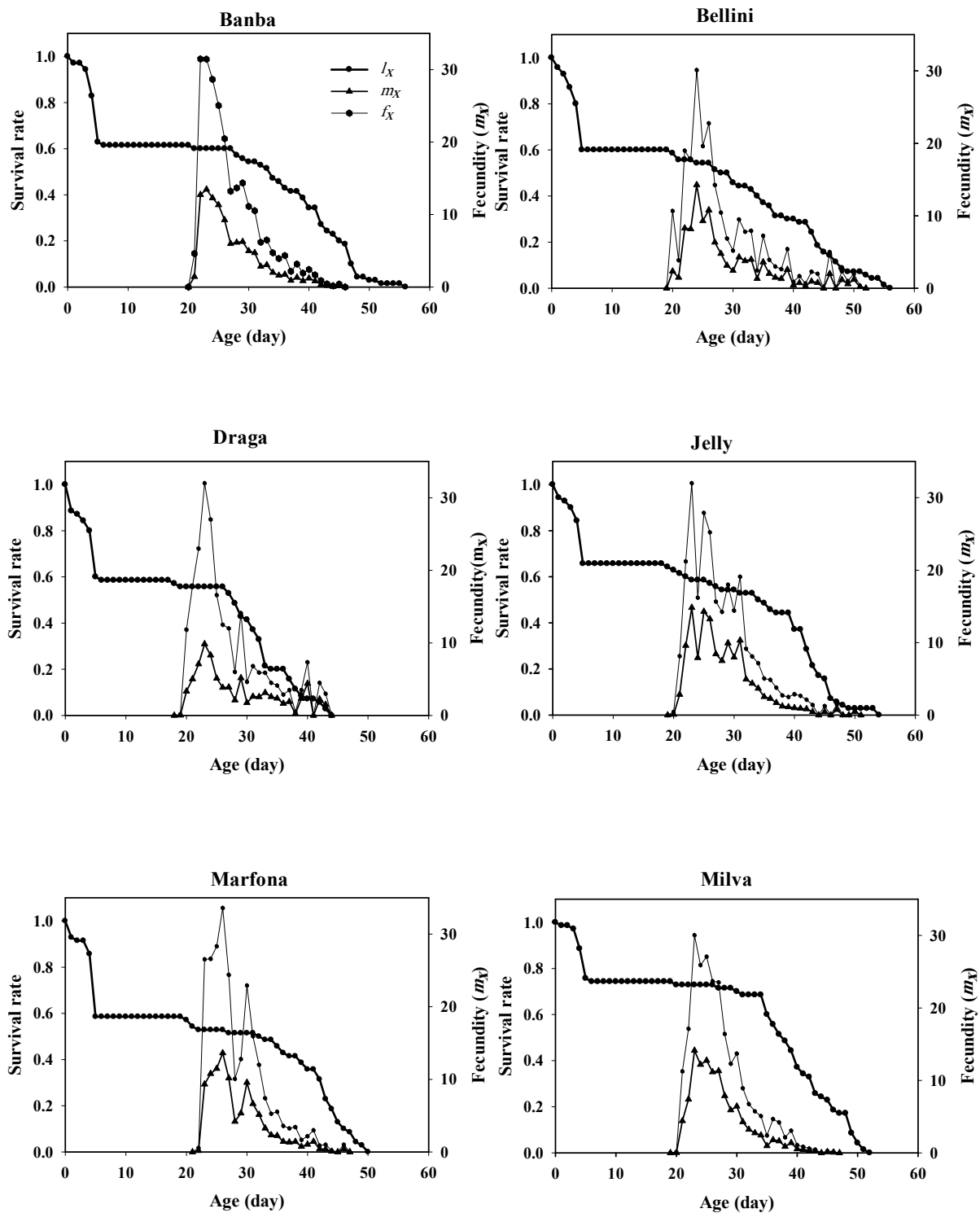
باروری ویژه سنی مرحله رشدی حشرات ماده (f_{xj})

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، بیش‌ترین نرخ بقا در ارقام بانبا و بلینی (۵۶ روز) و کم‌ترین مقدار آن در رقم دراگا (۴۴ روز) مشاهده شد. همان‌گونه که در شکل ۳ قابل مشاهده است نرخ بقای ویژه سنی به تدریج و با افزایش سن کاهش یافت. لازم به ذکر است بیش‌ترین نرخ باروری در رقم جلی و کم‌ترین مقدار آن در رقم دراگا مشاهده شد و بالاترین میزان آن در روزهای ابتدایی ظهور حشره ماده مشاهده شد. علاوه بر این بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ باروری ویژه سنی مرحله رشدی حشرات ماده به ترتیب در رقم مارفونا و رقم میلوا مشاهده شد. شروع تخم‌ریزی در ارقام بلینی، دراگا و جلی در روز ۱۸، رقم میلوا در روز ۱۹ و ارقام بانبا و مارفونا در روز ۲۰ طول دوره‌ی زیستی مشاهده شد (شکل ۳).

بر اساس نتایج حاصل از داده‌های ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) بید سیبزمینی روی غده ارقام مختلف مشخص شد که در مرحله تخم و نیز مرحله لاروی روی رقم بلینی بیش‌ترین مقدار و روی رقم میلوا کم‌ترین مقدار ارزش تولید مثلی به دست آمد. در حشرات ماده بالغ بیش‌ترین مقدار ارزش تولید مثلی روی رقم مارفونا و کم‌ترین روی رقم دراگا مشاهده شد. بر اساس نتایج به دست آمده افراد بالغ ماده بیش‌ترین مشارکت را در تولید نسل بعد دارند (شکل ۴).

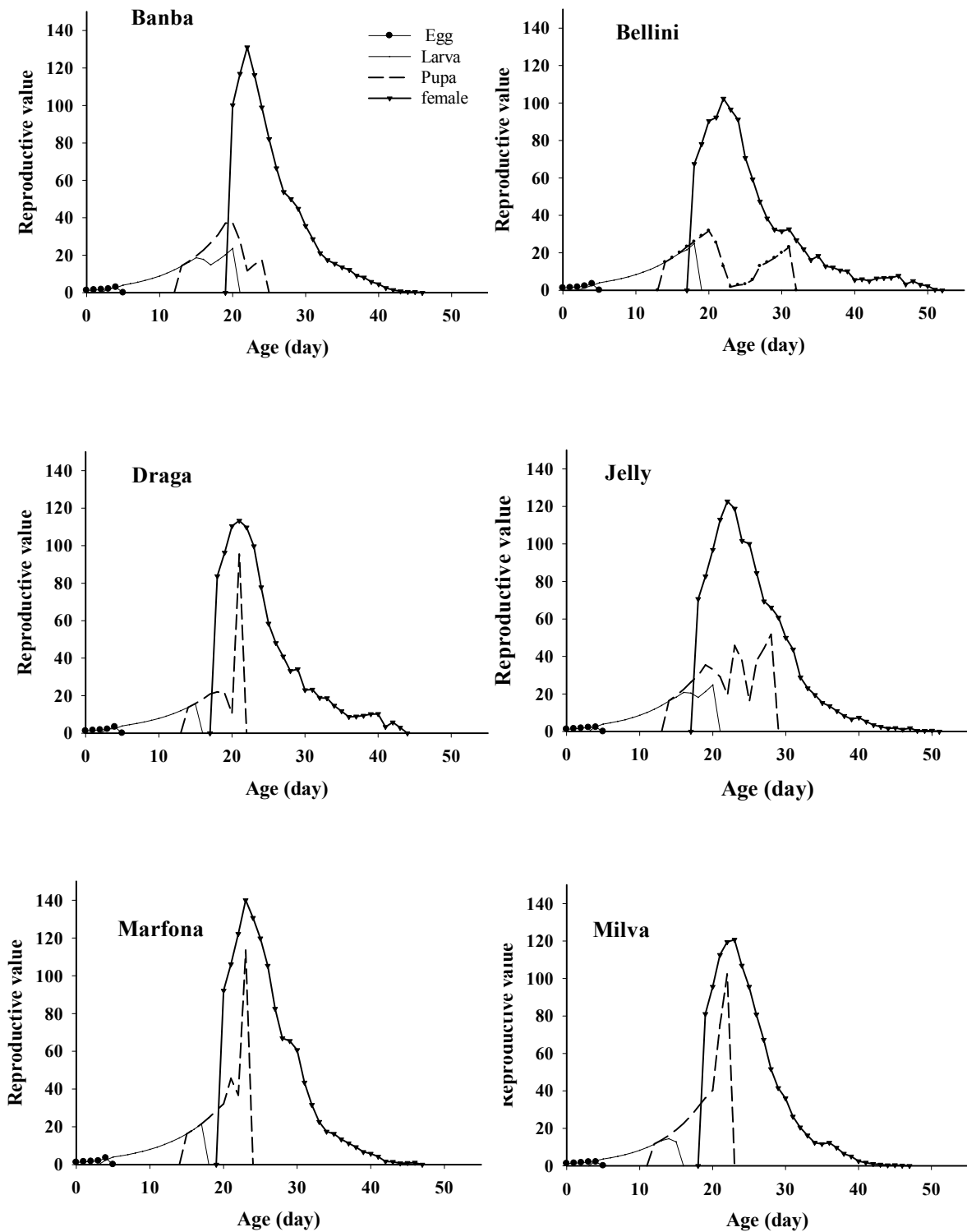
¹. APOP

². TPOP



شکل ۳- نرخ بقای ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی مرحله رشدی حشرات ماده (f_{xj}) بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* روی غده نشس رقم سیب زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 3. Age- specific survival rate (l_x), age- specific fecundity (m_x) and female age- specific fecundity (f_{xj}) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions



شکل ۴- ارزش تولیدمثل ویژه سن- مرحله زیستی (V_{xj}) بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* روی غده شش رقم سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Figure 4. Age-Stage reproductive value (v_{xj}) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions

جدول ۲- طول دوره تخم‌ریزی (روز)، باروری کل (میانگین \pm خطای استاندارد)، درصد زنده مانده‌ها و نسبت جنسی (%).
Phthorimaea operculella روی غده شش رقم سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Table 2. Oviposition period (days), total fecundity (mean \pm SE), female survival rate and sex ratios (%) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions

Stage	Cultivars					
	Banba	Bellini	Draga	Jelly	Marfona	Milva
APOP	1.58 \pm 0.26a	1.74 \pm 0.21a	1.58 \pm 0.15a	1.54 \pm 0.17a	1.27 \pm 0.15a	1.38 \pm 0.13a
TPOP	22.89 \pm 0.45ab	22.84 \pm 0.66ab	21.08 \pm 0.33c	22.86 \pm 0.44ab	23.4 \pm 0.21a	22.21 \pm 0.25b
Oviposition period	13.37 \pm 1.12ab	10.74 \pm 1.12b	12.33 \pm 1.55ab	13.59 \pm 0.95ab	15 \pm 1.09a	12.79 \pm 1.09ab
Total fecundity	220.21 \pm 27.08a	181.26 \pm 24.35a	201.58 \pm 28.45a	231.64 \pm 14.51a	242.47 \pm 24.61a	234.42 \pm 22.36a
Female Survival (%)	27.14	27.14	17.14	31.43	21.43	34.29
Sex ratio (%)	51.97	43.61	38.26	46.77	40.35	48.95

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).

The means followed by same letters in the same row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$).

نتایج و بیش‌ترین مقدار در ارقام میلوا (۸۰/۳۷ \pm ۱۵/۳۳ نتاج) و جلی (۷۲/۸۰ \pm ۱۳/۶۳ نتاج) محاسبه شد، همچنین کوتاه‌ترین مدت زمان متوسط یک نسل (T) در رقم دراگا (۲۵/۴۷ \pm ۰/۴۸ روز) و بیش‌ترین مقدار در رقم مارفونا (۲۸/۰۶ \pm ۰/۳۴ روز) مشاهده شد. در این پژوهش نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) رقم میلوا (۱/۱۷۹ \pm ۰/۰۰۹) بر (روز) در سطح بالاتری نسبت به بقیه ارقام قرار گرفت (جدول ۳).

پارامترهای جدول زندگی

بر اساس نتایج به دست آمده، پارامترهای جدول زندگی بید سیب‌زمینی پرورش یافته روی غده ارقام مختلف سیب‌زمینی اختلاف معنی داری را نشان داد. r نشان‌دهنده‌ی نرخ ذاتی افزایش جمعیت در جمعیت پایدار می‌باشد و در این پژوهش، r رقم میلوا (۰/۱۶۵ \pm ۰/۰۰۸) بر (روز) در سطح بالاتری نسبت به بقیه ارقام قرار گرفت که بر این اساس به نظر می‌رسد که می‌توان این رقم را به عنوان رقم حساس نسبت به دیگر ارقام مورد مطالعه برشمرد. کم‌ترین مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) در رقم دراگا (۳۴/۵۶ \pm ۱۰/۲۵)

جدول ۳- پارامترهای جدول زندگی (میانگین \pm خطای استاندارد) *Phthorimaea operculella* روی غده شش رقم سیب زمینی در شرایط آزمایشگاهی

Table 3. Life table parameters (mean \pm SE) of *Phthorimaea operculella* on tubers of six potato cultivars under laboratory conditions

Parameters	Cultivars					
	Banba	Bellini	Draga	Jelly	Marfona	Milva
r (day ⁻¹)	0.155 \pm 0.009ab	0.146 \pm 0.01ab	0.139 \pm 0.013ab	0.158 \pm 0.008ab	0.141 \pm 0.01b	0.165 \pm 0.008a
λ (day ⁻¹)	1.167 \pm 0.011ab	1.157 \pm 0.011ab	1.149 \pm 0.015ab	1.171 \pm 0.009ab	1.151 \pm 0.011b	1.179 \pm 0.009a
R_0 (offspring/individual)	59.77 \pm 13.69ab	49.2 \pm 11.60ab	34.56 \pm 10.25b	72.8 \pm 13.63a	51.96 \pm 12.96ab	80.37 \pm 15.33a
T (day)	26.46 \pm 0.31bc	26.63 \pm 0.71abc	25.47 \pm 0.48c	27.18 \pm 0.49ab	28.06 \pm 0.34a	26.61 \pm 0.31bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).

The means followed by same letters in the same row are not significantly different using the paired bootstrap test ($P < 0.05$).

بحث

(Fenemore, 1977) و هر چه تغذیه بیشتر باشد، احتمال تخم‌ریزی و خسارت بیشتر می‌شود. از دیگر عوامل تاثیر گذار روی باروری میزان تغذیه لاروها ذکر شده است که تغذیه کمتر لاروها سبب کاهش وزن لارو و در نتیجه کاهش میزان باروری می‌شود (Musmeci et al., 1997). طول دوره‌ی پیش از تخم‌ریزی و تخم‌ریزی کل آفت ذکر شده روی غده شش رقم سیب‌زمینی نشان داد که بین طول دوره‌های ذکر شده این آفت و غده ارقام مختلف سیب‌زمینی ارتباطی وجود ندارد که با نتایج گلی‌زاده و رزمجو (Golizadeh and Razmjou, 2010) مطابقت دارد. همچنین بررسی طول دوره‌ی تخم‌ریزی در پژوهش حاضر و روی غده ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان داد که با نتایج پژوهش‌های دیگر و روی غده ارقام مختلف سیب‌زمینی مطابقت داشت (Golizadeh and Razmjou, 2010; Mansouri et al., 2012).

مقادیر درصد زنده‌مانی حشرات کامل ماده بید سیب‌زمینی با تغذیه از غده ارقام مختلف سیب‌زمینی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد به ترتیب روی رقم میلوا (۳۴/۲۹ درصد) و رقم دراگا (۱۷/۱۴ درصد) بود. تفاوت در میزان مواد غذایی در غده ارقام مختلف و یا حضور غلظت‌های مختلف ترکیبات سمی داخل غده ارقام مختلف ممکن است باعث بروز نتایج متفاوت شده باشد. برخی پژوهشگران معتقدند افزایش تلفات پس از نفوذ به داخل غده سیب‌زمینی به دلیل کمبود مواد غذایی و یا حضور ترکیبات سمی در داخل غده می‌باشد (Malakar and Tingey, 2006; Horgan et al., 2010). گلی‌زاده و رزمجو (Golizadeh and Razmjou, 2010) نسبت جنسی بید سیب‌زمینی را روی غده رقم مارفونا، ۵۱/۲۸٪ گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. تفاوت موجود بین نتایج طول دوره‌های مختلف زیستی و تولید مثلی پژوهش حاضر و نتایج پژوهشگران دیگر ممکن است ناشی از تفاوت در غده ارقام مختلف میزبان از نظر کیفیت غذایی، خصوصیات شکل‌شناسی، متفاوت بودن

در پژوهش انجام شده اختلاف معنی‌داری بین طول دوره‌های جنینی، لاروی، شفیرگی، مراحل نابالغ، طول عمر حشره کامل نر و ماده و کل دوره زندگی حشره کامل نر مشاهده شد که با نتایج پژوهشگران دیگر و روی غده و برگ ارقام دیگر سیب‌زمینی مطابقت داشت (Golizadeh and Razmjou, 2010; Esmaeli et al., 2013). بر اساس نتایج به دست آمده طول دوره‌های جنینی، لارو، شفیره و مراحل نابالغ بید سیب‌زمینی روی رقم مارفونا با نتایج گلی‌زاده و رزمجو (Golizadeh and Razmjou, 2010) در دمای ۲۴ درجه سلسیوس روی همین رقم شباهت داشت، اما با طول دوره بالغ نر و ماده محاسبه شده در پژوهش ذکر شده تفاوت داشت که این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت رژیم غذایی حشرات مورد آزمایش در این پژوهش نسبت به تحقیق قبلی باشد (تغذیه حشرات کامل در پژوهش حاضر با محلول آب و عسل ۲۵٪ انجام شد، در صورتی که در پژوهش‌های قبلی تغذیه با محلول آب و عسل ۱۰٪ بود). برخی پژوهشگران اظهار داشتند که ضخامت پریدرم غده (مانع فیزیکی) تاثیر قابل توجهی در نفوذ لارو به داخل غده دارد، همچنین ترکیبات شیمیایی ثانویه از عوامل مقاومت غده در برابر لارو ذکر شده است که روی طول دوره‌های مختلف این آفت تاثیر می‌گذارد و نیازمند بررسی‌های بیشتری است (Malakar and Tingey, 2006; Horgan et al., 2010). نرخ بقای ویژه سن در ارقام مختلف غده روند به نسبت مشابهی داشت و با افزایش سن کاهش یافت. علاوه بر این بیش‌ترین مقدار امید به زندگی روی رقم میلوا مشاهده شد که این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده مطلوب بودن این رقم برای تغذیه‌ی بید سیب‌زمینی باشد.

تغذیه حشرات در زمان تخم‌ریزی از آب و عسل می‌باشد و ۷۰٪ از زیست‌توده تخم‌های گذاشته‌شده به میزان تغذیه این حشره از آب و عسل بستگی دارد (Metwally et al., 2005). در واقع تغذیه حشرات کامل بید سیب‌زمینی از عوامل تاثیر گذار روی باروری می‌باشد

رزمجو (Golizadeh and Razmjou, 2010) و منصورى و همکاران (Mansouri, et al., 2012) مطابقت داشت. بسیاری از پژوهشگران از مهم‌ترین پارامتر جدول زندگی یا x ، برای مطالعه اثر میزان گیاهی روی عملکرد حشره استفاده می‌کنند که این پارامتر نشان‌دهنده‌ی تفاوت بین نرخ ذاتی تولد و مرگ‌ومیر در جمعیت پایدار است. بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت یک حشره روی گیاه میزان معرف حساس بودن آن گیاه نسبت به تغذیه‌ی حشره و پایین بودن این پارامتر بیانگر مقاومت گیاه میزان در برابر تغذیه‌ی حشرات می‌باشد (Carey, 1993) که در این پژوهش بالاترین میزان در رقم میلوا مشاهده شد و به نظر می‌رسد می‌توان این رقم را به عنوان رقم حساس معرفی کرد.

بید سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین آفات سیب‌زمینی، به دلیل پتانسیل بالا در ایجاد خسارت اقتصادی در مزرعه و انبار مستلزم چندین بار کنترل شیمیایی است، در این پژوهش برای بررسی پارامترهای دموگرافی بید سیب‌زمینی روی غده، از ارقام رایج سیب‌زمینی که در استان کشت می‌شوند، استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از نرخ رشد ذاتی افزایش جمعیت می‌توان گفت که غده رقم مارفونا به عنوان رقم مقاومو غده رقم میلوا به عنوان رقم حساس نسبت به بقیه ارقام شناخته شد. بنابراین به نظر می‌رسد رقم مارفونا در این پژوهش در انبار نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برای نشو و نمای بید سیب‌زمینی نامطلوب بوده و استفاده از آن می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بید سیب‌زمینی مفید واقع شود.

سپاسگزاری

از آقای پروفیسور Hsin Chi برای کمک‌های ارزنده‌شان در این تحقیق قدردانی می‌شود.

بیوتیپ و اکوتیپ بید سیب‌زمینی، شرایط انجام آزمایش و همچنین رژیم غذایی حشرات باشد.

درصد بقا و باروری بید سیب‌زمینی روی غده ارقام مختلف سیب‌زمینی روند تقریباً مشابهی را نشان داد، در تمامی ارقام بررسی شده بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی حشرات بالغ در همان روزهای اول پس از ظاهر شدن حشرات کامل بوده است، علت این موضوع ممکن است به میزان مواد غذایی ذخیره شده (در دوره‌ی نابالغ) در بدن شب‌پره‌های نر و ماده و همچنین حفظ بقای نسل‌های بعدی (به دلیل احتمال زادآوری بالاتر تخم‌های گذاشته شده در روزهای ابتدایی عمر حشرات بالغ) مربوط باشد. اوج تولید نتاج در دهه‌ی اول طول عمر حشرات کامل ماده بید سیب‌زمینی مشاهده شد و نوسان‌های مشاهده شده نشان‌دهنده‌ی کاهش و افزایش متوالی تولید نتاج بود که مقدار آن به تدریج کاهش یافته و به صفر رسید. درصد بقا نیز در ارقام مورد مطالعه روند تقریباً مشابهی را نشان داد و با افزایش سن کاهش یافت (Gabre et al., 2005). افزایش ارزش تولیدمثل در دوره‌ی پیش از تولیدمثل، با افزایش سن به دلیل افزایش احتمال تبدیل مرحله پیش از بلوغ به حشره کامل ماده، افزایش می‌یابد در صورتی‌که افزایش یا کاهش ارزش تولیدمثل، در دوره‌ی تولیدمثل بستگی به افزایش یا کاهش میزان تولیدمثل دارد (Tsai and Chi, 2007). در پژوهش حاضر با افزایش سن ارزش تولیدمثل پیش از بلوغ افزایش یافت و این پارامتر با ظهور حشرات ماده به اوج خود رسید، به طوری که در روزهای اول زندگی حشرات ماده بالاترین مقدار را داشت و به تدریج کاهش یافت و میزان آن به صفر رسید.

بر اساس نتایج به‌دست آمده بین پارامترهای جدول زندگی بید سیب‌زمینی روی شش رقم غده سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که با نتایج گلی‌زاده و

References

- Abdallah, Y. E. Y., Abdel-wahed, M. S. and Youssef, G. A. 2012. Life table parameters as indicator of potato varieties susceptibility to infestation with *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Egyptian Journal of Biological Sciences* 5(1): 136-127.

- Arnone, S., Musmeci, S., Bacchetta, L., Cordischi, N., Pucci, E., Cristofaro, M. and Sonino, A. 1998. Research in *Solanum* spp. as sources of resistance to the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller). **Potato Research** 41: 39-49.
- Capinera, J. L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, New York, USA, 729 P.
- Carey, J. R. 1993. Applied Demography For Biologists. Oxford University Press, New York. 206 P.
- Chandel, R. S., Chandra, V. K. and Singh, B. P. 2005. Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* (Zeller). Central Potato Research Institute. India. 42 P.
- Chi, H. 2015. Twosex-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Available at: [Http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwoSex-Mschart.zip](http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwoSex-Mschart.zip).
- Du, L. G. F., Zhu, S. and Parajulee, M. N. 2004. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology** 97(4): 1278-1283.
- Esmaeli, N., Golizadeh, A., Rafiee-Dastjerdi, H. and Razmjou, J. 2013. Biology of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) on the leaf of ten potato cultivars in laboratory conditions. **Journal of Plant Protection** 27(1): 55-63 (in Farsi).
- Fenimore, P. G. 1977. Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. fecundity in relation to mated state, age, and pupal weight. **New Zealand Journal of Zoology** 4: 187-191.
- Fenimore, P. G. 1988. Host-plant location and selection by adult potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. **Journal of Insect Physiology** 34(3): 175-177.
- Gabre, R. M., Adham, F. K. and Chi, H. 2005. Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). **Acta Oecologica** 27(3): 179-183.
- Golizadeh, A. and Razmjou, J. 2010. Life table parameters of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), feeding on tubers of six potato cultivars. **Journal of Economic Entomology** 103(3): 966-972.
- Gurr, G. M. and Symington, C. A. 1988. Resistance to the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L.) tubers. **Australian Journal of Entomology** 37: 49-51.
- Horgan, F. G., Quiring, D. T., Lagnaoui, A., Salas, A. R. and Pelletier, Y. 2010. Variations in resistance against *Phthorimaea operculella* in wild potato tubers. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 137: 269-279.
- Lagnaoui, A., Canedo, V. and Douches, D. S. 2000. Evaluation of Bt cryIIa1 (cryV) transgenic potatoes on two species of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* and *Symmetrischema tangolias* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Peru. **International Potato Center** 117-121.
- Maharjan, R. and Jung, J. 2011. Rearing Methods of Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Korean Journal of Soil Zoology** 15(1-2): 53-57.
- Malakar, R. and Tingey, W. M. 2006. Aspects of tuber resistance in hybrid potatoes to potato tuber worm. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 120(2): 131-137.
- Mansouri, S. M., Nouri-Ganbalani, G., Fathi, S. A. A., Razmjou, J. and Naseri, B. 2012. Life history parameters of *Phthorimaea operculella* (Lep: Gelechiidae) on tuber of some potato germplasms. **Entomological Society of Iran** 90(6): 533-540 (in Farsi).
- Mansouri, S. M., Fathi, S. A. A., Nouri-Ganbalani, G., Razmjou, J. and Naseri, B. 2013. Host preference and biology of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) on the leaves of 12 potato germplasm under greenhouse conditions. **Journal of Plant Protection** 27(2): 231-237 (in Farsi).
- Metwally, A. M., Abou-Awad, B. A. and Al-Azzazy, M. M. A. 2005. Life table and prey consumption of the predatory mite *Neoseiulus cydnodactylon* Shehata and Zaher (Acari: Phytoseiidae) with three mite species as prey. **Journal of Plant Diseases and Protection** 112(3): 276-286.
- Mohamadi, P., Razmjou, J., Golizadeh, A., Hassanpour, M. and Naseri, B. 2012. Resistance and susceptibility of some wheat lines to birdcherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae). **Applied Entomology Zoology** 47: 11-118.
- Musmeci, S. R., Ciccoli, R., Gioia, V. D., Sonnino, A. and Arnone, S. 1997. Leaf effect of wild species of *Solanum* and interspecific hybrids on growth and behavior of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller. **Potato Research** 40: 417-430.

- Pelletier, Y. and Dutheil, J.** 2006. Behavioural responses of the Colorado potato beetle to trichomes and leaf surface chemicals of *Solanum tarijense*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 120(2): 125-130.
- Pilkington, L. J. and Hoddle, M. S.** 2007. Use of life table to quantify reproductive and developmental biology of *Gonatocera triguttatus* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Biological Control** 42: 1-8.
- Raman, K. V. and Palacios, M.** 1982. Screening potato for resistance to potato tuberworm. **Journal of Economic Entomology** 75: 47-49.
- Rondon, S. I.** 2010. The potato tuberworm: A literature review of its biology, ecology, and control. **American Journal of Potato Research** 87(2):149-166.
- Rondon, S. I. and Xue, L.** 2010. Practical techniques and accuracy for sexing the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Florida Entomologist** 93(1): 113-115.
- Rondon, S. I., Hane, D., Brown, C. R., Vales, M. I. and Dögramaci, M.** 2009. Resistance of potato germplasm to the potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Economic Entomology** 102(4): 1649-1653.
- Smith, C. M.** 2005. Plant Resistance to Arthropods Molecular and Conventional Approaches. Springer Science and Business Media, 423 P.
- Taimouri, N., Sendi, J. J. and Jafari-Nodoushan, A.** 2014. Biological Characteristics of carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) on two commercial pistachio cultivars and artificial diet. **Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)** 27(2): 207-218 (in Farsi).
- Tsai, T. J. and Chi, H.** 2007. Temperature-dependent demography of *Supella longipalpa* (Blattodea: Blattellidae). **Journal of Medical Entomology** 44(5): 772-778.

Plant Pest Research
2017- 7(2): 37-52

Life history parameters of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) on the tuber of six potato cultivars under laboratory conditions

S. Salavati¹, H. Ghobari^{1*}, A. Sadeghi¹ and M. Maroufpoor¹

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

(Received: March 15, 2017- Accepted: July 10, 2017)

Abstract

Using resistant varieties is one of the suitable ways for controlling the potato moth, *Phthorimaea operculella* as one of the important pests of potato in field and storage. So that the resistance of six potato cultivars (Banba, Bellini, Jelly, Draga, Marfona, and Milva) to potato tuber moth was assessed by studying the biological and the demographic effect of the mentioned pest. This experiment was carried out in a growth chamber, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ RH and 14L:10D h photoperiod. According to the results, the potato tuber cultivars had a significant effect on the period of egg, larva, pupa, preadult, male life span, male and female adult longevity of this pest ($P < 0.05$), but there was not significantly difference on the period of female life span ($P > 0.05$). In addition, in this study, reproduction parameters of potato moth including APOP and total fecundity were not significant among the potato tuber cultivars ($P > 0.05$), but they were significantly different on the period of TPOP and oviposition period ($P < 0.05$). Also studying the life table parameters showed the least intrinsic rate of increase (r) on Marfona (0.141 day^{-1}), the least net reproductive rate (R_0) on Draga (34.56 offspring), the least finite rate of population increase (λ) on Marfona (1.151 day^{-1}) and the highest period of generation time (T) on Marfona (28.06 days).

Key words: Resistant varieties, *Phthorimaea operculella*, life history parameters, r_m