نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۹۱ – ۳۲(۲): ۱۰۵–۱۲۵

پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae)، روی غده‌ی تعدادی از ژرم‌پلاسم‌های سیب‌زمینی

سیدمظفر منصوری، قدیر نوری قنبلانی*، سید علی‌اصغر فتحی، جبرائیل رزمجو و بهرام ناصری
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gnouri@uma.ac.ir

Life history parameters of *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) on tuber of some potato germplasms

S. M. Mansouri, G. Nouri-Ganbalani*, S. A. A Fathi, J. Razmjou and B. Naseri
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*Corresponding author, E-mail: gnouri@uma.ac.ir

چکیده

بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* (Zeller)، آفت مهم سیب‌زمینی در انبار می‌باشد. به‌منظور شناسایی رقم مقاوم، پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی روی هشت ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی شامل پنج رقم آگریا، ساوالان، مورن، اسپریت، کندور و سه کلون در دست اصلاح ۲-۳۹۷۰۹۷، ۳۹٦۱۲٤ و ۲-۳۹۷۰۸۲ در آزمایشگاه و در دمای ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦۵ درصد و تاریکی مورد مطالعه قرار گرفت. تغذیه‌ی لاروهای بید سیب‌زمینی از غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی اثر معنی‌داری روی طول دوره‌ی مراحل نابالغ، طول عمر و باروری داشت. بیش‌ترین طول دوره‌ی مراحل نابالغ، کم‌ترین میزان باروری و کم‌ترین نرخ زنده‌مانی مراحل نابالغ روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ مشاهده شد و بر عکس، کوتاه‌ترین طول دوره‌ی مراحل نابالغ، بیش‌ترین میزان باروری و بیش‌ترین درصد بقای مراحل نابالغ روی رقم ساوالان مشاهده گردید. کم‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m = ۰/۱۳۵)، کم‌ترین نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ = ۱/۱٤۹)، کم‌ترین نرخ خالص تولید مثل (R_0 = ۱۵/٤)، بیش‌ترین مدت زمان یک نسل (T = ۲۰/۱ روز) و بیش‌ترین مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT = ۵/۱ روز) روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره‌ی زیستی قبل از بلوغ بید سیب‌زمینی و پایین بودن مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل آفت در آن نسبت به سایر ژرم‌پلاسم‌های مورد بررسی برای نشو و نمای بید سیب‌زمینی نامطلوب است و از آن می‌توان در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بید سیب‌زمینی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella*، ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی، پارامترهای زیستی

Abstract

Potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller), is an important pest of potatoes in the storage. In this study, the life history parameters of *P. operculella* were studied on eight potato germplasms including five potato cultivars (Agria, Savalan, Morene, Sprit, Kondor) and three potato clones (PI 397097-2, PI 396124 and PI 397082-2) in the laboratory at 25 ± 1°C, 65 ± 5% RH and 0: 24 (L: D) h. Feeding on the tubers of different potato germplasms had significant effect on development of immature stages, adult longevity and life span of *P. operculella*. The highest immature stage development time, the lowest survival rate of immature stages and the lowest fecundity were observed on PI 397097-2, and in contrast, the shortest immature stage development time, the highest survival rate of immature stages and

دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱، پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۲۷.

the highest fecundity were observed on Savalan. The lowest intrinsic rate of natural increase (r_m = 0.135), the lowest finit rate of increase (λ = 1.149), the lowest net reproductive rate (R_0 = 15.4), the highest mean generation time (T = 20.1 days) and the highest doubling time (DT = 5.1 days) were observed on PI 397097-2. Because of longer immature development time and lower intrinsic rate of natural increase, finit rate of increase and net reproductive rate of the potato tuberworm on PI 397097-2, it was concluded that this clone is less suitable host for the potato tuberworm compared to other potato germplasms studied in this research. Therfore, it can be used in potato tuberworm IPM programs.
Key words: potato tuberworm, *Phthorimaea operculella*, potato germplasm, life history parameters

مقدمه

بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* (Zeller)، آفتی با انتشار جهانی است که به گیاهان تیره‌ی Solanaceae خسارت می‌زند (Fenemore, 1988; Rondon, 2010). این حشره به دلیل رابطه‌ی تنگاتنگ خود با میزبان، سازگاری بالا نسبت به تغییرات روزانه و فصلی، برخورداری از استعداد تولید مثلی و خسارت اقتصادی بالا یکی از مهم‌ترین آفات سیب‌زمینی در دنیا محسوب می‌شود (Das *et al.*, 2007; Rondon, 2010). منشأ اولیه‌ی بید سیب‌زمینی جنوب غربی آمریکا است (Graft, 1917). وجود این آفت در ایران نخستین‌بار در سال ۱۳٦٤ تأیید شد (Habibi & Hesan, 1991) و در حال حاضر در بیشتر مناطق ایران وجود دارد (Khanjani, 2005).

خسارت اصلی بید سیب‌زمینی توسط لاروهای آن انجام می‌شود که با ایجاد دالان‌های متعدد داخل غده‌های سیب‌زمینی از آن تغذیه می‌نمایند. این لاروها 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 به‌طور غیرمستقیم نیز باعث ایجاد خسارت می‌شوند (Capinera, 2001). حساس‌ترین مرحله‌ی رشدی سیب‌زمینی به این آفت، در زمان برداشت محصول است که غده‌ها برای مدتی در سطح مزرعه رها می‌شوند. در این مرحله حشرات کامل ماده به سمت غده‌ها جلب شده و روی آن‌ها تخم‌ریزی می‌کنند و تخم‌های آفت در انبارهای سنتی تفریخ شده و لاروهای حاصله به غده‌ها خسارت می‌زنند (Graft, 1917). در بعضی از کشورها به‌دلیل عدم دسترسی کشاورزان به انبارهای سرد، میزان خسارت بید سیب‌زمینی در انبارها به میزان ۲۵ تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است (Lagnaoui *et al.*, 2000). بااینکه بید سیب‌زمینی به‌طورعمده یک آفت مهم در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری محسوب می‌شود، ولی در چند سال اخیر به استان اردبیل نیز گسترش یافته و به یک آفت جدی در انبارهای سیب‌زمینی تبدیل شده است. کنترل شیمیایی این آفت در انبارهای

سیب‌زمینی بسیار مشکل است و خطرات زیست‌محیطی زیادی را سبب می‌شود. لذا یکی از روش‌های مناسب برای کنترل این آفت استفاده از ارقام مقاوم سیب‌زمینی است.

تلاش‌های متعددی برای شناسایی و تولید ژرم‌پلاسم‌های هیبریدی و تراریخته‌ی مقاوم سیب‌زمینی نسبت به بید سیب‌زمینی توسط محققین مختلف در بسیاری از کشورها انجام شده است که به تحقیقات Fenemore (1980)، Raman & Palacios (1982)، Gurr & Symington (1998)، Douches *et al*. (2002)، Malakar-Kuenen & Tingey (2006)، Simmons *et al*. (2006)، Horgan *et al*. (2009)، Rondon *et al*. (2009)، Doğramaci & Tingey (2010) و Douches *et al*. (2011) می‌توان اشاره کرد. عمده‌ی مطالعات انجام شده در مورد بید سیب‌زمینی در ایران مربوط به بیواکولوژی این آفت در منطقه‌ی کرج می‌باشد (Habibi & Hesan, 1991; Moharamipour *et al*., 1991). همچنین، Golizadeh & Razmjou (2010) پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی را در شرایط آزمایشگاه روی شش رقم سیب‌زمینی مطالعه کرده و بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت بید سیب‌زمینی را به‌ترتیب روی رقم بورن (Burene) و آگریا (Agria) گزارش کردند.

مطالعه‌ی پارامترهای رشد جمعیت یک آفت روی ارقام مختلف یک محصول زراعی زیربنای انتخاب ارقام مقاوم برای استفاده در مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد (Smith, 2005; Dent, 2000). در تحقیق حاضر، به‌منظور شناسایی ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی مقاوم به بید سیب‌زمینی، پارامترهای زیستی این آفت روی هشت ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، مقادیر ازت و تعدادی از عناصر مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ماده‌ی خشک غده‌ها نیز با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل پنج رقم تجاری و سه کلون سیب‌زمینی می‌باشد که پس از غربال‌سازی مقدماتی ۳۹ ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی انتخاب شدند (Mansouri *et al*., 2010a, 2010b). کلون‌های سیب‌زمینی بررسی‌شده در این مطالعه برای نخستین‌بار نسبت به بید سیب‌زمینی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این مطالعه به بررسی کلون‌های در دست اصلاح سیب‌زمینی در کشور و مقایسه‌ی آن‌ها با ارقام تجاری متداول از نظر میزان مقاومت یا حساسیت به بید سیب‌زمینی نیز کمک کرده و امکان استفاده از

ژرم‌پلاسم(های) با مقاومت نسبی بالا را در برنامه‌های کنترل تلفیقی این آفت فراهم خواهد ساخت.

مواد و روش‌ها

تهیه‌ی غده‌های سیب‌زمینی و پرورش حشره

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. برای تهیه‌ی حشرات مورد نیاز، لاروهای بید سیب‌زمینی از روی غده‌های آلوده به این آفت از انبارهای سیب‌زمینی در شهرستان اردبیل جمع‌آوری و در آزمایشگاه پرورش داده شدند. پس از ظهور حشرات کامل، این شب‌پره‌ها در ظرف‌های پلاستیکی شفاف استوانه‌ای با قطر دهانه‌ی ١٤ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در اتاقک رشد KBWF Binder (Model 240) در دمای ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ٦٥ درصد و شرایط تاریکی روی سیب‌زمینی رقم کایزر (Kaizer) و بدون منبع تغذیه‌ای برای حشرات کامل قرار داده شدند. غده‌های مورد نیاز ۳۹ ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی از مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر کشور در کرج تهیه شد. مقاومت این ژرم‌پلاسم‌ها در یک غربال‌سازی اولیه مورد بررسی قرار گرفت و از میان آن‌ها هشت ژرم‌پلاسم شامل پنج رقم تجاری و سه کلون به‌نسبت مطلوب از نظر مقاومت به بید سیب‌زمینی شامل رقم‌های، آگریا، مورن (Morene)، اسپریت (Sprit)، کندور (Kondor) و رقم حساس ساوالان (Savalan)، و سه کلون ۲-۳۹۷۰۹۷، ۳۹٦۱۲٤ و ۲-۳۹۷۰۸۲ برای انجام این تحقیق انتخاب شدند.

تعیین پارامترهای زیستی بید سیب‌زمینی روی غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

در این آزمایش ابتدا بید سیب‌زمینی برای سه نسل متوالی روی غده‌های رقم کایزر به‌منظور حذف تأثیر تغذیه از میزبان قبلی پرورش داده شد. جهت تأمین تخم‌های هم‌سن از شب‌پره‌ها برای مطالعه‌ی پارامترهای زیستی، یک قطعه‌ی بریده‌شده از سیب‌زمینی روی کاغذ صافی و روی درپوش توری‌دار هر ظرف پرورش قرار داده شد و یک جفت حشره نر و ماده به داخل هر ظرف پلاستیکی شفاف ۲۰ × ١٤ سانتی‌متری رها شد. بعد از گذشت ٢٤ ساعت، کاغذ صافی حاوی تخم‌های گذاشته شده از روی ظروف تخم‌گیری برداشته شد و از ٦٠ عدد

تخم یک‌روزه‌ی آن به‌عنوان دستجات تخم هم‌سن برای انجام آزمایش‌های مورد نظر استفاده گردید. تخم‌ها در شرایط دمایی و رطوبتی فوق داخل ظروف پتری تا زمان تفریخ در اتاقک رشد نگه‌داری شدند. پس از تفریخ تخم‌ها، روی هر غده‌ی سالم به وزن تقریبی ۷۰ گرم از هر رقم و یا کلون سیب‌زمینی (۳۰ غده به ازای هر ژرم‌پلاسم) دو عدد لارو سن اول یک‌روزه در ظروف پلاستیکی به ارتفاع ۵ و قطر دهانه‌ی ۱۰ سانتی‌متر با درپوش توری‌دار قرار داده شد. سپس طول دوره‌ی لاروی، طول دوره‌ی شفیرگی و زمان ظهور حشرات کامل روی هر ژرم‌پلاسم تعیین شد. پس از ظهور حشرات کامل، یک جفت حشره‌ی کامل نر و ماده‌ی یک‌روزه از هر ژرم‌پلاسم در ظروف پلاستیکی جداگانه‌ای به ارتفاع ۱۵ و قطر دهانه‌ی ۸ سانتی‌متر جهت جفت‌گیری و تخم‌گذاری محبوس شدند. برای تحریک تخم‌ریزی، قطعات بریده‌شده‌ی غده از هر ژرم‌پلاسم روی کاغذهای صافی هم‌اندازه روی بخش توری درپوش ظروف قرار داده شد و تعداد تخم‌های گذاشته شده به‌طور روزانه جمع‌آوری و شمارش گردید. این آزمایش تا زمان مرگ آخرین حشره‌ی کامل ادامه یافت و به‌این‌ترتیب پارامترهای زیستی شامل طول دوره‌ی مراحل نابالغ، طول عمر حشرات کامل ماده و نر، باروری روزانه و کل، و نسبت جنسی تعیین شدند. سپس براساس داده‌های به‌دست آمده، پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، متوسط مدت زمان یک نسل (T)، مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، روی هر ژرم‌پلاسم محاسبه شدند. همچنین، جهت تعیین طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی، تخم‌های گذاشته شده توسط شب‌پره‌های پرورش‌یافته روی غده‌های هریک از هشت ژرم‌پلاسم مورد آزمایش به‌طور جداگانه و روزانه مورد بررسی قرار گرفت و زمان تفریخ آن‌ها ثبت شد.

تعیین مقادیر نیترات و برخی از عناصر در غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

این کار در آزمایشگاه علوم خاک دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی صورت گرفت و به‌روش هضم ماده‌ی خشک در اسید و با تغییراتی در روش Bartova & Barta (2009) از ماده‌ی خشک آسیاب‌شده‌ی مربوط به ۱۰ غده از هر ژرم‌پلاسم، مقادیر ازت و عناصر مختلف اندازه‌گیری شد. مقدار ازت به‌صورت یون نیترات ($NO3^-$) و فسفر (P) با استفاده از

دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectrophotometer; Pharmacia, LBK) محاسبه و میزان پتاسیم (K) به کمک دستگاه فوتومتر شعله‌ای (Flame phothometer; Jenway, PSP 7, Egland) تعیین شد. مقادیر کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) به‌روش تیتراسیون (titration) محاسبه شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه‌ی داده‌های مربوط به پارامترهای زیستی ازجمله طول دوره‌ی نمو، طول عمر و باروری بید سیب‌زمینی روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی مورد مطالعه از روش تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه استفاده شد. پارامترهای رشد جمعیت بر اساس معادلات Birch (1948) و Carey (1993, 2001) محاسبه شدند. برای تعیین واریانس پارامترهای رشد جمعیت از روش جک‌نایف و از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد (Meyer *et al.*, 1986; Maia *et al.*, 2000). برای مقایسه‌ی میانگین پارامترهای زیستی و رشد جمعیت از آزمون چنددامنه‌ای Student-Newman-Keuls (SNK) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج

طول دوره‌ی مراحل نابالغ زیستی

طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی بید سیب‌زمینی روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (F = ۱۷/۷۱؛ df = ۷۹۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). بیش‌ترین طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی روی کلون ۲–۳۹۷۰۹۷ (۴/۹ روز) مشاهده شد و طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی روی رقم‌های اسپریت، مورن، ساوالان و کلون ۳۹۶۱۲۴ به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه بود. از نظر طول دوره‌ی لاروی آفت نیز بین ژرم‌پلاسم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (F = ۲۷/۳۱؛ df = ۲۳۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). طولانی‌ترین طول دوره‌ی لاروی روی کلون ۲–۳۹۷۰۹۷ (۱۶/۲۷ روز) و کوتاه‌ترین طول دوره‌ی لاروی روی رقم ساوالان (۱۴/۳ روز) مشاهده شد. طول دوره‌ی شفیرگی بید سیب‌زمینی نیز روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی تفاوت معنی‌داری نشان داد (F = ۱۵/۷۰۷؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). طول دوره‌ی شفیرگی روی رقم آگریا (۸/۵۵ روز) در مقایسه با سایر

ژرم‌پلاسم‌های دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. از نظر طول دوره‌ی مراحل نابالغ بید سیب‌زمینی نیز بین ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (F = ۲۶/۷۳؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). طول دوره‌ی مراحل نابالغ روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ (۲۹/۳۲ روز)، رقم آگریا (۲۹ روز) و کلون ۲-۳۹۷۰۸۲ (۲۸/۳ روز) به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر از سایر ژرم‌پلاسم‌ها بود. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی مراحل نابالغ روی ارقام ساوالان (۲۶/۱ روز)، کندور (۲۶/۱ روز) و اسپریت (۲۶/۳ روز) مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- طول دوره‌ی مراحل نابالغ (میانگین ± خطای معیار) *P. operculella* روی غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی (روز) در شرایط آزمایشگاهی.

Table 1. Period of immature stages (Mean ± SE) of *P. operculella* on tubers of different potato germplasms (day) at laboratory conditions.

Germplasms	Egg (N)	Incubation	Larva (N = 30)	Pupa (N = 30)	Total immature stages
Sprit	102	4.4 ± 0.1 c	14.4 ± 0.1 d	7.4 ± 0.1 c	26.3 ± 0.3 c
Savalan	144	4.5 ± 0.1 c	14.3 ± 0.2 d	7.4 ± 0.1 c	26.1 ± 0.3 c
Kondor	87	4.5 ± 0.1 c	14.3 ± 0.2 d	7.4 ± 0.1 c	26.1 ± 0.3 c
Agria	96	4.8 ± 0.0 ab	15.8 ± 0.1 b	8.5 ± 0.1 c	29.0 ± 0.3 a
Morene	81	4.4 ± 0.1	15.3 ± 0.1 c	7.7 ± 0.1 c	27.4 ± 0.3 b
396124	96	4.4 ± 0.1 c	15.2 ± 0.1 c	7.4 ± 0.1 c	26.9 ± 0.3 b
397082-2	102	4.7 ± 0.1 b	15.9 ± 0.1 ab	7.8 ± 0.1 c	28.3 ± 0.3 a
397097-2	144	4.9 ± 0.0 a	16.3 ± 0.1 a	8.2 ± 0.1 b	29.3 ± 0.3 a

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% (P = 0.05; SNK test).

بقای ویژه‌ی سنی (l_x)، باروری ویژه‌ی سنی (m_x) و درصد تلفات

بقای ویژه‌ی سنی بید سیب‌زمینی روی غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه روند متفاوتی داشت ولی در همه‌ی ژرم‌پلاسم‌ها، نرخ بقای این آفت با افزایش سن کاهش یافت. منحنی‌های بقای ویژه‌ی سنی این آفت نشان داد که زمان تخم تا مرگ آخرین فرد ماده‌ی *P. operculella* از روز۳۳ روی رقم ساوالان تا روز ۳۷ روی رقم آگریا و کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ متغیر بود (شکل ۱). براساس منحنی باروری ویژه‌ی سنی بید سیب‌زمینی روی هشت ژرم‌پلاسم مورد آزمایش، مشخص شد که بیش‌ترین تخم‌گذاری این آفت روی بیشتر ژرم‌پلاسم‌ها در دوره‌ی زمانی روزهای ۲۷ و ۲۸ زندگی حشره‌ی کامل روی رقم ساوالان تا روز ۳۰ و ۳۳ زندگی روی

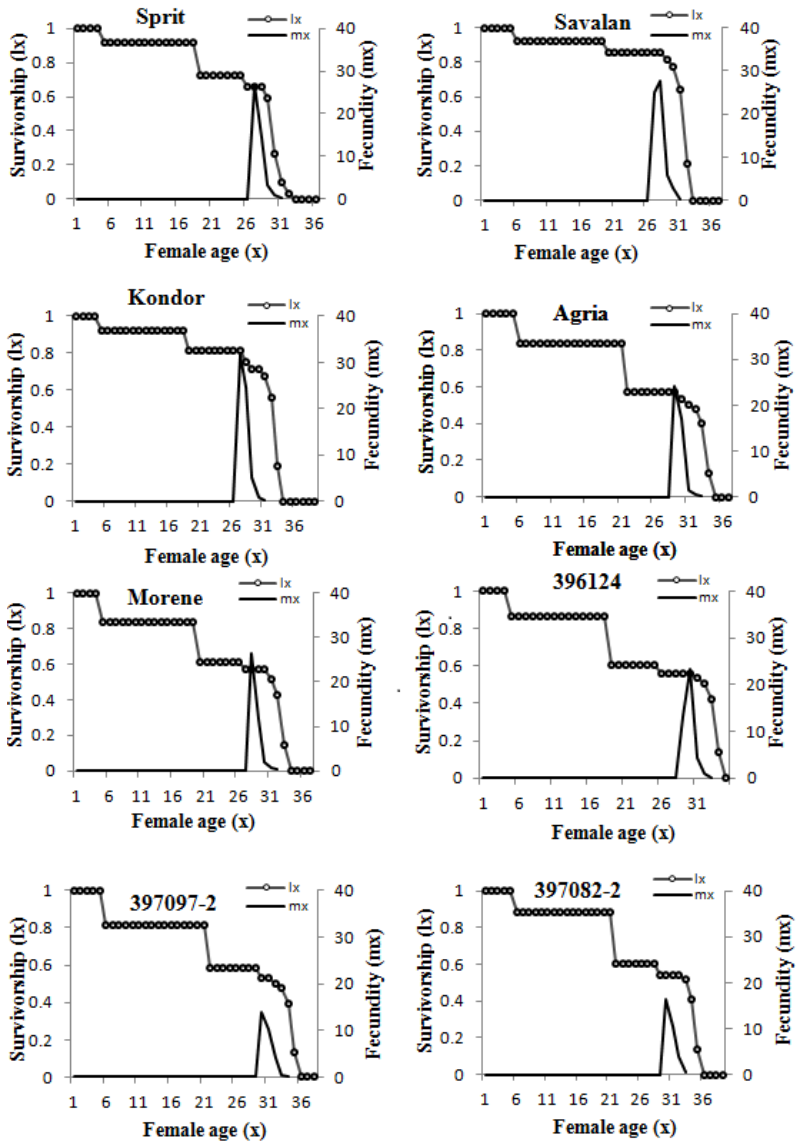
کلون‌های ۲-۳۹۷۰۹۷، ۲-۳۹۷۰۸۲، ۳۹۶۱۲٤ و رقم آگریا انجام شد (شکل ۱). نوسان‌های مشاهده شده در منحنی‌های مربوط به باروری ویژه‌ی سنی بید سیب‌زمینی روی غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی نشان‌دهنده‌ی کاهش و افزایش متوالی و روزانه‌ی تولید نتاج است که احتمالاً این حالت به‌علت کمبود انرژی لازم برای تخم‌ریزی این آفت در روزهای مکرر می‌باشد.

درصد تلفات مراحل نابالغ بید سیب‌زمینی در چهار رقم اسپریت، ساوالان، کندور و مورن کم‌تر از ۵۰ درصد و در مورد سایر ژرم‌پلاسم‌ها این میزان بیش‌تر از ۵۰ درصد است. بقای مراحل قبل از بلوغ این آفت روی غده‌ی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ (٤۳/۲۰ درصد) بیش‌ترین و روی غده‌ی رقم ساوالان (۷۷/۸۲ درصد) کم‌ترین مقدار را نشان داد (جدول ۲).

طول دوره‌ی تخم‌ریزی، طول عمر و طول دوره‌ی زندگی حشرات کامل

بین ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی از نظر طول دوره‌ی تخم‌ریزی بید سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (F = ۱٤/۸۳؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). بیشتر حشرات کامل پس از ظاهرشدن در همان روز اول زندگی خود جفت‌گیری نموده و شروع به تخم‌ریزی کردند. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی تخم‌ریزی بید سیب‌زمینی روی رقم کندور (۳/۲ روز) و ساوالان (۳/۳ روز) و طولانی‌ترین دوره‌ی تخم‌ریزی روی رقم آگریا (۵ روز) مشاهده شد. طول عمر و طول دوره‌ی زندگی حشرات کامل ماده‌ی *P. operculella* نیز بین ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی تفاوت معنی‌داری را نشان داد (به‌ترتیب: F = ٤/۸٦۱؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱ و F = ۲۰/۷۸؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). طول عمر حشرات ماده روی ژرم‌پلاسم‌های مورد آزمایش از ٦/٤ روز روی رقم ساوالان تا ۸/۲ روز روی رقم آگریا در نوسان بود. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی زندگی برای حشرات ماده‌ی بید سیب‌زمینی روی رقم ساوالان (۳۲/٦ روز) و بیش‌ترین طول این دوره روی غده‌های رقم آگریا (۳۷/۱ روز) و کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ (۳۷/۳ روز) به‌دست آمد (جدول ۳).

طول عمر و طول دوره‌ی زندگی حشرات کامل نر روی غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری داشتند (به‌ترتیب: F = ۲/۲۰۳؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱ و



شکل ۱- بقای ویژه‌ی سنی (l_x) و باروری ویژه‌ی سنی (m_x) *P. operculella* روی غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی.

Fig. 1. Age-specifice survivorship (lx) and age-specific fecundity (m_x) of *P. operculella* on tubers of different potato germplasms at laboratory conditions.

(P = ۰/۰۰۰۱ ؛df = ۱۵۲, ۷ ؛F = ۱٦/۷۹۷). طول عمر حشرات نر از ٤/۹ روز در کلون ۳۹٦۱۲٤ تا ٦/۳ روز در رقم آگریا متغیر بود. بیش‌ترین طول دوره‌ی زندگی حشرات نر روی رقم آگریا و کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ و کم‌ترین مقدار این پارامتر در سه رقم اسپریت، ساوالان، کندور و کلون ۳۹٦۱۲٤ مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲- درصد تلفات مراحل مختلف زیستی *P. operculella* از تخم تا ظهور حشرات کامل روی غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی.

Table 2. Percent mortality of different stages of *P. operculella* from egg to adult emergence on tubers of different potato germplasms at laboratory conditions.

Germplsm	Mortality percent			Immature survival (%)
	Egg	Larva	Pupa	
Sprit	7.95	21.66	7.45	62.94
Savalan	7.76	6.67	7.75	77.82
Kondor	7.64	11.67	7.43	73.26
Agria	16.44	31.66	6.10	45.80
Morene	15.92	26.66	6.82	50.60
396124	13.98	30.00	7.14	48.88
397082-2	11.57	31.66	8.54	48.23
397097-2	19.17	28.33	9.30	43.20

جدول ۳- میانگین (± خطای معیار) طول دوره‌ی تخم‌ریزی، طول عمر حشرات بالغ و طول دوره‌ی زندگی حشرات کامل *P. operculella* روی غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی (روز) در شرایط آزمایشگاهی.

Table 3. Mean (± SE) of oviposition period, adult longevity and adult life span (day) of *P. operculella* on tubers of different potato germplasm at laboratory conditions.

Germplasm	Oviposition period (N = 20)	Female		Male	
		Longevity (N = 20)	Life span (N = 20)	Longevity (N = 20)	Life span (N = 20)
Sprit	3.7 ± 0.1 cd	7.4 ± 0.2 abc	33.7 ± 0.4 cd	5.2 ± 0.2 ab	31.5 ± 0.3 c
Savalan	3.3 ± 0.1 d	6.4 ± 0.4 c	32.5 ± 0.5 d	5.4 ± 0.3 ab	31.6 ± 0.5 c
Kondor	3.2 ± 0.9 d	6.7 ± 0.4 c	32.6 ± 0.5 d	6.0 ± 0.6 ab	32.1 ± 0.5 c
Agria	4.9 ± 0.1 a	8.2 ± 0.2 a	37.1 ± 0.3 a	6.3 ± 0.3 a	35.3 ± 0.5 a
Morene	3.6 ± 0.2 cd	7.5 ± 0.2 ab	34.6 ± 0.3 bc	5.7 ± 0.3 ab	33.0 ± 0.3 bc
396124	3.9 ± 0.2 bc	7.8 ± 0.3 ab	34.8 ± 0.4 bc	4.9 ± 0.3 b	31.9 ± 0.3 c
397082-2	3.7 ± 0.2 cd	7.1 ± 0.3 abc	35.4 ± 0.4 b	5.3 ± 0.3 ab	33.6 ± 0.5 b
397097-2	4.30 ± 0.2 b	8.0 ± 0.3 a	37.3 ± 0.4 a	6.1 ± 0.2 ab	35.3 ± 0.3 a

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% (P = 0.05; SNK test).

باروری روزانه، باروری کل و نسبت جنسی

باروری روزانه و باروری کل بید سیب‌زمینی به طور معنی‌داری روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف تفاوت داشتند (به‌ترتیب: F = ۹/۰۰۷؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱ و F = ۱۳/٤۹٦؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). کم‌ترین میزان باروری روزانه در حشرات پرورش‌یافته روی کلون‌های ۲-۳۹۷۰۹۷ و ۲-۳۹۷۰۸۲ و رقم آگریا (به‌ترتیب ۱٦/٤۷، ۲۰/۸۰ و ۲۰/۸۹ تخم به‌ازای هر حشره‌ی ماده) مشاهده شد و بیش‌ترین میزان باروری روزانه روی رقم‌های کندور، مورن و ساوالان (به‌ترتیب ۳۵/۹۲، ۳۵/٥٦ و ۳٤/۸۳ تخم به‌ازای هر حشره‌ی ماده) به‌دست آمد. کم‌ترین میزان باروری کل به‌ترتیب روی کلون‌های ۲-۳۹۷۰۸۲ و ۲-۳۹۷۰۹۷ و بیش‌ترین باروری کل روی رقم‌های ساوالان و کندور ثبت شد. بیش‌ترین نسبت ماده‌ها روی کلون ۲-۳۹۷۰۸۲ و کندور (۵۵/۵۵ درصد) و کم‌ترین نسبت ماده‌ها روی غده‌های ۲-۳۹۷۰۹۷ (٤۸/۹ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤).

جدول ٤- باروری روزانه، باروری کل (میانگین ± خطای معیار) و نسبت جنسی *P. operculella* روی غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی.

Table 4. Daily fecundity, total fecundity (Mean ± SE) and sex ratio of *P. operculella* on tubers of different potato germplasms at laboratory conditions.

Germplasm	Daily fecondity (N = 20)	Total fecondity (N = 20)	Sex ratio (%) (N = 20)
Sprit	22.57 ± 1.86 c	90.30 ± 7.46 b	50.00
Savalan	34.83 ± 2.57 a	114.35 ± 5.07 a	54.54
Kondor	35.92 ± 2.34 a	112.75 ± 7.95 a	55.55
Agria	20.89 ± 2.20 c	88.40 ± 3.34 b	54.54
Morene	35.56 ± 1.07 a	77.20 ± 2.57 b	52.63
396124	29.52 ± 5.23 ab	80.05 ± 5.13 b	53.57
397082-2	20.80 ± 2.02 c	56.80 ± 6.39 c	55.55
397097-2	16.47 ± 1.23 c	59.00 ± 4.26 c	48.90

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% (P = 0.05; SNK test).

پارامترهای رشد جمعیت

میانگین‌های نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری نشان دادند (F = ٤۷/۳۸۲؛ df = ۱۵۲, ۷؛ P = ۰/۰۰۰۱). کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت بید سیب‌زمینی به‌ترتیب روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷

(۰/۱۳۵ ماده/ماده/روز) و رقم ساوالان (۰/۲۰۵ ماده/ماده/روز) مشاهده شد. میانگین نرخ خالص تولید مثل (R_0) نیز روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد (F = ٤٧/٩٠٤؛ df = ١٥٢, ٧؛ P = ۰/۰۰۰۱). نرخ خالص تولید مثل بید سیب‌زمینی روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی از ١٥/٤ ماده/ماده/نسل روی کلون ۲–۳۹۷۰۹۷ تا ۵۳/۳ ماده/ماده/نسل روی رقم ساوالان متغیر بود. متوسط مدت زمان یک نسل (T) بید سیب‌زمینی روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان داد (F = ١٣/٥٥٤؛ df = ١٥٢, ٧؛ P = ۰/۰۰۰۱). طولانی‌ترین مدت زمان یک نسل روی کلون‌های ۲–۳۹۷۰۹۷ (۲۰/۱ روز) و ۲–۳۹۷۰۸۲ (۲۰/۱ روز) و رقم مورن (۱۹/۹ روز) مشاهده شد. سایر ژرم‌پلاسم‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار این پارامتر نشان ندادند. از نظر مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت بید سیب‌زمینی بین ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (F = ٣٥/٨٤٥؛ df = ١٥٢, ٧؛ P = ۰/۰۰۰۱). بیش‌ترین مدت زمان لازم برای دوبرابر شدن جمعیت بید سیب‌زمینی روی کلون‌های ۲–۳۹۷۰۹۷ و ۲–۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۵/۱ و ٤/٩ روز و کم‌ترین مقدار آن روی رقم‌های ساوالان و کندور به‌ترتیب ۳/٤ و ۳/۵ روز مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری نیز بین مقادیر نرخ متناهی افزایش جمعیت بید سیب‌زمینی (λ) روی هشت ژرم‌پلاسم سیب‌زمینی مشاهده شد (F = ٥/٤٤٢؛ df = ١٥٢, ٧؛ P = ۰/۰۰۰۱).

جدول ۵- پارامترهای رشد جمعیت (میانگین ± خطای معیار) *P. operculella* روی غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی (تعداد = ۲۰) در شرایط آزمایشگاهی.

Table 5. Population growth parameters (Mean ± SE) of *P. operculella* on tubers of different potato germplasms (N = 20**)** at laboratory conditions.

Germplasm	Intrinsic rate of increase (r_m)	Net reproductive rate (R_0)	Mean generation time (T)	Doubling time (DT)	Finite rate of increase (λ)
Sprit	0.178 ± 0.004 b	30.5 ± 2.2 c	19.2 ± 0.8 b	3.9 ± 0.09 c	1.195 ± 0.005 b
Savalan	0.205 ± 0.002 a	53.2 ± 2.4 a	19.4 ± 0.1 b	3.4 ± 0.04 d	1.277 ± 0.049 a
Kondor	0.199 ± 0.004 a	46.4 ± 3.2 b	19.3 ± 0.1 b	3.5 ± 0.07 d	1.220 ± 0.005 bc
Agria	0.167 ± 0.002 c	25.3 ± 0.9 c	19.3 ± 0.1 b	4.1 ± 0.06 bc	1.182 ± 0.003 bc
Morene	0.158 ± 0.004 c	23.5 ± 1.7 c	20.0 ± 0.1 a	4.4 ± 0.1 b	1.172 ± 0.005 bc
396124	0.163 ± 0.003 c	23.8 ± 1.4 c	19.4 ± 0.1 b	4.2 ± 0.0 b	1.177 ± 0.004 bc
397082-2	0.142 ± 0.005 d	17.5 ± 1.7 d	20.1 ± 0.9 a	4.9 ± 0.2 a	1.152 ± 0.006 d
397097-2	0.135 ± 0.004 d	15.4 ± 1.1 d	20.1 ± 0.1 a	5.1 ± 0.1 a	1.149 ± 0.005 d

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% (P = 0.05; SNK test).

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت بید سیب‌زمینی به‌ترتیب روی رقم ساوالان (۱/۲۷۷) و کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ (۱/۱٤۹) به‌دست آمد (جدول ۵).

مقادیر نیترات و برخی از عناصر در غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های سیب‌زمینی

در بررسی میزان ازت به‌صورت یون نیترات و میزان عناصر کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم موجود در ماده‌ی خشک غده‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه، کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر یون نیترات و عناصر اندازه‌گیری‌شده به‌ترتیب در کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ و رقم ساوالان به‌دست آمد (جدول ٦).

جدول ٦- مقدار یون نیترات (پی‌پی‌ام) و درصد برخی از عناصر در غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی.

Table 6. The content of nitrate ion (ppm) and percent of some minerals in tubers of different potato germplasms.

Germplasm	$NO3^-$ (ppm)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Sprit	161	0.24	2.6	0.8	0.5
Savalan	180	0.27	2.19	1	0.5
Kondor	176	0.26	2.14	1	0.5
Agria	132	0.27	1.66	1.2	0.5
Morene	116	0.22	1.89	0.6	0.5
396124	127	0.27	1.97	0.8	0.5
397082-2	121	0.19	1.52	0.6	0.4
397097-2	108	0.15	1.38	0.6	0.4

بحث

غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی مطلوبیت متفاوتی را برای تغذیه‌ی بید سیب‌زمینی نشان داد، به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین ژرم‌پلاسم‌های مورد بررسی از نظر ویژگی‌های زیستی آفت مشاهده شد. تغذیه‌ی لاروهای آفت از غده‌ی ژرم‌پلاسم‌های مختلف مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری روی طول دوره‌ی مراحل نابالغ زیستی داشت. این نتیجه در مورد برخی ژرم‌پلاسم‌ها می‌تواند بیانگر تفاوت در ترکیبات موجود در غده‌های ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی مورد مطالعه و اثر متفاوت آن‌ها روی طول دوره‌ی مراحل نابالغ این حشره

باشد. طول دوره‌ی لاروی در لاروهای پرورش‌یافته روی دو کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ و ۲-۳۹۷۰۸۲ که کم‌ترین مقادیر ازت به‌صورت یون نیترات و کم‌ترین درصد فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در ماده‌ی خشک را داشتند، نسبت به لاروهای پرورش‌یافته روی ارقام ساوالان و کندور که از کیفیت غذایی بالاتری برخوردار بودند، به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر بود (جدول‌های ۱ و ٦). همچنین، احتمالاً وجود متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی که روی رشد و نمو لارو آفت تأثیر مخربی دارند و باعث ایجاد مقاومت آنتی‌بیوزی می‌شوند نیز ممکن است در طولانی‌تر شدن طول دوره‌ی لاروی بید سیب‌زمینی روی برخی ژرم‌پلاسم‌ها مؤثر باشد که نیازمند بررسی‌های تخصصی بعدی است. طول دوره‌ی لاروی بید سیب‌زمینی در تحقیق حاضر از ١٤/٣ روز روی رقم ساوالان تا ١٦/٣ روز روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ در نوسان بود که نشان‌دهنده‌ی تأثیر متفاوت ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه روی این پارامتر است. Sporleder *et al.*, (2004) متوسط طول دوره‌ی لاروی بید سیب‌زمینی را در دمای ٢٤ درجه‌ی سلسیوس روی غده‌ی رقم پروآنیتا برابر با ١٧/٦ روز گزارش کردند. Golizadeh & Razmjou (2010) طول دوره‌ی لاروی این آفت را در ٢٥ درجه‌ی سلسیوس و ١٦ ساعت تاریکی و ٨ ساعت روشنایی روی شش رقم تجاری مورد مطالعه بین ١٣/٦ روز روی رقم مارفونا تا ١٥/٣ روز روی رقم آگریا ذکر کردند. در تحقیق حاضر این مدت زمان برای رقم آگریا ١٥/٧ روز به‌دست آمد که بسیار نزدیک به یافته‌های محققین مذکور است و معرف بی‌تأثیر بودن طول دوره‌ی نوری در مدت زمان رشد مرحله‌ی لاروی روی این رقم است. از نظر طول دوره‌ی شفیرگی نیز بین ژرم‌پلاسم‌های مختلف سیب‌زمینی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که طول دوره‌ی شفیره‌گی روی رقم آگریا ٨/٦ روز و روی رقم‌های اسپریت، ساوالان و کندور ٧/٣ روز بود. در یک تحقیق دیگر طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی بید سیب‌زمینی در شرایط دمایی ٢٤ درجه‌ی سلسیوس روی غده‌ی سیب‌زمینی رقم پروآنیتا ٥/٥ روز گزارش شده است (Sporleder *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای که توسط Doğramaci & Tingey (2010) انجام شد، مشخص گردید که کلون سیب‌زمینی Q174-2 که حاصل هیبرید *Solanum tuberosum* L. و *S. berthaultii* Hawkes می‌باشد، روی برخی از ویژگی‌های لاروی بید سیب‌زمینی ازجمله عرض کپسول سر، وزن لارو و طول دوره‌ی مراحل نابالغ تأثیر منفی داشته است.

کم‌ترین میزان تخم‌ریزی روزانه و کل حشرات کامل بید سیب‌زمینی، روی غده‌ی کلون‌های ۲–۳۹۷۰۹۷ و ۲– ۳۹۷۰۸۲ مشاهده شد و بیش‌ترین میزان باروری کل آفت روی دو رقم ساوالان (۱۱٤/۳۵ تخم) و کندور (۱۱۲/۷۵ تخم) به‌دست آمد (جدول ٤). دلیل این موضوع پایین بودن ارزش غذایی غده‌ی این دو کلون در مقایسه با سایر ژرم‌پلاسم‌های مورد مطالعه برای تخم‌ریزی حشرات کامل بید سیب‌زمینی است (جدول ٦). کیفیت گیاه میزبان نسبت جنسی حشرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Awmack & Leather, 2002). در تحقیقات متعددی نشان داده شده است که تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط یک حشره روی گیاهان میزبان فقیر (از نظر ارزش غذایی) کاهش می‌یابد (Verkerk & Wright, 1996; Hamilton *et al.*, 2005). نتایج آزمایش‌های حاضر نیز در توافق با یافته‌های این محققین است. در تمامی ژرم‌پلاسم‌های مورد آزمایش بیش‌ترین میزان تخم‌ریزی حشرات بالغ در همان روزهای اول پس از ظاهر شدن حشرات کامل اتفاق افتاد. علت این موضوع ممکن است به میزان مواد غذایی ذخیره شده (در دوره‌ی نابالغی) در بدن شب‌پره‌های نر و ماده و همچنین حفظ بقای نسل‌های بعدی (به‌دلیل احتمال زادآوری بالاتر تخم‌های گذاشته شده در روزهای ابتدایی عمر حشرات بالغ) مربوط باشد. براساس مطالعه‌ی Das *et al.* (1993)، ترکیبات شیمیایی دفاعی موجود در غده‌های سیب‌زمینی به‌عنوان یک عامل مهم در مقاومت ژرم‌پلاسم‌ها در برابر بید سیب‌زمینی عمل می‌کنند. این ترکیبات می‌توانند هم به‌صورت مستقیم و هم به روش غیرمستقیم روی باروری و تخم‌ریزی حشرات گیاه‌خوار تأثیر بگذارند. کوتاه‌تر بودن طول دوره‌ی قبل از بلوغ، بیش‌تر بودن نرخ خالص تولید مثل و کم‌تر بودن درصد تلفات در مراحل نابالغ منعکس‌کننده‌ی مطلوبیت بیش‌تر گیاه میزبان برای تغذیه و تکمیل دوره‌ی زیستی حشره می‌باشد (van Lenteren & Nodus, 1990). باروری بالا، مرگ و میر پایین و کوتاه بودن دوره‌ی رشدی قبل از بلوغ بید سیب‌زمینی روی رقم ساوالان و کندور احتمالاً می‌تواند از بالا بودن نسبی کیفیت این رقم‌ها و مقادیر بالاتر ازت (به‌صورت یون نیترات) و برخی عناصر مثل پتاسیم و منیزیم در مقایسه با سایر ژرم‌پلاسم‌ها ناشی شده باشد (جدول ٦).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت بهترین و معتبرترین پارامتر جهت بیان ویژگی‌های زیستی یک حشره است؛ زیرا اطلاعات مربوط به بقاء و باروری ویژه‌ی سن در این آماره خلاصه شده

است و هرگونه تغییر در این خصوصیات، در r_m نمایان می‌شود (Nouri-Ganbalani, 2002). پایین بودن نرخ خالص تولید مثل بید سیب‌زمینی روی غده‌های کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ بیانگر پایین بودن کیفیت و مقاومت نسبی غده‌های این ژرم‌پلاسم در مقایسه با سایر ژرم‌پلاسم‌ها می‌باشد. طولانی بودن نسبی مدت زمان یک نسل *P. operculella* روی دو کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ و ۲-۳۹۷۰۸۲ می‌تواند یکی از دلایل پایین بودن نسبی نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت روی این ژرم‌پلاسم‌ها باشد (جدول ٦). در این آزمایش کم‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت روی کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ مشاهده شد و بیش‌ترین مدت زمان یک نسل این آفت نیز روی همین ژرم‌پلاسم به‌دست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که کیفیت پایین ترکیبات این ژرم‌پلاسم باعث افزایش مدت زمان لازم برای رشد و نمو و سپری کردن یک نسل حشره شده است (جدول ٦). همچنین، گرایش بیش‌تر به سمت تولید افراد نر در کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ احتمالاً یکی از دلایل پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل بید سیب‌زمینی در این کلون می‌باشد (جدول ٤). برعکس، بالا بودن مقدار نرخ خالص تولید مثل روی سه رقم ساوالان، مورن و کندور بیانگر مطلوب بودن این ژرم‌پلاسم‌ها در مقایسه با ژرم‌پلاسم‌های دیگر برای تولید مثل بید سیب‌زمینی است. بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت یک حشره روی گیاه میزبان معرف حساس بودن آن گیاه نسبت به تغذیه‌ی حشره و پایین بودن این پارامتر بیانگر مقاومت گیاه میزبان در برابر تغذیه‌ی حشره می‌باشد (Carey, 1993; Nouri-Ganbalani, 2002; Smith, 2005). کیفیت مواد غذایی و وجود متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی در گیاهان میزبان یک عامل کلیدی تعیین‌کننده در میزان بقا و رشد و نمو لاروهای حشرات گیاه‌خوار است، به‌طوری‌که نوع ترکیبات گیاهی (مانند کربن، نیتروژن، عناصر و متابولیت‌های دفاعی) به‌طور مستقیم روی پتانسیل باروری حشره تأثیر خواهد گذاشت (Awmack & Leather 2002). اختلاف در بقاء و نشو و نمای حشرات روی ارقام مختلف ممکن است ناشی از اثرات آنتی‌بیوزی، ارزش غذایی پایین غذای خورده‌شده، ضخیم بودن لایه‌ی پریکارب بافت گیاه و وجود متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی باشد (Sharma *et al.*, 1982; Mattson & Scriber 1987; Samraj & David, 1988; Sing & Parihar, 1988). گونه‌های گیاهی مرتبط باهم به‌طورمعمول دارای ترکیبات شیمیایی مشابهی هستند، اما تفاوت در غلظت ترکیبات شیمیایی ثانویه در بین

گیاهان میزبان مختلف می‌تواند دوره‌ی زندگی حشره را تحت تأثیر قرار دهد (Whittaker & Feeny, 1971; Martin & Pulin, 2004). نتایج مطالعه‌ی پارامترهای رشد جمعیت بید سیب‌زمینی در تحقیق حاضر با یافته‌های Golizadeh & Razmjou (2010) در مورد رقم آگریا به‌عنوان رقم به‌نسبت مقاوم و رقم ساوالان به‌عنوان رقم به‌نسبت حساس تقریباً هم‌خوانی دارد. اما برخی تفاوت‌های مشاهده شده بین نتایج بررسی حاضر با نتایج بررسی‌های محققین دیگر، ازجمله Sporleder *et al.* (2004) و Golizadeh & Razmjou (2010)، ممکن است مربوط به تفاوت در جمعیت‌های مورد استفاده‌ی بید سیب‌زمینی و تفاوت در شرایط آزمایش باشد.

براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت، که کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ به دلایلی مانند طولانی‌تر بودن دوره‌ی رشدی قبل از بلوغ بید سیب‌زمینی روی آن، پایین بودن میزان باروری و درصد کم‌تر بقای افراد نابالغ، پایین بودن مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل بید سیب‌زمینی در مقایسه با سایر ژرم‌پلاسم‌ها، برای نشو و نمای بید سیب‌زمینی نامناسب و به آفت نسبتاً مقاوم است. بر همین اساس ژرم‌پلاسم‌های ۲-۳۹۷۰۸۲، آگریا، مورن و کلون ۳۹٦۱۲٤ به‌عنوان ژرم‌پلاسم‌های نیمه‌مقاوم و سه رقم ساوالان و کندور و اسپریت به‌عنوان ژرم‌پلاسم‌های حساس شناخته شدند. مقادیر به‌دست آمده برای نرخ ذاتی افزایش جمعیت که مهم‌ترین پارامتر رشد جمعیت می‌باشد نیز مؤید نامطلوب بودن کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ و مطلوبیت بیش‌تر رقم‌های ساوالان، مورن و کندور در مقایسه با سایر ژرم‌پلاسم‌ها بود. دلایل احتمالی مقاومت کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ می‌تواند از پایین بودن مقادیر ازت و برخی عناصر در این ژرم‌پلاسم‌ها ناشی شده باشد. همچنین، از دلایل احتمالی دیگر وجود ترکیبات شیمیایی ثانویه‌ی دفاعی می‌باشد که نیاز به بررسی‌های بیش‌تر در این زمینه است. به‌طور مثال، Gurr & Symington (1998) و Malakar-Kuenen & Tingey (2006) نشان دادند که ضخامت پریدرم پوست سیب‌زمینی در ارقام نسبتاً مقاوم به بید سیب‌زمینی یک مانع فیزیکی برای نفوذ لاروهای سن اول آفت است. در مطالعه‌ی حاضر، کلون ۲-۳۹۷۰۹۷ نسبت به سایر ژرم‌پلاسم‌های 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 آقایان دکتر علی گلی‌زاده (گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی)، دکتر محسن خدادادی (مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر)، مهندس داوود حسن‌پناه (ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل)، مهندس خلیل نیکشاد (سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل) و خانم مهندس مریم نعمتی (آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی) به‌خاطر همکاری‌های ارزنده‌ای که در اجرای این طرح به‌عمل آوردند سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

Awmack, C. S. & Leather, S. R. (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomol*ogy 47, 817-44.

Bartova, V. & Barta, J. (2009) Chemical composition and nutritional value of protein concentrates isolated from potato (*Solanum tuberosum* L.) fruit juice by precipitation with ethanol or ferric chloride. *Jounal of Agricultural and Food Chemistery* 57, 9028-9034.

Birch, L. C. (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology* 17, 15-26.

Capinera, J. L. (2001) *Handbook of vegetable insects*. 729 pp. Academic Press, New Yourk.

Carey, J. R. (1993) *Applied demography for biologists*. 206 pp. Oxford University Press, Inc.

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

Das, G. P., Magallona, E. D., Raman, K. V. & Adalla, C. B. (1993) Growth and development of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), on resistant and susceptible potato genotypes in storage. *Philippine Entomologist Journal* 9, 15-27.

Das, P. G., Raina, R. A., Prasad, R. & Sen, A. (2007) Electroantennogram responses of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lepidoptera: Gelechiidae) to plant volatiles. *Journal of Biosceince* 32(2), 339-349.

Dent, D. (2000) Host plant resistance. pp. 123-179 in Dent, D. (Ed.) *Insect Pest Management*. 410 pp. CABI Publishing, U.K.

Doğramaci, M. & Tingey, W. M. (2010) Performance of a North American field population and a laboratory colony of the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella*, on foliage of resistant and susceptible potato clones. *Journal of Insect Science* 10, 1-11.

Douches, D. S., Coombs, J. J., Lacey, L. A., Felcher, K. J. & Pett, W. L. (2011) Evaluations of transgenic potatoes for resistance to potato tuberworm in the laboratory and field. *American Journal of Potato Research* 88, 91-95.

Douches, D. S., Li, W., Zarka, K., Coombs, J., Pett, W., Grafius, E. & El-Nasr, T. (2002) Development of Bt-cry5 insect-resistant potato lines 'Spunta-G2' and 'Spunta-G3'. *HortScience* 37, 1103-1107.

Fenemore, P. G. (1980) Susceptibility of potato cultivars to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller. (Lepidoptera: Gelechiidae). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23, 539-546.

Fenemore, P. G. (1988) Host-plant location and selection by adult potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. *Journal of Insect Physiology* 34, 175-177.

Golizadeh, A. & Razmjou, J. (2010) Life table parameters of *Phthorimaea operculella* Zeller. (Lepidoptera: Gelechiidae), feeding on tubers of six potato cultivars. *Journal of Economic Entomology* 103, 966-972.

Graft, J. E. (1917) The potato tuber moth. *Technology Bulletin of United States Department of Agriculture* 427, 1-58.

Gurr, G. M. & Symington, C. A. (1998) 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.

Habibi, J. & Hesan, A. (1991) Biology and population dynamics of potato moth in Karaj. *Plant Pests and Diseases* 59, 99-107. [In Persian with English summary].

Hamilton, A. J., Endersby, N. M., Ridland, P. M., Zhang, J. & Neal, M. (2005) Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on some *Brassica oleracea* vegetables in Victoria. *Australian Journal of Entomology* 44, 284-287.

Horgan, F. G., Quiring, D. T., Lagnaoui, A. & Pelletier, Y. (2009) Effects of altitude of origin on trichome-mediated anti-herbivore resistance in wild Andean potatoes. *Flora* 204, 49-62.

Khanjani, M. (2005) *Vegetable pests in Iran*. 467 pp. Bu-Ali Sina University press. [In persian].

Lagnaoui, A., Canedo V. & Douches, D. S. (2000) Evaluation of Btcry1Ia1 (cryV) transgenic potatoes on two species of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* and *Symmetrischema tangolias* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Peru. 1999-2000 CIP Program Report, 117-121.

Maia, A. H. N., Luiz, A. J. B. & Campanhola, C. (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93, 511-518.

Malakar-Kuenen, R., & Tingey, W. M. (2006) Aspects of tuber resistance in hybrid potatoes to potato tuber worm. *Entomologia Expermentalis et Applicata* 120, 131-137.

Mansouri, S. M., Fathi, S. A. A., Nouri-Ganbalani, G., Razmjou, J. & Khodadadi, M. (2010a) Infestation of some stored potato cultivars and genotypes to *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress*, p. 422.

Mansouri, S. M., Nouri-Ganbalani, G., M., Fathi, S. A. A., Razmjou, J. & Khodadadi, M. (2010b) Comparision of *Phthorimaea operculella* (Zeller) damage on some potato germplasms under storage condition. *Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress*, p. 430.

Martin, L. A. & Pulin, A. S. (2004) Host-plant specialization and habitat restriction in an endangered insect, *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae): larval feeding and oviposition preferences. *European Journal of Entomology* 101, 51-56.

Mattson, W. J. & Scriber, J. M. (1987) Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber and mineral considerations. pp. 105-146 in Slansky, F. Jr. & Rodriguez, J. G (Eds) *Nutritional ecology of insects, mites and spiders*. Wiley Press, New Yourk.

Meyer, J. S., Ingersoll, C. G., McDonald, L. L. & Boyce, M. S. (1986) Estimating uncertainly in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology* 67, 1156-1166.

Moharamipour, S., Zenoose, B., Shojai, M. & Esmaeli, M. (1991) Study of bioecology of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechidae) in Karaj. *Proceedings of the 10th Iranian Plant Protection Congress*, p. 67.

Nouri-Ganbalani, G. (2002) *Insect ecology*. 1296 pp. University of Mohaghegh Ardabili Press. [In Persian].

Raman, K. V. & Palacios, M. (1982) Screening potato for resistance to potato tuberworm. *Journal of Economic Entomology* 75, 47-49.

Rondon, S. I. (2010) The potato tubeworm: a literature review of its biology, ecology, and control. *American Journal of Potato Research* 87, 149-166.

Rondon, S. I., Hane, D., Brown, C. R., Vales, M. I. & Dŏgramaci, M. (2009) Resistance of potato germplasm to the potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology* 102 (4), 1649-1653.

Samraj, D. A. & David, B. V. (1988) Life table studies on the spotted bollworm, *Earias vittella* (Fabricious) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton ecosystem. *Journal of the Bombay Natural History Society* 85, 637-641.

Sharma, H. C., Agarwal, R. A. & Singh, M. (1982) Effect of some antibiotic compounds in cotton on post-embryonic development of spotted bollworm (*Earias vittella* F.) and the mechanism of resistance in *Gossypium arboreum*. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*: *Animal Sciences* 91, 67-77.

Simmons, A. T., Nicol, H. I. & Gurr, G. M. (2006) Resistance of wild *Lycopersicon* species to the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Australian Journal of Entomology* 45, 81-86.

Singh, O. P. & Parihar, S. B. B. (1988) Effect of different hosts on the development of *Heliothis armigera* Hub. *Bulletin of Entomological Research* 29, 168-172.

Smith, C. M. (2005) *Plant resistance to arthropods.* 423 pp. Springer Press, The Netherlands.

Sporleder, M., Kroschel, J., Quispe, M. R. G. & Lagnaoui, A. (2004) A temperature-based simulation model for the potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33, 477-486.

van Lenteren, J. C. & Nodus, L. P. J. J. (1990) Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. pp. 47-89 in Gerling, D. (Ed.) *Whiteflies*: *their bionomics, pest status and management*. 352 pp. Andover Press, U.K., Intercep.

Verkerk, R. H. J. & Wright, D. J. (1996) Multitrophic interactions and management of the diamondback moth: a review. *Bulletin of Entomological Research* 86, 205-216.

Whittaker, R. H. & Feeny, P. P. (1971) Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science* 171, 757-770.