مجله‌ی حشره‌شناسی گیاهان زراعی
شاپا: ۲۲۵۱-۷۴۴۸
سال اول، شماره‌ی دوم، صفحه‌های ۲۵- ۳۴

اثر چهار رقم زراعی سیب‌زمینی بر شاخص‌های تغذیه‌ای سوسک کلرادو *Leptinotarsa decemlineata* (Say)

کامبیز اسفندی[۱]، محمدحسین کاظمی[۱] و شهزاد ایرانی‌پور[۲*]

۱ - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۲ - * مسئول مکاتبات: گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز
e-mail: shiranipour@tabrizu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲

چکیده

سیب‌زمینی یکی از تولیدات مهم کشاورزی در ایران و جهان است. سوسک برگ‌خوار سیب‌زمینی (*Leptinotarsa decemlineata*) یکی از آفات مهم این محصول می‌باشد که سبب کاهش عمل‌کرد وسیع در این محصول می‌شود. سرعت و میزان تغذیه یکی از عوامل تعیین کننده‌ی شدت خسارت آفات روی محصولات کشاورزی محسوب می‌شود که بسته به گونه‌ی گیاهی و حتی رقم آن می‌تواند متفاوت باشد. از این تفاوت‌ها می‌توان در مدیریت انبوهی آفت برای کاهش خسارت سود برد. در این تحقیق، خصوصیات تغذیه‌ای سوسک کلرادو شامل میزان تغذیه، سرعت تغذیه و میزان فضولات سنین مختلف لاروی و حشرات کامل روی چهار رقم متداول کشت سیب‌زمینی در منطقه‌ی آذربایجان به‌نام‌های آگریا، مارفونا، سبلان و ساتینا در شرایط طول نور طبیعی خرداد تا مرداد تبریز، میانگین دمای ۳±۲۳ درجه‌ی سلسیوس و میانگین رطوبت ۱۰±۶۲ درصد مورد مطالعه قرار گرفت و مقایسه‌ای بین ارقام از نظر مقدار تغذیه‌ی حشره از آن‌ها در مراحل مختلف زیستی صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ خورده شده در طول دوره‌ی لاروی سوسک کلرادو از رقم آگریا (۰/۰۰۷±۰/۱۸۲ گرم) بود. بین سه رقم دیگر تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت. در حشرات کامل بیشترین مقدار تغذیه از رقم آگریا (۰/۰۵۶±۱/۰۲۴ گرم) و کمترین مقدار تغذیه از دو رقم سبلان و ساتینا (به‌ترتیب ۰/۰۵۱±۰/۵۴۸ گرم و ۰/۰۷۶±۰/۵۷۰ گرم) بوده است. در مجموع دوره‌ی لاروی بیشترین سرعت تغذیه از رقم آگریا (۰/۰۰۰۵۱±۰/۰۱۲۹۷ گرم بر روز) و کمترین سرعت تغذیه از رقم ساتینا بوده است (۰/۰۰۰۴۱±۰/۰۰۶۹ گرم بر روز). در حشرات کامل نیز بیشترین سرعت تغذیه از رقم آگریا (۰/۰۰۶۹±۰/۰۱۶۶۷ گرم بر روز) و کمترین مقدار آن از رقم سبلان (۰/۰۰۰۷۰±۰/۰۰۹۷۳ گرم بر روز) بوده است. نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم های سبلان و ساتینا کمترین ترجیح را برای تغذیه‌ی لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادو داشته‌اند.

واژگان کلیدی: سیب‌زمینی، *Leptinotarsa decemlineata*، سرعت تغذیه، اکولژی تغذیه.

مقدمه

سیب‌زمینی یکی از تولیدات مهم کشاورزی در سراسر جهان و نیز در ایران است و به‌عنوان یکی از مواد غذایی اصلی شناخته می‌شود. این محصول به‌علت دارا بودن مواد مختلف انرژی زای قندی، پروتئینی و ویتامین‌ها جزء یکی از محصولات راهبردی جهانی هم ردیف، گندم، جو و برنج به‌حساب می‌آید (Kazemi 1984). سوسک کلرادوی سیب زمینی (Say) *Leptinotarsa decemlineata*، یکی از آفات مهم محصول سیب زمینی است که در مواردی سبب کاهش عملکرد وسیع در این محصول می شود (EPPO/CABI 1997, Khanjani 2007). خسارت سوسک کلرادو توسط لارو و حشره‌ی کامل آن که از برگ‌ها و ساقه‌های جوان سیب‌زمینی تغذیه می‌کنند وارد می‌شود و بدین ترتیب موجب کاهش عمل‌کرد محصول می‌گردد (Nouri Ganbalani 1984, Kazemi & Ardabili 1998). گزارش حضور این آفت در ایران

نخستین بار توسط کاظمی در سال ۱۳۶۳ از مزارع دشت اردبیل بوده است (Kazemi 1984).

روش کنترل این آفت به‌طور معمول به شیوه‌ی شیمیایی می‌باشد، اما پس از گزارش‌های مختلف مقاومت این حشره در برابر سموم شیمیایی، تمرکز بر روی روش های کنترلی جایگزین و در عین حال با تأثیرات منفی کمتر روی محیط زیست افزایش یافت (Yaşar & Güngör, 2005). استفاده از ارقام مقاوم گیاه میزبان در برابر خسارت آفات یکی از روش‌هایی است که تا کنون در کنترل تعدادی از آفات مورد استفاده قرار گرفته و نتایج مثبتی نیز به‌همراه داشته است (Smith 1989). گیاه میزبان مقاوم با کاهش دادن جمعیت حشره در نتیجه‌ی کاهش سرعت نشو و نما و تولید مثل از وارد شدن خسارت‌های شدید جلوگیری می‌کند (Sanford & Trumble 1994). وجود تفاوت در میزان تغذیه از گونه‌های مختلف گیاهان یا ارقام مختلف یک گیاه معرف وجود تفاوت در خصوصیات میزبان است و مقادیر کمتر تغذیه از یک رقم یا گونه می‌تواند دلیل بر وجود مقاومت در برابر خسارت حشره باشد (Finch & Collier 2000).

در بررسی انجام گرفته توسط Hsiao & Fraenkel (1968)، تأثیر مواد شیمیایی و غذایی گیاه در انتخاب گیاه میزبان توسط سوسک کلرادو مورد آزمایش قرار گرفت. Moreau (1980) رابطه‌ی بین سوسک کلرادو و گیاه میزبان را در هشت رقم سیب زمینی مطالعه کرد و رقم Resy را به عنوان رقم مقاوم به سوسک کلرادو در سه سال آزمایش معرفی نمود. Casagrande (1982) مقاومت به سوسک کلرادو را در یک گونه سیب‌زمینی به‌نام *Solanum berthaultii* با ارقام سیب‌زمینی زراعی *S.tuberosum* مقایسه و اعلام نمود که تغذیه از *S. berthaultii* سبب کاهش تخم‌گذاری سوسک کلرادو گردید. Fedorko (1983) انتخاب میزبانی سوسک کلرادو را در ۱۲ رقم سیب‌زمینی بررسی کرد و کاهش عمل‌کرد نهایی را در ارقام سیب‌زمینی مورد مقایسه قرار داد. وی گزارش کرد که کاهش عمل‌کرد نهایی بستگی به تعداد گیاهانی دارد که آلوده به آفت می‌شوند. Hare & Kennedy (1986) به بررسی تفاوت‌های ژنتیکی در بر هم‌کنش گیاه- حشره پرداختند و زنده‌مانی سوسک کلرادو را روی گونه‌ی وحشی *Solanum carolinense* با سیب‌زمینی زراعی *Solanum tuberosum*، مورد مقایسه قرار دادند. Hare (1983) در بررسی خود روی *Solanum dulcamara* در برهم‌کنش با سوسک کلرادو به تفاوت بین نتایج آزمایشگاهی و مزرعه‌ای از نظر پذیرش میزبانی اشاره نمود. Nouri-Ganbalani (1992) مقاومت دو گونه‌ی وحشی سیب زمینی *Solanum berthaulti* و *Solanum demissum* را در شرایط آزمایشگاهی نسبت به سوسک کلرادو مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که تغذیه‌ی لاروها از گونه‌های وحشی به‌طور معنی‌داری کمتراز سیب‌زمینی زراعی بوده است. Karroubizadeh *et al.* (2000) در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ بین ۲۰ رقم زراعی سیب‌زمینی مقایسه‌ای نسبت به خسارت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به‌منظور بررسی میزان و مکانیسم مقاومت آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی درمنطقه‌ی اردبیل انجام دادند. آن‌ها گزارش کردند که در میان ارقام مورد مطالعه، شاهدی مبنی بر وجود مقاومت آنتی‌بیوز یا آنتی‌زنوز دیده نشد. هدف از این تحقیق، بررسی خصوصیات تغذیه‌ای سوسک کلرادو روی چهار رقم متداول کشت سیب‌زمینی در منطقه‌ی آذربایجان، به‌منظور مقایسه‌ی مقدار و سرعت تغذیه‌ی حشره از آن‌ها در مراحل مختلف زیستی بود.

مواد و روش‌ها

منبع تأمین حشرات: از اوایل خرداد ۱۳۹۰ با پایش مرتب مزارع سیب‌زمینی روستای حاج آقا (واقع در شهرستان بستان آباد) استان آذربایجان‌شرقی که درفاصله‌ی پنج کیلومتری مرکز این شهرستان قرار دارد و یکی از مناطق کشت سیب‌زمینی در استان محسوب می‌شود، خروج تدریجی حشرات کامل سوسک کلرادو از محل‌های زمستان‌گذرانی رصد گردید. پس از آغاز خروج این حشرات، تعداد کافی از آن‌ها جهت انجام آزمایش جمع‌آوری شد. هم‌چنین دسته تخم‌های مشاهده شده در مزرعه نیز برای اجرای آزمایش، به‌صورت مجزا و به‌تعداد کافی درون ظروف پلاستیکی جمع‌آوری و همراه با حشرات کامل به آزمایشگاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه اقدام به جداسازی

افراد نر از ماده‌ها شد.

محل انجام آزمایش و شرایط پرورش و نگهداری از حشرات: آزمایش در آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. دمای روزانه با استفاده از دماسنج بیشینه-کمینه و نم نسبی با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج رأس ساعت ۱۲ ظهر هر روز ثبت گردیدند. آزمایش در طول نور طبیعی خرداد تا مرداد تبریز، میانگین دمای ۳±۲۳ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۶۲ درصد در آزمایشگاه اجرا گردید.

هشتاد حشره‌ی ماده از افراد جمع‌آوری شده از مزرعه که از دیاپوز خارج شده بودند و هنوز شروع به تخم‌گذاری نکرده بودند، به‌طور تصادفی در چهار تیمار شامل ارقام سیب‌زمینی آگریا، مارفونا، سبلان و ساتینا هر یک در ۲۰ تکرار به‌صورت انفرادی در ظروف پلاستیکی قرار داده شدند. هم‌چنین از دسته تخم‌های جمع‌آوری شده از مزرعه،۱۶۰ عدد لارو سن یک تازه تفریخ شده (که فاصله‌ی تفریخ آن‌ها کمتر از شش ساعت بود) به‌صورت تصادفی انتخاب و در چهار تیمار آزمایش با ۴۰ تکرار برای هر تیمار توزیع گردیدند. هر حشره (لارو یا حشره‌ی کامل) به‌طور انفرادی در ظروف پلاستیکی شفاف به‌ابعاد (۹cm×۶×۴) نگهداری شدند. جهت جلوگیری از خروج حشرات و نیز فراهم کردن تهویه، ظروف با استفاده از پارچه‌ی توری ۱۰۰ مش مسدود گردیدند.

نحوه‌ی تأمین برگ سیب‌زمینی برای تغذیه‌ی حشرات: به‌منظور تأمین غذای روزانه‌ی حشرات مورد آزمایش، در یک قطعه زمین کشاورزی به‌مساحت ۵۰۰ مترمربع واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، غده‌های سیب زمینی از هر یک از چهار رقم مذکور در قطعات ۱۲۵ متر مربعی کشت گردید. غده‌های سیب‌زمینی از مرکز تولید بذر مؤسسه‌ی تحقیقات کشاورزی استان اردبیل (ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آلاروق) تهیه گردید. به‌منظور جلوگیری از تأثیرات سوء احتمالی، هیچ‌گونه سم‌پاشی اندام‌های هوایی اجرا نگردید. سایر مراقبت‌های معمول در کاشت سیب‌زمینی از قبیل خاک‌دهی پای بوته همانند شیوه‌های رایج منطقه انجام شد.

نحوه‌ی اندازه‌گیری مساحت، وزن برگ خورده شده و مدفوع: برگ‌های سیب‌زمینی ارقام مورد مطالعه، هر روز به‌حالت تصادفی از قسمت‌های مختلف بوته‌ها جداسازی و در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص به‌طور جداگانه به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه هر برگ پس از محاسبه‌ی مساحت اولیه از طریق ترسیم شکل برگ روی کاغذ شطرنجی و شمارش تعداد مربع‌های ۰/۵×۰/۵cm محصور در مرز برگ، با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل College (B303) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و از ناحیه‌ی دم‌برگ درون شیشه‌ی پنیسیلین محتوی آب فرو برده شد. جهت ممانعت از خروج آب و نفوذ آن به‌داخل ظرف، دهانه‌ی شیشه با پنبه‌ی هیدروفیل مسدود گردید و دم‌برگ در داخل پنبه‌ی خیس قرار گرفت. برای تعیین وزن برگ خورده شده در هر سن لاروی و در طول عمر حشره‌ی کامل، از تفریق وزن برگ برجای مانده (خورده نشده) از وزن اولیه‌ی برگ (قبل از تغذیه) استفاده شد. با توجه به این‌که تغذیه‌ی لارو سن اول بسیار ناچیز است، لذا تغذیه‌ی لاروهای سن ۱و۲ به‌صورت توأم در نظر گرفته شد. تمام برگ‌ها در پایان هر روز پس از تغذیه‌ی حشرات و به‌هنگام تعویض برگ، به‌صورت جداگانه درون پاکت‌های مخصوص مجهز به برچسب اطلاعات تیمار و تکرار گذاشته شدند تا پس از خشک شدن کامل، مجدداً وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردد تا وزن برگ خورده نشده تعیین شود. برای برآورد وزن خشک اولیه‌ی برگ‌ها (قبل از تغذیه) نیز، رابطه‌ی بین وزن خشک برگ با وزن تر و مساحت آن در تعدادی برگ سالم از هر رقم با روشی مشابه پس از ترسیم شکل و توزین برگ تر و خشک تعیین گردید و به برگ‌های ارایه شده به حشرات در آغاز آزمایش تعمیم داده شد. این عمل هر دو هفته یک بار در پنج نوبت انجام شد. بدین ترتیب، با توزین برگ‌های توزیع شده در تیمارها در آغاز آزمایش وزن خشک آن‌ها از رابطه‌ی بین آن دو به‌دست آمد. فضولات لاروی در پایان هر مرحله و پس از پوست‌اندازی لاروها و در مورد حشرات کامل پس از مرگ حشره جمع‌آوری و پس از خشک شدن کامل توزین گردید. در این مورد نیز فضولات لاروی سن ۱و۲ به‌صورت توأم محاسبه شد.

طرح آزمایشی و تجزیه‌های آماری: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) اجرا شد. تجزیه‌ی واریانس داده‌ها با استفاده از ANOVA (Single Factor) و رابطه‌ی بین وزن خشک با وزن تر و مساحت برگ‌های سیب زمینی از روش کمترین مربعات رگرسیون خطی نرم افزار Excel محاسبه گردید. در مورد رابطه‌ی بین وزن تر و وزن خشک برگ، وزن خشک تابعی از وزن تر در نظر گرفته شد و در مورد رابطه‌های وزن تر- مساحت و وزن خشک- مساحت، وزن تر و وزن خشک به‌عنوان تابعی از مساحت در نظر گرفته شدند. مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از رویه‌ی GLM نرم افزار SAS (SAS 2002) انجام گرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از میانگین وزن تر برگ، وزن خشک و مساحت برگ‌های تر سیب‌زمینی که در جدول ۱ مندرج است، هم‌بستگی بین همه‌ی ترکیب‌های دوگانه‌ی وزن تر- وزن خشک برگ، وزن تر- مساحت برگ تر و هم‌چنین وزن خشک- مساحت برگ تر در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی دار است. براساس نتایج حاصل از روش کمترین مربعات رگرسیون خطی، از بین ترکیب‌های دو گانه‌ی فوق‌الذکر با توجه به مقدار ضریب تبیین، رابطه‌ی بین دو ترکیب وزن تر- مساحت برگ تر و نیز وزن تر- وزن خشک برگ قوی‌تر از وزن خشک- مساحت برگ تر می‌باشد (جدول ۲). از این‌رو از رابطه‌ی بین وزن تر برگ و وزن خشک آن برای محاسبات بعدی استفاده گردید.

وزن خشک برگ خورده شده توسط حشرات که از تفاضل وزن خشک مورد انتظار هر برگ در ابتدای آزمایش و قبل از تغذیه با وزن خشک برگی که پس از تغذیه‌ی حشره برجای مانده بود محاسبه شد، در جدول ۳ نمایش داده شده است. با توجه به نتایج جدول۳، بیشترین مقدار تغذیه‌ی لارو سن اول و دوم از ارقام آگریا و سبلان بوده و رقم ساتینا در رتبه‌ی آخر قرار گرفته است، اما بین مارفونا و سه رقم دیگر تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد ($F=3.21,\ df=3,156\ ,\ P=0.025$). در مرحله‌ی سوم لاروی بیشترین و کمترین مقدار تغذیه‌ی سوسک کلرادو

جدول۱- میانگین وزن تر، وزن خشک و مساحت برگ رقم‌های مورد بررسی سیب زمینی در طول آزمایش (میانگین±SE).

Table 1. Mean (±SE) wet and dry mass and area of potato leaves obtained during the experiment.

رقم Variety	تعداد برگ (n)	مساحت برگ تر (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm^2)	وزن تر (گرم) Wet mass (g)	وزن خشک (گرم) Dry mass (g)
آگریا Agria	88	30.02±0.814	0.180±0.00572	0.031±0.00121
مارفونا Marfona	84	35.34±0.769	0.227±0.00585	0.041±0.00126
سبلان Sabalan	89	37.15±0.935	0.220±0.00681	0.041±0.00133
ساتینا Satina	85	35.49±0.768	0.241±0.00631	0.046±0.00135

جدول ۲- رابطه‌ی بین وزن تر، وزن خشک و مساحت برگ‌های سیب‌زمینی، به‌روش کمترین مربعات رگرسیون خطی.*

Table 2. Linear regression of potato wet and dry mass to leaf area*.

رقم Variety	وزن تر x=wet mass وزن خشک y=dry mass	مساحت x=area وزن تر y=wet mass	مساحت x=area وزن خشک y=dry mass
آگریا Agria	Y=0.1939x-0.0039 R^2=0.8408	Y=0.0065x-0.0155 R^2=0.8565	Y=0.0013x+0.007 R^2=0.7267
مارفونا Marfona	Y=0.1747x+0.0019 R^2=0.6554	Y=0.0066x-0.0069 R^2=0.7525	Y=0.0011x+0.0032 R^2=0.4346
سبلان Sabalan	Y=0.1793x+0.0019 R^2=0.8379	Y=0.0066x-0.0271 R^2=0.8319	Y=0.0011x-0.0002 R^2=0.6143
ساتینا Satina	Y=0.1817x-0.002 R^2=0.8379	Y=0.007x-0.0081 R^2=0.7311	Y=0.0014x+0.0024 R^2=0.5975

* در تمام موارد P<۰/۰۰۱.

*P<0.001 in all cases.

به‌ترتیب از رقم ساتینا و مارفونا مشاهده شد و مقدار تغذیه از ارقام آگریا و سبلان با دو رقم دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (F=3.84, df=3,137, P=0.011). در سن لاروی چهارم، بیشترین مقدار تغذیه از رقم آگریا و کمترین مقدار تغذیه از ارقام ساتینا و سبلان انجام گرفت و میزان تغذیه از رقم مارفونا در رتبه‌ی دوم قرار گرفت (F=16.97, df=3,133, P<0.001). در محاسبه‌ی میزان کل تغذیه‌ی سنین لاروی سوسک کلرادو، بیشترین مقدار تغذیه از رقم آگریا بوده است اما بین سه رقم دیگر تفاوت معنی داری مشاهده نگردید (F=18.49, df=3,105, P<0.001). در نتایج مربوط به حشرات کامل (جدول ۳)، سوسک کلرادو از رقم آگریا بیشترین مقدار تغذیه را انجام داده است، تغذیه از رقم مارفونا در رتبه‌ی دوم بوده و بین ساتینا و سبلان که هر دو در جایگاه سوم هستند تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است (F=12.13, df=3,76, P<0.001) و از این حیث مشابه وضعیت تغذیه‌ای لاروها بوده ولی البته تغذیه‌ی حشرات کامل به‌مراتب بیشتر از لاروها و حدود ۵-۶ برابر آن‌ها بوده است. بیشترین مقدار فضولات دفع شده در سن اول و دوم لاروی در رقم ساتینا مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری بین سه رقم دیگر مشاهده نگردید (F=9.24, df=3,156, P<0.001) (جدول ۳)، بنابراین رقم ساتینا نه‌تنها کمترین میزان تغذیه را سبب شده، بلکه با دفع فضولات بیشتر، بیوماس دریافتی کمتری نسبت به سایر ارقام داشته است. در لاروهای سن سوم نیز بیشترین مقدار فضولات دفع شده در لاروهای تغذیه کننده از رقم ساتینا بوده است و در سه رقم دیگر تفاوت معنی‌داری از این نظر موجود نبوده است (F=15, df=3,137, P<0. 001) (جدول ۳). در سن چهارم لاروی بیشترین و کمترین مقدار فضولات دفع شده به‌ترتیب در ارقام سبلان و آگریا بود و ارقام مارفونا و ساتینا با دو رقم دیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (F=2.21, df=3,133, P=0.079) (جدول ۳). بر این اساس، در سن چهارم بیشترین بیوماس دریافتی از رقم آگریا بوده که بیشترین تغذیه و کمترین دفع را سبب شده است. در مجموع مراحل لاروی، لاروهایی که از رقم ساتینا تغذیه کرده بودند بیشترین مقدار فضولات را دفع کرده‌اند و کمترین مقدار این کمیت در لاروهای تغذیه کننده از رقم اگریا بوده است و رقم مارفونا در رتبه‌ی دوم قرار گرفته است (F=6.59, df=3,105, P<0.001) (جدول ۳).

بر اساس داده‌های مجموع مراحل لاروی می‌توان اظهار داشت که دو رقم ساتینا و سبلان کمترین بیوماس مفید را در اختیار لاروها قرار داده‌اند و آگریا بیشترین بیوماس قابل استفاده را برای لاروها داشته است. در حشرات کامل بین ارقام مختلف از نظر میزان فضولات دفع شده توسط سوسک کلرادو تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (F=0.70, df=3,76, P=0.555) (جدول ۳).بیشترین سرعت تغذیه (مقدار تغذیه بر واحد زمان) در مجموع لاروهای سن ۱و۲، در لاروهای پرورش یافته روی رقم آگریا به‌دست آمد و پس از آن ارقام مارفونا و ساتینا در رتبه های دوم و سوم قرار دارند و سبلان با مارفونا و ساتینا تفاوت معنی‌داری ندارد (F=11.92, df=3,156, P<0. 001). در سن سوم لاروی تفاوت بین ارقام از نظر سرعت تغذیه معنی‌دار نبود (F=0.3, df=3,137, P=0.828). لاروهای تغذیه کننده از رقم آگریا در سن چهارم نیز بیشترین و لاروهای تغذیه کننده از رقم ساتینا کندترین سرعت تغذیه را داشتند و دو رقم دیگر با آگریا و ساتینا تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (F=2.10, df=3,133, P=0.103). در مجموع دوره‌ی لاروی سوسک کلرادو نیز لاروهای پرورش یافته روی ارقام آگریا و ساتینا به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت تغذیه را به‌خود اختصاص دادند. رقم مارفونا در این رده‌بندی در جایگاه دوم بود و سبلان با مارفونا و ساتینا تفاوت معنی‌داری نداشت (F=33.51, df=3,105, P<0. 001). در حشرات کامل بیشترین سرعت تغذیه همانند دوره‌ی لاروی، از رقم آگریا، ولی کمترین سرعت تغذیه از رقم سبلان بوده است. مارفونا در جایگاه دوم قرار گرفت و ساتینا با مارفونا و سبلان تفاوت معنی‌داری نداشت (F=13.39, df=3,76 , P<0. 001). با توجه به جدول ۳، مشاهده می‌شود که در همه‌ی ارقام مورد مطالعه، سرعت تغذیه‌ی سرانه‌ی لاروهای سنین سوم و چهارم بیش از حشرات کامل است. لذا با در نظر گرفتن انبوهی، مرحله‌ی رشدی سیب‌زمینی و قابلیت جبران خسارت آن، لاروهای سنین بالا می‌توانند خسارت‌زایی بیشتری نسبت به حشره‌ی کامل داشته باشند.

جدول ۳- میانگین وزن خشک خورده شده‌ی برگ‌های سیب‌زمینی، سرعت تغذیه، مدت تغذیه و وزن فضولات سنین مختلف لاروی و حشرات کامل سوسک کلرادو در چهار رقم سیب زمینی (میانگین±SE)*.

Table 3. Mean (±SE) leaf consumption, feces output, feeding duration and consumption rate of larvae and adults of CPB on four potato varieties.

مرحله Stage	متغیر مورد اندازه گیری Variable	رقم variety			
		ساتینا Satina	سبلان Sabalan	مارفونا Marfona	آگریا Agria
لارو سن ۱ و ۲ Larvae 1 & 2	وزن برگ خورده شده (گرم) consumption (g)	0.021±0.006b	0.033±0.004a	0.024±0.003ab	0.035±0.002a
	وزن مدفوع دفع شده (گرم) feces output (g)	0.0076±0.00013a	0.0047±0.000008b	0.0050±0.000006b	0.0047±0.000004b
	مدت تغذیه (روز) Duration (d)	9.85±0.03a	9.97±0.03a	6.35±0.03b	6.05±0.01b
	سرعت تغذیه (گرم بر روز) consumption rate (g/d)	0.0022±0.0006c	0.0034±0.0004bc	0.0036±0.0005b	0.0058±0.0003a
	تعداد تکرار (n)	40	40	40	40
لارو سن ۳ Larva 3	وزن برگ خورده شده (گرم) consumption (g)	0.054±0.004a	0.046±0.005ab	0.033±0.004b	0.043±0.005ab
	وزن مدفوع دفع شده (گرم) feces output (g)	0.0170±0.0002a	0.0118±0.0002b	0.0110±0.0001b	0.0100±0.0001b
	مدت تغذیه (روز) Duration (d)	3.55±0.19a	3.16±0.18a	2.34±0.13b	2.28±0.07b
	سرعت تغذیه (گرم بر روز) consumption rate (g/d)	0.0161±0.0015a	0.0165±0.0019a	0.0156±0.0018a	0.0177±0.0016a
	تعداد تکرار (n)	33	31	38	39
لارو سن ۴ Larva 4	وزن برگ خورده شده (گرم) consumption (g)	0.045±0.005c	0.052±0.008c	0.081±0.006b	0.108±0.008a
	وزن مدفوع دفع شده (گرم) feces output (g)	0.0325±0.0003ab	0.0357±0.0004a	0.3476±0.0003ab	0.0295±0.0003b
	مدت تغذیه (روز) Duration (d)	4.25±0.33b	4.28±0.35b	6.46±0.31a	6.23±0.27a
	سرعت تغذیه (گرم بر روز) consumption rate (g/d)	0.0120±0.0016b	0.0168±0.0032ab	0.0141±0.0015ab	0.0183±0.0016a
	تعداد تکرار (n)	31	29	38	39
کل دوره‌ی لاروی All larval stages	وزن برگ خورده شده (گرم) consumption (g)	0.101±0.010b	0.105±0.011b	0.133±0.007b	0.182±0.007a
	وزن مدفوع دفع شده (گرم) feces output (g)	0.0575±0.0005a	0.0525±0.0004ab	0.0508±0.0003b	0.0442±0.0003c
	مدت تغذیه (روز) Duration (d)	30.52±0.46ab	31.07±0.48a	29.55±0.37b	27.80±0.65c
	سرعت تغذیه (گرم بر روز) consumption rate (g/d)	0.0069±0.0004c	0.0078±0.0006bc	0.0092±0.0004b	0.0130±0.0005a
	تعداد تکرار (n)	21	28	31	29
حشره‌ی کامل Adult	وزن برگ خورده شده (گرم) consumption (g)	0.570±0.076c	0.548±0.051c	0.767±0.068b	1.024±0.056a
	وزن مدفوع دفع شده (گرم) feces output (g)	0.2587±0.0074a	0.2737±0.0059a	0.2836±0.0063a	0.2304±0.0049a
	مدت تغذیه (روز) Duration (d)	51.95±3.41b	55.95±2.78ab	59.70±2.01a	61.45±1.90a
	سرعت تغذیه (گرم بر روز) consumption rate (g/d)	0.0105±0.0010bc	0.0097±0.0007c	0.0127±0.0009b	0.0167±0.0007a
	تعداد تکرار (n)	20	20	20	20

*مقادیر با حرف لاتین مشترک در هر ردیف، بر اساس آزمون Duncan در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. *Means bearing the same lowercase letters are not significantly different

در مطالعه‌ای که Moreau (1980) روی هشت رقم سیب زمینی انجام داده است، رقم Resy که در تبار خود *Solanum demissum* را داشته، به‌عنوان رقمی معرفی شد که کمتر از سایر ارقام تحت تأثیر تغذیه‌ی لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادو قرار گرفته است. در بررسی ایشان، تفاوت‌های جزئی بین لاروها و حشرات کامل از نظر خسارت روی ارقام مختلف گزارش شده است که این مسئله در تحقیق حاضر نیز در مورد میزان تغذیه از ارقام مورد آزمون در مراحل مختلف زندگی این حشره مشاهده می‌شود. Hare & Kennedy (1986) به بررسی تفاوت‌های ژنتیکی در بر هم‌کنش گیاه- حشره پرداختند و زنده‌مانی سوسک کلرادو را روی گونه‌ی وحشی *Solanum carolinense* با گونه‌ی زراعی *S.tuberosum* مقایسه کردند. آن‌ها جمعیت های کارولینای شمالی، نیوجرسی، ویرجینیا و کانکتیکت را انتخاب و با انجام مطالعات عمومی[1] ژنتیکی اعلام کردند که از لحاظ زنده‌مانی حشره روی *S.carolinense* در جعیت کارولینای شمالی و کانکتیکت یک تفاوت ژنتیکی نسبت به سایر جمعیت‌ها وجود دارد که این تفاوت در جمعیت کارولینای شمالی شدیدتر است. سوسک کلرادو در مناطق جغرافیایی مختلف از میزبان‌های متفاوتی تغذیه می‌کند و توانایی سازگاری با ارقام جدید مقاوم در این حشره وجود دارد (Hsiao 1978, 1981; Hare 1990). از این رو با توجه به این‌که رقم آگریا در سال‌های اخیر به‌عنوان رقم غالب کشت شده که بالغ بر ۷۵٪ از مزارع سیب‌زمینی را در استان آذربایجان-شرقی به‌خود اختصاص داده است، سازگاری حشره با این رقم دور از انتظار نمی‌باشد. بالا بودن نرخ تغذیه‌ی سنین لاروی و حشرات کامل سوسک کلرادو در تحقیق حاضر شاهدی بر این ادعا است. در بررسی Groden & Casagrande (1986) بر روی دینامیسم جمعیت سوسک کلرادو روی سیب‌زمینی گونه‌ی *S. berthaultii* و مقایسه‌ی آن با *S.tuberosum* سرعت رشد سوسک کلرادو روی گونه‌ی *S.berthaultii* هم در آزمایشگاه و هم در مزرعه کندتر و مرگ و میر لاروی و پراکنش[2] آن روی این گونه بیشتر بوده است. جالب این‌که دو سال بعد از استقرار حشره روی *S.berthaultii* سوسک‌ها دیگر عدم تمایل خاصی را در مزرعه برای تخم‌گذاری روی این گونه از خود نشان نداده‌اند. با استناد به نتایج تحقیق فوق، می‌توان پیش‌بینی کرد که مقاومت نسبی رقم ساتینا در برابر تغذیه‌ی سوسک کلرادو می‌تواند شکننده باشد و پس از چندین نسل تغذیه و نشو و نمای این حشره روی این رقم، حشره قادر به فعالیت با عمل‌کرد بالا از نظر میزان تغذیه و پارامترهای رشدی روی این رقم گردد. از سوی دیگر سطح زیر کشت رقم ساتینا در مزارع سیب‌زمینی استان آذربایجان‌شرقی کمتر از ۵٪ است و این مسئله می‌تواند به‌عنوان عاملی مؤثر در ناسازگاری سوسک کلرادو روی این رقم محسوب شود. Nouri-Ganbalani (1992) در بررسی مقاومت دو گونه‌ی وحشی سیب‌زمینی *Solanum berthaultii* و *S.demissum* در شرایط آزمایشگاهی نسبت به سوسک کلرادو، نتیجه گرفت که بین گونه‌های وحشی سیب زمینی مورد آزمون، در مقایسه با سیب‌زمینی زراعی از نظر مقاومت به سوسک کلرادو تفاوت وجود دارد به‌طوری که مقدار سطح برگ خورده شده در گونه‌های وحشی کمتر و در مقابل درصد تلفات لارو سوسک کلرادو در آن‌ها بالاتر از سیب‌زمینی زراعی است. ایشان با تأکید بر وجود هم‌بستگی منفی بالا ($r = -0/88$) و هم‌چنین معادله‌ی خط رگرسیون ($y=63.84-1.042x$) بین سطح برگ خورده شده و درصد تلفات لاروها، آن را به وجود یک مقاومت آنتی‌بیوز در ارقام وحشی نسبت می‌دهد. در تحقیقات ایشان به تلفات به‌صورت مجزا برای مراحل لاروی اشاره نشده است. در تحقیق حاضر مقادیر تغذیه‌ی حشره در رقم ساتینا هم در مجموع دوره‌ی لاروی و هم در مورد حشرات کامل به‌مراتب کمتر از تغذیه‌ی آن از رقم آگریا بوده است. شایان ذکر است که ایشان در محاسبات خود از سطح برگ خورده شده استفاده نموده‌اند، درحالی‌که در تحقیق حاضر وزن خشک برگ خورده شده مورد استفاده بوده است و به‌طوری که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سطح برگ شاخص ضعیف‌تری برای بیوماس دریافتی می‌باشد. کروبی زاده و همکاران (۲۰۰۰) در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ مقایسه‌ای بین ۲۰ رقم زراعی

1. Formal
2. Dispersal

سیب زمینی نسبت به خسارت سوسک کلرادو به‌منظور بررسی میزان و مکانیسم مقاومت آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی در منطقه‌ی اردبیل انجام دادند. ارقام مورد ارزیابی این محققین عبارت بودند از فرسکو، پرایمر، کایزر، ایدول، کاسموس، دزیری، آژاکس، کاردینال، موندیال، ریمارکا، ابلیکس، پیکاسو، ویتال، آپولو، مارفونا، کنکورد، کلاستر، کارلیتا، دراگا و آئولا. آن‌ها نتیجه گرفتند که در میان ارقام مورد مطالعه، شاهدی مبنی بر وجود مقاومت آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز مشاهده نشده، اما وجود اختلاف درمیزان کاهش عمل‌کرد در گلدان‌های آلوده و غیرآلوده و میزان خسارت، مؤید وجود تفاوت در تحمل ارقام زراعی نسبت به خسارت سوسک کلرادو بوده است. رقم مارفونا تنها رقم مشترک ایشان با تحقیق حاضر می‌باشد. با این وجود، بین نتایج این دو آزمایش از نظر مشاهده‌ی تفاوت بین ارقام، اختلاف وجود دارد. احتمال می‌رود این مسئله در اثر نوع ارقام مورد آزمون بوده باشد چرا که ارقام در دو آزمایش با یک‌دیگر متفاوت هستند.

مقدار کل تغذیه در سنین لاروی سوسک کلرادو به‌مقدار زیادی وابسته به مطلوبیت گیاه میزبان است اما در حالت کلی بیشترین مقدار مصرف برگ در سنین سوم و چهارم و به‌ویژه سن چهارم انجام می‌گیرد (Hare 1990) که نتایج تحقیق حاضر مؤید این یافته‌ها است. سنین اولیه‌ی لاروی به‌دلیل داشتن قطعات دهانی ضعیف‌تر، بیشتر تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی گیاه میزبان هستند. در سن سوم لاروی و به‌همراه رشد لاروها نوعی رفتار جبران در تغذیه در لاروهای تغذیه کننده از رقم ساتینا مشاهده شد و این جبران برای اولین بار است که گزارش می‌شود. لارو سن چهارم که مخرب‌ترین مرحله‌ی لاروی می‌باشد نیز بیشترین مقدار تغذیه را از رقم آگریا به‌عمل آورده است و این نکته بیان‌گر مطلوبیت بیشتر این رقم برای لاروهای سوسک کلرادو می‌باشد (جدول ۳). همین مسئله در حشرات کامل نیز دقیقاً به‌همان ترتیب تکرار شده است و نشان از مطلوبیت بالای رقم آگریا برای حشرات کامل سوسک کلرادو دارد (جدول ۳). بر این اساس و بر پایه‌ی نتایج حاصل از این مطالعه، ارقام سبلان و ساتینا کمترین ترجیح را برای لارو ها و حشرات کامل سوسک کلرادو داشته‌اند، ازاین‌رو تشویق کشاورزان به استفاده از این رقم‌ها، می‌تواند موجب کاهش جمعیت سوسک کلرادو گردیده، از سوی دیگر مصرف سموم کشاورزی را کاهش دهد. هرچند که ممکن است این یک تأثیر موقتی باشد و با فراگیر شدن کشت این ارقام، آفت به آن‌ها سازگاری یابد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از سرکار خانم مهندس غیوری به‌خاطر مساعدت ارزنده‌ای که در اجرای این تحقیق داشتند صمیمانه قدردانی می‌نماید.

References

Casagrande RA. 1982. Colorado potato beetle resistance in a wild potato, *Solanum berthaultii*. *Journal of Economic Entomology* 75: 368-372.

EPPO/CABI, 1997. *Leptinotarsa decemlineata*. - In: Smith IM, Scott PR & Holderness M. (eds.), *Quarantine Pests for Europe*, 2nd ed. data sheets on quarantine pests for European Union and for the European and Mediterranean Plant Protection Organization. *CABI International, University Press, Cambridge*, 352-357.

Fedorko J. 1983. Selectivity of feeding and the effect of the Colorado beetle on 12 potato varieties. *Biuletyn Institutu Ziemniako* 30: 107-116.

Finch S and Collier RH. 2000. Host plant selection by insects – a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 91-102.

Groden EF and Casagrande RA. 1986. Population dynamics of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), on *Solanum berthaultii*. *Journal of Economic Entomology* 79: 91-97.

Hare JD. 1983. Seasonal variation in plant-insect associations: utilization of *Solanum dulcamara* by *Leptinotarsa decemlineata*. *Ecology* 64: 345-361.

Hare JD. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* 35: 81–100.

Hare JD and Kennedy GG. 1986. Genetic variation in plant-insect associations: survival of *Leptinotarsa decemlineata* populations on *Solanum carolinense*. *Evolution* 40: 1031-1043.

Hsiao TS. 1978. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24: 237-247.

Hsiao TS. 1981. Ecophysiological adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle in North America. In Lashcomb JH and Casagrande R. (eds.). *Advances in Potato Pest Management*. Hutchinson Ross Publication Company Stroudsburg, Pa, 69-85.

Hsiao TS, and Fraenkel G. 1968. The influence of nutrient chemicals on the feeding behavior of Colorado potato beetle. *Annals of the Entomological Society of America* 61: 44-54.

Karrobizade S, Nouri-Ganbalani G and Valizade M. 2000. Mechanism of resistance in twenty potato variety to damage of potato Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Journal of Agricultural Science* (in Persian), 11: 55-47.

Kazemi MH. 1984. Potato beetle (Colorado beetle). *Research institute of Plant pests and diseases of Tabriz* (in Persian).

Kazemi MH and Ardebili G. 1998. Bioecological study of *Leptinotarsa decemlineata* Say from 1984 to 1990 in Ardebil. *Journal of Agricultural Science* (in Persian), 1: 41-53.

Khanjani M. 2007. *Vegetable Pests in Iran*. Bu-Ali Sina University Press (in Persian).

Moreau JP. 1980. Relation between the Colorado potato beetle and its food plant. *Bulletin Organisation Europeenne et Mediterraneenne pour la Protection des Plantes*, 10: 469-474**.**

Nouri-Ganbalani G. 1984. *The Colorado potato beetle* Leptinotarsa decemlineata *Say*. Tabriz University Press (in Persian).

Nouri-Ganbalani G. 1992. Resistance of two wild species of potato, *Solanum berthaultii* and *S.demissum* to the larval feeding of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Iranian Journal of Agriculture Science* (in Persian), 24: 67-83.

Sanford DE and Trumble JT. 1994. Host plant resistance to insects in integrated pest management in vegetable crops. *Journal of Agricultural Entomology* 11(3): 201-224.

SAS Institute, 2002. Statistical Analyses Software. User's Manual. Version 9.01. *SAS Institute, Cary, NC*.

Smith CM. 1989. *Plant Resistance to Insects*. Wiley, New York.

Yaşar B and Güngör MA. 2005. Determination of life table and biology of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), feeding on five different potato varieties in Turkey. *Japanese Society of Applied Entomology and Zoology* 40: 589-596.

Effects of four potato varieties on nutritional measures of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say)

Kambiz esfandi[1], Mohammad Hossein Kazemi[1]and Shahzad Iranipour[2]*

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz branch, Tabriz, Iran
2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(* Corresponding author, e-mail: shiranipour@tabrizu.ac.ir)

Abstract

Potato is one of the most important agricultural products worldwide and Colorado potato beetle (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say), is one of the most destructive pests of potato causing significant field loss in potato crops. In this research, the larval and adult feedings of CPB were measured on four most prevalent potato varieties (Agria, Marfona, Sabalan and Satina) in East Azerbaijan province, Iran. The investigation was conducted in laboratory conditions at 23±3 °C, 62±10% RH and natural photoperiod of Tabriz during June to August. Leaf consumption, as well as feces output (g) of different stages of CPB was compared within the mentioned varieties. The results indicated that the highest value of leaf consumption by overall immature stages occurred in Agria (0.182±0.007g) while there was no significant difference amongst other varieties. Maximum amount of adult feeding was also in Agria (1.024±0.056 g) where the lowest one was whether in Sabalan or Satina (0.548±0.051g and 0.570±0.076g respectively). The highest consumption rate of overall immature stages was observed in Agria (0.01297±0.00051 g/d) and the lowest one in Satina (0.0069±0.00041 g/d). Like the immature stages, the highest consumption rate of adult CPB also occurred in Agria (0.01667±0.0069 g/d) while the lowest amount of this parameter was in Sabalan (0.00973±0.00070 g/d). Consumption rate of both the third and fourth instar larvae was more accelerated than the adults upon all potato varieties. It could be concluded that the Sabalan and Satina potato varieties are less suitable for feeding by both CPB larvae and adults.

Key words: Potato, *Leptinotarsa decemlineata*, Consumption rate, Nutritional ecology.