



مقایسه شاخص مقاومت چند رقم زراعی سیبزمینی نسبت به سوسک

کلرادوی سیبزمینی، (*Leptinotarsadecemlineata* (Say) (Col.:Chrysomelidae)

اکبر قاسمی کهریزه^{1*} - قدیر نوری قنبلانی² - نورالدین شایسته³ - ایرج برنوسی⁴

تاریخ دریافت: 1392/09/16

تاریخ پذیرش: 1394/03/18

چکیده

به منظور مقایسه شاخص مقاومت گیاه (PRI) در 33 رقم زراعی سیبزمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیبزمینی، *Leptinotarsadecemlineata* (Say) آزمایش‌هایی در سال‌های 1386 و 1387 در مزرعه و گلخانه در شهرستان نقدهانجام گرفت. در آزمون انتخابه در شرایط مزرعه انجام شد، تعداد حشرات کامل جلب شده به هر رقم برای تعیین شاخص آنتی‌بیوز استفاده شد. همچنین میزان تلفات دوره‌های لاروی و شفیری آفت روی ارقام مختلف در شرایط گلخانه‌ای برای محاسبه شاخص آنتی‌بیوز مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین شاخص تحمل ارقام، طی دو سال زراعی هر سال دو آزمایش مزرعه‌ای تیمار و شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طراحی شد. در دوره‌های رشدی معین تعداد 40 عدد لارو متوسط (سن 2 و اوایل سن 3) روی هر بوته در آزمایش تیمار رهاسازی شد. در آخر فصل زراعی غده‌های تولیدی در بلوک‌های تیمار و شاهد برداشت شد و میزان کاهش عملکرد هر یک از ارقام نسبت به شاهد تعیین و شاخص تحمل محاسبه شد. برای تمام ارقام مورد بررسی در هر سال شاخص مقاومت نسبت به سوسک کلرادوی سیبزمینی تعیین شد. در سال 1386 ارقامدلیکات، بریجتوکاردینال به ترتیب با شاخص مقاومت 52/63، 36/30 و 29/87 مقاوم‌ترین و ارقام دیامانت، آپارت و لوکس به ترتیب با شاخص مقاومت 1/90، 2/06 و 2/26 حساس‌ترین ارقام مورد بررسی در مقابل سوسک کلرادوی سیبزمینی بودند. در سال 1387 نیز ارقامسانتانا، بریجتوسینجابه به ترتیب با شاخص مقاومت 48/56، 28/36 و 25/80 مقاوم‌ترین و ارقام ولوکس، آگریا و برایتبه به ترتیب با شاخص مقاومت 1/95، 2/71 و 3/20 در بین 33 رقم مورد بررسی حساس‌ترین ارقام به سوسک کلرادوی سیب-زمینی بودند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌بیوز، آنتی‌زنوز، تحمل، شاخص مقاومت گیاه

مقدمه

21، 23، 13، 15، 18 و 22). تغذیه حشره کامل و لارو آفت از شاخه و برگ سیبزمینی، سبب گسترش تعدادی از بیماری‌های سیبزمینی می‌شود. تداخل نسل‌های آفت و مشاهده هر چهار مرحله زیستی آفت (تخم، لارو، شفیره و حشره کامل) به طور همزمان در مزرعه مدیریت آن را بسیار مشکل نموده است (29). در حال حاضر کنترل شیمیایی متداول‌ترین روش کنترل این آفت محسوب می‌شود (5)، به دلیل مقاومت این آفت به بیشتر حشره‌کش‌ها (1)، اثرات سوء سموم بر روی سلامتی بشر و محیط زیست، آلودگی‌های زیست محیطی، بقایای غیر قابل تجزیه مواد شیمیایی در محیط، ظهور آفات درجه دوم بصورت آفات اصلی و درجه یک و انهدام دشمنان طبیعی آفات و موجودات غیر هدف و حشرات مفید توجه به روش‌های جایگزین برای مدیریت مؤثر این آفت مهم و ضروری به نظر می‌رسد (17). استفاده از ارقام مقاوم بخش مهمی از سیستم IPM سوسک کلرادوی سیبزمینی محسوب می‌شود که می‌تواند باعث کاهش مصرف سموم شده (32) و با کاهش حساسیت محصول به آفت اجازه استفاده از روش‌های مهار

سیبزمینی (*Solanum tuberosum* L.) بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین محصول زراعی پراهمیت در سراسر جهان محسوب می‌شود (26). سیبزمینی علاوه بر اهمیت غذایی دارای مصارف صنعتی متعددی نیز می‌باشد و نامگذاری سال 2008 با عنوان سال سیبزمینی توسط سازمان ملل متحد بیانگر اهمیت ویژه این ماده غذایی می‌باشد (4). سوسک کلرادوی سیبزمینی، *Leptinotarsadecemlineata* (Say)، یکی از آفات خطرناک سیبزمینی، گوجه‌فرنگی و بادنجان در اکثر مناطق جهان می‌باشد

1 و 3- استادیار و استاد گروه گیاهپزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

(* - نویسنده مسئول: Email: ghassemikahrizeh@gmail.com)

2- استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
4- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

زیستی و فیزیکی را نیز فراهم نماید (25).

در مباحث مربوط به مقاومت گیاهان به حشرات از سه مکانیسم کیفی آنتی-بیوز، عدم رجحان و تحمل بحث می‌شود (20، 24 و 35). این مکانیسم‌ها نخستین بار بوسیله پینتر (24) تعریف شده‌اند و بعدها واژه آنتی-زنوز جایگزین واژه عدم رجحان شد. این واژه‌ها به منظور توجیه تئوری مقاومت مورد قبول واقع شده‌اند ولی از نظر بیولوژیکی همیشه قابل تفکیک نمی‌باشند (3). برای تفکیک مکانیسم‌های سه-گانه مقاومت از همدیگر آزمایش‌های مختلفی مورد نیاز می‌باشد.

مقاومت آنتی-زنوز در آزمایش‌های «انتخابی» یا «غیرانتخابی» (10 و 22) یا به وسیله مقایسه رفتار حشرات روی گیاهان ارزیابی می‌شود. بررسی مکانیسم آنتی-بیوز معمولاً تحت شرایط «بدون انتخاب» انجام می‌شود، بدین ترتیب که حشرات در داخل قفس‌های توری شکل روی گیاهان یا مواد گیاهی محبوس شده مجبور به تغذیه از گیاهان مورد نظر می‌شوند و یا در صورت عدم تغذیه از گرسنگی تلف می‌شوند (31). این قفس‌ها برای پوشاندن گیاه یا قسمت‌هایی از گیاه به صورت آستین یا به صورت یک قفس که همه گیاه را می‌پوشاند یا قسمت‌های معینی مانند یک بخش از برگ را جدا می‌سازند مورد استفاده قرار می‌گیرند (32). برای ارزیابی مکانیسم تحمل از روش‌های کاملاً متفاوتی استفاده می‌شود، زیرا در مکانیسم تحمل اثر متقابل گیاه با رفتار یا فیزیولوژی حشرات دخالت ندارد. معمولاً وجود تحمل با مقایسه وزن توده زنده (عملکرد) در گیاهان آلوده و غیرآلوده رقم مورد نظر تعیین می‌شود و سپس با استناد به تفاوت در عملکرد گیاهان آلوده و غیرآلوده و بر اساس نسبت عملکرد گیاهان آلوده شده به گیاهان غیرآلوده میزان کاهش محصول محاسبه می‌شود (30).

تفکیک اجزای مقاومت از همدیگر و تعیین مهمترین مکانیزم موثر در بروز مقاومت بسیار مشکل می‌باشد لذا شاخص مقاومت گیاه (PRI) برای ادغام ارزش میانگین ساز و کارهای آنتی-زنوز، آنتی-بیوز و تحمل و تبدیل آن به یک شاخص واحد بوسیله عنایت‌الله و همکاران

(9) در سال 1990 پیشنهاد شد. وبستر و پورتر (36) از شاخص PRI برای مقایسه مقاومت دو رقمگندم مقاوم به *Schizaphis graminum* (Rondani) استفاده کردند و برای هر کولتیوار شاخص آنتی-زنوز، آنتی-بیوز و تحمل را تعیین نمودند. لاگ و همکاران (14) از شاخص PRI برای توصیف اختلافات اساسی بین سه ژنوتیپ هاپلوئید گندم استفاده کردند.

هدف از تحقیق حاضر تعیین شاخص PRI در تعداد 33 رقم از ارقام زراعی سیب‌زمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی و معرفی ارقام با مقاومت بالا بود تا در صورت امکان از این ارقام برنامه‌های IPM این آفت مهم استفاده شود.

مواد و روش‌ها

مکان و ارقام آزمایش

در این پژوهش 33 رقم زراعی سیب‌زمینی به اسامی مندرج در جدول 1 مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌های بذور (غده‌ها) این ارقام از مرکز تحقیقات کشاورزی استان اردبیل تهیه گردید.

مزرعه آزمایشی به مساحت تقریبی 0/3 هکتار در 10 کیلومتری شرق شهرستان نقده واقع در استان آذربایجان غربی انتخاب و در اوایل مهر ماه با گاواهن برگردان دار شخم عمیق زده شد. پس از انجام یک شخم سطحی و یک بار دیسک‌زنی در بهار نسبت به کاشت ارقام مورد بررسی اقدام شد. عملیات کاشت در روزهای سوم و چهارم فروردین انجام گردید. بر اساس تجزیه خاک کودهای شیمیایی مورد نیاز به مزرعه داده شد و در طول بهار در حین عملیات خاک دادن پای بوته‌ها، دو مرتبه از کود از ته به صورت سرک استفاده گردید. مزرعه بسته به ضرورت به طور مرتب آبیاری شد (معمولاً هر ده روز یکبار) و کنترل علف‌های هرز به روش وجین دستی انجام گرفت.

جدول 1- فهرست اسامی ارقام مختلف سیب‌زمینی مورد استفاده در تحقیق

Table 1- List of the different potato cultivars used in this study

ردیف	واریته	ردیف	واریته	ردیف	واریته
No.	Variety	No.	Variety	No.	Variety
1	Estima	12	Raja	23	Famosa
2	Morene	13	Santana	24	Armada
3	Bridjet	14	Romina	25	Arrancar
4	Delikat	15	Velox	26	Carlita
5	Likaria	16	Aparret	27	Elles
6	Provento	17	Bright	28	Miryam
7	Desiree	18	Idul	29	Cardinal
8	Agata	19	Sinja	30	Beluga
9	Nicola	20	Baltica	31	Marfona
10	Eba	21	Cosima	32	Satina
11	Diamont	22	Fianna	33	Agria

دو قطعه آلوده و غیر آلوده بود. هر قطعه شامل 3 بلوک (تکرار) و هر بلوک دارای 33 رقم (تیما) بود. هر بلوک دارای 33 جوی پشته به طول 3 متر بوده و پهنای پشته‌ها در قاعده 50 و در رأس 30 سانتی-متر بود. فاصله رأس پشته‌های مجاور از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. در هر پشته یک تیمار کاشته شد. فاصله بوته‌ها در روی پشته‌ها 30 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در قطعه آلوده در حساس-ترین مرحله رشدی گیاه به آفت یعنی تقریباً 15 روز قبل از گلدهی (2، 6 و 28) بر روی هر بوته تعداد 40 عدد لارو متوسط (سن دوم و اوایل سن سوم) که از مزارع مجاور جمع‌آوری شده بودند رهاسازی گردید. برای جلوگیری از حرکت و جابجائی لارو‌ها در بین جوی پشته‌های مجاور، بعد از رهاسازی با استفاده از یک پارچه توری سفیدرنگ پشته‌ها از یکدیگر جدا گردید. قطعه دوم به عنوان شاهد مستقر گردید ولی در این قطعه هیچ نوع آلودگی انجام نشد و در صورت وجود آلودگی با سم تیودان و به نسبت 2 لیتر در هکتار کنترل شد. عملکرد محصول در هر قطعه و کرت اندازه‌گیری گردید. برای تعیین درصد کاهش عملکرد در هر رقم از فرمول پیشنهادی مورگان و همکاران (19) استفاده شد:

$$100 \times [\text{عملکرد غیرآلوده} \div (\text{عملکرد آلوده} - \text{عملکرد غیرآلوده})] =$$

درصد کاهش عملکرد

آزمایشات آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل در سال دوم نیز عیناً مشابه با سال اول تکرار گردید.

محاسبه شاخص مقاومت گیاه

برای تمامی ارقام مورد بررسی در هر سال «شاخص مقاومت گیاه» (PRI) تعیین شد. بدین منظور ابتدا شاخص هر یک از مکانیسم‌های مقاومت (آنتی‌بیوز، آنتی‌زنوز و تحمل) تعیین شد. این شاخص از تقسیم ارزش عددی صفت محاسبه شده در هر رقم بر بالاترین مقدار میانگین آن صفت در بین تمامی ارقام مورد بررسی در یک تکرار به دست می‌آید و مقدار آن عددی بین صفر تا یک می‌باشد که عدد یک نشان دهنده پائین‌ترین مقدار برای مکانیسم مورد نظر در یک رقم می‌باشد. در این تحقیق در مورد هر مکانیسم چندین صفت مورد مطالعه قرار گرفتولی در مورد آنتی‌زنوز میانگین تعداد حشرات جلب شده در 5 روز مورد شمارش، در مورد آنتی‌بیوز میزان بقای دوره رشد و نموی لاروهای سن اول پرورش یافته بر روی ارقام تا مرحله ظهور حشرات کامل و در مورد تحمل میزان کاهش عملکرد هر رقم نسبت به شرایط بدون آفت به عنوان صفات مورد مطالعه جهت تعیین شاخص‌های آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز، تحمل و PRI انتخاب شدند.

برای محاسبه «شاخص آنتی‌زنوز» عدد حاصل از تغییر شکل داده‌های مربوط به میانگین تعداد حشرات جلب شده در 5 روز مورد

بررسی آنتی‌زنوز

این آزمایش با عنوان تست انتخاب در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با 33 تیمار (رقم) و 4 تکرار انجام شد. بدین ترتیب که در جوی پشته‌هایی که به صورت دایره کامل با شعاع 2/60 متر ایجاد گردید، تیمارها (ارقام) به صورت تصادفی و به فاصله 45 سانتی‌متر از همدیگر کشت شدند. بنابراین در مجموع چهار دایره با فاصله 5 متر از همدیگر ایجاد و در هر دایره هر تیمار یکبار به صورت تصادفی کشت گردید. حدود دو ماه بعد از کاشت در وسط هر دایره 250 عدد حشره کامل سوسک کلرادوی سیبزمینی جمع‌آوری شده از مزارع رهاسازی و تعداد حشرات کامل جلب شده به هر بوته (تیمار یا رقم) به مدت 5 روز و هر روز یک بار در وسط روز در تمام تکرارها شمارش گردید. از میانگین پنج روزه تعداد حشرات کامل جلب شده به هر تیمار برای محاسبه شاخص آنتی‌زنوزی استفاده شد (11).

بررسی آنتی‌بیوز

این آزمایش در گلخانه با دمای 21 ± 3 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد در فصل بهار انجام گرفت. بدین منظور غده‌های ارقام مورد بررسی در گلخانه‌هایی به قطر 22 و ارتفاع 18 سانتی‌متر کاشته شدند. عملیات کاشت گلخانه‌ها در اوایل فصل بهار و یک روز بعد از کاشت مزرعه‌ای صورت گرفت. این آزمایش در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. بعد از هشت برگه شدن بوته‌ها، در هر گلخانه ساقه سمت شمال بوته به عنوان یک شاخه تیمار منظور و در داخل قفس آستینی مخصوص محبوس شد و سپس در داخل هر قفس تعداد 15 عدد لارو سن اول تازه تفریخ شده رهاسازی گردید برای طی دوره شفیرگی ظروف یک بار مصرف پلاستیکی در ابعاد $20 \times 10 \times 5$ سانتی‌متر تهیه و در کف آن‌ها مقداری خاک ازه به ارتفاع 2 سانتی‌متر ریخته شد و جهت تأمین رطوبت مقداری پنبه خیس در گوشه هر ظرف قرار داده شد. لاروها به محض ورود به دوره پیش‌شفیرگی به داخل این ظروف منتقل شدند. برای پیگیری دقیق سرنوشته یک پیش‌شفیره هر یک از آن‌ها به وسیله محفظه‌هایی از بقیه جدا گردیدند. پیش‌شفیره‌های مربوط به هر ظرف تیمار در یک ظرف ویژه قرار داده شدند و درصد تلفات دوره‌های لاروی و شفیرگی محاسبه شد (23). داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس گردید. مقایسه میانگین‌ها با روش Tukey's HSD و تبدیل داده‌های مربوط به درصد تلفات دوره‌های رشد و نمو با $\sqrt{x} \text{Arcsin}$ انجام گرفت.

بررسی تحمل

بررسی تحمل در شرایط مزرعه انجام گرفت. این آزمایش شامل

شده است (جدول 2) نشان داد که از لحاظ شاخص آنتی‌زنوز محاسبه شده، بین سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی اختلاف بین ارقام معنی‌دار بوده بود. اثر متقابل سال × رقم نیز معنی‌دار بوده است ($P < 0/01$). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × رقم، مقایسه میانگین شاخص آنتی‌زنوز ارقام مورد بررسی در سال‌های مختلف بطور جداگانه و با استفاده از آزمون Tukey's HSD انجام گرفت (جدول‌های 4 و 5).

مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد که در سال 1386 ارقام سینجا، بریجت و کاردینال به ترتیب با میانگین شاخص آنتی‌زنوزی $0/02 \pm 0/282$ ، $0/04 \pm 0/296$ و $0/03 \pm 0/302$ با جلب کمترین تعداد حشرات کامل در مقایسه با ارقام دیگر بیشترین مقاومت آنتی‌زنوزی را از خود نشان دادند. در این سال ارقام آگریا، ساتینا و دیامانت به ترتیب با شاخص آنتی‌زنوزی $0/02 \pm 0/981$ ، $0/06 \pm 0/859$ و $0/06 \pm 0/806$ در مقایسه با ارقام دیگر بیشترین تعداد حشرات بالغ را به خود جلب نموده کمترین مقاومت آنتی‌زنوزی را در مقابل آفت داشتند. در سال 1387 نیز ارقام کاردینال، کارلیتا و السبه ترتیب با شاخص آنتی‌زنوزی $0/01 \pm 0/221$ ، $0/03 \pm 0/240$ و $0/04 \pm 0/293$ بیشترین اثرات آنتی‌زنوزی را بر روی آفت از خود نشان دادند و ارقام مورن، بلوگا و ساتینابه ترتیب با شاخص آنتی‌زنوزی $0/08 \pm 0/824$ ، $0/08 \pm 0/785$ و $0/08 \pm 0/762$ با جلب بیشترین تعداد حشرات کامل کمترین اثرات آنتی‌زنوزی را بر روی آفت داشتند (جدول 5). تجزیه ضریب همبستگی بین شاخص‌های آنتی‌زنوز محاسبه شده در دو سال آزمایش نشان داد که بین شاخص‌های مزبور همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/001$ و $r = 0/365$).

شمارش با استفاده از فرمول $\sqrt{x + 0.5}$ برای هر رقم بر بالاترین مقدار این عدد در بین تمامی ارقام مورد بررسی تقسیم شد و «شاخص آنتی‌زنوز» برای تمامی ارقام تعیین شد. «شاخص آنتی‌بیوز» از تقسیم درصد بقای دوره رشد و نمو پلاروهای سن اول پرورش یافته بر روی هر رقم تا مرحله ظهور حشرات کامل (دوره لاروی و شفیرگی) بر بالاترین درصد بقای این دوره‌ها در بین ارقام مورد بررسی در یک تکرار بدست آمد. «شاخص تحمل» از تقسیم میزان کاهش عملکرد هر رقم بر بالاترین میزان کاهش عملکرد در بین تمام ارقام مورد بررسی در یک تکرار بدست آمد.

میانگین شاخص‌های تعیین شده برای آنتی‌بیوز (X)، آنتی‌زنوز (Y) و تحمل (Z) در فرمول پیشنهادی عنایت‌الله و همکاران (9) جهت محاسبه PRI به شرح زیر قرار گرفتند:

$$PRI = 1/XYZ$$

مقدار PRI برای تمامی ارقام در هر سال به طور مجزا محاسبه و رتبه هر رقم از لحاظ مقاومت تعیین گردید.

محاسبه همبستگی بین صفات

بین شاخص‌های تعیین شده برای مکانیسم‌های سه گانه مقاومت در دو سال مورد بررسی و نیز بین شاخص‌های مقاومت گیاه (PRI) تعیین شده در دو سال مورد بررسی ضریب همبستگی پیرسون بوسیله نرم‌افزار SPSS 16 محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به شاخص آنتی‌زنوز که از آزمون «انتخاب میزبان» در سال‌های 1386 و 1387 حاصل

جدول 2- خلاصه تجزیه واریانس مرکب شاخص آنتی‌زنوز در سال‌های 1386 و 1387
Table 2- Combind analysis of variance of the antixenosis index during 2007-2008

میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree of Freedom	منابع تغییرات Sources of Variance
0.122 ^{ns}	1	سال Year
0.084	6	تکرار (سال) Repeat
0.180 ^{**}	32	رقم Variety
0.060 ^{**}	32	سال × رقم Variety × Year
0.014	192	اشتباه آزمایشی Error
22.33		ضریب تغییرات (%) C.V. (%)

^{ns} و ^{**} به ترتیب نشانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.
ns and ** are non significant and significant at 0.01 levels, respectively

جدول 3- خلاصه تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های آنتی‌بیوز و تحمل در سال‌های 1386 و 1387.
Table 3- Combin analysis of variance of the antibiosis and tolerance indices during 2007-2008.

میانگین مربعات Mean Squares		درجه آزادی Degree of Freedom	منابع تغییرات Sources of Variance
شاخص تحمل Tolerance Index	شاخص آنتی‌بیوز Antibiosis Index		
0.435 ^{ns}	0.013 ^{ns}	1	سال Year
0.116	0.126	4	تکرار (سال) Repeat
0.157**	0.161*	32	رقم Variety
0.049**	0.095**	32	سال × رقم Variety × Year
0.023	0.012	128	اشتباه آزمایشی Error
28.59	18.64		ضریب تغییرات (%) C.V. (%)

^{ns} و * به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
ns, * and ** are non significant and significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

شاخص آنتی‌بیوزی $0/01 \pm 0/986$ و $0/07 \pm 0/925$ و $0/07$ کمترین اثرات آنتی‌بیوزی را بر روی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی داشته‌اند. در سال 1387 نیز ارقام کارلیتا، سینجا و دلیکات به ترتیب با میانگین شاخص آنتی‌بیوزی $0/01 \pm 0/218$ ، $0/02 \pm 0/282$ و $0/08 \pm 0/346$ بیشترین میزان اثرات آنتی‌بیوزی را بر روی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی از خود نشان دادند و ارقام لولکس، کوزیما و برایت به ترتیب با میانگین شاخص آنتی‌بیوزی $0/07 \pm 0/898$ ، $0/08 \pm 0/880$ و $0/09 \pm 0/866$ کمترین میزان اثرات آنتی‌بیوزی را بر روی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی داشتند (جدول 5).

بالتر بودن درصد تلفات دوره‌های مزبور در روی برخی ارقام می‌تواند به وجود اثرات آنتی‌بیوزی در آن‌ها مربوط باشد (8 و 16). یاشار و گونگور (37) تلفات زیاد دوره رشد و نمو لاروی و شفیرگی در روی ارقام مختلف سیب‌زمینی را به منزله مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام مورد بررسی قرار دادند. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی‌های یاشار و گونگور (37) و هورتون و همکاران (8) شباهت‌های نسبی دارد. ضمن اینکه نوع ارقام مورد بررسی توسط آن‌ها با ارقام مورد بررسی در این تحقیق متفاوت است. همچنین شرایط حاکم بر آزمایشات آن‌ها تفاوت‌هایی با شرایط حاکم بر این بررسی‌ها دارد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به صفت مورد مطالعه در شاخص تحمل (میزان کاهش عملکرد هر رقم در شرایط آلوده به آفت نسبت به شرایط غیرآلوده) در مزرعه در سال‌های 1386 و 1387 جهت بررسی شاخص تحملشان داد بین سال‌های آزمایش

جلب کمتر تعداد حشرات بالغ بوسیله یک رقم وجود اثرات آنتی‌بیوزی در آن رقم را نشان می‌دهد (32). پلیشر و تایی (27) و پلیشر و همکاران (25 و 28) حشرات کامل مستقر شده بر روی بوته‌های گونه‌های وحشی *Solanum* را به عنوان متغیر اصلی توصیف‌کننده فاکتور «کولونیزاسیون» منظور نمودند و نتیجه گرفتند که مکانیسم مقاومتی گونه‌های با کولونیزاسیون پائین از نوع آنتی‌بیوز می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم × سال نشان دهنده تغییر حساسیت - مقاومت ژنوتیپ‌ها در سال‌های آزمایش بوده و با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال اجرای آزمایش و نیز متفاوت بودن محل اجرای آزمایش‌ها قابل توجیه می‌باشد.

در تحقیق حاضر تلفات دوره رشد و نمو لاروی و شفیرگی برای تعیین شاخص آنتی‌بیوز لحاظ گردید که نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از محاسبه شاخص مزبور (جدول 3) نشان داد که در مورد این شاخص نیز بین سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، ولی اختلاف بین ارقام معنی‌دار بوده است ($P < 0/05$). اثر متقابل سال × رقم نیز معنی‌دار بوده است ($P < 0/01$) (جدول 3). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × رقم، مقایسه میانگین‌های شاخص آنتی‌بیوز ارقام مورد بررسی در سال‌های مختلف بطور جداگانه و با استفاده از آزمون Tukey's HSD انجام گرفت (جدول‌های 4 و 5).

مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان داد در سال 1386 ارقام دلیکات، کارلیتا و آرمادابه ترتیب با میانگین شاخص آنتی‌بیوزی $0/04 \pm 0/144$ ، $0/03 \pm 0/177$ و $0/02 \pm 0/248$ بالاترین میزان مقاومت آنتی‌بیوزی و ارقام پروونتو، برایتو رومینا به ترتیب با میانگین

بازدارنده تغذیه‌ای است به سختی از همدیگر قابل تفکیک هستند (12 و 30) لذا تعیین علت اصلی مقاومت بسیار مشکل است. اولین بار عنایت‌الله و همکاران (9) در سال 1390 از شاخص مقاومت گیاه (PRI) برای ادغام ارزش میانگین مکانیزمهای آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل و تبدیل آن به یک شاخص واحد استفاده نمودند. در زمینه تعیین PRI در ارقام مختلف نسبت به آفات تحقیقات بسیار محدودی صورت گرفته است. وبستر و پورتر (36) از شاخص PRI برای مقایسه مقاومت دو رقمگندم مقاوم به *S. Graminum* استفاده نموده برای هر رقم شاخص آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل را تعیین نمودند. لاگ و همکاران (14) نیز از شاخص PRI برای توصیف اختلافات اساسی بین سه ژنوتیپ هاپلوئید گندم استفاده کردند. نتایج حاصل از محاسبه شاخص مقاومت گیاه (PRI) در تحقیق حاضر نشان داد در سال 1386 ارقام دلپکات، بریجتوکاردینال به ترتیب با شاخص مقاومت 52/63، 36/30 و 29/87 مقاوم‌ترین و ارقام دیامانت، آپارت و ولوکس به ترتیب با شاخص مقاومت 1/90، 2/06 و 2/26 حساس‌ترین ارقام مورد بررسی در مقابل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بودند. در سال 1387 نیز ارقامسانتانا، بریجت و سینجا به ترتیب با شاخص مقاومت 48/56، 28/36 و 25/80 مقاوم‌ترین و ارقام ولوکس، آگریا و برایت به ترتیب با شاخص مقاومت 1/95، 2/71 و 3/20 در بین 33 رقم مورد بررسی حساس‌ترین ارقام به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بودند (جدول 3). تجزیه ضریب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت محاسبه شده در دو سال آزمایش نشان داد که بین شاخص‌های مقاومت گیاه محاسبه شده در سال‌های 1386 و 1387 همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت ($r=0/499$ و $P<0/01$) که نشان دهنده آن است که میزان مقاومت یا حساسیت ارقام نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در دو سال مورد بررسی از یک مشابهت نسبی برخوردار بوده است. در زمینه شاخص مقاومت گیاه در ارقام سیب‌زمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی اطلاعات موجود بسیار محدود بوده مقایسه نتایج امکان‌پذیر نمی‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه ضریب همبستگی بین شاخص‌های سه‌گانه مقاومت در سال‌های 1386 و 1387 نشان داد که در سال 1386 بین شاخص‌های تحمل و آنتی‌زنوز، همچنین بین شاخص‌های آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت (به ترتیب $P<0/05$ ، $r=0/221$ و $P<0/01$ ، $r=0/261$). همچنین در سال 1387 همبستگی مثبت معنی‌دار بین شاخص‌های آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز مشاهده گردید ($P<0/01$ ، $r=0/313$). لذا تحمل اغلب توأم با آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز مشاهده می‌شود (31).

هورتون و همکاران (8) در تحقیقات خود دریافتند که ارقامی که در آزمایشگاه برای آفت مطلوبیت کمتری داشتند در مزرعه سطوح بسیار پائینی از برگ‌خوردگی و کاهش عملکرد را از خود نشان دادند و ارقامی که در آزمایشگاه برای آفت مناسب بودند در مزرعه برگ-

اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، ولی اختلاف بین ارقام معنی‌دار بوده است. اثر متقابل سال \times رقم نیز معنی‌دار بوده است ($P<0/01$) (جدول 3). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال \times رقم، مقایسه میانگین‌ها بین ارقام مورد ارزیابی در سال‌های مختلف به طور جداگانه و با استفاده از آزمون Tukey's HSD انجام گرفت (جدول‌های 4 و 5).

بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) در سال 1386 ارقام ساتینا، کاردینالو سانتانا به ترتیب با میانگین شاخص تحمل $0/03 \pm 0/228$ ، $0/02 \pm 0/256$ و $0/05 \pm 0/272$ بیشترین میزان تحمل و ارقام لیکاریا، دیامانتو ولوکسبه ترتیب با میانگین شاخص تحمل $0/03 \pm 0/953$ ، $0/08 \pm 0/919$ و $0/06 \pm 0/881$ در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی کمترین میزان تحمل را در مقابل خسارت آفت از خود نشان دادند. در سال 1387 ارقام سانتانا، ساتینا و نیکولا به ترتیب با شاخص تحمل $0/06 \pm 0/132$ ، $0/07 \pm 0/262$ و $0/14 \pm 0/269$ با کمترین کاهش عملکرد، در مقایسه با ارقام دیگر بیشترین میزان تحمل را در مقابل خسارت آفت از خود نشان داد در حالی که ارقامکارلینا، لیکاریا و ولوکس به ترتیب با میانگین شاخص تحمل $0/11 \pm 0/833$ ، $0/16 \pm 0/805$ و $0/09 \pm 0/767$ در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی کمترین میزان تحمل را در مقابل خسارت آفت داشتند (جدول 5). تجزیه ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل محاسبه شده در دو سال آزمایش نشان داد که بین شاخص‌های مزبور همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت ($P<0/01$ و $r=0/265$).

نتایج این تحقیق در مورد میزان کاهش عملکرد در مورد برخی از ارقام با نتایج حاصل از تحقیق کروبی‌زاده و همکاران (11) تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند به متفاوت بودن شرایط حاکم بر آزمایش، متفاوت بودن نوع اجرای آزمایش‌ها (آن‌ها بررسی را در گلدان انجام دادند) و نیز متفاوت بودن زمان آلوده‌سازی بوته‌ها به آفت مربوط باشد. ضمن این که آن‌ها فقط 5 رقم مورد بررسی در این تحقیق (ایدول، دزیره، کاردینال، مارفونا و کارلینا) را مورد ارزیابی قرار دادند.

معنی‌دار بودن اثر متقابل سال \times رقم نشان دهنده تغییر حساسیت - مقاومت ژنوتیپ‌ها در سال‌های آزمایش بوده و با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال اجرای آزمایش و نیز متفاوت بودن محل اجرای آزمایش‌ها قابل توجه می‌باشد.

در میحث مقاومت گیاهان به بندپایان مراحل آزمایشی متعددی برای تفکیک آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل لازم است (32). آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز براهتی از همدیگر قابل تفکیک نیستند این موضوع بخصوص موقعی که آزمایشات با سنین اولیه مراحل نابالغ حشرات انجام می‌گیرد اتفاق می‌افتد (7). این دو جزء مقاومت وقتی که مرگ و میر در آنتی‌بیوز نتیجه مواد سمی است و در آنتی‌زنوز به دلیل مواد

مقاومت یا حساسیت ارقام مورد بررسی نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در دو سال تحقیق می‌باشد به طوری که بر اساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص مقاومت ارقام در دو سال مورد بررسی در بین ارقام مورد مطالعه ارقام بریجت، کارلیتا، دلیکات، سینجا و نیکولا با دارا بودن بالاترین میزان PRI، مقاوم‌ترین ارقام در مقابل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بودند که می‌توانند در برنامه‌های مدیریت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی و انتقال مقاومت به ارقام پرمحصول از طریق برنامه‌های اصلاح نبات مورد استفاده قرار گیرند.

خوردگی و کاهش عملکرد بیشتر در اثر آفت داشتند. لذا به عقیده آن‌ها میزان رشد ونمو و بقای لاروی بهترین شاخص برای پیشگویی میزان برگ‌خوردگی و کاهش عملکرد در مزرعه محسوب می‌شود و ارقامی که تلفات بیشتر دوره رشد و نموی در روی آن‌ها حادث می‌شود در مزرعه نیز کمترین آسیب را از آفت متحمل می‌شوند. نتایج تحقیق حاضر نیز مشابه تحقیقات محققین فوق‌الذکر می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق همبستگی مثبت معنی‌دار بین شاخص‌های مقاومت گیاه در دو سال مورد بررسی مشاهده گردید ($r=0/499$ ، $P<0/01$) که نشان دهنده مشابهت نسبی در میزان

جدول 4- مقایسه میانگین (± خطای معیار) شاخص‌های آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل و مقادیر شاخص مقاومت گیاه (PRI) محاسبه شده برای هر رقم در سال 1386

Table 4- Mean (± SE) comparison of the antixenosis, antibiosis and tolerance indices and calculated PRI for each cultivar in 2007

رتبه رقم از لحاظ مقاومت Rank of Variety	شاخص مقاومت گیاه PRI	میانگین (± خطای معیار) Mean±SE			رقم Variety
		شاخص تحمل Tolerance Index	شاخص آنتی‌بیوز Antibiosis Index	شاخص آنتی‌زنوز Antixenosis Index	
24	3.89	0.805±0.07 a-d	0.748±0.04 a-f	0.427±0.04 h-l*	Estima
21	4.58	0.563±0.07 a-h	0.685±0.09 a-h	0.571±0.02 d-i	Morene
2	36.30	0.289±0.03 f-h	0.322±0.13 h-j	0.296±0.04 kl	Bridjet
1	52.63	0.430±0.08 d-h	0.144±0.04 j	0.309±0.04 kl	Delikat
22	4.57	0.953±0.03 a	0.322±0.06 h-j	0.726±0.04 b-e	Likaria
20	4.65	0.506±0.05 b-h	0.986±0.01 a	0.431±0.03 h-l	Provento
15	6.25	0.716±0.04 a-e	0.470±0.08 e-j	0.475±0.02 g-k	Desiree
17	5.67	0.661±0.06 a-g	0.355±0.02 g-j	0.751±0.04 b-d	Agata
7	16.65	0.443±0.05 d-h	0.425±0.05 e-j	0.319±0.01 j-l	Nicola
18	5.60	0.601±0.07 a-h	0.433±0.07 e-j	0.686±0.01 b-f	Eba
33	1.90	0.919±0.08 ab	0.711±0.04 a-g	0.806±0.06 a-c	Diamont
8	11.77	0.628±0.08 a-h	0.325±0.07 h-j	0.416±0.03 i-l	Raja
11	8.52	0.272±0.05 gh	0.864±0.09 a-d	0.499±0.02 g-j	Santana
26	3.78	0.500±0.12 a-h	0.925±0.07 ab	0.575±0.02 d-i	Romina
31	2.26	0.881±0.06 a-c	0.785±0.06 a-e	0.638±0.04 c-g	Velox
32	2.06	0.773±0.01 a-c	0.859±0.07 a-c	0.729±0.04 b-e	Aparret
29	2.90	0.542±0.08 a-h	0.925±0.07 ab	0.686±0.02 b-f	Bright
28	2.96	0.655±0.08 a-g	0.685±0.09 a-h	0.752±0.03 b-d	Idul
6	17.55	0.374±0.11 e-h	0.540±0.08 c-i	0.282±0.02 l	Sinja
27	3.38	0.828±0.11 a-d	0.616±0.11 b-h	0.581±0.02 d-i	Baltica
19	4.66	0.589±0.06 a-h	0.681±0.05 a-h	0.536±0.03 f-i	Cosima
23	3.99	0.852±0.10 a-d	0.896±0.06 a-c	0.328±0.04 j-l	Fianna
10	8.98	0.367±0.11 e-h	0.503±0.08 e-j	0.603±0.02 d-h	Famosa
5	22.09	0.526±0.09 b-h	0.248±0.02 ij	0.347±0.03 j-l	Armada
12	6.46	0.447±0.06 d-h	0.787±0.01 a-e	0.441±0.03 h-l	Arrancar
4	28.60	0.581±0.09 a-h	0.177±0.03 ij	0.340±0.03 j-l	Carlita
13	7.43	0.624±0.08 a-h	0.390±0.02 f-j	0.550±0.02 e-i	Elles
14	6.33	0.709±0.11 a-f	0.355±0.07 g-j	0.627±0.05 c-g	Miryam
3	29.87	0.256±0.02 gh	0.433±0.07 e-j	0.302±0.03 kl	Cardinal
25	3.82	0.470±0.06 c-h	0.755±0.08 b-h	0.736±0.03 b-d	Beluga
16	6.19	0.527±0.06 b-h	0.533±0.05 c-i	0.575±0.05 d-i	Marfona
9	10.15	0.228±0.03 h	0.503±0.08 d-j	0.859±0.06 ab	Satina
30	2.73	0.551±0.06 a-h	0.677±0.01 a-h	0.981±0.02 a	Agria

*وجود حداقل یک حرف مشترک در بین اعداد هرستون نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد
*Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P = 0.05, Tukey's HSD).

جدول 5- مقایسه میانگین (± خطای معیار) شاخص‌های آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز و تحمل و مقادیر شاخص مقاومت گیاه (PRI) محاسبه شده برای هر رقم در سال 1387

Table 5- Mean (± SE) comparison of the antixenosis, antibiosis and tolerance indices and calculated PRI for each cultivar in 2008

رتبه رقم از لحاظ مقاومت Rank of Variety	شاخص مقاومت گیاه PRI	میانگین (± خطای معیار) Mean±SE			رقم Variety
		شاخص تحمل Tolerance Index	شاخص آنتی‌بیوز Antibiosis Index	شاخص آنتی‌زنوز Antixenosis Index	
23	5.61	0.604±0.14 a-c	0.639±0.03 a-g	0.462±0.11 a-f	Estima
15	8.01	0.346±0.06 a-c	0.438±0.11 e-j	0.824±0.11 a	Morene
2	28.36	0.279±0.08 bc	0.427±0.05 e-i	0.297±0.04 ef	Bridjet
7	17.78	0.340±0.14 a-c	0.346±0.08 g-i	0.478±0.06 a-f	Delikat
30	3.39	0.805±0.16 ab	0.756±0.07 a-e	0.485±0.09 a-f	Likaria
26	4.28	0.699±0.15 ab	0.607±0.10 a-h	0.550±0.09 a-f	Provento
24	4.86	0.619±0.07 a-c	0.490±0.09 c-i	0.678±0.09 a-e	Desiree
21	5.96	0.392±0.12 a-c	0.704±0.01 a-f	0.608±0.07 a-f	Agata
5	19.51	0.269±0.14 bc	0.474±0.05 d-i	0.402±0.02 a-f	Nicola
25	4.66	0.572±0.03 a-c	0.667±0.12 a-g	0.563±0.13 a-f	Eba
13	8.73	0.628±0.02 a-c	0.422±0.03 e-i	0.433±0.08 a-f	Diamont
11	9.72	0.527±0.14 a-c	0.547±0.08 b-i	0.357±0.10 c-f	Raja
1	48.56	0.132±0.06 c	0.401±0.05 f-i	0.389±0.04 b-f	Santana
9	12.70	0.419±0.17 a-c	0.567±0.02 a-h	0.332±0.07 e-f	Romina
33	1.95	0.767±0.09 ab	0.898±0.07 a	0.745±0.11 a-d	Velox
20	6.95	0.443±0.13 a-c	0.551±0.04 b-i	0.588±0.06 a-f	Aparret
31	3.20	0.695±0.05 ab	0.866±0.09 ab	0.520±0.12 a-f	Bright
22	5.67	0.431±0.15 a-c	0.854±0.09 ab	0.479±0.02 a-f	Idul
3	25.80	0.409±0.09 a-c	0.282±0.02 hi	0.336±0.07 c-f	Sinja
27	4.04	0.558±0.09 a-c	0.819±0.18 a-c	0.541±0.07 a-f	Baltica
28	3.95	0.488±0.06 a-c	0.880±0.08 ab	0.589±0.10 a-f	Cosima
10	11.36	0.349±0.13 a-c	0.487±0.06 c-i	0.518±0.10 a-f	Fianna
14	8.32	0.394±0.08 a-c	0.598±0.06 a-h	0.510±0.06 a-f	Famosa
16	7.89	0.326±0.11 a-c	0.568±0.06 a-h	0.684±0.10 a-e	Armada
29	3.77	0.746±0.10 ab	0.592±0.01 a-h	0.601±0.12 a-f	Arrancar
4	22.94	0.833±0.11 a	0.218±0.01 i	0.240±0.03 f	Carlita
8	16.32	0.365±0.13 a-c	0.573±0.06 a-h	0.293±0.04 ef	Elles
12	9.37	0.437±0.08 a-c	0.615±0.06 a-h	0.398±0.06 b-f	Miryam
6	17.90	0.428±0.04 a-c	0.592±0.01 a-h	0.221±0.01 f	Cardinal
17	7.50	0.352±0.05 a-c	0.482±0.05 c-i	0.785±0.08 ab	Beluga
19	7.32	0.380±0.06 a-c	0.804±0.10 a-d	0.447±0.08 a-f	Marfona
18	7.40	0.262±0.07 bc	0.679±0.03 a-g	0.762±0.08 a-c	Satina
32	2.71	0.681±0.11 a-c	0.752±0.12 a-e	0.740±0.09 a-d	Agria

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P = 0.05, Tukey's HSD).

منابع

- 1- Bishop B.A., and Grafius E.J. 1996. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. p. 355-377. In P.H.A. Jolivet, and M.L. Cox (ed.) Chrysomelidae biology. Vol. 1. Amsterdam, Netherlands: SPB Academic Publishing.
- 2- Boiteau, G., Pierre J., and Blanc R.L. 1999. Colorado potato beetle life stages. Available at: <http://res2agr.ca/fredriction/home/texts/staff/studies/3500/cpb.htm>.
- 3- Dent D. 2000. Insect pest management. (2nd ed.). CABI Publishing.
- 4- FAO, 2010. Available at: <http://faostat.org/site/636/default.aspx>.
- 5- Ferro D.N., and Boiteau G. 1993. Management of insect pests. p. 103-116. In R.C. Rowe et al. (ed.) Potato health management. APS Press. Potato Association of America.
- 6- Ferro D.N., Norzuch B.J., and Margolies D. 1983. Crop loss assessment of Colorado potato beetle on potatoes in western Massachusetts. Journal of Economic Entomology, 76:349-356.
- 7- Horber E. 1980. Types and classification of resistance. p. 15-21. In F.G. Maxwell et al. (ed.) Breeding plants

- resistant to insects. John Wiley, New York.
- 8- Horton D.N., Chauvin R.L., Hinojosa T., Larson D., Murphy C., and Biever K.D. 1997. Mechanism of resistance to Colorado potato beetle in several potato lines and correlation with defoliation. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82:239–246.
 - 9- Inayatullah C., Webster J.A., and Fargo W.S. 1990. Index for measuring plant resistance to insects. *Southwest Entomology*, 109: 146–152.
 - 10- Jackai L.E.N. 1991. Laboratory and screenhouse assays for evaluating cowpea resistance to the legume pod borer. *Crop Protection*, 10: 48–52.
 - 11- Karroubizadeh S., Nouri-Ganbalani G., and Valizadeh M. 2002. Evaluation of resistance mechanisms to Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), in 20 potato cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 1: 47-54. (in Persian with English summary)
 - 12- Kishaba A.N., and Manglitz G.R. 1965. Non-preference as a mechanism of sweetclover and alfalfa resistance to the sweetclover aphid and spotted alfalfa aphid. *Journal of Economic Entomology*, 58: 566–569.
 - 13- Kung K.J., Milner M., Wyman J.A., Felidan J., and Nordheim E. 1992. Survival of Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae) after exposure to subzero thermal shocks during diapause. *Journal of Economic Entomology*, 85: 1695–1700.
 - 14- Lage J., Skovmand B., and Andersen S.B. 2003. Characterization of greenbug (Homoptera: Aphididae) resistance in synthetic hexaploid wheats. *Journal of Economic Entomology*, 96:1922–1928.
 - 15- Lopez R., and Ferro D.N. 1995. Larviposition response of *Myiopharus doryphorae* (Dip.: Tachinidae) to Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae) larvae treated with lethal and sublethal doses of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *tenebrionis*. *Journal of Economic Entomology*, 88: 870–874.
 - 16- Lyytinen A., Lindstrom L., Mappes J., Tiitto R.J., Fasulati S.R., and Tiilikhalo K. 2007. Variability in host plant chemistry: behavioral responses and life – history parameters of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Chemoecology*, 17: 51–56.
 - 17- Martel J.W., Alford A.R., and Dickens D.J. 2007. Evaluation of a novel host plant volatile – based attracticide for management of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Crop Protection*, 26: 822–827.
 - 18- Mc Gaughey W.H., and Johnson D.E. 1992. Indian meal moth resistance to different strains and mixtures of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Economic Entomology*, 85: 1594–1600.
 - 19- Morgan J., Wilde, G., and Johnson D. 1980. Greenbug resistance in commercial sorghum hybrids in the seedling stage. *Journal of Economic Entomology*, 73: 510–514.
 - 20- Muller K.O. 1959. Hypersensitivity. p. 469–519. In J.G. Horsfall et al. (ed.) *Plant pathology-an advanced treatise*. Academic Press, New York, USA.
 - 21- Naderi Meshkin H. 2007. Optimization of plant tissue culture and transfer of gus and bar genes to potato plant (*Solanum tuberosum* L.) and study of proteins related to pathogen (RRs) on the Colorado potato beetle pest. MSc Thesis, Tehran University, 111 pp. (in Persian with English summary).
 - 22- Ng S.S., Davis F.M., and Williams W.P. 1990. Ovipositional response of southwestern corn borer (Lepidoptera: Noctuidae) to selected maize hybrids. *Journal of Economic Entomology*, 83: 1575–1577.
 - 23- Nouri-Gabalani G. 1989. Preliminary study of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), biology in Ardabil province. *Journal of Agricultural Science*. 20: 1-9. (in Persian with English summary).
 - 24- Painter R.H. 1951. *Insect resistance in crop plants*. Mac Millan Publisher, New York, USA.
 - 25- Pelletier Y., Clark C., and Georges C.T. 2001. Resistance of three wild tuber-bearing potatoes to the Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 100: 31–41.
 - 26- Pelletier Y., and Dutheil J. 2006. Behavioural responses of the Colorado potato beetle to trichomes and leaf surface chemicals of *Solanum tarroijense*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 120: 125–130.
 - 27- Pelletier Y., and Tai G.C.C. 2001. Genotypic variability and mode of action of Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae) resistance in seven *Solanum* species. *Journal of Economic Entomology*, 94: 572–578.
 - 28- Pelletier Y., Clark C. and Koeyer D.D. 2007. Level and genetic variability of resistance to the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) in wild *Solanum* species. *American Journal of potato Research*, 84: 143–148.
 - 29- Radcliffe E.B., and Lagnaoui A. 2006. Pests and diseases, part D: Insects in potato. p. 541-567. In R. Viola et al. (ed.) *Potato biology and biotechnology: Advances and Perspectives*, Elsevier, Amsterdam.
 - 30- Renwick J.A.A. 1983. Nonpreference mechanisms: Plant characteristics influencing insect behavior. p. 199–213. In P.A. Hedin (ed.) *Plant resistance to insects*. ACS Symposium Series No. 208. American Chemical Society, Washington DC.
 - 31- Smith C.M. 1989. *Plant Resistance to Insects – A Fundamental Approach*. John Wiley, New York.
 - 32- Smith C.M. 2005. *Plant resistance to arthropods*. Springer Publishers, Netherlands.
 - 33- Tanada Y., and Kaya H.K. 1993. *Insect pathology*. Academic Press, California.
 - 34- Tingey W.M. and Yencho G.C. 1994. Insect resistance in potato: a decade of progress. p. 405–425. In G.W. Zehnder et al. (ed.) *Advances in potato pest biology and management*. APS, St. Paul, Minnesota.

- 35- Van der Plank J.E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press, London.
 - 36- Webster J.A., and Porter D.R. 2000. Plant resistance components of two greenbug (Homoptera: Aphididae) resistant wheats. *Journal of Economic Entomology*, 93:1000–1004.
 - 37- Yaser B., and Gungor M.A. 2005. Determination of life table and biology of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col.: Chrysomelidae), feeding on five different potato varieties in Turkey. *Applied Entomology and Zoology*, 40: 589–596.
- 38-