

مقایسه تحمل ۳۳ رقم سیب زمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیب زمینی، *Leptinotarsa decemlineata*

(Col.: Chrysomelidae)، در شرایط مزرعه در منطقه نقده آذربایجان غربی

اکبر قاسمی کهریزه^۱✉، قدیر نوری قنبلانی^۲، نورالدین شایسته^۱ و ایرج برنوسی^۳

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، گروه گیاه پزشکی، مهاباد؛ ۲- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

محقق اردبیلی، اردبیل؛ ۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۲؛ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۲)

چکیده

سوسک کلرادوی سیب زمینی، *Leptinotarsa decemlineata* (Col.: Chrysomelidae) مهم ترین آفت برگ خوار سیب زمینی در سراسر دنیا و ایران می باشد. در این تحقیق تحمل ۳۳ رقم سیب زمینی نسبت به خسارت این آفت در دو سال (۸۷-۱۳۸۶) در مزرعه مقایسه شد. در هر سال دو آزمایش تیمار و شاهد هر کدام در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳۳ رقم سیب زمینی و سه تکرار اجرا گردید. هر آزمایش شامل سه بلوک بود. در هر سال حدود ۱۵ روز مانده به زمان گل دهی روی هر بوته ۴۰ عدد لارو متوسط (سن ۲ و اوایل سن ۳) رهاسازی گردید. سپس هر رقم بوسیله توری از رقم مجاور جدا گردید. آزمایش شاهد، بدون آلودگی نگهداری شد. کاهش عملکرد هر یک از ارقام نسبت به شاهد تعیین گردید. تجزیه خوشه ای به روش UPGMA بر اساس ضریب تشابه فاصله اقلیدسی و با استفاده از نرم افزار MINITAB15 انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب داده های آزمایش نشان داد که بین ارقام در تمامی صفات مورد بررسی اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < 0.01$) و اثر متقابل رقم \times سال نیز معنی دار بود ($P < 0.05$). تجزیه خوشه ای بر اساس درصد سطح خورده شده برگ ارقام و میزان کاهش عملکرد ارقام ناشی از خسارت آفت در دو سال آزمایشی نشان داد که ارقام "سانتانا"، "ساتینا"، "بریجت" و "کاردینال" با قرار گرفتن در یک خوشه بیشترین تحمل را در برابر خسارت آفت داشته اند. بین کاهش عملکرد محصول و درصد خوردگی سطح برگ همبستگی مثبت معنی دار در هر دو سال آزمایش مشاهده شد ($P < 0.05$).
واژه های کلیدی: مقاومت، سیب زمینی، سوسک کلرادوی سیب زمینی، تحمل.

Tolerance comparison of 33 potato cultivars to the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*

(Col.: Chrysomelidae), in the field conditions in Naghadeh, west Azerbaijan

A. GHASSEMI-KAHRIZEH¹✉, G. NOURI-GANBALANI², N. SHAYESTE¹ and I. BERNOUSI³

1- Department of Plant Protection, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Iran; 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Iran; 3- Department of Plant Breeding and Biotechnology, University of Urmia, Iran

Abstract

Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), is the most important defoliating pest of potato throughout the world and Iran which considerably reduce crop yield. In this study tolerance of 33 cultivars of potato were compared during 2007-2008 in the field conditions. Experiment was carried out in both years in two trials, infested and non infested plots and arranged based on a randomized complete block design. In infested plots, each plant was infested by 40 medium larvae (second and early third instars) 15 days prior to the blooming of plants. Non-infested plots were kept pest-free by chemical and mechanical control methods. At the end of the season, defoliation and yield loss in infested plots were determined and compared with non-infested plots in each cultivar. Cluster analysis of cultivars was performed with MINITAB15 statistical software using UPGMA procedure based on Euclidean distance. Combined analysis of variance of tolerance data in 2007 and 2008 showed significant differences among the cultivars ($P < 0.01$). Moreover, for all studied traits reciprocal effect of cultivar \times year was significant ($P < 0.05$). Cluster analysis based on defoliation and yield loss in two experimental years showed that cultivars "Santana", "Satina", "Bridjet" and "Cardinal" had the highest tolerance to the Colorado potato beetle. Significant positive correlation was observed between yield loss and defoliation traits in two years of study ($P < 0.01$).

Key words: Resistance, potato, Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, tolerance

مقدمه

سیب‌زمینی، *Solanum tuberosum* L.، بعد از گندم، برنج و ذرت به عنوان چهارمین محصول زراعی پراهمیت در سراسر جهان محسوب می‌شود (Pelletier and Dutheil, 2006). نامگذاری سال ۲۰۰۸ با عنوان سال سیب‌زمینی توسط سازمان ملل متحد بیانگر اهمیت ویژه این ماده غذایی می‌باشد که هم‌اکنون غذای اصلی بسیاری از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (Thomas and Sonsonetti, 2008). آفات متعددی به سیب‌زمینی حمله می‌کنند که سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، *Leptinotarsa decemlineata* (Say) یکی از مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود (Nouri-ganbalani, 1989). این آفت جزو آفات همه‌جایی محسوب می‌شود و یکی از آفات خطرناک سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و بادنجان در اکثر مناطق جهان می‌باشد (Kung et al. 1992; Mc Gaugehay and Johnson, 1992; Tanada and Kaya, 1993; Lopez and Ferro, 1995). تغذیه حشره کامل و لارو از شاخه و برگ سیب‌زمینی می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصول سیب‌زمینی به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد شود (Pelletier et al. 2001). به علاوه حشره کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به گسترش تعدادی از بیماری‌های سیب‌زمینی نظیر بیماری ویروئیدی غده دوکی (Spindle tuber)، بیماری پژمردگی باکتریایی (Bacterial wilt) یا پوسیدگی قهوه‌ای (*Pseudomonas solanacearum* Smith)، بیماری پوسیدگی حلقوی (*Corynebacterium sepedonicum*) (Ring Rot) و سایر بیماری‌های سیب‌زمینی کمک می‌کند (Rai and Yadav, 2005). با توجه به تداخل نسل‌ها، اغلب هر چهار مرحله بیولوژیکی آفت (تخم، لارو، شفیره و حشره کامل) به طور همزمان در مزرعه مشاهده می‌شود، لذا کنترل آن بسیار مشکل است و اگر اقدامات اساسی در زمان مناسب انجام نگیرد خسارت جبران‌ناپذیری به محصول وارد می‌شود (Ragsdale and Radcliffe, 1999).

به دلیل اهمیت اقتصادی این آفت، تحقیقات وسیعی در سراسر جهان جهت کنترل آن صورت گرفته است.

علیرغم اثرات نامطلوب استفاده از آفت‌کش‌ها، کنترل شیمیایی اصلی‌ترین روش کنترل این آفت است (Ferro and Boiteau, 1993)، ولی با این حال این آفت به تمامی حشره‌کش‌هایی که برای کنترل آن بکار می‌رود مقاومت نشان داده است (Bishop and Grafius, 1996)، به این علت و به دلیل اثرات سوء سموم برای سلامتی بشر و آلودگی‌های زیست‌محیطی، بقایای غیر قابل تجزیه مواد شیمیایی در محیط، ظهور آفات درجه دوم به صورت آفات اصلی و درجه یک، انهدام دشمنان طبیعی آفات، حشرات مفید و موجودات غیر هدف و بالاخره سرطان‌زا بودن تعدادی از سموم، توجه به روش‌های جایگزین برای مدیریت مؤثر این آفت مهم، ضروری به نظر می‌رسد (Martel et al. 2007) و تلفیق روش‌های سازگار برای مدیریت این آفت مفیدتر از به‌کارگیری یک روش به تنهایی است.

استفاده از ارقام مقاوم بخش مهمی از سیستم IPM سوسک کلرادوی سیب‌زمینی محسوب می‌شود که نه تنها باعث کاهش مصرف سموم می‌گردد (Tingey and Yencho, 1994) که کارایی روش‌های بیولوژیکی و فیزیکی را نیز افزایش می‌دهد (Pelletier et al. 2001).

کاربرد گیاهان مقاوم مزایای اقتصادی فراوانی دارد هر چند برآورد جامعی از مزایای اقتصادی واریته‌های مقاوم به حشرات صورت نگرفته است (Smith, 1989). با تلفیق کنترل شیمیایی و واریته‌های مقاوم کارایی کنترل شیمیایی افزایش یافته و کاهش غلظت حشره‌کش‌ها موجب کاهش مصرف سموم در محیط زیست می‌شود (Smith, 2005). مقاومت گیاهان به بندپایان عبارت است از کیفیت‌های وراثتی گیاه که موجب می‌شود تا گیاهی از یک واریته یا گونه در مقایسه با گیاه حساس که فاقد این کیفیت‌های ارثی می‌باشد از حمله آفت خسارت کمتری ببیند (Painter, 1951; Snelling, 1941) و معمولاً جنبه نسبی دارد (Smith, 2005).

در منابع مربوط به مقاومت گیاهان به حشرات سه مکانیسم کیفی مقاومت گیاهان به حشرات به طور جداگانه

آنتی‌بیوزی در واریته‌های متحمل دیده نمی‌شود (Smith, 2005). در زمینه مقاومت ارقام مختلف سیب‌زمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی تحقیقات متعددی صورت گرفته است (Tingey, 1981; Scurrah and Raman, 1984; Dimock and Tingey, 1985; Tarn, 1987; Flanders *et al.* 1992; Tingey and Yenko, 1994; Pelletier *et al.* 1995; Horton *et al.* 1997; Pelletier and Tai, 2001; Pelletier *et al.* 2001; Karroubizadeh *et al.* 2002; Yaser and Gungor, 2005; Cooper *et al.* 2007; Lytinen *et al.* 2007; Ghassemi-kahrizeh *et al.* 2010).

بیشتر تحقیقات در زمینه آنتی‌بیوز و آنتی‌بیوز انجام شده و در زمینه تحمل تحقیقات بسیار محدودی صورت گرفته است. تحمل در محصولاتمانند ذرت (Anglade *et al.* 1996; Kumar and Mihn, 1995)، ذرت خوشه‌ای (Van den Berg *et al.* 1994)، برنج (Nguessan *et al.* 1994)، تورف‌گرس (Crutchfield and Potter, 1995)، کاساوا (Leru and Tertuliano, 1993) و محصولات روغنی (Brandt and Lamb, 1994) بررسی شده است. تحمل به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در ۲۰ رقم زراعی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای بررسی شده است (Karroubizadeh *et al.* 2002) و وجود اختلاف در کاهش عملکرد بین بوته‌های آلوده و غیرآلوده و میزان خسارت، نشانگر وجود تفاوت در تحمل ارقام زراعی مورد بررسی در برابر خسارت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بوده است.

این پژوهش به منظور بررسی میزان تحمل ارقام زراعی سیب‌زمینی نسبت به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی صورت گرفته تا در صورت مشاهده تفاوت معنی‌دار در تحمل ارقام، به منظور کنترل بهتر آفت نسبت به ترویج و توسعه کشت آنها اقدام شده و با تلفیق ارقام متحمل با سایر روش‌ها به ویژه کنترل بیولوژیک و حتی کنترل شیمیایی، میزان مصرف سموم آفت‌کش نیز به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد.

روش بررسی

موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی محل اجرای

مورد بررسی قرار گرفته است (Painter, 1951; Muller, 1959; Van der Plank, 1968). این مکانیسم‌ها نخستین بار توسط Painter (1951) تعریف شده‌اند. بنا به عقیده Painter اثرات مقاومت گیاهان روی حشرات می‌تواند به صورت آنتی‌بیوز، عدم رجحان و تحمل ظاهر شود. بعدها واژه آنتی‌بیوز جایگزین واژه عدم رجحان گردید. این واژه‌ها به منظور توجیه تئوری مقاومت مورد قبول واقع شده‌اند ولی از نظر بیولوژیکی همیشه قابل تفکیک نمی‌باشند (Dent, 2000).

گیاهان ممکن است با دارا بودن قدرت تحمل و یا توانایی ترمیم خسارت وارد شده بر آنها توسط جمعیت‌هایی برابر با جمعیت‌های موجود در روی گیاهان حساس نسبت به خسارت حشرات مقاومت داشته باشند این نوع مقاومت را اصطلاحاً تحمل می‌گویند. تحمل یک پدیده ذاتی و ژنتیکی است که گیاه را قادر می‌سازد علیرغم حضور و خسارت حشره آفت همچنان به رشد طبیعی خود ادامه داده و پس از انهدام و یا حذف بافت‌های آسیب دیده بتواند با رشد مجدد خود خسارت وارد شده را ترمیم نماید. از نقطه نظر زراعی عملکرد یک واریته متحمل به مراتب بیشتر از عملکرد واریته‌های غیر متحمل و حساس می‌باشد. بر خلاف آنتی‌بیوز و آنتی‌بیوز، در مکانیسم تحمل اثر متقابل گیاه و حشره نقش نداشته و تحمل فقط به ویژگی‌های گیاه مربوط می‌باشد. البته تحمل اغلب با آنتی‌بیوز و آنتی‌بیوز توأم است (Smith, 2005).

تحمل در واریته‌های زراعی چندین مزیت دارد. جمعیت حشره روی واریته‌های متحمل در مقایسه با واریته‌های دارای آنتی‌بیوز و آنتی‌بیوز کاهش نمی‌یابد. فشار انتخابی واریته متحمل روی جمعیت حشرات کمتر بوده و یا وجود ندارد، لذا امکان به‌گزین شدن بیوتیپ‌های مقاومت‌شکن حشره به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. واریته‌های متحمل معمولاً باعث افزایش کارایی عوامل کنترل بیولوژیکی مفید می‌شود، زیرا اثرات نامطلوب مربوط به عوامل مورفولوژیکی و آلوشیمی‌های موجود در واریته‌های با مقاومت آنتی‌بیوزی و

اتفاق می‌افتد. میزان بارندگی، دما و رطوبت نسبی منطقه طی دوره رویشی گیاه سیب‌زمینی در دو سال آزمایشی در جدول یک ارائه شده است.

ارقام مورد بررسی: در این تحقیق، ۳۳ رقم از ارقام زراعی سیب‌زمینی (جدول ۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌های بذور (غده‌ها) از مرکز تحقیقات کشاورزی استان اردبیل با همکاری و هماهنگی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور تهیه گردید.

آزمایش: این تحقیق طی دو سال زراعی ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ در شرق شهرستان نقده (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) واقع در استان آذربایجان غربی به اجرا در آمد. میزان بارندگی منطقه بر اساس میانگین درازمدت ۲۵ ساله از سال ۱۳۵۴ تا سال ۱۳۷۸، ۳۳۳/۶ میلی‌متر بود که کمترین بارندگی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور و بیشترین بارندگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت

جدول ۱- میزان بارندگی، دما و رطوبت نسبی نقده در دو سال آزمایش

Table 1. Rainfall, temperature and relative humidity during two years of research in Naghadeh

Indices	Year	March	May	June	July	August	September	October
Rainfall (mm)	2007	79.6	47.30	1.50	0.10	0.40	21.10	0.0
	2008	0.6	8	1.40	0.0	0.0	21.80	20.60
Average temperature (%)	2007	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
	2008	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
Relative humidity (%)	2007	60	60	60	60	60	60	60
	2008	61	61	61	61	61	61	61

جدول ۲- اسامی ارقام مختلف سیب‌زمینی به کار رفته در تحقیق

Table 2. List of the different potato cultivars used in this study

Number	Name	Number	Name	Number	Name
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
5	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

انجام گرفت. آزمایش‌های سال اول در یک مزرعه و آزمایش‌های سال دوم در یک مزرعه دیگر و با فاصله تقریبی ۵۰۰ متری از مزرعه قبلی انجام گرفت. کوددهی بر اساس آزمون خاک انجام گرفت. کودهای سولفات آمونیوم و فسفات آمونیوم قبل از کاشت و کود ازته اوره در دو نوبت در هنگام عملیات خاک دادن پای بوته‌ها مصرف شدند. در هر سال از

آماده‌سازی زمین: زمین مورد آزمایش به مساحت ۳۰۰۰ متر مربع در اوایل پائیز سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ با گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق زده شد. برای از بین بردن کلوخه‌های موجود و مسطح نمودن زمین عملیات دیسک زدن و لولرکشی به صورت عمود بر هم اجرا گردید تا زمین آزمایشی در حد امکان مسطح و عاری از کلوخ گردد. آزمایش طی دو سال

دوپنجم، سه پنجم، چهار پنجم و کامل بود به ترتیب شاخص برگ‌خوردگی ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد منظور گردید و میزان برگ‌خوردگی یک بوته از میانگین شاخص‌های برگ‌خوردگی پنج برگ فوق‌الذکر به دست آمد این کار در هر دو بوته انتخابی انجام و میانگین برگ‌خوردگی دو بوته به عنوان میزان برگ‌خوردگی یک کرت (جوی و پشته) منظور گردید. این کار در تمامی کرت‌های قطعه آلوده انجام گرفت.

پس از خاتمه‌ی رشد محصول و برداشت تمام غده‌های یک کرت، عملکرد محصول در هر قطعه و کرت اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد کاهش عملکرد در هر رقم از فرمول زیر (Smith, 1989) استفاده شد:

$100 \times [\text{عملکرد شاهد} / (\text{عملکرد تیمار} - \text{عملکرد شاهد})] = \text{درصد کاهش عملکرد}$

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نرمال بودن آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و تبدیل داده‌های مربوط به درصد برگ‌خوردگی و درصد کاهش عملکرد با \sqrt{x} انجام گرفت. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با رویه GLM و با استفاده از نرم‌افزار (SAS Institute Inc, 2003) انجام گرفت و میانگین‌ها نیز با روش Tukey's HSD مقایسه شدند.

تجزیه خوشه‌ای با توجه به میزان خسارت آفت به شاخه و برگ و میزان کاهش عملکرد ارقام به روش UPGMA و بر اساس ضریب تشابه فاصله اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار MINITAB15 انجام گرفت. بین کاهش عملکرد و میزان برگ‌خوردگی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ ضریب همبستگی پیرسون بوسیله نرم‌افزار SPSS تعیین گردید.

نتیجه و بحث

در تحقیق حاضر شاخص تحمل در شرایط مزرعه‌ای در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. آلودگی مزرعه با رهاسازی مصنوعی صورت گرفت یعنی لاروهای آفت در یک محیط ایزوله و ادار به تغذیه از ارقام مختلف

کودهای مایع ریز مغذی به صورت اسپری پاشی دو ماه بعد از کاشت و به میزان ۵ لیتر در هکتار استفاده گردید.

بررسی مکانیسم تحمل: به منظور بررسی تحمل ارقام

مورد ارزیابی، آزمایشی در شرایط مزرعه‌ای انجام گرفت. این آزمایش شامل دو قطعه آلوده و غیرآلوده بود. هر قطعه شامل ۳ بلوک (تکرار) و هر بلوک دارای ۳۳ رقم بود. هر بلوک دارای ۳۳ جوی پشته به طول ۳ متر بوده و پهنای پشته‌ها در قاعده ۵۰ و در رأس ۳۰ سانتی‌متر بود. فاصله رأس پشته‌های مجاور از یکدیگر ۱۰۰ سانتی‌متر بود. در هر پشته یک تیمار کاشته شد. فاصله بوته‌ها روی پشته‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه هر ۱۰ روز یک مرتبه و وجین علفهای هرز و خاک دادن پای بوته‌ها به صورت دستی هر کدام دو مرتبه در طول فصل زراعی انجام گرفت. در قطعه آلوده در حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه به آفت یعنی تقریباً ۱۵ روز قبل از گلدهی (Boiteau et al. 1999; Ferro et al. 1983; Ragsdale and Radcliffe, 1999) روی هر بوته ۴۰ عدد لارو متوسط (سن دوم و اوایل سن سوم) که از مزارع مجاور جمع‌آوری شده بودند رهاسازی گردید. برای جلوگیری از حرکت و فرار لاروهای هر جوی پشته به جوی پشته‌های مجاور، بعد از رهاسازی، پشته‌ها با یک پارچه توری سفید رنگ از یکدیگر جدا گردید. قطعه دوم به عنوان شاهد مستقر گردید ولی در این قطعه هیچ نوع رهاسازی انجام نشد و در صورت مشاهده آفت با سم تیودان به میزان ۲ لیتر در هکتار کنترل شد.

برای تعیین میزان برگ‌خوردگی، دو هفته پس از رهاسازی لاروها در قطعه آلوده در هر جوی و پشته (کرت) دو بوته کناری از هر طرف حذف و از شش بوته باقی‌مانده در وسط، دو بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید. در هر بوته انتخاب شده پنج برگ شامل برگ‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم از بالا انتخاب و میزان برگ‌خوردگی هر یک از آن‌ها به صورت مشاهده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورتی که میزان برگ‌خوردگی در هر برگ یک پنجم،

گرفته است. همچنین در مورد تمام صفات مورد بررسی اختلاف بین ارقام معنی‌دار ($P < 0/01$) بوده است. در مورد خسارت وارده به برگ، اثر متقابل سال \times رقم در سطح احتمال ۵ درصد و در مورد سایر صفات اثر متقابل سال \times رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. که با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت دو سال اجرای آزمایش (جدول ۱) و نیز متفاوت بودن محل اجرای آزمایش‌ها این مسئله قابل توجه می‌باشد.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم \times سال در مورد تمام صفات مورد بررسی، مقایسه میانگین‌ها بین ارقام مورد ارزیابی در سال‌های مختلف به طور جداگانه و با استفاده از آزمون Tukey's HSD انجام گرفت (جدول‌های ۴ و ۵).

شدند. لذا نتایج بصورت تجزیه مرکب مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های صفات مورد مطالعه در مزرعه در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ جهت بررسی مکانیسم تحمل (جدول ۳) نشان داد که در مورد تمامی صفات مورد بررسی به جز میزان خسارت وارده به برگ (میزان برگ خوردگی) بین سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) وجود داشت. این تفاوت‌ها با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی دو سال (جدول ۱) و نیز متفاوت بودن دو مزرعه انجام طرح، قابل توجه می‌باشد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین بلوک‌ها از نظر کاهش عملکرد نشان می‌دهد که عملیات ایزوله کردن بوته‌ها به درستی و با موفقیت انجام

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در شاخص تحمل در شرایط آلودگی مصنوعی طی سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ در شرایط مزرعه‌ای

Table 3. Combind analysis of variance of the studied traits in field in the tolerance test under artificial infestation during 2007-2008

Source of Variance	Degree of Freedom	Mean Squares			
		Consumed leaves	Yield of Control	Yield of Treated Plot	Yield Loss
Year	1	0.0433 ^{ns}	542861 ^{**}	3528704 ^{**}	0.2488 [*]
Block (Year)	4	0.0178	5632.546	20895	0.0284
Cultivar	32	0.1500 ^{**}	226663 ^{**}	183809 ^{**}	0.0775 ^{**}
cultivar \times Year	32	0.0392 [*]	88183 ^{**}	45725 ^{**}	0.0232 ^{**}
Error	128	0.02459	14760	7022.612	0.0116
C.V.		16.68%	14.26%	14.57%	17.92%

ns, * and ** are non significant and significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

تیمار شده با آفت نیز بیشترین عملکرد به ارقام "ساتینا"، "بلوگا" و "آگریا" به ترتیب با میانگین $32/80 \pm 1222/89$ ، $40/40 \pm 650/28$ و $24 \pm 813/42$ گرم بر بوته مربوط بوده است. در مورد صفت کاهش عملکرد، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام "ساتینا"، "کاردینال"، "سانتانا" و "بریجت" به ترتیب با میانگین $2/29 \pm 14/39$ ، $2/07 \pm 16/18$ ، $2/01 \pm 16/81$ و $2/87 \pm 18/33$ درصد کمترین میزان کاهش عملکرد را نسبت به شرایط غیرآلوده نشان داده‌اند و بیشترین میزان کاهش عملکرد در این شرایط به رقم "لیکاریا" با میانگین $60 \pm 4/43$ درصد مربوط بوده است.

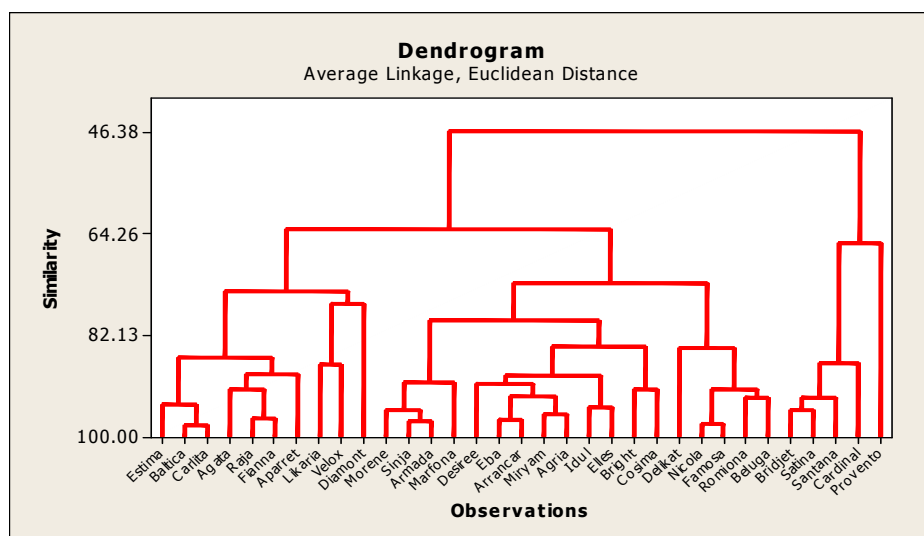
کمترین میزان برگ‌خوردگی در سال ۱۳۸۷ بر روی ارقام

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۶ (جدول ۴) نشان داد که کمترین میزان خسارت وارد شده به برگ‌ها روی ارقام "ساتینا"، "بریجت" و "سانتانا" به ترتیب با میانگین $3/33 \pm 3/33$ ، $3/33 \pm 3/33$ و $6/67 \pm 36/67$ درصد و بیشترین میزان آن در ارقام "آپارت"، "فیانا" و "استیما" به ترتیب با میانگین $90 \pm 5/77$ ، $90 \pm 5/77$ و $12/02 \pm 86/67$ درصد اتفاق افتاده است. در همین سال در شرایط عدم آلودگی (کنترل آفت) "ساتینا"، "بلوگا" و "آگریا" به ترتیب با میانگین‌های $59/02 \pm 1428/47$ ، $110/39 \pm 110/39$ و $989/22 \pm 75/13$ گرم بر بوته بیشترین عملکرد مزرعه‌ای را نشان داده‌اند. در مورد ارقام

میانگین‌های صفات مربوط به شاخص تحمل در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ نشان داد که در هر دو سال کمترین میزان برگ‌خوردگی در روی ارقام "ساتینا"، "سانتانا" و "بریجت" اتفاق افتاده است. همچنین ارقام "ساتینا" و "مارفونا" عملکرد مزرعه‌ای بیشتری را نسبت به بقیه ارقام مورد ارزیابی داشته و کمترین میزان کاهش عملکرد نیز در این دو رقم و رقم "بریجت" مشاهده گردیده است.

نتایج این مطالعه در مورد میزان کاهش عملکرد برخی از ارقام با نتایج حاصل از تحقیق (Karroubizadeh et al., 2002) 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 پنج رقم مورد بررسی در این تحقیق ("ایدول"، "دزیره"، "کاردینال"، "مارفونا" و "کارلیتا") را مورد ارزیابی قرار دادند. در مورد بیشتر ارقام مورد بررسی تحقیق مشابهی صورت نگرفته است و مقایسه نتایج ممکن نمی‌باشد. به طور کلی تحقیقات انجام گرفته در مورد تحمل ارقام نسبت به خسارت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی اندک است.

"مارفونا"، "سانتانا"، "بریجت"، "پروونتو"، "آرمادا" و "ساتینا" به ترتیب با میانگین‌های $۴۰ \pm ۵/۷۷$ ، $۴۰ \pm ۵/۷۷$ ، $۴۳/۳۴ \pm ۸/۸۲$ و $۴۳/۳۴ \pm ۸/۸۲$ درصد و بیشترین میزان آن در ارقام "کارلیتا" و "استیما" به ترتیب با میانگین‌های $۸۶/۶۷ \pm ۸/۸۲$ و $۸۶/۶۷ \pm ۶/۶۷$ درصد مشاهده گردیده است (جدول ۵). مقایسه میانگین ارقام در شرایط عدم آلودگی در سال ۱۳۸۷ نشان داد که ارقام "ساتینا"، "بالتیکا" و "کوزیما" به ترتیب با میانگین‌های $۱۴۷۶/۶۷ \pm ۹۵/۱۰$ ، $۱۴۷۷/۶۷ \pm ۹۲/۴۸$ گرم غده بر بوته بیشترین عملکرد مزرعه‌ای را داشتند و در مورد ارقام تیمار شده با آفت نیز بیشترین عملکرد به ارقام "ساتینا"، "فاموسا" و "بالتیکا" به ترتیب با میانگین $۱۲۳۹ \pm ۵۹/۷۵$ ، $۱۲۳۹ \pm ۵۹/۷۵$ و $۹۹۷/۶۷ \pm ۴۶/۱۴$ گرم غده بر بوته مربوط بوده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام "سانتانا"، "ساتینا"، "نیکولا" و "بریجت" به ترتیب با میانگین $۷/۹۸ \pm ۳/۴۱$ ، $۷/۹۸ \pm ۳/۴۱$ ، $۱۶/۱۵ \pm ۴/۰۴$ و $۱۶/۲۶ \pm ۷/۹۳$ درصد کمترین میزان کاهش عملکرد را نسبت به شرایط غیرآلوده نشان داده‌اند و بیشترین درصد کاهش عملکرد در این شرایط مربوط به رقم "کارلیتا" با میانگین $۵۲/۳۹ \pm ۸/۷۴$ درصد بوده است. توجه به مقایسه



شکل ۱- دندروگرام تحمل ۳۳ رقم سیب‌زمینی به سوسک کلرادوی سیب‌زمینی
 Fig. 1. Dendrogram for tolerance to the Colorado potato beetle in 33 potato cultivars

جدول ۴- مقایسه میانگین (± خطای معیار) صفات مورد ارزیابی در آزمایش تحمل در شرایط رهاسازی مصنوعی در مزرعه در سال ۱۳۸۶

Table 4. Mean (± SE) comparison of the studied traits in tolerance test under artificial infestation in field in 2007

Cultivar	SE ± Mean			
	Consumed Leaves (%)	Yield of Control (g/p)	Yield of Treated Plot (g/p)	Yield Loss (%)
Estima	86.67 ± 12.02 c-e*	534.91 ± 78.86 f-h	267.27 ± 34.74 f	50.86 ± 6.39 e-h
Morene	56.67 ± 12.02 a-e	650.67 ± 76.77 c-h	424.87 ± 18.73 c-f	34.70 ± 2.88 a-h
Bridjet	36.67 ± 3.33 a	519.31 ± 19.77 f-h	424.11 ± 14.92 c-f	18.33 ± 2.87 a-c
Delikat	50.00 ± 5.77 a-d	522.14 ± 35.23 f-h	380.56 ± 30.99 c-f	27.11 ± 5.93 a-e
Likaria	86.67 ± 3.33 de	688.31 ± 37.97 c-h	275.31 ± 30.50 f	60.00 ± 4.43 h
Provento	40.00 ± 5.77 ab	617.28 ± 42.46 c-h	422.06 ± 15.09 c-f	31.62 ± 2.59 a-g
Desiree	63.33 ± 3.33 a-e	642.31 ± 33.36 c-h	351.95 ± 30.43 d-f	45.21 ± 4.73 d-h
Agata	80.00 ± 5.77 b-e	655.36 ± 42.94 c-h	380.97 ± 35.23 c-f	41.87 ± 5.37 c-h
Nicola	70.00 ± 5.77 a-e	803.29 ± 67.79 c-h	580.31 ± 26.19 b-d	27.76 ± 3.26 a-e
Eba	63.33 ± 6.67 a-e	640.43 ± 29.44 c-h	400.25 ± 22.04 c-f	37.50 ± 3.44 a-h
Diamont	73.33 ± 3.33 a-e	585.31 ± 67.12 d-h	249.00 ± 26.30 f	57.47 ± 4.49 gh
Raja	73.33 ± 3.33 a-e	635.31 ± 41.88 c-h	385.31 ± 35.64 c-f	39.35 ± 5.61 b-h
Santana	36.67 ± 6.67 a	433.31 ± 39.64 gh	360.45 ± 10.87 d-f	16.81 ± 2.51 a-c
Romina	63.33 ± 8.82 a-e	531.86 ± 48.21 f-h	366.00 ± 42.84 d-f	31.18 ± 8.05 a-g
Velox	80.00 ± 10.17 b-e	563.47 ± 37.26 e-h	249.83 ± 34.77 f	55.66 ± 6.17 f-h
Aparret	90.00 ± 5.77 e	551.61 ± 37.99 e-h	286.42 ± 24.47 f	48.10 ± 4.41 d-h
Bright	70.00 ± 5.77 a-e	387.61 ± 37.64 h	256.56 ± 15.88 f	33.81 ± 4.10 a-h
Idul	66.67 ± 3.33 a-e	950.28 ± 49.72 b-e	562.45 ± 40.90 b-e	40.81 ± 4.30 b-h
Sinja	56.67 ± 6.67 a-e	391.20 ± 39.25 h	300.53 ± 26.39 ef	23.18 ± 6.75 a-d
Baltica	86.67 ± 3.33 de	506.31 ± 28.58 f-h	244.67 ± 29.96 f	51.67 ± 5.92 e-h
Cosima	60.00 ± 5.77 a-e	750.45 ± 58.45 b-h	476.39 ± 34.67 c-f	37.24 ± 5.23 a-h
Fianna	90.00 ± 5.77 e	855.36 ± 69.72 b-f	401.14 ± 45.33 c-f	53.10 ± 5.30 e-h
Famosa	73.33 ± 12.02 a-e	665.39 ± 45.39 c-h	515.45 ± 37.63 c-f	22.53 ± 5.65 a-d
Armada	66.67 ± 3.33 a-e	834.47 ± 49.43 b-f	562.61 ± 40.89 b-e	32.58 ± 4.90 a-h
Arrancar	60.00 ± 5.77 a-e	692.78 ± 49.24 c-h	500.47 ± 29.94 c-f	28.07 ± 4.30 a-e
Carlita	70.00 ± 5.77 a-e	580.47 ± 48.49 d-h	370.42 ± 29.16 d-f	36.20 ± 5.03 a-h
Elles	70.00 ± 5.77 a-e	800.56 ± 75.95 b-g	489.47 ± 32.66 c-f	38.86 ± 4.08 b-h
Miryam	66.67 ± 3.33 a-e	615.45 ± 50.86 c-h	343.47 ± 38.47 d-f	44.19 ± 6.25 d-h
Cardinal	43.33 ± 3.33 a-c	487.45 ± 28.17 f-h	408.58 ± 10.08 c-f	16.18 ± 2.07 ab
Beluga	73.33 ± 6.67 a-e	1150.39 ± 101.95 ab	813.42 ± 40.40 b	29.29 ± 3.51 a-f
Marfona	60.00 ± 5.77 a-e	974.56 ± 32.99 b-d	648.39 ± 50.70 bc	33.47 ± 5.13 a-h
Satina	33.33 ± 3.33 a	1428.47 ± 59.02 a	1222.89 ± 32.80 a	14.39 ± 2.29 a
Agria	53.33 ± 6.67 a-d	989.22 ± 75.13 bc	650.28 ± 24.00 bc	34.26 ± 2.42 a-h

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

جدول ۵- مقایسه میانگین (± خطای معیار) صفات مورد ارزیابی در آزمایش تحمل در شرایط رهاسازی مصنوعی در مزرعه در سال ۱۳۸۷

Table 5. Mean (± SE) comparison of the studied traits in tolerance test under artificial conditions in field in 2008

Cultivar	SE ± Mean			
	Consumed Leaves (%)	Yield of Control (g/p)	Yield of Treated Plot (g/p)	Yield Loss (%)
Estima	86.67 ± 6.67 b*	755 ± 46.29 g-j	476.67 ± 49.76 j-l	36.86 ± 6.59 a-d
Morene	53.34 ± 8.82 ab	1006.34 ± 57.48 b-j	786.67 ± 42.86 b-i	21.82 ± 4.26 a-d
Bridjet	43.34 ± 8.82 a	845 ± 84.59 d-j	702.34 ± 34.11 c-k	16.88 ± 4.04 a-d
Delikat	76.67 ± 8.82 ab	710.34 ± 66.89 h-j	559 ± 59.97 g-l	21.30 ± 8.44 a-d
Likaria	76.67 ± 12.02 ab	1072.34 ± 90.27 b-h	531.67 ± 118.88 h-l	50.42 ± 11.09 cd
Provento	43.34 ± 8.82 a	1019.34 ± 72.81 b-i	582 ± 77.52 f-l	42.90 ± 7.60 b-d
Desiree	50 ± 5.77 ab	1276 ± 144.84 a-c	789.34 ± 32.67 b-i	38.14 ± 2.56 abcd
Agata	70 ± 5.77 ab	1243.34 ± 112.58 a-d	943.67 ± 85.19 b-d	24.09 ± 6.86 a-d
Nicola	76.67 ± 6.67 ab	877.34 ± 55.38 c-j	734.67 ± 69.60 b-j	16.26 ± 7.93 a-c
Eba	60 ± 5.77 ab	1159.34 ± 75.75 a-f	744 ± 40.92 b-j	35.82 ± 3.53 a-d
Diamont	56.67 ± 6.67 ab	790.67 ± 52.05 f-j	480.34 ± 25.98 j-l	39.25 ± 3.29 b-d
Raja	83.34 ± 6.67 ab	722 ± 68.07 h-j	491 ± 49.57 j-l	31.99 ± 6.86 a-d
Santana	40 ± 5.77 a	630.34 ± 57.54 ij	567.67 ± 33.64 f-l	7.98 ± 3.41 a
Romina	83.34 ± 8.82 bc	612.34 ± 53.19 j	431.34 ± 62.31 kl	25.49 ± 9.59 a-d
Velox	70 ± 5.77 ab	1265.34 ± 103.99 a-c	668 ± 46.76 d-l	47.20 ± 3.70 b-d
Aparret	67.67 ± 3.33 ab	715.67 ± 56.12 h-j	515.34 ± 51.03 i-l	26.83 ± 7.06 a-d
Bright	63.34 ± 8.82 ab	886.67 ± 65.00 c-j	499.67 ± 47.75 j-l	43.64 ± 5.39 b-d
Idul	53.34 ± 8.82 ab	1140.67 ± 93.65 a-g	842.34 ± 92.44 b-f	26.15 ± 8.11 a-d
Sinja	53.34 ± 8.82 ab	1087 ± 58.02 a-h	803.67 ± 79.55 b-h	26.06 ± 7.32 a-d
Baltica	70 ± 5.77 ab	1476.67 ± 95.10 a	967.34 ± 74.93 a-c	34.49 ± 5.07 a-d
Cosima	76.67 ± 6.67 ab	1371.34 ± 122.66 ab	948.67 ± 74.54 bc	30.82 ± 5.43 a-d
Fianna	66.67 ± 8.82 ab	1029 ± 122.40 b-i	802.33 ± 89.91 b-h	22.02 ± 8.74 a-d
Famosa	73.34 ± 8.82 ab	1316.34 ± 124.19 ab	997.67 ± 46.14 ab	24.20 ± 4.30 a-d
Armada	43.34 ± 8.82 a	1095 ± 54.84 a-h	875.34 ± 66.11 b-e	20.06 ± 6.04 a-d
Arrancar	60 ± 5.77 ab	1134.34 ± 117.59 a-g	611.67 ± 53.87 e-l	46.08 ± 4.75 b-d
Carlita	86.67 ± 8.82 b	892.67 ± 104.75 c-j	425 ± 78.03 l	52.39 ± 8.74 d
Elles	50 ± 5.77 ab	1063.34 ± 90.96 b-h	830.67 ± 78.40 b-g	21.88 ± 7.37 a-d
Miryam	46.67 ± 6.67 ab	838 ± 65.89 e-j	609 ± 43.16 e-l	27.33 ± 5.15 a-d
Cardinal	43.34 ± 8.82 a	911.67 ± 45.91 c-j	666 ± 33.51 e-l	26.84 ± 3.57 a-d
Beluga	66.67 ± 8.82 ab	1216.67 ± 31.99 a-e	946 ± 51.05 bc	22.25 ± 4.20 a-d
Marfona	40 ± 5.77 a	1073.34 ± 40.19 b-h	814.34 ± 58.27 b-g	24.13 ± 5.43 a-d
Satina	43.34 ± 8.82 a	1477.67 ± 92.48 a	1239 ± 59.75 a	16.15 ± 4.04 a-c
Agria	60 ± 5.77 ab	861.67 ± 40.73 d-j	500.34 ± 45.24 j-l	41.93 ± 5.25 b-d

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

می‌باشد. در گروه سوم نیز ارقام "دیامانت"، "ولوکس"، "لیکاریا"، "آپارت"، "فیانا"، "راجا"، "آگاتا"، "کارلیتا"، "بالتیکا" و "استیما" قرار گرفتند.

تجزیه ضریب همبستگی (جدول ۶) نشان داد که در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ همبستگی مثبت معنی‌دار بین کاهش عملکرد و برگ‌خوردگی مشاهده گردید (به ترتیب $P < 0.001$, $r = 0.797$ و $P < 0.01$, $r = 0.514$). لذا در بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای با تعیین میزان برگ‌خوردگی می‌توان میزان تحمل ارقام را نسبت به خسارت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای پیش‌بینی نمود.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان دریافت که: وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در کاهش عملکرد در شرایط مزرعه‌ای نشانگر وجود اختلاف در میزان تحمل ارقام مورد بررسی نسبت به خسارت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی می‌باشد، به طوری که بر اساس نتایج به دست آمده در طول دو سال ارقام "بریجت"، "ساتینا"، "سانتانا" و "کاردینال" بیشترین میزان تحمل را در برابر خسارت آفت از خود نشان دادند. همچنین رابطه مستقیمی بین میزان برگ‌خوردگی ارقام در شرایط مزرعه‌ای و کاهش عملکرد وجود دارد.

References

- ANGLADE, P., B. GOUESNARD, A. BOYAT and A. PANOUILLE, 1996. Effects of multitrait recurrent selection for European corn borer tolerance and for agronomic traits in FS12 maize synthetic, *Maydica*, 41: 97-104.
- BISHOP, B. A. and E. J. GRAFIUS, 1996. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. In: Jolivet, P. H. A. and Cox, M. L. (Editors), *Chrysomelidae biology*, Amsterdam, Netherlands: SPB Academic Publishing, 355-377.
- BOITEAU, G., J. PIERRE and R. L. BLANC, 1999. Colorado potato beetle life stages. <http://res.2.agr.ca/fredriction/home/texts/staff/studies/3500/cpb.htm>.

جدول ۶- ضریب همبستگی بین صفات کاهش عملکرد محصول و برگ‌خوردگی در دو سال آزمایشی

Table 6. The correlation coefficients between yield loss and consumed leaves during 2007 and 2008

Correlation	Consumed Leaves	
	2007	2008
Yield Loss	0.797**	0.514**

** is significant at 0.01 level.

نکته قابل توجه وجود رابطه مستقیم بین میزان برگ‌خوردگی ارقام و میزان کاهش عملکرد آن‌ها می‌باشد به طوری که در ارقامی که برگ‌خوردگی کمتر بود میزان کاهش عملکرد نیز در مقایسه با سایر ارقام پایین بود و آن‌ها توانستند خسارت آفت را بهتر تحمل نمایند. این مسئله در مورد اغلب ارقام مورد بررسی صدق می‌کند و می‌تواند نشانگر این مسئله باشد که تحمل اغلب توأم با آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز بوده است (Smith, 2005).

بعضی ارقام در دو سال بررسی، میزان کاهش عملکرد متفاوتی در شرایط وجود آفت نسبت به شرایط عاری از آفت از خود نشان دادند که این مسئله معنی‌دار بودن اثر متقابل سال \times رقم را توجیه می‌نماید و ناشی از متفاوت بودن مزارع آزمایش در دو سال و شرایط اقلیمی متفاوت حاکم بر دو سال آزمایش (جدول ۱) می‌باشد.

بر اساس دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای (شکل ۱) با توجه به دو صفت میزان برگ‌خوردگی و میزان کاهش عملکرد ارقام ناشی از خسارت آفت تحت شرایط «آلودگی مصنوعی»، ارقام در سه گروه کلی تقسیم شدند:

در گروه اول رقم "پروونتو" در یک زیر گروه قرار گرفت و زیر گروه دوم شامل ارقام "بریجت"، "ساتینا"، "سانتانا" و "کاردینال" بود که بیشترین میزان تحمل را در برابر خسارت آفت نسبت به بقیه ارقام از خود نشان دادند. گروه دوم شامل ارقام "بلوگا"، "رومینا"، "فاموسا"، "نیکولا"، "دلیکات"، "کوزیما"، "برایت"، "الس"، "ایدول"، "آگریا"، "میریام"، "آرانکار"، "ابا"، "دزیره"، "مارفونا"، "آرمادا"، "سینجا" و "مورن"

- BRANDT, R. N. and R. J. LAMB, 1994. Importance of tolerance and growth rate in the resistance of oilseed rapes and mustards to flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae), Canadian Journal of Plant Science, 74: 169-176.
- COOPER, S. G., D. S. DOUCHES, J. J. COOMBS and E. J. GRAFIUS, 2007. Evaluation of natural and engineered resistance mechanisms in potato against Colorado potato beetle in a no-choice field study, Journal of Economic Entomology, 100: 573-579.
- CRUTCHFIELD, B. A. and D. A. POTTER, 1995. Tolerance of cool-season turfgrasses to feeding by Japanese beetle and southern masked chafer (Coleoptera: Scarabaeidae) grubs. Journal of Economic Entomology, 88: 1380-1387.
- DENT, D. 2000. Insect pest management. (2th ed.). CABI Publishing, 410 pp.
- DIMOCK, M. B., S. L. LAPOINTE and W. M. TINGEY, 1986. *Solanum neocardenasi* a new source of potato resistance to the Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, 79: 1269-1275.
- FERRO, D. N. and G. BOITEAU, 1993. Management of insect pests. In: Rowe, R. C., Curwen, D., Loria, R., Ferro, D. N. and Secor, G. A. (Editors), Potato health management. APS Press, Potato Association of America, 103-116.
- FERRO, D. N., B. J. NORZUCH and D. MARGOLIES, 1983. Crop loss assessment of Colorado potato beetle on potatoes in western Massachusetts. Journal of Economic Entomology, 76: 349-356.
- FLANDERS, K. L., J. G. HAWKES, E. B. RADCLIFFE, and F. I. LAUER, 1992. Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical association. Euphytica, 61: 83-111.
- GHASSEMI-KAHRIZEH, A., G. NOURI-GANBALANI, N. SHAYESTEH and I. BERNOUSI, 2010. Antibiosis effects of 20 potato cultivars to the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col. Chrysomelidae). Journal of Food, Agriculture and Environment, 8 (3&4): 795-799.
- HORTON, D. N., R. L. CHAUVIN, T. HINOJOSA, D. LARSON, C. MURPHY and K. D. BIEVER, 1997. Mechanism of resistance to Colorado potato beetle in several potato lines and correlation with defoliation. Entomologia Experimentalis et Applicata, 82: 239-246.
- KARROUBIZADEH, S., G. NOURI-GANBALANI and M. VALIZADEH, 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)
- KUMAR, H. and J. A. MIHM, 1995. Antibiosis and tolerance to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella* Dyar and sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* Fabricius, in selected maize hybrids and varieties, Maydica. 40: 245-251.
- KUNG, K. J., M. MILNER, J. A. WYMAN, J. FELIDAN, and E. NORDHEIM, 1992. Survival of Colorado potato beetle (Col. Chrysomelidae) after exposure to subzero thermal shocks during diapause. Journal of Economic Entomology, 85 (5): 1695-1700.
- LERU, B. and M. TERTULIANO, 1993. Tolerance of different host-plants to the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera, Pseudococcidae). International journal of Pest Management, 39: 379-384.
- LOPEZ, R. and D. N. FERRO, 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 (4): 870-874.
- LYYTINEN, A., L. LINDSTROM, J. MAPPES, R. J. TIITTO, S. R. FASULATI and K. TIILIKHALA, 2007. Variability in host plant chemistry: behavioral responses and life – history parameters of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). Chemoecology, 17: 51-56.
- MARTAL, J. W., A. R. ALFORD and D. J. DICKENS, 2007. Evaluation of a novel host plant volatile – based attracticide for management of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Crop Protection, 26: 822-827.
- MC GAUGHEY, W. H. and D. E. JOHNSON, 1992. Indian meal moth resistance to different strains and mixtures of *Bacillus thuringiensis*. Journal of Economic Entomology, 85 (5): 1594-1600.

- MULLER, K. O. 1959. Hypersensitivity. In: Horsfall, J. G. and Dimond, A. E. (Editors), Plant pathology-an advanced treatise. Academic Press, New York, USA, 469-519.
- NGUESSAN, F. K., S. S. QUISENBERRY and T. P. CROUGHAN, 1994. Evaluation of rice anther culture lines for tolerance to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). Environmental Entomology, 23, 331-336.
- NOURI-GANBALANI, 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)
- PAITER, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. Mac Millan Publisher, New York, USA, 521 pp.
- PELLETIER, Y., C. CLARK and C. T. GEORGES, 2001. Resistance of three wild tuber-bearing potatoes to the Colorado potato beetle. Entomologia Experimentalis et Applicata, 100: 31-41.
- PELLETIER, Y. and D. MICHAUD, 1995. Insect pest control on potato: genetically-based control. In: Duchesne, R. M. and Boiteau, G. (Editors), Proceeding of the Symposium Potato Insect Pest Control, pp. 69-79.
- PELLETIER, Y. and J. DUTHEIL, 2006. Behavioral responses of the Colorado potato beetle to trichomes and leaf surface chemicals of *Solanum tarriense*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 120: 125-130.
- PELLETIER, Y. and G. C. C. TAI, 2001. Genotypic variability and mode of action of Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae) resistance in seven *Solanum* species. Journal of Economic Entomology, 94 (2): 572-578.
- RAGSDAL, D. and E. B. RADCLIFFE, 1999. Colorado potato beetle management. [http:// imp.world.umn.edu/aphidalert/CPB ~ DWR.htm](http://imp.world.umn.edu/aphidalert/CPB~DWR.htm).
- RAI, N. and D. S. YADAV, 2005. Advances in vegetable production. Research co Book Center, India, 995 pp.
- SAS INSTITUTE, 2003. SAS/Stat user's guide, version 8. SAS Institute Inc.
- SCURRAH, M. and K. V. RAMAN, 1984. Breeding and screening for resistance to major potato pests in International Potato Center (CIP). Report of the XXVII planning conference on integrated pest management. June 4-8, 1984, Lima, Peru. 103-114.
- SMITH, C. M. 1989. Plant Resistance to Insects – A Fundamental Approach. John Wiley, New York, 286 pp.
- SMITH, C. M. 2005. Plant resistance to arthropods. Springer Publishers, Netherlands, 423 pp.
- SNELLING, R. O. 1941. Resistance of plants to insect attacks. Biological Reviews, 7: 543-586.
- TANADA, Y. and H. K. KAYA, 1993. Insect pathology. Academic Press, California, 666 pp.
- TARN, T. R. 1987. The potential of plant resistance for insect control. In: Boiteau, G., Singh, R. P. and Parry, R. H. (Editors), Potato Pest Management in Canada. Proceeding of a Symposium on Improving Potato Pest Protection. Frederction, N. B. 224-234.
- THOMAS, G. and G. SONSONETTI, 2008. International year of the potato 2008. New light on a hidden treasure. An end-of-year Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom, Italy, 148 pp.
- TINGEY, W. M. 1981. Potential for plant resistance in management of arthropod pests. In: Lashomb, J. H. and Casagrande, R. (Editors), Advances in potato pest managemant. Hutchinson Ross Publisher Company, Strousburg, Pennsylvania. pp. 268-288.
- TINGEY, W. M. and G. C. YENCHO, 1994. Insect resistance in potato: a decade of progress. In: Zehnder, G.W., Powelson, M. L., Jansson, R. K. and Raman, K. V. (Editors), Advances in potato pest biology and management. APS, St. Paul, Minnesota. 405-425.
- VAN DER BERG, J. G., D. J. VAN RENSBURG and M. C. VAN DER WESTHUIZEN, 1994. Host-plant resistance and chemical control of *Chilo partellus* (Swinhoe) and *Busseola fusca* (Fuller) in an integrated pest management system on grain sorghum. Crop Protection, 13: 308-310.
- VAN DER PLANK, J. E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press, London, 206 pp.
- YASAR, B. and M. A. GUNGOR, 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 (4): 589-596.