

معرفی چند ژنوتیپ و رقم سیب‌زمینی مقاوم به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی PLRV

جعفر نیکان^۱✉ و رضا پوررحیم^۲

۱- استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، ایران؛ ۲- دانشیار موسسه تحقیقات

گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۶؛ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۷)

چکیده

بیماری برگ قاشقی سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین بیماری‌های ویروسی سیب‌زمینی است و مانند سایر ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی مؤثرترین روش مبارزه با آن استفاده از ارقام مقاوم است. در این تحقیق واکنش تعدادی رقم و ژرم‌پلاسما سیب‌زمینی در برابر آلودگی به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی (*Potato leafroll virus*= PLRV) در یک آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار ارزیابی شد. مایه‌زنی بوته‌های سیب‌زمینی با استفاده از شته سبز هلو حامل PLRV صورت گرفت. یک ماه پس از مایه‌زنی، بوته‌ها از نظر آلودگی به PLRV با استفاده از علائم ظاهر شده و آزمون الیزا بررسی شد. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی مورد بررسی از نظر میزان ابتلا به PLRV اختلاف معنی‌دار وجود دارد. ژرم‌پلاسما شماره ۸۰۳۹۷۰/۱۳ بدون هیچ‌گونه آلودگی به‌عنوان ژنوتیپ خیلی مقاوم به PLRV ارزیابی گردید. رقم سائنه مقاوم بود، رقم لیدی‌رزتا و ژنوتیپ شماره ۳۹۷۰۱۵/۳۱ نسبتاً مقاوم و رقم دیامانت نسبتاً حساس بود. مابقی ارقام و ژرم‌پلاسماها حساس یا بسیار حساس ارزیابی شدند. همچنین نتایج بیانگر همبستگی معنی‌دار ۷۹ درصدی بین میزان آلودگی بر مبنای ظهور علائم و میزان آلودگی بر مبنای آزمون الیزا بود.

واژه‌های کلیدی: الیزا، ژرم‌پلاسما، واکنش، *Potato leafroll virus*

Introducing some *Potato leafroll virus* resistant potato genotypes and cultivars

J. NIKAN¹✉ and R. POURRAHIM²

1- Plant Protection Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamadan, Iran; 2-

Plant Disease Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran

Abstract

Potato leaf roll disease is one of the most important and widely distributed viral diseases of potato. Like other plant viruses, the use of resistant cultivars is the most effective control measure of this disease. In this study, the reactions of some potato cultivars and genotypes to *Potato leafroll virus* (PLRV) were evaluated in a field trial experiment. The experiment conducted as a randomized complete block design with 12 treatments and three replications. Each plot of the experimental design included a planting row of five potato plants of each cultivar/genotype. The experimental plants were then inoculated with the virus by putting 10 PLRV-carrying green peach aphids on each plant. One month after inoculation, the plants were examined for PLRV infection by observing symptoms development and using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test. The results revealed significant differences between the PLRV-infection rates of the potato cultivars/genotypes tested. The potato genotype 803970/13 with having no infected plant was evaluated as highly resistant to PLRV. The cultivar "Sante" was resistant, the cultivar "Lady Rosetta" and the genotype "397015/31" were moderately resistant, cultivar "Diamant" was moderately susceptible and the rest of genotypes or cultivars were found susceptible or highly susceptible. The results also showed a significant correlation (79%) between the infection rates of the test plants based on symptom development and those of the ELISA tests.

Key words: ELISA, field trial, PLRV, reaction, resistant

مقدمه

مقاومت دارند از ارقام تجاری سیب‌زمینی مقاوم به این ویروس می‌باشند. در سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۷۶ که شیوع ویروس پیچیدگی برگ سیب‌زمینی در اراضی تولید بذر سیب‌زمینی اسکاتلند چشم‌گیر بود، تنها یک درصد از مزارع بذری رقم پنتلند کروان (رقم مقاوم به PLRV) از نظر آلودگی به PLRV مورد تأیید سیستم گواهی بذر قرار نگرفت در حالی که در مورد سایر ارقام سیب‌زمینی مانند دزیره، کینگ ادوارد، ماریس پایپر و رکورد به ترتیب ۹/۲، ۹/۶، ۱۹/۷ و ۵/۸ درصد مزارع به‌عنوان بذر تأیید نشدند (Barker, 1987). در یک مطالعه تعداد ۱۲ کلون سیب‌زمینی در سه محل مختلف در معرض آلودگی به PLRV قرار گرفتند. در برخی کلون‌های حساس تا ۹۲ درصد بوته‌ها آلوده شدند در حالی که دیگر کلون‌ها نسبتاً مقاوم بودند. مثلاً کلون G8107(1) از *Solanum tuberosum* در هر سه محل آزمایش عاری از ویروس و بسیار مقاوم شناخته شد (Solomon- Blackburn and Barker, 1993). در تحقیقی دیگر گزارش شد که کلون G8107(1) پس از مایه‌زنی از طریق پیوند در برابر تجمع PLRV و پس از مایه‌زنی به‌وسیله شته در برابر آلودگی به این ویروس بسیار مقاوم است (Solomon-Blackburn et al., 2008). نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که یکی از عناصر مهم در مقاومت بالای این کلون در برابر PLRV، مقاومت آن در برابر حرکت ویروس از برگ‌ها به دمبرگ‌ها و در نتیجه ممانعت از انتشار ویروس به سایر اندام‌های گیاه می‌باشد. در یک مطالعه دیگر عکس‌العمل ۳۵ ژنوتیپ و رقم سیب‌زمینی در برابر آلودگی به PLRV بررسی شد که براساس نتایج حاصل، هفت رقم و ژنوتیپ مقاوم، دو رقم نسبتاً مقاوم (ارقام Dura و Sante)، یک رقم (Diamant) و یک ژنوتیپ حساس و بقیه ارقام و ژنوتیپ‌ها نسبتاً حساس ارزیابی شدند (Khan, 2006). جلالی و همکاران در سال ۲۰۰۸ در یک آزمایش مزرعه‌ای بیشترین میزان ابتلا به ویروس‌های PVY و PLRV را در رقم مارفونا گزارش نمودند (Jalali et al., 2008). در تحقیقی دیگر ۲۹ رقم و ژرم‌پلاسما سیب‌زمینی از نظر مقاومت به PLRV براساس

بیماری برگ‌قاشقی سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین بیماری‌های ویروسی سیب‌زمینی است. این بیماری توسط ویروس *Potato leafroll virus* (PLRV) ایجاد می‌شود (Barker, 2001). این بیماری در ایران از بیشتر مناطق سیب‌زمینی‌کاری کشور گزارش گردیده است (Danesh et al., 1993; Jafarpour, 1995; Pourrahim et al., 2002). آلودگی به PLRV باعث کاهش کمیت و کیفیت (بازار پسندی) محصول سیب‌زمینی می‌گردد. در یک بررسی در سال ۱۹۸۸ میزان کاهش محصول ناشی از ابتلا به این ویروس سالانه ۲۰ میلیون تن در دنیا ذکر گردید (Kojima and Lapierre, 1988). در بسیاری از موارد ویروئید دوکی شدن غده سیب‌زمینی (*Potatos pindle tuber viroid = PSTVd*) که معمولاً با شته منتقل نمی‌شود، در اثر آلودگی‌های هم‌زمان PLRV و PSTVd قابلیت انتقال با شته را پیدا می‌کند (Salazar et al., 1995). ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی توسط چند گونه شته به‌طریقه گردشی غیرتکثیری (Eskandari et al., 1979) انتقال می‌یابد که مهم‌ترین آن‌ها شته سبز هلو (*Myzus persicae*) است. این ویروس هم‌چنین به‌وسیله پیوند و غده سیب‌زمینی انتقال پیدا می‌کند ولی به‌طریقه مکانیکی و با بذر حقیقی منتقل نمی‌شود. حداقل زمان‌های کسب و تلقیح ویروس توسط شته ناقل یک ساعت است و یک دوره کمون ۱۲ ساعته نیز وجود دارد (البته احتمال انتقال با افزایش زمان کسب افزایش می‌یابد (Harrison, 1984). همانند دیگر ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی موثرترین روش مبارزه با PLRV استفاده از ارقام مقاوم است (Barker, 1992; Stevenson et al., 2001). انواع مختلفی از مقاومت به PLRV در سیب‌زمینی شناسایی شده‌اند که شامل: مقاومت به آلودگی، مقاومت به تجمع ویروس، مقاومت به حرکت ویروس از برگ‌ها به غده‌ها، تحمل، فوق حساسیت و مقاومت به شته ناقل می‌باشند (Valkonen, 1994; Beekman & Waterhouse, 1999; Barker 1987). رقم بیسمارک و رقم پنتلند کروان که به‌ترتیب در برابر آلودگی به PLRV و تجمع آن

ارقام و ژرم پلاسماهای مورد بررسی

در این بررسی واکنش شش رقم سیب‌زمینی از ارقام زراعی رایج (مارفونا، آگریا، دیامانت، سانت، بون و لیدی رزتا) و شش کلون از ژرم پلاسماهای امید بخش سیب‌زمینی که طی پنج سال بررسی، صفات زراعی مطلوبی از خود نشان داده بودند شامل کلون‌های ۳۹۷۰۰۹/۳، ۳۹۷۰۰۷/۹، ۳۹۷۰۰۹/۹، ۳۹۷۰۱۵/۱، ۳۹۷۰۱۵/۳۱ و ۸۰۳۹۷۰/۱۳ از نظر ابتلا به PLRV ارزیابی شد. به‌منظور اطمینان از سلامت مواد آزمایشی، ارقام و ژرم پلاسماهای مورد بررسی از کلاس بذری بالا انتخاب گردیده و گیاهچه‌های جوان حاصل از رشد اولیه آن‌ها آزمون الیزا شد.

ارزیابی عکس‌العمل ارقام و ژرم پلاسماها در برابر آلودگی به PLRV

ارقام و ژرم پلاسماهای مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۱۲ تیمار در سه تکرار در یک مزرعه در شهرستان همدان کاشته شدند. هر پلات این طرح شامل پنج بوته از هر رقم یا ژرم پلاسما سیب‌زمینی بررسی شد که به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر بر روی یک پشته کاشته شدند. فاصله پشته‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله تکرارها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. پس از آن‌که ارتفاع بوته‌های کاشته شده به حدود ۱۵ سانتی‌متر رسید، با استفاده از شته‌های حامل ویروس مایه‌زنی شدند (هر بوته توسط ۱۰ عدد شته مایه‌کوبی گردید). دوره‌های کسب و مایه‌زنی ویروس توسط شته ناقل به ترتیب ۲۰ و ۱۰ روز بود. پس از طی دوره مایه‌زنی شته‌ها با انجام سمپاشی (با استفاده از سم ایمیداکلوپراید به نسبت ۵/ در هزار) کشته شدند و یک ماه بعد وضعیت بوته‌های مایه‌زنی شده از نظر آلودگی یا عدم آلودگی به PLRV بر مبنای وجود یا عدم وجود علائم بیماری (رنگ‌پریدگی و پیچیدگی برگ‌های جوان به‌سمت داخل) (Loebenstein, 2001)، ثبت گردید. به‌علاوه وضعیت آلودگی ارقام و ژرم پلاسماهای مورد بررسی به ویروس با استفاده از آزمون الیزا تعیین گردید. در پایان فصل رشد غده‌های تولیدی هر بوته به‌طور جداگانه برداشت و توزین

علائم‌شناسی و آزمون الیزا بررسی و غربال شدند که یک ژنوتیپ عاری از علائم (16-394032) و سه لاین با مقاومت متوسط (Moderately Resistant) یافت شد (Batool *et al.*, 2011). امروزه روش‌های مزرعه‌ای ارزیابی مقاومت در برابر آلودگی به PLRV به‌طور چشم‌گیری تکامل یافته‌اند که از جمله آن‌ها رها سازی مصنوعی شته در صورت پایین بودن تراکم شته ناقل در مزرعه می‌باشد (Wilson and Jones, 1993; Barker, 1987). در تحقیق حاضر با توجه به اهمیت استفاده از ارقام مقاوم به ویروس، میزان آلودگی ۱۲ رقم و ژرم پلاسما سیب‌زمینی از نظر آلودگی به PLRV ارزیابی شد.

روش بررسی

فراهم آوردن ویروس

جدایه PLRV مورد بررسی در این تحقیق با جمع‌آوری بوته‌های مشکوک (بوته‌های نسبتاً رنگ‌پریده، کوتوله و دارای علائم پیچیدگی برگ به‌سمت داخل) از مزارع سیب‌زمینی استان همدان و تأیید آلودگی آن‌ها به ویروس با آزمون الیزا مهیا گردید. بدین ترتیب که غده‌های حاصل از بوته‌های آلوده جمع‌آوری و پس از کاشت در داخل گلدان و تأیید مجدد آلودگی بوته‌های رشد یافته، از آن‌ها به‌عنوان منبع کسب ویروس توسط شته ناقل استفاده گردید. ضمناً اطمینان از عدم آلودگی این بوته‌ها به سایر ویروس‌های مهم سیب‌زمینی (PVA, PVY, PVS, AIMV) نیز با آزمون الیزا صورت گرفت.

جمع‌آوری و تکثیر شته ناقل

نمونه‌های شته مورد نیاز برای انتقال PLRV از مزارع سیب‌زمینی استان جمع‌آوری و پس از شناسایی گونه شته سبز هلو (*Myzus persicae*) اقدام به تکثیر آن به فرم شته بالغ بی‌بال بر روی گیاهان سیب‌زمینی و کلزا گردید. به‌منظور سالم سازی کلنی شته‌ها از ویروس‌های احتمالی همراه، پوره‌های تازه متولد شده با قلم ظریف به آرامی برداشته شده و روی گیاهچه‌های جوان سالم انتقال داده شد. عمل پاساژ حداقل سه مرتبه متوالی انجام شد.

شدند و اختلاف عمل‌کرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آلودگی (عمل‌کرد بوته‌های آلوده) و شرایط عدم آلودگی (عمل‌کرد بوته‌های سالم) محاسبه شد. سپس داده‌های مربوط به نتایج الایزا و اختلاف عمل‌کرد بوته‌های آلوده و غیر آلوده ژنوتیپ‌ها تجزیه آماری شد.

آزمون الایزا (ELISA)

نمونه‌های برگ (از دومین برگ انتهائی) از نظر آلودگی احتمالی به ویروس PLRV، با استفاده از آنتی‌بادی اختصاصی این ویروس (تهیه شده از بیوریا سوئیس) به روش ساندریچ دو طرفه الایزا (DAS-ELISA) (Clark and Adams, 1977) مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمون نمونه‌هایی که میزان جذب نوری در چاهک‌های مربوط به آن‌ها در طول موج ۴۰۵ نانومتر، مساوی یا بیشتر از سه برابر میانگین جذب نوری چاهک مربوط به نمونه شاهد منفی (سالم) بودند به‌عنوان نمونه آلوده به ویروس در نظر گرفته شدند.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌های ثبت شده شامل درصد آلودگی تیمارها به ویروس و اختلاف عمل‌کرد بوته‌های آلوده و غیر آلوده ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شد. میزان همبستگی بین آلودگی ظاهری و آلودگی حقیقی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS به روش پیرسون (Pearson) تعیین گردید.

نتیجه و بحث

تجزیه آماری داده‌های مربوط به نتایج تست‌های الایزا نشان داد که بین ارقام و ژنوتیپ‌ها از نظر میزان آلودگی به PLRV در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها از این نظر تیمارها را به چند گروه تقسیم‌بندی نمود. کمترین میزان ابتلا به PLRV (بدون آلودگی) در ژنوتیپ ۸۰۳۹۷۰/۱۳ دیده شد که به‌همراه چند رقم و ژنوتیپ دیگر در گروهی مجزا (گروه A) قرار گرفتند.

بیشترین میزان ابتلا به ویروس (۸۰ درصد آلودگی) در ژنوتیپ‌های ۳۹۷۰۰۹/۳ و ۳۹۷۰۱۵/۱ مشاهده گردید که همراه چند ژنوتیپ دیگر در گروه C قرار گرفتند (جدول ۳).

مقایسه عمل‌کرد ارقام و ژنوتیپ‌ها در شرایط آلودگی (عمل‌کرد بوته‌های آلوده) نسبت به شرایط عدم آلودگی (عمل‌کرد بوته‌های سالم) نشان داد که بین عمل‌کرد بوته‌های آلوده و بوته‌های غیر آلوده اختلاف معنی‌دار وجود دارد. تجزیه واریانس اختلاف عمل‌کرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آلودگی و عدم آلودگی نشان داد که از نظر میزان کاهش عملکرد در نتیجه ابتلا به PLRV نیز بین ارقام و ژرم‌پلاسماها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اختلاف عمل‌کرد تیمارها در شرایط آلودگی و عدم آلودگی، ارقام و ژرم‌پلاسماها را به چند گروه تقسیم کرد. کمترین میزان کاهش عملکرد در نتیجه آلودگی به PLRV (۱۷ گرم در بوته) در رقم مارفونا مشاهده شد و بیشترین کاهش عملکرد در رقم آگریا و ژنوتیپ ۳۹۷۰۱۵/۱ به ترتیب با ۴۰۱ و ۳۹۴ گرم در بوته مشاهده گردید (جدول ۳). آزمون همبستگی بین آلودگی ظاهری (بر مبنای علائم) و آلودگی حقیقی (بر مبنای سنجش الایزا) نشان داد که بین این دو در سطح یک درصد به میزان ۷۹ درصد همبستگی وجود دارد. بیشترین میزان همبستگی و تطابق نتایج الایزا با بوته‌های دارای علائم مربوط به رقم سانه بود (۱۰۰ درصد) و کمترین میزان آن در مورد ژنوتیپ ۳۹۷۰۱۵/۱ دیده شده (۷۴ درصد). این میزان در مورد رقم آگریا ۸۰ درصد بود.

وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام و ژرم‌پلاسماها مورد بررسی از نظر میزان آلودگی به PLRV با یافته‌های محققان دیگر که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی خویش اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند منطبق می‌باشد (Solomon-Blakburn, 1993) and (Khan, 2006) و (Batoool et al., 2011). مقایسه میانگین‌های میزان آلودگی تیمارها به PLRV نشان داد

آلودگی)، نسبتاً حساس (۲۱ تا ۴۰ درصد آلودگی)، حساس (۴۱ تا ۶۰ درصد آلودگی) و بسیار حساس (آلودگی بالای ۶۰ درصد) می‌باشند.

جدول ۳- مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌های^{*} میزان آلودگی ژنوتیپ‌ها به PLRV و اختلاف عملکرد آن‌ها در شرایط آلودگی و عدم آلودگی با استفاده از آزمون توکی.

Table 3. Comparison of the means of PLRV infection rates and the yield differences of virus -free and PLRV-infected plants of the potato genotypes, using the Tuckey's test.

Potato genotype	Mean of the virus infection	Yield difference of virus - free and infected plants (gr/plant)
803970/13	0±0a	683±77a
Sante	6.6±12a	236±67bc
Lady Rosetta	13.3±12a	228±72bc
397015/31	20±0a	231±53bc
Diamant	26.6±12ab	290±96bc
Marfona	60±0bc	18±15a
Agria	60±20bc	401±91b
3977007/9	60±0 bc	271±97bc
Buren	66.6±12c	241±55bc
397009/9	66.6±23c	196±21cd
397009/3	80±0c	173±38cd
397015/1	80±20c	394±30b

× اعدادی که با حروف یکسان نشان داده شده‌اند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند و در گروهی یکسان قرار می‌گیرند.

The data followed by the same letters are not significantly different and are placed in the same group (P = 0.05).

در آزمایش‌های ما، سیب‌زمینی رقم سانه با ۶/۶ درصد آلودگی جزو ژنوتیپ‌های مقاوم ارزیابی گردید که مشابه یافته‌های (Khan, 2006) است. رقم لیدی‌رزتا با ۱۳/۳ درصد آلودگی در گروه ارقام نسبتاً مقاوم قرار گرفت که در تطابق با گزارش پیتن و همکاران می‌باشد (Peeten et al., 2007). سیب‌زمینی رقم دیامانت با ۲۶/۶ درصد آلودگی جزو ارقام نسبتاً حساس بود که با یافته‌های حاصل از تحقیقات (Batool et al., 2011) که آن را رقمی با حساسیت متوسط معرفی کرده‌اند در تطابق می‌باشد. سیب‌زمینی رقم مارفونا نیز جزو ارقام حساس گزارش می‌گردد که مشابه یافته‌های (Jalali et al., 2008) می‌باشد. ژنوتیپ ۸۰۳۹۷۰/۱۳ بدون

که از این نظر ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه‌های متفاوتی قرار می‌گیرند (جدول ۳).

جدول ۱- آنالیز واریانس درصد آلودگی ژرم‌پلاسماهای سیب‌زمینی به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی (بر اساس نتایج آزمون الایزا).

Table 1. Analysis of variance for the infection percents of the potato genotypes to PLRV, based on the results of ELISA tests.

P	F	MS	DF	Sources of variance
0.4426	0.85 ^{ns}	133.3333	2	Replication
<.0001	16.48 ^{**}	2596.9697	11	Genotype error
		157.5757		

^{ns}(No significant difference): عدم وجود اختلاف معنی‌دار
CV: 21.94

جدول ۲- آنالیز واریانس اختلاف عملکرد ژرم‌پلاسماهای سیب‌زمینی در شرایط آلودگی (عملکرد بوته‌های آلوده) و شرایط عدم آلودگی (عملکرد بوته‌های سالم) به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی.

Table 2. Analysis of variance for the yield differences of virus - free and PLRV- infected plants of the potato genotypes.

P	F	MS	DF	Sources of variance
0.1033	2.52 ^{ns}	9620.8958	2	Replication
<.0001	20.44 ^{**}	77984.2045	11	Genotype error
		3815.4186	22	

^{ns}(No significant difference): عدم وجود اختلاف معنی‌دار
CV: 22.05

ژنوتیپ ۸۰۳۹۷۰/۱۳ بدون آلودگی به ویروس به‌همراه ارقام سانه و لیدی‌رزتا به ترتیب با ۶/۶ درصد و ۱۳/۳ آلودگی و ژنوتیپ ۳۹۷۰۱۵/۳۱ با ۲۰ درصد در گروه a قرار گرفتند. رقم دیامانت با ۲۶/۶ درصد آلودگی در گروه ab قرار گرفت. در بقیه ارقام و ژرم‌پلاسماها میزان آلودگی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد بود. اگرچه آزمون توکی ژنوتیپ‌ها و ارقام را از نظر میزان آلودگی به PLRV به چند گروه تقسیم نمود ولی با توجه به وسعت دامنه آلودگی (از صفر تا ۸۰ درصد) به نظر می‌رسد می‌توان آن‌ها را به گروه‌های کوچکتری نیز گروه‌بندی نمود. این گروه‌های ژنوتیپی شامل: خیلی مقاوم (بدون آلودگی)، مقاوم (۱ تا ۱۰ درصد آلودگی)، نسبتاً مقاوم (۱۱ تا ۲۰ درصد

تجزیه آماری داده‌های مربوط به عملکرد ارقام و ژنوتیپ‌ها نشان داد که عمل‌کرد بوته‌های آلوده و بوته‌های غیرآلوده (عمل‌کرد در شرایط آلودگی و عمل‌کرد در شرایط عدم آلودگی) اختلاف معنی‌دار دارند. بنابر این آلودگی به PLRV باعث کاهش چشم‌گیر عمل‌کرد می‌گردد. این مطلب قبلاً نیز توسط محققین دیگر گزارش گردیده است (Harper *et al.*, 1975; Kojima and Lapierre, 1988). وجود همبستگی بالای بین آلودگی ظاهری (بر مبنای علائم) و آلودگی حقیقی (بر مبنای آزمون الایزا) که توسط محققین دیگر (در مورد ویروس تریتستزا در مرکبات) نیز گزارش شده است (D'Onghia *et al.*, 1998) نشان می‌دهد که استفاده از علائم برای تعیین آلودگی بوته‌ها به PLRV می‌تواند جایگزین مناسبی برای آزمون الایزا باشد که تا حد زیادی باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها می‌گردد. این امر به‌خصوص در مورد ارقامی مانند سانتو و آگریا که میزان همبستگی بین آلودگی ظاهری (بر مبنای علائم) و آلودگی حقیقی (بر مبنای آزمون الایزا) در آن‌ها بالاست (به‌ترتیب ۱۰۰ و ۸۰ درصد) صدق می‌کند.

آلودگی به PLRV برای نخستین بار به عنوان ژنوتیپ بسیار مقاوم به این ویروس معرفی می‌گردد. در برخی ارقام و ژنوتیپ‌هایی که درصد آلودگی آن‌ها بالاست (مانند رقم آگریا و ژنوتیپ ۳۹۷۰۱۵/۱) میزان کاهش عملکرد در نتیجه ابتلا به ویروس نیز بالاست که نشان دهنده حساسیت این ژنوتیپ‌ها است. در حالی که در مورد رقم مارفونا علی‌رغم داشتن میزان آلودگی بالا (۶۰ درصد) مقدار کاهش عمل‌کرد آن (۱۷ گرم در بوته) در مقایسه با کاهش عمل‌کرد سایر ژنوتیپ‌ها نسبتاً کم بود که از این نظر می‌توان آن را به‌عنوان رقم متحمل در برابر ویروس PLRV معرفی نمود. به هر حال در مورد ارقام متحمل ذکر این نکته حائز اهمیت است که اگر چه این نوع ارقام خسارت کمی متحمل می‌شوند ولی می‌توانند به‌عنوان منبع و کانون آلودگی به ویروس برای گسترش آن به سایر ارقام یا گیاهان دیگر عمل نمایند.

References

- BARKER, H. 1987. Multiple component of the resistance of potatoes to potato leafroll Virus. *Annals of Applied Biology*, No111: 641-648.
- BARKER, H. 1992. Potato leafroll. In *Plant Diseases of International importance*, Vol 11: Diseases of vegetables and oil seed crop, pp. 124-144. Eds H. S., Chaube, U. S., Singh, A. N., MUKHOPADHYAY, and J., KUMAR. London: prentice Hall international.
- BARKER, H. 2001. Potato Leafroll. In *Encyclopeddia of plant pathology*. Vol 2: pp. 804. Eds: O. C., MALOY and T. D., MURRAY. New York. USA: John Wiley & sons inc.
- BARKER, H., WATERHOUSE, P. M. 1999. The development of resistance to luteovirus mediated by host genes and pathogen- derived transgenes. In *The Luteoviridae*. pp. 169-210. Eds: H. G., SMITH and H. BARKER. Wallingford. Oxon. UK: CABI Publishing.
- BATOOL, A., ASLAM KHAN, N., FAROOQ, J., MUGHAL, S. M. and IFTIKHAR, S. 2011. ELISA-Based screening of potato germplasm against potato leafroll virus. *Journal of Agricultural Research*, No 49(1): 57-63.
- BEEKMAN, A. J. B. 1987. Breeding for resistance. In *Viruses of potatoes and seed- potato production*. pp. 162-170. Eds J. A. de Bokx and J. P. H VAN DER WANT. Wageningen: pudoc Wageningen.
- CLARK, M. F. and ADAMS, A. N. 1977. Characterization of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, No 34: 475-83.

- D'ONGHIA, A.M., DJELOUAH, K., ALIOTO, D., CASTELLANO, M.A. and SAVINO, V. 1998. ELISA correlates with biological indexing for the detection of citrus psorosis-associated virus. *Journal of Plant Pathology*, 80 (2), 157-163.
- DANESH, D., FILSOOF, F. and DEGHAN, M. 1993. Frequencies of four potato viruses in Faridan experimental potato fields, Isfahan province, Iran. *Iranian Journal of Plant Protection*, No 28: 1-9.
- ESKANDARI F, SYLVESTER E S, RICHARDSON J. 1979. Evidence of lack of propagation of potato leafroll virus in its aphid vector, *Myzus persicae*. *Phytopathology*, No 69: 45-47.
- HARRISON, B. D. 1984. Potato leafroll virus. Description of plant Viruses, No 291. Surrey, UK: The commonwealth Mycological Institute and Association of Applied Biologists.
- JAFARPOUR, B. 1995. Study on *Potato leafroll virus* in Mashhad. Proceedings of the 12th Iranian Plant Protection Congress, 2-7 September, Karaj, Iran, p162.
- JALALI, S., NEMATOLLAHI, M. R. and POURRAHIM, R. 2008. Investigation on spreading of viral infection of seed tuber potatoes and determination of infective indicator in Freidan region of Isfahan. *Seed and Plant Improvement Journal*, No 23(4) :505-514.
- KHAN, M. A. 2006. Identification of resistant sources against Potato leafroll virus and *Myzus persicae* Sulz. by biological tests and ELISA. *Pakistan Journal of Phytopathology*, No18(2): 191-198.
- KOJIMA, R. and LAPIERRE, H. 1998. *Potato leafroll virus*. In *Europeana Handbook of plant Diseases*, pp. 23-24. Eds: I. M., SMITH, V., DUNEZ, D. H. PHILIPS, R. A., LELIOT, and S. A. ARCHER. Oxford: Blackwell Scientific publications.
- LOEBENSTEIN G. 2001. *Potato leafroll virus*. In *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes*, pp. 69-75. Eds G LOEBENSTEIN, P H BERGER, A A BRUNT AND R H LAWSON. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- PEETEN, H. M.G., SHIPPER, E., SHIPPER, J.K. and BAARVELD H.R. 2007. Netherlands catalogue of potato varieties. NIVAP, Den Haag, The Netherlands.
- POURRAHIM, R., FARZADFAR, S. and GOLNARAGHI, A. R. 2002. Plant viruses of Iran. Saman Co, Tehran. Iran.
- SALAZAR, L. F., QUERCI, M., BARTOLINI, I. and LAZARTE, V. 1995. Aphid transmission of potato spindle tuber viroid assisted by potato leafroll virus. *Fitopatologia*, No 30: 56-58.
- SOLOMON- BLACKBURN, R. M. and BARKER, H. 1993. Resistance to *Potato leafroll luteovirus* can be greatly improved by combining two Independent types of heritable resistance. *Annals of Applied Biology*, No122: 329-336.
- SOLOMON-BLACKBURN, R., NIKAN, J. and BARKER, H. 2008. Mechanism of strong resistance to *Potato leafroll virus* infection in a clone of potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology*, No 152: 339-347.
- STEVENSON, W. R., LORIA, R., FRANC, G. D. and WEINGARTNER, D. O. 2001. Compendium of potato diseases. St. Paul, Minnesota, USA: APS press. 125 p.
- VALKONEN, J .P. T. 1994. Natural genes and mechanism for resistance to viruses in cultivated and wild potato species (*Solanum* spp.) plant Breeding, No 112: 1-16.
- WILSON, C. R. and JONES, R .A. C. 1993. Evaluation of resistance to *Potato leafroll virus* selected potato cultivars under field condition. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, No 33: 83-90.