

ارزیابی مقاومت کلون‌های میان‌رس سیب‌زمینی نسبت به بیماری پوسیدگی خشک فوزاریومی

Evaluation of Resistance of Medium Maturing Potato Clones to Fusarium Dry Rot

رامین حاجیان‌فر^۱، حسن حسن‌آبادی^۲ و رامین رافضی^۳

۱ و ۲- مری، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۳- مری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، ورامین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۳۱

چکیده

حاجیان‌فر، ر.، حسن‌آبادی، ح. و رافضی، ر. ۱۳۹۳. ارزیابی مقاومت کلون‌های میان‌رس سیب‌زمینی نسبت به بیماری پوسیدگی خشک فوزاریومی. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۰: ۱۱۴-۱۰۳.

در این تحقیق مقاومت ۲۹ کلون سیب‌زمینی در مقایسه با ارقام تجاری و رقم شاهد حساس Lady Roseta به بیماری پوسیدگی خشک فوزاریومی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور غده کلون‌ها و ارقام سیب‌زمینی با انجام آلودگی مصنوعی در آزمایشگاه با استفاده از جدایه‌های مهاجم و بیماری‌زای گونه‌های *Fusarium solani* و *Fusarium sambucinum* مایه‌زنی شدند و در ژرمیناتور با دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵٪ به مدت چهار هفته نگهداری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در سه تکرار با دو عامل گونه قارچ فوزاریوم و رقم سیب‌زمینی به اجرا درآمد. پس از سپری شدن زمان لازم برای توسعه بیماری شاخص بیماری، سطح آلودگی غده‌ها و رویش جوانه آن‌ها یادداشت برداری شد. نتایج به دست آمده نشان داد که کلون‌های 397009، 397082-10، 39709713، 397097-2، 397007-16، 397074-3 و رقم Agria با داشتن شاخص آلودگی پایین غده با جمع رتبه به میزان ۱۶۸/۵۲ تا ۲۲۸/۲ و سطح آلودگی کمتر در مقایسه با سایر کلون‌ها و ارقام نسبت به جدایه‌های قارچی عامل بیماری پوسیدگی خشک مقاومت داشتند. از طرف دیگر کلون‌های 396124-15 و 396151-29 با بیشترین میزان شاخص بیماری و سطح آلودگی غده به عنوان کلون‌های حساس به بیماری شناخته شدند. بیماری بر رویش جوانه غده تاثیرگذار بود، به طوری که در کلون‌ها و رقم شاهد حساس رشد جوانه غده بسیار پایین بود.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، کلون‌ها، *Fusarium spp.*، پوسیدگی خشک، مقاومت.

مقدمه

قرار گرفت و مشخص شد که با پیشرفت آلودگی در غده‌ها فعالیت آنزیمی شامل Peroxidase و Polyphenol oxidase نیز ترکیباتی شامل Lignin، Phytuberin، Lubimin، Chlorogenic acid و Sesquiterpene Rishitin در افزایش می‌یابد که برخی از آن‌ها در مقاومت ارقام به بیماری نقش دارند (Ray and Hammerschmidt, 1998).

تحقیقات نشان داده که جدایه‌های قارچی *F. sambucinum* در غده‌های سیب‌زمینی تولید میکوتوکسین Diacetoxyscripenol می‌کنند که میزان این ماده در بافت‌های آلوده غده سیب‌زمینی همبستگی مثبت با شدت بیماریزائی جدایه‌های قارچی و حساسیت ارقام سیب‌زمینی دارد (Ellner, 2002). نتایج تحقیقات نشان دهنده عدم کارآیی قارچ‌کش‌ها به ویژه قارچ‌کش تیابندازول (ZBT) بر علیه این بیماری به دلیل غیر حساس شدن اغلب جدایه‌های قارچی عامل بیماری نسبت به آن بوده و مصرف آن موجب تشدید خسارت بیماری می‌شود (Lees et al., 1998؛ Hide et al., 1992؛ Desjardins et al., 1993؛ Bradshaw and Lees, 2001). در تحقیقی مقاومت به پوسیدگی خشک با عامل *F. sambucinum* در گونه‌های زراعی و وحشی سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد مقاومت نسبتاً بالایی در ۹ رقم وجود داشت. در دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های

پوسیدگی خشک سیب‌زمینی از جمله بیماری‌های انباری سیب‌زمینی است که خسارت ناشی از آن در سیب‌زمینی بذری و خوراکی در انبار و طی حمل و نقل به بازار مصرف نسبت به سایر بیماری‌های پس از برداشت سیب‌زمینی بیشتر است (Jafarpour, 1989). این بیماری همچنین مهم‌ترین عامل پوسیدگی قطعه‌های بذری سیب‌زمینی پس از کاشت به شمار می‌رود. با توجه به خاکزی بودن عامل بیماری، اغلب در مزرعه و قبل از برداشت موجب بروز لکه‌های قهوه‌ای رنگ کوچک در غده‌ها شده و در انبار توسعه یافته و به صورت سطحی و داخلی موجب پوسیدگی غده‌ها می‌شود. خسارت بیماری در مزرعه و در انبار اتفاق می‌افتد. همچنین در صورت آلودگی قطعه‌های بذری سیب‌زمینی به ویژه زمانی که سطوح بریده شده به طور مناسب التیام نیافته و چوب پنبه‌ای نشده باشند، گیاهچه‌های ضعیف و نامناسبی پدید آمده و در نهایت موجب بروز بد سبزی در مزرعه می‌شود. گونه‌های متعددی از جنس *Fusarium* موجب ایجاد بیماری می‌شوند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به *F. solani*، *F. oxysporum*، *sambucinum* و *coeruleum* var. اشاره کرد (Hooker, 2001). در یک بررسی، واکنش غده سیب‌زمینی پس از آلودگی به پوسیدگی خشک فوزاریومی با عامل *Fusarium sambucinum* مورد بررسی

Saturna در یک گروه جداگانه قرار گرفت و نسبت به تمام گونه‌های فوزاریوم به کار رفته در این تحقیق مقاومت داشت. گونه *F. oxysporum* کمترین قدرت بیماری‌زایی را داشته و تقریباً نیمی از ارقام مورد بررسی نسبت به این گونه مقاومت داشتند (Nasr Esfahani, 2005).

در برنامه اصلاح ارقام سیب‌زمینی، مساله مقاومت به بیماری‌های مهم از جمله مهم‌ترین موارد جهت دستیابی به ارقام مناسب و قابل توصیه برای اغلب مناطق کشت است. در بین بیماری‌های سیب‌زمینی، بیماری پوسیدگی خشک به عنوان یک بیماری مهم خاکزی و انباری سیب‌زمینی که در اغلب مناطق کشت این محصول وجود دارد از اهمیت خاصی برخوردار است. از سوی دیگر عدم کارایی قارچ‌کش‌های رایج علیه گونه‌های عامل بیماری که غالباً منجر به پیدایش نژادهای مقاوم عامل بیماری می‌شوند، باعث شده که استفاده از ارقام مقاوم به عنوان یکی از راهکارهای مناسب جهت پیشگیری از اثر مخرب این بیماری مورد توجه قرار گیرد. برای این منظور کلون‌های میان‌رس سیب‌زمینی که طول دوره رویش آنها متناسب با فصل رویش اغلب مناطق کشت این محصول در کشور است و در آزمایش‌های سازگاری مشخص شده که در بین آنها کلون‌های با عملکرد و ماده خشک بالا و مناسب برای تازه‌خوری و یا صنایع فراوری چیپس و خلال وجود دارد، در این تحقیق از نظر مقاومت به دو

حساس و مقاوم، وراثت‌پذیری مقاومت بسیار بالا بود لیکن حداقل در برخی گونه‌ها توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شد (Lynch et al., 2003). مقاومت به بیماری پوسیدگی خشک تحت کنترل مکانیسم‌های ژنتیکی غیر وابسته است که اصلاح برای مقاومت را مشکل می‌کند (Corsini and Pavek, 1986; Leach and Webb, 1981; Wastie and Bradshaw, 1993).

در آزمایشی بیماری‌زایی جدایه‌های مختلف عامل پوسیدگی خشک سیب‌زمینی ناشی از *F. solani* و *F. sambucinum* در غده سیب‌زمینی رقم کنبک بررسی شد. قطر سطح آلودگی و عمق آلودگی در غده‌های سیب‌زمینی اندازه‌گیری شد و مشخص شد که بین میانگین قطر سطح آلوده و عمق آلودگی در غده‌های سیب‌زمینی ۶۷ درصد همبستگی وجود داشت (Burkhart et al., 2005).

حساسیت ۴۳ رقم تجاری سیب‌زمینی نسبت به عامل پوسیدگی خشک ایجاد شده توسط سه گونه فوزاریوم شامل *F. sulphureum*، *F. solani* و *F. oxysporum* در اصفهان مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد گونه *F. sulphureum* نسبت به دو گونه دیگر قدرت تهاجمی بیشتری داشت و مقاومت ارقام به هر یک از گونه‌ها به صورت مستقل از دیگر گونه‌ها بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام را در شش گروه طبقه‌بندی کرد به طوری که رقم

گونه شایع و خسارت‌زای مهم این بیماری از جنبه‌های مختلف بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق شامل ۲۹ کلون میان‌رس سیب‌زمینی که در آزمایش‌های سازگاری در مناطق مختلف کشت بهاره سیب‌زمینی در کشور مورد بررسی قرار گرفته‌اند بود. در این تحقیق کلون‌های سیب‌زمینی بر اساس دستورالعمل کلون‌های سیب‌زمینی بر اساس دستورالعمل (Value for Cultivation and Use) VCU از نظر مقاومت به عوامل بیماری پوسیدگی خشک انباری سیب‌زمینی در مقایسه با ارقام رایج کشور شامل Agria، Marfona و Sante که برای فرنیج فرایز، آب‌پز و چند منظوره مناسب هستند و رقم شاهد حساس Lady Roseta که مناسب فراوری است مورد بررسی قرار گرفتند. پس از برداشت سیب‌زمینی کلون‌ها در آزمایش مزرعه‌ای و سپری شدن زمان لازم نگه‌داری در انبار جهت پوست‌گیری، تعداد ۱۸ غده سالم سیب‌زمینی از هر کلون انتخاب شده و توسط جدایه‌های عامل پوسیدگی خشک سیب‌زمینی شامل *F. solani* و *F. sambacinum* به طور مصنوعی در آزمایشگاه مایه‌زنی شدند. برای این منظور در دو قسمت راس و پاشنه غده یک زخم به عمق ۵ میلی‌متر ایجاد کرده و با استفاده از سمپلر ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور قارچی جدایه‌های گونه‌های مزبور به میزان 5×10^4 اسپور در میلی‌لیتر به داخل زخم‌های

غده تزریق شد. تعداد ۹ غده سیب‌زمینی از هر کلون با هریک از جدایه‌های عامل بیماری مایه‌زنی شد. در تیمار شاهد به جای سوسپانسیون قارچ از آب مقطر استریل برای مایه‌زنی استفاده شد.

پس از انجام مایه‌زنی، غده‌ها در ژرمیناتوری با دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵٪ به مدت چهار هفته نگه‌داری شدند تا عامل بیماری فرصت کافی و شرایط محیطی لازم را برای ایجاد بیماری در غده‌های سیب‌زمینی داشته باشد (Leach and Webb, 1981). آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور گونه قارچی عامل بیماری پوسیدگی خشک فوزاریوم و کلون سیب‌زمینی در سه تکرار و سه نمونه در هر تکرار به اجرا درآمد.

پس از سپری شدن زمان لازم برای توسعه بیماری، غده‌های کلون‌های سیب‌زمینی از ژرمیناتور خارج شده و صفات مربوط به بیماری به شرح ذیل در مورد آن‌ها یادداشت‌برداری شد.

برای ارزیابی میزان نفوذ ضایعه ناشی از بیماری به درون گوشت غده و بررسی تیپ آلودگی غده کلون‌های آزمایشی از سیستم نمره‌دهی ۴-۱ استفاده شد (Wiersma, 1977):

- ۱: عدم نفوذ قارچ عامل بیماری به داخل گوشت غده
- ۲: نفوذ چند میلی‌متری قارچ و محدود شدن آن با واکنش نکروتیک شدید در غده
- ۳: نفوذ نسبتاً عمیق قارچ ولی با محدود شدن

تیمارهای آزمایش در مورد صفات تیپ آلودگی و شاخص جوانه‌زنی غده‌ها به روش کروسکال والیس مورد آزمون قرار گرفته و برای مقایسه میانگین مجموع رتبه‌ها از روش غیر پارامتری توکی استفاده شد. همبستگی بین صفات مورد آزمایش از طریق روش رتبه‌ای Spearman انجام شد (Zar, 1996).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مختلف آزمایش نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین جدایه‌های قارچی *F. solani* و *F. sambacinum* در ایجاد بیماری در غده کلون‌های سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۱). همچنین بین کلون‌های میان‌رس سیب‌زمینی از نظر صفت سطح آلوده غده‌ها به پوسیدگی خشک فوزاریومی با عوامل *F. solani* و *F. sambacinum* در سطح ۱٪ اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱).

مقایسه میانگین صفات مختلف نشان داد میزان سطح آلودگی غده در جدایه قارچی *F. sambacinum* بر حسب میلی‌متر مربع نسبت به جدایه *F. solani* در غده‌های سیب‌زمینی بالاتر بود (جدول ۲). یکی از شاخص‌های مهم در بررسی آلودگی ناشی از پوسیدگی خشک در غده کلون‌های سیب‌زمینی، برآورد سطح آلوده غده‌ها است که نشان‌دهنده میزان پیشرفت آلودگی قارچی در غده است. نتایج بررسی این

رشد و گسترش پوسیدگی قارچی در غده با ایجاد ناحیه نکروتیک در اطراف محل پوسیدگی

۴: رشد نامحدود قارچ در داخل غده

همچنین میزان سطح آلوده به بیماری به صورت درصد برآورد شد. به این ترتیب که شدت آلودگی غده کلون‌های آزمایشی، با اندازه‌گیری سطحی از غده که پوسیدگی خشک در آن ایجاد شده بود محاسبه شد. داده‌های به دست آمده از درصد آلودگی غده‌ها ابتدا تبدیل به Arc sin شد و سپس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

به منظور تعیین اثر جدایه‌های قارچی عامل بیماری بر رشد جوانه‌های غده سیب‌زمینی، پس از اتمام دوره نگه‌داری غده‌های مایه‌زنی شده با عامل بیماری در ژرمیناتور، شاخص جوانه‌زنی بر اساس سیستم نمره‌دهی ۵-۱ به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت (Leach and Webb, 1981):

۱: عدم جوانه‌زنی غده

۲: نیش زدن چشم غده

۳: جوانه‌ها رشد یافته به طول ۵ میلی‌متر

۴: جوانه‌ها رشد یافته به طول ۱۲ میلی‌متر

۵: جوانه‌های به طول ۳۰ میلی‌متر و بزرگ‌تر

داده‌های حاصل از این تحقیق در مورد صفت سطح آلودگی غده کلون‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون L.S.D انجام شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس سطح آلودگی غده‌ها به بیماری پوسیدگی خشک در کلون‌های سیب‌زمینی پس از آلودگی با گونه‌های *Fusarium*

Table 1. Analysis of variance for dry rot area of tuber in potato clones after inoculation with *Fusarium* species

| S.O.V. | منابع تغییرات | درجه آزادی df. | میانگین مربعات MS |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| Potato clones | کلون سیب زمینی | 32 | 797.650** |
| Fungal species | گونه قارچی | 1 | 92837.001** |
| Clone × species | کلون × گونه | 32 | 488.249** |
| Error | خطا | 132 | 94.155 |
| Sampling error | خطای نمونه‌گیری | 396 | 93.796 |

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. **: Significant at 1% probability level.

جدول ۲- مقایسه گونه‌های *Fusarium* از نظر ایجاد سطح آلوده غده‌ها به پوسیدگی خشک در غده در کلون‌های سیب‌زمینی

Table 2. Comparison of *Fusarium* species for dry rot area of tubers in potato clones

| گونه‌های فوزاریوم <i>Fusarium</i> species | سطح آلودگی Infected area of tubers(mm ²) |
|--|---|
| <i>Fusarium sambucinum</i> | 42.68 |
| <i>Fusarium solani</i> | 17.68 |
| LSD 5% | 1.57 |

میانگین ۵۶/۸۰ و ۴۸/۰۵ میلی‌مترمربع بود (جدول ۳).

در تحقیقی بررسی مقاومت کلون‌های سیب‌زمینی نسبت به جدایه مهاجم *F. sambucinum* نشان داد که در کلون‌های حساس به بیماری محل آلودگی به تدریج در تمامی جهات پیشروی می‌کند و بافت پریدرم روی لکه فرورفته و چروکیده می‌شود و در همان زمان با خشک شدن بافت مرده زیرین محل آلودگی در گوشت غده، حلقه‌های متحدالمرکزی در سطح ظاهر می‌شود در حالی که در کلون‌های مقاوم تنها در اطراف محل آلودگی لکه کوچک نکروتیکی ظاهر می‌شود

صفت در کلون‌های مورد آزمایش نشان داد که کلون‌های 397074-3، 397007-16، 397009 و رقم *Agria* به ترتیب با میانگین سطح آلودگی ۱۶/۵۲ و ۱۴/۱۶، ۱۲/۴۴، ۱۲/۴۹ کمترین میزان را داشتند. همچنین سطح آلوده کلون‌های 397074-9، 397097-2، 397081-4، 397082-4، 396152-2، 397082-2، 397097-13، 397082-10 و 397045-3 نیز نسبت به سایر کلون‌های مورد بررسی در این تحقیق پایین‌تر بود. بیشترین میزان سطح آلوده غده در کلون‌های مورد بررسی مربوط به کلون‌های میان‌رس 396151-15×396124-79 و 396151-29 با

جدول ۳- مقایسه میانگین سطح آلوده غده در کلون‌های سیب‌زمینی آلوده شده با جدایه گونه‌های

Fusarium

Table 3. Comparison of means of potato clones for infected area on tubers caused by Fusarium species

| ردیف No. | کلون سیب زمینی Potato clones | سطح آلودگی Infected area (mm ²) | ردیف No. | کلون سیب زمینی Potato clones | سطح آلودگی Infected area (mm ²) |
|-------------|---------------------------------|---|-------------|---------------------------------|---|
| 1 | 397074-11 | 44.11 | 18 | Lady Roseta | 36.37 |
| 2 | Agria | 16.52 | 19 | 396136-1 | 29.58 |
| 3 | 396128-1 | 30.74 | 20 | 396124-79/396151-15 | 56.80 |
| 4 | 397081-4 | 22.24 | 21 | 397007-16 | 12.44 |
| 5 | 397082-2 | 23.60 | 22 | 994002-8 | 33.89 |
| 6 | 397082-4 | 20.13 | 23 | 397074-9 | 20.83 |
| 7 | 396157-15 | 36.94 | 24 | 397069-4 | 29.58 |
| 8 | 396156-6 | 35.13 | 25 | 396128-5 | 34.43 |
| 9 | 397009 | 12.49 | 26 | 397097-2 | 20.69 |
| 10 | 397097-13 | 23.74 | 27 | 397082-10 | 24.85 |
| 11 | 397045-13 | 23.05 | 28 | 396152-2 | 23.07 |
| 12 | 396151-14 | 33.61 | 29 | 397045-15 | 30.16 |
| 13 | 396151-29 | 48.05 | 30 | 397045-3 | 28.27 |
| 14 | 397074-12 | 32.91 | 31 | 396128-32 | 29.49 |
| 15 | 397009-6 | 22.49 | 32 | Marfona | 35.97 |
| 16 | 397074-3 | 14.16 | 33 | Sante | 23.88 |
| 17 | 396310-8 | 35.13 | | | |

کی دوی محاسبه شده صفات مزبور نیز در سطح
۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از
مقایسه میانگین ترکیب کلون سیب‌زمینی ×
جدایه فوزاریوم از نظر تیپ آلودگی پوسیدگی

(Vitale et al., 2004).

نتایج آزمون کروسکال والیس صفات تیپ
آلودگی و رشد جوانه‌های کلون‌های
سیب‌زمینی در شرایط آلودگی نشان داد که

جدول ۵- مقایسه ترکیب کلون‌های سیب‌زمینی × جدایه‌های *Fusarium* از نظر میانگین شاخص بیماری
Table 5. Comparison of potato clones × *Fusarium* isolate combinations for mean disease index

| Potato clone × <i>F. solani</i> | جمع رتبه میانگین Total mean | Potato clone × <i>F. sambacinum</i> | جمع رتبه میانگین Total mean |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 397074-11 | 89.66 | 397074-11 | 447.16 |
| Agria | 161.22 | Agria | 294.83 |
| 396128-1 | 161.22 | 396128-1 | 484.61 |
| 397081-4 | 161.22 | 397081-4 | 362.27 |
| 397082-2 | 218.67 | 397082-2 | 399.72 |
| 397082-4 | 218.67 | 397082-4 | 304.83 |
| 396157-15 | 161.22 | 396157-15 | 447.16 |
| 396156-6 | 218.67 | 396156-6 | 428.44 |
| 397009 | 118.38 | 397009 | 218.67 |
| 397097-13 | 161.22 | 397097-13 | 276.11 |
| 397045-13 | 132.50 | 397045-13 | 428.44 |
| 396151-14 | 304.83 | 396151-14 | 391.00 |
| 396151-29 | 304.83 | 396151-29 | 540.77 |
| 397074-12 | 161.22 | 397074-12 | 409.72 |
| 397009-6 | 161.22 | 397009-6 | 399.72 |
| 397074-3 | 175.66 | 397074-3 | 247.38 |
| 396310-8 | 304.83 | 396310-8 | 428.44 |
| Lady Roseta | 304.83 | Lady Roseta | 465.88 |
| 396136-1 | 352.27 | 396136-1 | 447.16 |
| 396124-79/396151-15 | 409.72 | 396124-79/396151-15 | 522.05 |
| 397007-16 | 161.22 | 397007-16 | 294.83 |
| 994002-8 | 189.94 | 994002-8 | 484.61 |
| 397074-9 | 247.38 | 397074-9 | 304.83 |
| 397069-4 | 132.50 | 397069-4 | 352.27 |
| 396128-5 | 218.67 | 396128-5 | 409.72 |
| 397097-2 | 132.50 | 397097-2 | 333.55 |
| 397082-10 | 132.50 | 397082-10 | 333.55 |
| 396152-2 | 161.22 | 396152-2 | 362.27 |
| 397045-15 | 132.50 | 397045-15 | 428.44 |
| 397045-3 | 189.94 | 397045-3 | 484.61 |
| 396128-32 | 189.94 | 396128-32 | 391.00 |
| Marfona | 276.11 | Marfona | 465.88 |
| Sante | 247.38 | Sante | 371.00 |
| TUKEY | | 444.5 | |

جوانه‌زنی کلون‌ها همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد همبستگی بین شاخص آلودگی و سطح آلودگی مثبت بوده و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۷). با توجه به این که تیپ آلودگی در واقع معیاری از میزان نفوذ قارچ عامل بیماری و ایجاد پوسیدگی در درون بافت غده است و سطح آلوده غده‌ها میزان گسترش پوسیدگی غده را نشان می‌دهد چنین استنباط می‌شود که هر چقدر بافت غده

میانگین جمع رتبه شاخص جوانه‌زنی کلون‌های میان‌رس 396151-15 × 396124-79، 396310-8، 396128-32 و 396136-1 به ترتیب ۴۹/۹۴، ۸۲/۴۴، ۹۶/۸۳ و ۱۱۷/۶۱ بود که در مقایسه با سایر کلون‌ها و رقم حساس Lady Roseta پایین‌تر بود (جدول ۶). همبستگی صفات در این تحقیق نشان داد که بین صفات شاخص آلودگی و شاخص جوانه‌زنی همچنین بین سطح آلودگی و شاخص

جدول ۶- مقایسه ترکیب کلون‌های سیب‌زمینی × جدایه‌های *Fusarium* از نظر میانگین میزان رشد جوانه در شرایط آلودگی

Table 6. Comparison of potato clones × *Fusarium* isolate combinations for sprout growth

| Potato clone × <i>F. solani</i> | جمع رتبه میانگین Total mean | Potato clone × <i>F. sambacinum</i> | جمع رتبه میانگین Total mean |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 397074-11 | 561.50 | 397074-11 | 235.88 |
| Agria | 498.27 | Agria | 371.83 |
| 396128-1 | 561.50 | 396128-1 | 197.55 |
| 397081-4 | 533.50 | 397081-4 | 424.66 |
| 397082-2 | 561.50 | 397082-2 | 215.11 |
| 397082-4 | 514.83 | 397082-4 | 371.83 |
| 396157-15 | 533.50 | 396157-15 | 368.66 |
| 396156-6 | 533.50 | 396156-6 | 194.33 |
| 397009 | 561.50 | 397009 | 371.38 |
| 397097-13 | 179.94 | 397097-13 | 141.05 |
| 397045-13 | 256.66 | 397045-13 | 291.88 |
| 396151-14 | 161.83 | 396151-14 | 191.66 |
| 396151-29 | 241.77 | 396151-29 | 215.11 |
| 397074-12 | 150.11 | 397074-12 | 126.66 |
| 397009-6 | 274.44 | 397009-6 | 297.77 |
| 397074-3 | 241.77 | 397074-3 | 351.05 |
| 396310-8 | 194.33 | 396310-8 | 82.44 |
| Lady Roseta | 194.33 | Lady Roseta | 194.33 |
| 396136-1 | 295.05 | 396136-1 | 117.61 |
| 396124-79/396151-15 | 182.61 | 396124-79/396151-15 | 49.94 |
| 397007-16 | 117.61 | 397007-16 | 274.27 |
| 994002-8 | 221.00 | 994002-8 | 347.88 |
| 397074-9 | 224.16 | 397074-9 | 318.55 |
| 397069-4 | 442.27 | 397069-4 | 274.27 |
| 396128-5 | 295.05 | 396128-5 | 235.88 |
| 397097-2 | 224.16 | 397097-2 | 371.83 |
| 397082-10 | 424.66 | 397082-10 | 197.55 |
| 396152-2 | 333.44 | 396152-2 | 371.83 |
| 397045-15 | 295.05 | 397045-15 | 256.22 |
| 397045-3 | 262.55 | 397045-3 | 416.38 |
| 396128-32 | 322.00 | 396128-32 | 96.83 |
| Marfona | 274.27 | Marfona | 256.66 |
| Sante | 442.27 | Sante | 295.05 |
| TUKEY | | 468.7 | |

آلودگی غده‌ها بیشترین تاثیر را در رشد جوانه‌های غده دارد (جدول ۷). نتایج تحقیقات لیچ و وب (Leach and Webb, 1981) در این زمینه نشان داد که بین مقاومت کلون‌های سیب‌زمینی به گونه‌های مختلف عامل بیماری فوزاریوم و جوانه‌زنی غده‌ها همبستگی وجود نداشت لیکن کلون‌های مقاوم یا نسبتاً مقاوم به

مورد هجوم بیشتر قرار گرفته و ضایعه پوسیدگی در آن بیشتر باشد علاوه بر کاهش سطح موثر غده جهت جوانه‌زنی، میزان مواد غذایی جهت جوانه‌زنی و رشد جوانه‌ها کمتر شده و از این رو شاخص جوانه‌زنی در غده‌ها کاهش می‌یابد. همچنان که نتایج حاصل از همبستگی صفات در این تحقیق نیز نشان داد، شاخص

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات کلون‌های سیب‌زمینی پس از انجام آلودگی مصنوعی با جدایه‌های Fusarium عامل بیماری پوسیدگی خشک

Table 7. Correlation coefficients between different traits of potato clones after inoculation with Fusarium species causing potato dry rot

| صفات Traits | شاخص بیماری Disease index | سطح آلودگی غده Infected area of tubers | شاخص جوانه‌زنی غده Sprout growth |
|----------------|------------------------------|--|-------------------------------------|
| Disease index | | | |
| Infected area | 0.725 ** | | |
| Sprout growth | - 0.382 * | - 0.347 * | |

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

** and * : Significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

در ضمن طی بررسی مزرعه‌ای آزمایش‌های سازگاری در مناطق مختلف از بین کلون‌های مزبور که مقاومت بالایی به بیماری پوسیدگی خشک نشان دادند، کلون‌های 2-397097 و 10-397082 با دارا بودن عملکرد بالا به ترتیب به میزان ۲۷٪، ۱۵٪ بیش از رقم تجاری Agria و نیز ماده خشک بالا به ترتیب به میزان ۲۲/۵ و ۲۰/۲ درصد، برای مصارف تازه‌خوری و صنایع فراوری مناسب شناسائی شدند.

بیماری شاخص جوانه‌زنی بالاتری نسبت به کلون‌های حساس داشتند. به طور کلی نتایج حاصل از تحقیق، مقاومت نسبی کلون‌های 397009، 39709713، 10-397082، 2-397097، 16-397007، 3-397074 و رقم Agria با داشتن شاخص آلودگی پایین غده و سطح آلودگی کم در مقایسه با سایر کلون‌ها و ارقام مورد بررسی نسبت به جدایه‌های *F. sambacinum* و *F. solani* عامل پوسیدگی خشک را نشان داد.

References

- Burkhart, C., Christ, B., and Haynes, K. 2005.** The relative virulence of various isolates of Fusarium species on potato. *Phytopathology* 95: 6 (Suppl.).
- Corsini, D., and Pavek, J. J. 1986.** Fusarium dry rot resistant potato germplasm. *American Potato Journal* 63: 629-638.
- Desjardins, A. E., Christ-Harned, E. A., McCormick, S. P., and Secor, G. A. 1993.** Population structure and genetic analysis of field resistance to thiabendazole in *Gibberella pulicaris* from potato tubers. *Phytopathology* 83: 164-170.

- Ellner, F. M. 2002.** Mycotoxins in potato tubers infected by *Fusarium sambucinum*. Mycotoxin Research 18:57-61.
- Hide, G. A., Read, P. J., and Hall, S. M. 1992.** Resistance to thiabendazole in *Fusarium* species isolated from tubers affected by dry rot. Plant Pathology 41: 745-748.
- Hooker, W. J. 2001.** Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Jafarpoor, B. 1989.** Potato Diseases. University of Mashhad Publisher, Mashhad, Iran (in Persian).
- Leach, S. S., and Webb, R. W. 1981.** Resistance of selected potato cultivars and clones to fusarium dry rot. Phytopathology 71: 623-629.
- Lees, A. K., Bradshaw, J. E., and Hellene, S. 1998.** Inheritance of resistance to *Fusarium* spp. and to *Phytophthora infestans* in crosses between Neotuberosum and Tuberosum potatoes estimated by seedling tests. Potato Research 41: 267-275.
- Lynch, L., Kawchuk, M., Chen, Q., and Kokko, M. 2003.** Resistance to *Fusarium sambucinum* in wild and cultivated solanum species. American Journal of Potato Research 80: 353-358.
- Nasr Esfahani, M. 2005.** Susceptibility assessment of potato cultivars to fusarium dry rot species. Potato Research 48: 215-226.
- Ray, H., and Hammerschmidt, R. 1998.** Responses of potato tuber to infection by *Fusarium sambucinum*. Physiological and Molecular Plant Pathology 53: 81-92.
- Vitale, S., Alberino, S., Zonia, A., Parisi, B., and Corazza, D. 2004.** Evaluation of resistance to dry rot and soft rot of potato clones adapted to Mediterranean regions. Phytopathol. Pol. 34: 13-20.
- Wastie, R. L., and Bradshaw, J. E. 1993.** Inheritance of resistance to *Fusarium* spp. in tuber progenies of potato. Potato Research 36: 189-193.
- Wiersma, H. T. 1977.** Laboratory testing for the resistance of potato tubers to dry rot (*Fusarium coreleum*). Potato Research 20: 268-269.
- Zar, J. H. 1996.** Biostatistical Analysis. Printice Hall International Inc., London, UK. 662 pp.