ارزیابی میزان مقاومت ارقام مختلف گوجه‌فرنگی مورد کشت در استان آذربایجان شرقی در برابر نژاد یک قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

نسرین پارسا[۱]، علی ویانی[۲*] و مهدی ارزنلو[۳]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۲- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
* مسئول مکاتبه: viani@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۷

چکیده

پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی ناشی از قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های این گیاه در جهان و ایران است. به‌کارگیری ارقام مقاوم، استفاده از آنتاگونیست‌های قارچی و باکتریایی و رعایت تناوب زراعی چندین ساله از مهم‌ترین شیوه‌های مدیریت این بیماری می‌باشد. با توجه به فقدان اطلاعات جامع و دقیق در مورد واکنش ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در برابر پژمردگی فوزاریومی در استان آذربایجان‌شرقی، این پژوهش به منظور بررسی میزان مقاومت نه رقم گوجه‌فرنگی متداول در ایران انجام گرفت. بر اساس شاخص درصد بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، ارقام Walter و Primo Early به‌ترتیب به‌عنوان ارقام مصون و بسیارحساس شناخته شده و سایر ارقام شامل Falat، King Star، Monalisa، Petopride5، Super Chef، Super Stone و Super Strain b در مقابل عامل بیماری حساس یا نیمه‌حساس بودند. در تمامی ارقام مورد بررسی غیر از رقم Walter، شاخص بیماری، مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری، میانگین وزن خشک ریشه، میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی، میانگین وزن تر ریشه، میانگین وزن تر اندام‌های هوایی، طول ساقه و قطر ساقه در گیاهان آلوده، اختلاف معنی‌داری با گیاهان شاهد در سطح احتمال یک درصد نشان داد. از آنجائی‌که در ارقام Super Strain b، Super Chef و Falat، شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، دارای کمترین مقدار در بین ۹ رقم مورد بررسی بود لذا این سه رقم برای مدیریت بهتر بیماری می‌توانند مورد استفاده کشاورزان قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارقام‌گوجه‌فرنگی، پژمردگی فوزاریومی، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، شدت بیماری، مقاومت.

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* (Mill) گیاهی از تیره بادنجانیان و یکی از مهم‌ترین سبزیجات در دنیا می‌باشد (سینگ و همکاران ۲۰۱۵؛ امینی و سیدوویچ ۲۰۱۰). طبق آمار سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی، در سال ۲۰۱۶ ایران با تولید سالانه ۶۳۷۲۶۳۳ تن گوجه‌فرنگی رتبه هفتم را در بین کشورهای تولید کننده این محصول در سطح جهان داشته است (بی‌نام ۲۰۱۶). در استان آذربایجان‌شرقی نیز سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی در سال زراعی ۹۷-۹۶ حدود ۳۴۰۰ هکتار و میزان تولید محصول در حدود ۱۴۶ هزار تن برآورد شده است (بی‌نام ۱۳۹۷). پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی که به‌وسیله قارچ *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL) ایجاد می‌شود، یکی از شایع‌ترین بیماری‌های این گیاه در سرتاسر جهان و از جمله در کشور ایران می‌باشد (اکرم و همکاران۲۰۱۴؛ امینی و سیدوویچ ۲۰۱۰؛ سینگ و همکاران ۲۰۱۵؛ منافی و همکاران۱۳۹۱؛ ویانی و همکاران ۱۳۸۶) و باعث ایجاد خسارت شدید اقتصادی در مزارع گوجه‌فرنگی می‌شود (بنهامو و همکاران ۱۹۹۸). این قارچ، اولین بار در انگلستان در سال ۱۸۹۵ توسط ماسی گزارش شد (ماسی ۱۸۹۵). کنترل این بیماری در مزرعه

دشوار است زیرا قارچ بیمارگر می‌تواند در مدت زمان طولانی به صورت میسلیوم در بقایای گیاهی و یا به شکل کلامیدوسپور در خاک زنده بماند (هاوار و همکاران ۱۹۹۶؛ اگریوس ۲۰۰۵). کنترل شیمیایی به دلیل خاکزاد و بذرزاد بودن این بیماری موثر نیست (اگریوس ۲۰۰۵؛ دی پیترو و همکاران ۲۰۰۳؛ دجاتنیکا و هرمانتو ۲۰۰۳). برای کنترل زیستی بیماری، میکروارگانیسم‌های مختلف آنتاگونیست به‌کار گرفته شده‌اند اما تاثیر آن‌ها در شرایط مزرعه‌ای هنوز به‌طور کامل موفقیت‌آمیز نبوده است (باستاسا و بالیاد ۲۰۰۵). استفاده از مقاومت ژنتیکی در ژرم پلاسم‌های گوجه‌فرنگی (گونه‌های میزبان وحشی که به‌عنوان منبع عمده ژن‌های مقاومت هستند) و انتقال ژنهای مقاومت به ارقام زراعی از مهم‌ترین شیوه-های کنترل این بیماری به عنوان روشی سازگار با محیط‌زیست می‌باشد همچنین از مزایای استفاده از این روش، می‌توان به صرفه‌جویی در هزینه مواد شیمیایی و فراهم شدن امکان کشت در مزارع آلوده به بیمارگر اشاره کرد (مدینا-فیلحو و تانکسلی ۱۹۸۳؛ نیک‌نژاد کاظم‌پور و اکبری۱۳۸۱؛ شئو و ونگ ۲۰۰۶؛ امینی ۲۰۰۹). اکرم و همکاران (۲۰۱۴) با گزارش حساسیت ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در مقابل جدایه‌های FOL، سه رقم Pride Burn، Red Power و Sun Grape را به‌عنوان رقم نیمه حساس در پاکستان معرفی کردند. مرید و حاج منصور (۱۳۹۱) ژن‌های مقاوم به بیماری پژمردگی فوزاریومی را با استفاده از نشانگر CAPS در۲۷ رقم و هیبرید گوجه‌فرنگی بررسی نموده و ۱۴ مورد از آنها را به‌عنوان مقاوم به نژاد ۲ و بقیه را حساس گزارش کردند. منافی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با ارزیابی سه رقم گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی نسبت به بیماری پژمردگی فوزاریومی، علائم بیماری شامل زردی برگ‌ها، کوتولگی، کم حجم شدن ریشه‌ها و قهوه‌ای شدن آوند را در رقم Danfild نسبت به سایر ارقام بیشتر مشاهده کرده و میزان شاخص بیماری را ۵۰ درصد برآورد کردند و این رقم را به‌عنوان رقم حساس گلخانه‌ای در استان آذربایجان‌شرقی نسبت به جدایه *F. oxysporum* معرفی کردند. خرسندی و همکاران (۱۳۸۸) واکنش ارقام رایج کشت گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی به پژمردگی فوزاریومی را بررسی و رقم Super Strain b را به‌عنوان مقاوم، ارقام Mobil، Laleh و Super Chef را نیمه مقاوم و ارقام Linda و Urbana را به‌عنوان ارقام حساس معرفی کردند. ویانی و همکاران (۱۳۸۶) گونه‌های فوزاریوم عامل بیماری پژمردگی گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی، گونه‌های غالب قارچ در استان، پراکنش و درصد وقوع بیماری و در نهایت، انتقال بذری عوامل بیماری را مورد بررسی قرار داده و ضدعفونی بذور با سموم تماسی را یکی از روشهای کنترل بیماری ذکر نمودند همچنین در تحقیقات آنها Western Red و Red Cloud به‌عنوان ارقام کاملا حساس به بیماری شناخته شد. امینی (۲۰۰۹) جدایه‌های مختلف قارچ *F. oxysporum* را از مزارع گوجه‌فرنگی آلوده به بیماری پژمردگی در کردستان جمع‌آوری کرده و با تعیین نژاد، همه آنها را متعلق به نژاد یک معرفی کرد. در این تحقیق، ارقام Beliy nalive-241 ، Peto Prides و Dozctl خیلی حساس و ارقام Blagevest و Benito مقاوم و بدون علائم شناخته شدند. با توجه به اینکه در مورد واکنش ارقام مختلف گوجه‌فرنگی نسبت به عامل بیماری به خصوص در استان آذربایجان‌شرقی و در سالهای اخیر اطلاعات کامل و جامعی وجود ندارد، لذا هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی مقاومت نه رقم گوجه‌فرنگی نسبت به بیماری ذکر شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کشت بذور و تهیه نشاهای گوجه‌فرنگی

ابتدا بذور نه رقم گوجه‌فرنگی رایج در کشت مزرعه-ای به‌نام‌های Walter، Primo Early، Super Stone، Petopride5، King Star، Monalisa، Super Chef، Falat و Super Strain b از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. بذرها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۱ دقیقه ضدعفونی و سپس به مدت یک دقیقه در آب سترون قرار داده شدند. بذرهای هر کدام از ارقام به طور جداگانه به مدت ۲ روز لای کاغذ صافی سترون خیسانده شده و پس از جوانه-زنی، به بسترهای کشت حاوی مخلوط خاک و پرلیت

سترون به نسبت ۱:۲ انتقال داده شدند. گیاهچه‌ها به مدت سی روز در دمای ۲±۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و طول دوره‌ی روشنایی ۱۶ ساعت در شبانه روز نگهداری شده و بعد از رسیدن به مرحله ۲ تا ۴ برگی، آماده‌ی مایه‌زنی شدند. در طول این مدت گیاهچه‌ها دو بار در هفته آبیاری شده و برای رشد آن‌ها دو بار از محلول غذایی راریسون (شامل عناصر ریز مغذی آهن، روی، مس، منگنز) استفاده شد.

تهیه‌ی زادمایه قارچ عامل بیماری و مایه‌زنی گیاهچه‌ها

جدایه *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (004) از آزمایشگاه قارچ‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز تهیه شد. منشا این جدایه کشور هلند بوده و به‌عنوان نژاد ۱ این بیمارگر شناسایی شده بود. قارچ عامل بیماری بعد از خالص‌سازی به روش نوک‌ریسه، روی محیط کشت SNA به مدت ۱۴-۱۰ روز کشت شده و سپس سوسپانسیونی با غلظت 10^6 اسپور در هر میلی‌لیتر از طریق شمارش با لام هماسیتومتر تهیه گردید. یک روز قبل از مایه‌زنی، خاک گلدان‌ها آبیاری شد تا خارج کردن ریشه‌ها به سهولت انجام شود. گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی با دقت از خاک درآورده شده و بعد از شستشو با جریان آب ملایم، ریشه آنها به مدت ۱۰دقیقه درون سوسپانسیون اسپور، غوطه‌ور شده (امینی، ۲۰۰۹؛ تائه‌کیم و همکاران، ۲۰۰۱) و سپس این گیاهچه‌ها در گلدان‌های اصلی حاوی خاک زراعی و ماسه و پرلیت پاستوریزه شده به نسبت ۱:۱:۲ نشا گردیدند. ریشه گیاهچه‌های شاهد نیز به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر سترون فرو برده شدند و سپس اقدام به کشت آنها در گلدان‌های اصلی گردید.

صفات و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

پس از ظهور علائم بیماری در گیاهان تلقیح شده، شدت بیماری در پنج مرحله زمانی و به ترتیب پس از گذشت ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۴۲روز از مایه‌زنی گیاهان با جدایه مورد آزمایش با استفاده از روش سونگ و همکاران (۲۰۰۴) به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

۰= گیاه سالم و مصون از هرگونه علائم، ۱= ظهور علائم کلروز در یک یا دو عدد از برگ‌ها، ۲۵٪ برگ‌ها پژمرده، ۲= ظهور علائم زردی در دو یا سه عدد از برگ‌ها، ۵۰٪ برگ‌ها پژمرده، ۳= ظهور علائم در همه برگ‌ها، ۷۵٪ برگ‌ها پژمرده، ۴= ۱۰۰٪ برگ‌ها پژمرده و مرگ کامل گیاه.

پس از اندازه‌گیری شدت نهایی بیماری، شاخص بیماری (DI[1]) بر حسب درصد، طبق معادله زیر محاسبه گردید (کاشینرو و همکاران ۲۰۰۲):

$$DI = [(ni \times si) / (N \times S)] \times 100$$

در این معادله، ni تعداد گیاه در هر تیمار، si شدت بیماری در هر تیمار طبق مقیاس، N تعداد کل گیاهان مورد بررسی و S بالاترین شدت بیماری مطابق مقیاس مورد استفاده می‌باشد. بر اساس شاخص بیماری، ارقام گوجه‌فرنگی به پنج گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند (دان سودارسونو۲۰۰۴):

۱- مصون (٪ ۰=DI) ، ۲- مقاوم (٪۲۰-۱=DI)، ۳- نیمه‌حساس (٪۴۰-۲۱=DI)، ۴- حساس (٪۷۰-۴۱=DI)، ۵- بسیارحساس (٪۱۰۰-۷۱=DI). مطابق گروه‌بندی فوق و پس از تعیین شاخص بیماری، میزان مقاومت یا حساسیت ارقام گوجه‌فرنگی مورد آزمایش، ارزیابی گردید. همچنین با محاسبه شاخص بیماری بر حسب درصد در پنج مرحله‌ی زمانی، درجه‌ی حساسیت و مقاومت ارقام در مقایسه با یکدیگر با محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری(AUDPC)[2] به شرح زیر تعیین گردید (مادن و همکاران ۲۰۰۷):

$$\mathrm{AUDPC} = \sum_{i}^{n-1} \left(\frac{y_{i+1} + y_i}{2}\right) \times (t_{i+1} - t_i)$$

در پایان آزمایش، وزن خشک و تر ریشه، وزن خشک و تر اندام‌های هوایی، طول ساقه و قطر ساقه به تفکیک در تیمارها و تکرارهای مختلف اندازه‌گیری شده و هر رقم با گیاه شاهد مربوط به خود، مورد مقایسه قرار گرفت.

[1] Disease Index
[2] Area Under Disease Progress Curve

طرح آزمایشی و تجزیه آماری نتایج

ارزیابی میزان مقاومت ارقام در قالب یک آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی در پنج تکرار انجام گرفت. فاکتور عامل بیماری در دو سطح آلودگی و عدم آلودگی و فاکتور رقم گیاه در نه سطح شامل نه رقم گوجه‌فرنگی، مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس و تحلیل آماری نتایج، با استفاده از نرم افزار SPSS ver.22، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد و رسم نمودارها با نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ انجام گرفت.

نتایج

علائم بیماری در گیاهچه‌های مایه‌زنی شده

علائم بیماری در بوته‌های گوجه‌فرنگی تمامی ارقام به غیر از رقم Walter، کم و بیش به‌صورت زردی، پژمردگی، قهوه‌ای شدن برگ‌ها، خمیدگی دم‌برگ‌ها، خشکیدگی و ریزش برگ‌ها و قهوه‌ای شدن آوندها مشاهده گردید (شکل۱).

شکل۱- قهوه‌ای شدن آوندی و زردی در برگ بوته‌های گوجه‌فرنگی آلوده به قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* .

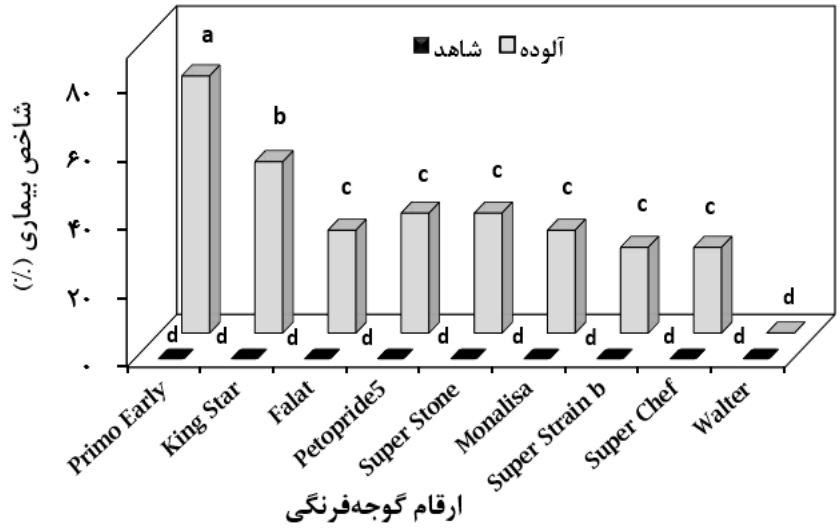
جدول۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی پس از آلوده سازی آنها با قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* .

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	طول ساقه	قطر ساقه	شاخص بیماری	AUDPC
رقم	۸	۱۱۰/۹**	۶/۵**	۲/۲۶**	۰/۰۴**	۵۵۷/۵**	۱/۲**	۱۰۲۷/۸**	۲۰۴۴**
آلودگی	۱	۳۴۶۳**	۲۳۴/۸**	۷۸/۷**	۱/۷**	۳۰۰۵/۶**	۱۱/۱**	۲۵۸۴۰/۳**	۱۳۵۲۲**
رقم × آلودگی	۸	۲۶/۹**	۱۲/۵**	۱/۳**	۰/۰۵**	۶۶/۳**	۰/۳**	۱۰۲۷/۸**	۹۰۸**
خطا	۷۲	۳/۴۶	۰/۵۱	۰/۱۶	۰/۰۰۶	۲/۲۶	۰/۰۶	۳۴/۷	۲۷/۶
CV(٪)	–	۷/۳۹	۱۱/۷۲	۱۱/۲۰	۱۲/۵۲	۴/۱۶	۴/۸۶	۳۴/۸۶	۳۲/۱

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

صفات و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

براساس جدول تجزیه واریانس، بین ارقام مختلف گوجه‌فرنگی و نیز بین سطوح مختلف آلودگی از نظر تمام صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. همچنین اثرات متقابل بین ارقام و سطوح آلودگی نیز در تمام صفات مورد بررسی، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد (جدول۱). در بررسی واکنش ارقام گوجه‌فرنگی در برابر قارچ عامل بیماری، رقم Walter و Primo Early با شاخص بیماری صفر و ۷۵ درصد به ترتیب به عنوان رقم مصون و بسیار حساس شناخته شده و سایر ارقام شامل Falat، Petopride5، Super Stone، Monalisa، Super Strain b و Super Chef با شاخص بیماری ۴۰-۲۰ درصد در گروه نیمه حساس و رقم King Star با شاخص بیماری ۵۰ درصد در گروه حساس قرار گرفتند (شکل۲).

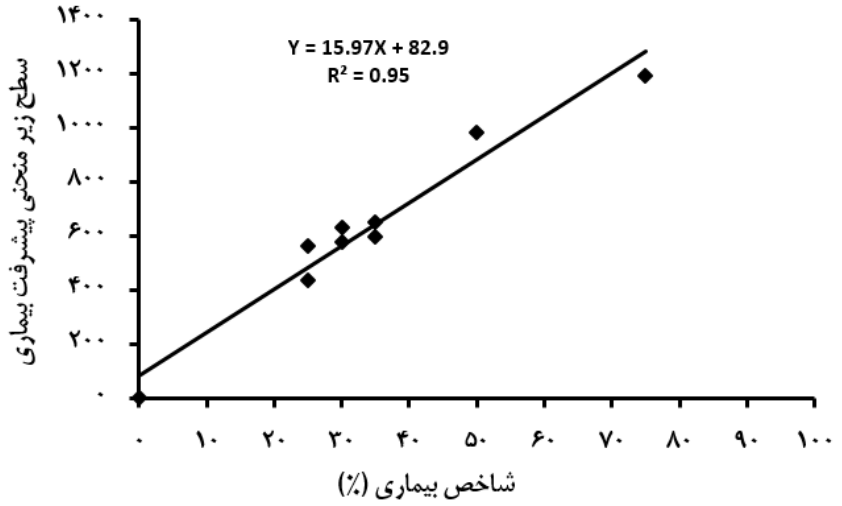


شکل ۲- شاخص بیماری پژمردگی فوزاریومی در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی شش هفته پس ازآلوده‌سازی آنها با قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* در مقایسه با گیاهان شاهد. (حروف لاتین متفاوت، بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد).

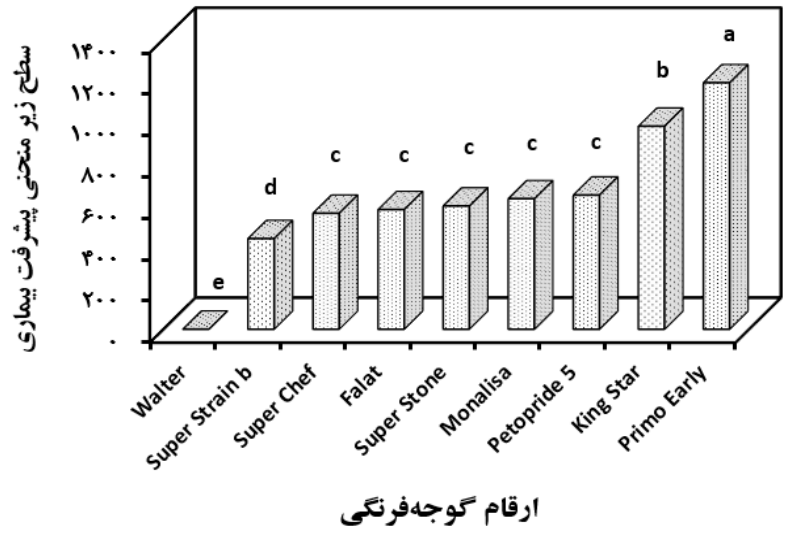
ارتباط و همبستگی فاکتور شاخص بیماری با سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس خط رگرسیون رسم شده، بین این دو فاکتور که از اجزای مهم مقاومت هستند، ارتباط مثبت و مستقیم وجود دارد و ضریب تبیین بالای خط رگرسون (R^2=0.95) بیانگر این موضوع می‌باشد. با توجه به مقادیر AUDPC، تفاوت معنی‌داری بین ارقام گوجه‌فرنگی مورد بررسی در برابر عامل بیماری پژمردگی فوزاریومی وجود داشت (شکل۳) و بر این اساس ارقام Primo Early و Super Strain b به ترتیب بیشترین (۱۱۹۰) و کمترین (۴۳۷/۵) مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری را دارا بودند و به ترتیب به‌عنوان ارقام بسیار حساس و نیمه حساس شناخته شدند. در رقم مقاوم Walter نیز به‌دلیل عدم ایجاد بیماری، این مساحت برابر صفر محاسبه شد. مقادیر سایر ارقام نیز حالتی حدواسط داشته و این ارقام واکنش نیمه حساس یا حساس از خود نشان دادند.

در شکل ۵، در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی گیاهان تلقیح شده با قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* از نظر میانگین وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، طول ساقه و قطر ساقه، با گیاهان شاهد سالم از همان رقم مربوطه مقایسه شده است. در تمامی ارقام مورد بررسی غیر از رقم Walter میانگین وزن خشک ریشه، میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی، طول

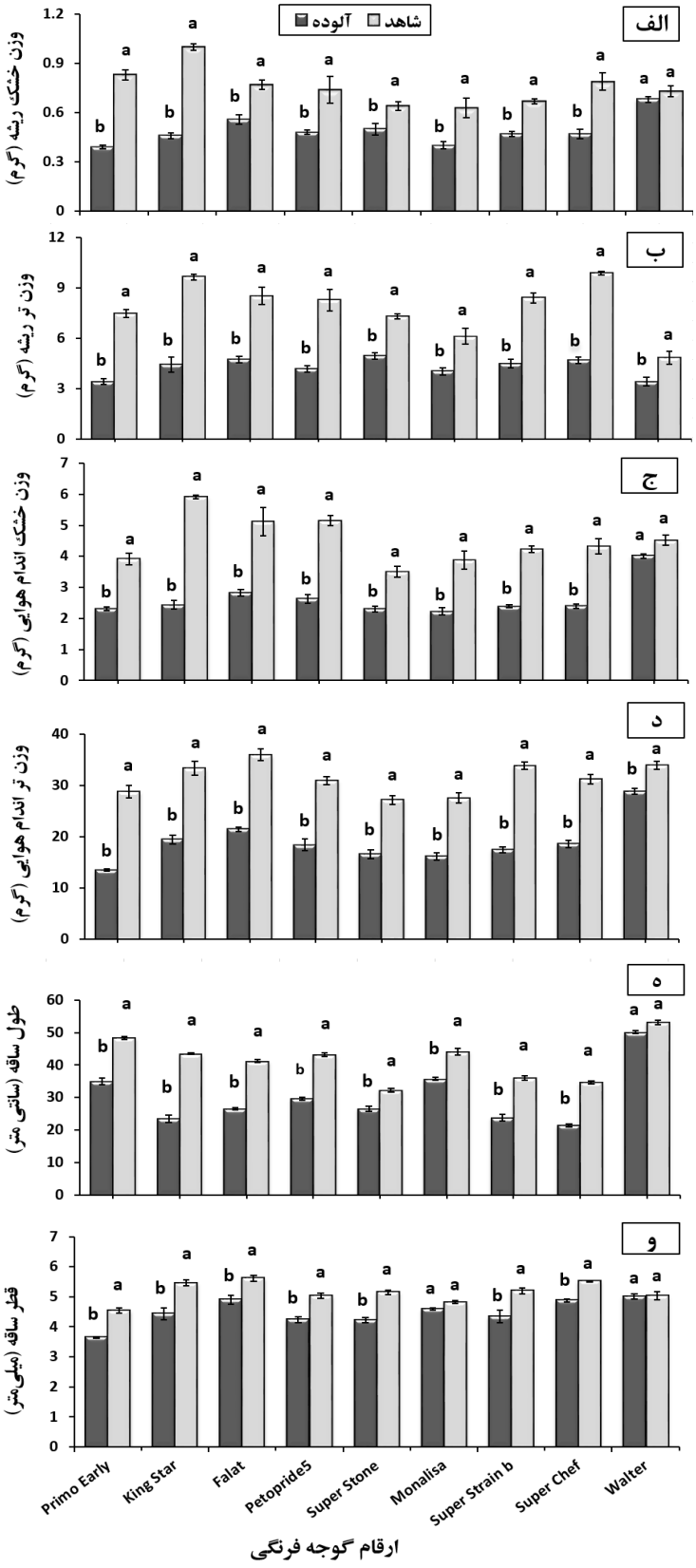
ساقه و قطر ساقه در گیاهان آلوده، اختلاف معنی‌داری با گیاهان شاهد سالم در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. از نظر وزن تر ریشه و وزن تر اندام‌های هوایی، بین گیاهان شاهد و آلوده در تمامی ارقام مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. از نظر قطر ساقه، تنها در دو رقم Monalisa و Walter بین گیاهان شاهد و آلوده اختلاف معنی‌دار مشاهده نشده و هردو در گروه a قرار گرفتند ولی این اختلاف در سایر ارقام از نظر آماری معنی‌دار بود.



شکل۳- ارتباط بین سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و شاخص بیماری پژمردگی فوزاریومی بر اساس رگرسیون خطی ساده در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی پس از آلوده‌سازی مصنوعی آنها با قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* .



شکل۴- سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در طول شش هفته پس از مایه‌زنی آنها با قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* .



شکل۵- مقایسه میانگین گیاهان شاهد و آلوده از نظر صفات مورد بررسی در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی پس از آلوده‌سازی آنها با قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* ، الف- میانگین وزن خشک ریشه، ب- میانگین وزن تر ریشه، ج- میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی، د- میانگین وزن تر اندام‌های هوایی، ه- میانگین طول ساقه، و- میانگین قطر ساقه.

بحث

در ارقام گوجه‌فرنگی مورد آزمایش در این تحقیق که واکنش حساسیت یا حساسیت نسبی از خود نشان دادند، علائم بیماری ابتدا در برگ‌های جوان به صورت زردی مشاهده شد. زردی کم‌کم گسترش یافته و کل پهنک برگ را فرا گرفت و برگ‌های مسن، قهوه‌ای شده و ریزش کردند. کوتولگی گیاهان و کم‌حجم شدن ریشه و قهوه‌ای شدن آوندی نیز در گیاهان آلوده مشاهده شد بنابراین، علائم ایجاد شده در این تحقیق با گزارشات بسیاری از محققین از جمله باوا (۲۰۱۶)، مک گاورن (۲۰۱۵)، آگریوس (۲۰۰۵) و جونز و همکاران (۱۹۹۱) مطابقت داشت. در پژمردگی فوزاریومی، قهوه‌ای شدن سیستم آوندی از ویژگی‌های اختصاصی این بیماری بوده و جهت تشخیص بیماری بکار می‌رود. ریسه‌ها از درون آوندها به طرف بالای گیاه رشد و توسعه یافته و با تولید میسیلیوم و اسپورهای غیرجنسی، آوندها را در زیر صفحه غربالی مسدود نموده و مانع انتقال آب و املاح می گردند و در نتیجه گیاه آلوده پژمرده می‌شود (صارمی ۱۳۷۹). در این تحقیق نیز قهوه‌ای شدن آوندها در گیاهان تلقیح شده با قارچ عامل بیماری در تمامی ارقام مورد بررسی غیر از رقم والتر، به‌خوبی و به‌وضوح مشاهده شد که با گزارشات صارمی (۱۳۷۹)، آگریوس (۲۰۰۵)، بارگس و همکاران (۲۰۰۸) و مک‌گاورن (۲۰۱۵) نیز مطابقت نشان داد. با توجه به نتایج بدست آمده از بررسی واکنش ارقام گوجه‌فرنگی در برابر قارچ عامل بیماری، رقم Walter و Primo Early با شاخص بیماری صفر و ۷۵ درصد به‌ترتیب به‌عنوان رقم مصون و رقم بسیار حساس شناخته شدند. بیشترین تفاوت بین گیاهان شاهد و آلوده از نظر خصوصیات مورد بررسی مانند وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی نیز در رقم Primo Early، مشاهده شد. در تحقیق حاضر، برای شناسایی و معرفی ارقام مقاوم و حساس به بیماری، مقادیر سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) نیز مورد استفاده قرار گرفت و نتایج نشان داد که اندازه‌گیری و محاسبه این مساحت می‌تواند به‌عنوان شاخصی کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. در همین ارتباط، گریگولی و همکاران (۲۰۱۱) پنجاه ژنوتیپ گوجه‌فرنگی را از نظر واکنش به بلایت زودرس بر اساس میزان شدت بیماری وAUDPC با همدیگر مقایسه و در نهایت، ده ژنوتیپ با کمترین AUDPC را به‌عنوان منابع مقاومت در برنامه‌های اصلاحی توصیه کردند. مهرابی کرمانی (۱۳۹۱) در بررسی واکنش ۷۲ نمونه منتخب کلکسیون گوجه‌فرنگی بانک ژن گیاهی ایران نسبت به آلترناریای عامل شانکر ساقه، بر اساس AUDPC دو نمونه را به‌عنوان لاین متحمل و چهار مورد را به‌عنوان حساس‌ترین نمونه‌ها معرفی کرد. حنیفه‌ای (۱۳۹۱) با تحقیق روی توده‌های خربزه، توده ایزابل را با کمترین مقادیر شدت بیماری وAUDPC، به‌عنوان مقاوم‌ترین توده و شادگانی را با بیشترین مقدارAUDPC به‌عنوان حساس‌ترین توده شناسایی کرد. میرکریمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با استفاده از شاخصAUDPC، مقاومت ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی را به بیماری لکه‌موجی بررسی کردند. مرادی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی بر روی زنگ زرد گندم نشان دادند که ارتباط زیادی بین AUDPC و شدت آلودگی و ضریب آلودگی در ژنوتیپ‌های گندم از نظر مقاومت به بیماری وجود دارد. در تحقیق ما نیز جهت بررسی ارتباط سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با شدت نهایی بیماری، تجزیه رگرسیون ساده انجام شد و ضریب تبیین بالای مدل رگرسیون (R^2=0.95)، ارتباط قوی بین این دو فاکتور را نشان داد. بر این اساس، از مقادیر AUDPC برای تعیین مقاومت یا حساسیت ارقام گوجه‌فرنگی بهره گرفته شد. در بین ارقام مورد بررسی در تحقیق حاضر، سه رقم Falat، Super Chef و Super Strain b که بنابر اعلام سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی، بالاترین میزان سطح کشت را در این استان به خود اختصاص می‌دهند، با شاخص بیماری به ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۲۵ درصد و مقادیر AUDPC به‌ترتیب برابر ۵۷۷/۵، ۵۶۰ و ۴۳۷/۵ ، کمترین میزان شدت بیماری و آلودگی را نشان داده و جزو ارقام نیمه‌حساس طبقه‌بندی شدند. واکنش سایر ارقام شامل Super Stone، Petopride5،

Kingstar و Monalisa نیز در برابر قارچ عامل پژمردگی فوزاریومی برای اولین بار در این تحقیق به عنوان حساس تعیین گردید و این اطلاعات می‌تواند در سطح ملی برای سازمان‌های جهاد کشاورزی و بخش‌های حفظ نباتات و ترویج کشاورزی در راستای اطلاع‌رسانی به کشاورزان و مدیریت بیماری مفید واقع گردد. در استان آذربایجان‌شرقی از زمانی نسبتا طولانی یعنی از نه سال پیش (۱۳۸۸) تاکنون هیچ نوع بررسی در مورد مقاومت ارقام گوجه‌فرنگی مورد کشت در برابر بیماری پژمردگی فوزاریومی به‌عمل نیامده است و آخرین گزارش در این مورد مربوط به خرسندی و همکاران (۱۳۸۸) می‌باشد که واکنش شش رقم رایج کشت گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی به پژمردگی فوزاریومی را بررسی و رقم سوپر استرین بی را به‌عنوان مقاوم، ارقام موبیل، لاله و سوپرچف را نیمه مقاوم و ارقام لیندا و اوربانا را به‌عنوان ارقام حساس معرفی کردند. در تحقیقات منافی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در استان آذربایجان‌شرقی سه رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای از نظر میزان مقاومت به پژمردگی فوزاریومی مورد بررسی قرار گرفته بود و اطلاعاتی در مورد مقاومت ارقام گوجه‌فرنگی مورد کشت در فضای باز (غیر گلخانه‌ای) وجود نداشت، بنابراین در استان آذربایجان‌شرقی در مورد ارقام متداول و رایج در منطقه و ارقام دیگری که در سطوح کمتری مورد کشت قرار می‌گیرند به‌خصوص در سال‌های اخیر، اطلاعات جامعی وجود نداشت از طرف دیگر، در گزارشات ارائه شده در این استان، اشاره‌ای به نژاد فیزیولوژیکی قارچ عامل بیماری نشده بود حال آنکه در تحقیق ما، واکنش ارقام در برابر نژاد شماره یک قارچ فوزاریوم تعیین گردید بنابراین، نتایج حاصل شده در این تحقیق، نوآوری و تمایز این پژوهش را نسبت به گزارشات قبلی نشان می‌دهد. اطلاعات به‌دست آمده در تحقیق حاضر تفاوت‌ها و شباهت‌هایی را با یافته‌های سایر محققان نشان داد به‌عنوان مثال، صدروی و ستایش مهر (۱۳۸۷) در بررسی واکنش چهار رقم تجاری گوجه‌فرنگی نسبت به پژمردگی فوزاریومی در خراسان شمالی، نشان دادند که رقم سوپراسترین بی با ۲۸٪ آلودگی دارای مقاومت قابل ملاحظه‌ای در برابر عامل بیماری می‌باشد. ایشان شدت بیماری در رقم فلات را هم حدود ۸۷درصد تخمین زدند. در تحقیق ما، آلودگی رقم سوپراسترین بی، ۳۰ درصد تعیین شد که با یافته‌های ایشان مطابقت نشان می‌دهد اما رقم فلات در تحقیق ما از شدت آلودگی ۳۰درصد برخوردار بود که تفاوت زیادی را با یافته های صدروی و ستایش مهر نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد این اختلاف ناشی از تفاوت در نژاد فیزیولوژیکی قارچ عامل بیماری یا تفاوت در شدت بیماریزایی جدایه قارچی مورد استفاده و یا ناشی از برخی عوامل ناشناخته مانند تفاوت در شرایط آزمایشگاهی باشد. خرسندی و همکاران (۱۳۸۸) نیز واکنش شش رقم رایج کشت گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی به پژمردگی فوزاریومی را بررسی و ارقام Super Strain b و Super Chef را به ترتیب با ۰ و ۷/۸ درصد آلودگی، به‌عنوان ارقام مقاوم و نیمه مقاوم معرفی کردند، حال آنکه در تحقیق حاضر، واکنش هر دو رقم مذکور با شاخص بیماری حدود ۲۵ درصد به‌صورت نیمه‌حساس مشاهده گردید که مطابقت چندانی با گزارش خرسندی و همکاران (۱۳۸۸) نشان نداد. این اختلاف را می‌توان به یکسان نبودن شرایط لازم برای توسعه بیماری و یا تفاوت در نحوه و زمان یادداشت‌برداری از شدت بیماری نسبت داد.

در تمام ارقام مورد بررسی، بین گیاهان شاهد و گیاهان تلقیح شده با بیمارگر، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد از نظر خصوصیات رشدی گیاه وجود داشت. تنها در رقم Walter برخی از این خصوصیات در گیاهان سالم و گیاهان تلقیح شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند و این مسئله نیز به‌دلیل مصون بودن این رقم از بیماری می‌باشد که قارچ عامل بیماری قادر به کلونیزه کردن ریشه‌ها و کاهش دادن ویژگی‌های رشدی گیاه نیست درحالی که در رقم پرایموارلی، به‌دلیل بسیار حساس بودن در برابر بیماری، این خصوصیات رشدی نیز در گیاهان تلقیح شده، به‌شدت کاهش یافته و به کمترین مقدار در بین ارقام مورد بررسی رسید. رقم والتر علیرغم اینکه در برابر بیماری پژمردگی فوزاریومی مصون می باشد اما به‌دلیل حساسیت شدید به نماتد ریشه گرهی (نیاستی و سعیدی زاده ۱۳۹۱) و نرم و شل

بودن بافت میوه (بر اساس مشاهدات عملی در مزرعه) و عدم استحکام آن در زمان برداشت تا انتقال به بازارهای مصرف و نیز برای نگهداری در انبار، ممکن است چندان مورد استقبال کشاورزان قرار نگیرد. کمالی دهقان و همکاران (۱۳۹۲) نیز در نتایج تحقیقات خود نشان دادند که هرچند رقم Walter مقاوم به پژمردگی فوزاریومی است اما در حضور نماتد ریشه گرهی، میزان پژمردگی و آلودگی ناشی از فوزاریوم در این رقم نیز افزایش خواهد یافت. رقمSuper Strain b و در درجه بعدی، ارقام Super Chef و Falat، هم کمترین میزان شدت بیماری را دارند و هم بافت میوه آن‌ها از استحکام خوبی برخوردار است لذا این ارقام می‌توانند مورد استقبال کشاورزان قرار گیرند. با توجه به نتیجه مهم حاصل شده در این تحقیق که نشان داد رقم پرایموارلی به‌عنوان بسیار حساس و سایر ارقام به عنوان نیمه حساس یا حساس به بیماری هستند، آشنا کردن کشاورزان با این ارقام و توصیه آنها به استفاده از ارقام مقاوم یا نیمه حساس و عدم کشت ارقام حساس به خصوص در مناطقی که این بیماری در آن نواحی شایع است کمک فراوانی به کنترل زیست‌سازگار بیماری مهم پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی کرده و باعث کاهش خسارات حاصل از این بیماری مخرب خواهد شد.

منابع

بی‌نام. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی، بخش زراعت، سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی.

حنیفه‌ای م، ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل تودهای خربزه بومی کشور به بیماری پژمردگی آوندی خربزه (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی گرایش اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

خرسندی س، بابای اهری ا، رضائی س و محمدی پور م، ۱۳۸۸. واکنش ارقام رایج کشت گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی به بیماری پژمردگی فوزاریومی. پژوهش در علوم زراعی، سال ۲ شماره ۵، صفحه‌های ۸۵ تا ۹۲.

صارمی ح، ۱۳۷۹. بیماریهای گیاهی ناشی ازگونه‌های فوزاریوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

صدروی م و ستایش مهر ف، ۱۳۸۷. بیماری‌های قارچی گوجه‌فرنگی در استان خراسان شمالی و واکنش ۴ رقم تجاری نسبت به آنها. بیماری‌های گیاهی، جلد ۴۴، صفحه‌های ۳۵۵ تا ۳۶۱.

کمالی دهقان ا، سعیدی زاده ا، اسکندری ع و رهجو و، ۱۳۹۲. مطالعه اثر قارچ عامل پژمردگی فوزاریومی *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* و نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne incognita* بر فاکتورهای رویشی ارقام گوجه فرنگی. مجله زارعت و اصلاح نباتات. جلد ۹، شماره ۲ صفحه‌های ۵۷ تا ۷۵.

مرادی ر، امینی ج، احمدی غ ح و بدخشان ه، ۱۳۹۵. ارزیابی مقاومت گیاه کامل تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نان به پاتوتیپ +6E158A عامل بیماری زنگ زرد گندم. گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۹، شماره ۲، صفحه‌های ۲۳ تا ۳۷.

مرید ب و حاج منصور ش، ۱۳۹۱. ردیابی ژن‌های مقاوم به بیماری پژمردگی فوزاریومی در ارقام گوجه فرنگی با استفاده از نشانگر CAPS. فصل نامه دانش نوین کشاورزی پایدار، جلد ۸، شماره۱، صفحه‌های ۶۶ تا ۷۴.

منافی ر، بابای‌اهری ا، ارزنلو م و ولیزاده م، ۱۳۹۱. ارزیابی مقاومت ارقام رایج کشت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان‌شرقی به بیماری پژمردگی فوزاریومی و بررسی امکان کنترل زیستی این بیماری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد۲۲، شماره ۱، صفحه‌های ۱۴۵ تا ۱۵۸.

مهرابی کرمانی ا، ۱۳۹۱. ردیابی ژن مقاومت به *Alternaria arborescens* در نمونه‌های منتخب کلکسیون گوجه‌فرنگی بانک ژن گیاهی ایران و بررسی عکس‌العمل فنوتیپی آنها به قارچ عامل بیماری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

میرکریمی ح ر، عباسی‌مقدم ا و مظفری ج، ۱۳۹۲. ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی نسبت به بیماری لکه‌موجی ناشی از بیمارگر قارچی *Alternaria tenuissima* و *Alternaria allternata* در شرایط درون شیشه‌ای و گلخانه‌ای. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، جلد ۲۰، شماره ۴، صفحه‌های ۱۱۷ تا ۱۳۲.

نیک نژاد کاظم پور م و اکبری ک، ۱۳۸۱. مدیریت بیماریهای گیاهی. نشر علوم کشاورزی.

نیاستی ف و سعیدی زاده ا، ۱۳۹۱. اثر آنتاگونیستی *Trichoderma viride* بر *Meloidogyne javanica* در ریزوسفر ارقام گوجه فرنگی. فصلنامه فن آوری های نوین کشاورزی، سال پنجم شماره ۳ صفحه‌های ۱۲۱ تا ۱۳۹.

ویانی ع، علیزاده ع ا، بابادوست م و پیغامی ا، ۱۳۸۶. بررسی بیماری‌های فوزاریومی گوجه‌فرنگی در استان آذربایجان-شرقی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد۱۴، صفحه‌های ۷۴ تا ۸۷.

Agrios GN, 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press.

Akram W, Anjum T and Ahmad A, 2014. Basal susceptibility of tomato varieties against different isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. International Journal Agricultural Biology 16: 171-176.

Amini J, 2009. Physiological race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in Kurdistan province of Iran and reaction of some tomato cultivars to race 1 of pathogen. Plant Pathology 8: 68-73.

Amini J and Sidovich DF, 2010. The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with Fusarium wilt of tomato. Journal of Plant Protection Research 50 (2): 175.

Anonymous, 2016. FAO statistics division. http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries by commodity

Bastasa GN and Baliad AA, 2005. Biological control of *Fusarium* wilt of abaca (*Fusarium oxysporum*) with *Trichoderma* and yeast. Philippines Journal of Crops Science 30: 29-37.

Bawa I, 2016. Management strategies of Fusarium wilt disease of tomato incited by *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Sacc.): A review. International Journal of Advanced Academic Research 2(5): 32-42.

Benhamou N, Kloepper JW and Tuzun S, 1998. Induction of resistance against *Fusarium* wilt of tomato by combination of chitosan with an endophytic bacterial strain: ultrastructure and cytochemistry of the host response. Planta 204:153-168.

Burgess LW, Knight TE, Tesoriero L and Phan HT, 2008. Diagnostic manual for plant diseases in Vietnam. P. 126-133. ACIAR, Canberra.

Cachinero JM, Hervas A, Jimenez-Diaz RM and Tena M, 2002. Plant defense reactions against Fusarium wilt in chickpea induced by incompatible race 0 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri* and nonhost isolates of *F. oxysporum*. Plant Pathology 51:765-776.

Dan Sudarsono, 2004. Metode Inokulasi dan Reaksi Ketahanan 30 Genotipe Kacang Tanah terhadap Penyakit Busuk Batang *Sclerotium*. Hayati 11: 53-58.

Di Pietro A, Madrid MP, Caracuel Z, Delgado-Jarana J and Roncero MIG, 2003. *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. Molecular Plant Pathology 4: 315-325.

Djatnika I, Hermanto C and Eliza, 2003. Biological control of *Fusarium* wilt on banana plants with *Pseudomonas fluorescens* and *Gliocladium* sp. Journal of Horticulture 13(3): 205-211.

Grigolli JFJ, Kubota MMK, Alves DP, Rodrigues GB, Cardoso CR, Henriques da Silva DJ and Mizubuti ESG, 2011. Characterization of tomato accessions for resistance to early blight. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11: 174-180.

Haware MP, Nene YL and Natarajan M, 1996. The survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in the soil in the absence of chickpea. Phytopathologia mediterranea 9-12.

Jones JP, Stall RE and Zitter TA, 1991. Compendium of tomato diseases, APS Press.

Madden LV, Hughes G and Bosch F, 2007. The study of plant disease epidemics. American Phytopathological Society Press.

Massee G, 1895. The sleepy disease of tomatoes. Garden Chronicles, 3(17): 707-708.

McGovern RJ, 2015. Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. Crop Protection 73:78-92.

Medina-Filho HP and Tanksley SD, 1983. Breeding for Nematode Resistance, Vol. 1. In Handbook of Plant Cell Culture (USA).

Sheu ZM and Wang TC, 2006. First Report of Race 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, the causal agent of *Fusarium* wilt on tomato in Taiwan. The American Phytopathological Society 90(1): 111.

Singh R, Biswas SK, Nagar D, Singh J, Singh M and Mishra YK, 2015. Sustainable integrated approach for management of Fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Synder and Hansen. Sustainable Agriculture Research 4 (1):138-147.

Song W, Zhou L, Yang C, Cao X, Zhang L and Liu X, 2004. Tomato *Fusarium* wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system. Crop Protection 23(3): 243-247.

TaeKim J, Park IH, Hahm YI and Yu SH, 2001. Crown and root rot of greenhouse tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in Korea. The Plant Pathology Journal 17(5): 290-294.

Evaluation of Different Tomato Varieties Cultivated In East-Azerbayjan Province for Resistance to the Race 1 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

N Parsa[1], A viani[2*] and M Arzanloo[3]

[1]Graduated MSc Student of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
[2]Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
[3]Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
[*]Corresponding author: viani@tabrizu.ac.ir
Received: 19 March 2019 Accepted: 8 September 2018

Abstract

Fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* is one the most important diseases of this plant all over the world and also in Iran. Application of resistant varieties, fungal and bacterial antagonists and long term crop rotation are Principal strategies for the management of this disease.Due to the lack of comprehensive and accurate information about the reaction of different tomato cultivars against Fusarium wilt disease, the current research was conducted for evaluation of resistance in nine prevalent tomato varieties in Iran. Response was assessed by determining disease index, area under disease progress curve (AUDPC), fresh and dry weights of roots and shoots, diameter and length of stems. Based on percent disease index and AUDPC, Walter and Primo Early were determined as immune and very susceptible cultivars respectively and others including Falat, King Star, Monalisa, Petopride5, Super Chef, Super Stone and Super Strain b were susceptible or moderately susceptible against disease. Disease index, AUDPC, dry weights of roots and shoots, fresh weights of roots and shoots, diameter and length of stems in all of the cultivars except Walter, showed significant difference (at $p< 0.01$) between inoculated and control plants. Because of least amount of disease severity and AUDPC in Super Strain b, Super Chef and Falat, among nine evaluated tomato varieties, they can be recommended to farmers for better disease management.

Keywords: Area under disease progress curve, Disease severity, Fusarium wilt, Resistance, Tomato cultivars.