آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۵، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۶

واکنش برخی ارقام و ژنوتیپ‌های لوبیا به *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* با تنش و بدون تنش رطوبتی در شرایط گلخانه

ناصر امانی‌فر[۱]✉، معصومه قدیریان[۲] و فرود صالحی[۱]

۱- به ترتیب استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی؛ استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی؛ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد؛
۲- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز

(تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۵؛ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶)

چکیده

پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا، ناشی از *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Fsp)، یکی از بیماری‌های مهم لوبیا در ایران است. در این بررسی مقاومت ۱۳ رقم تجاری و ژنوتیپ در سه نوع لوبیا سفید، چیتی و قرمز نسبت به *Fsp* در شرایط گلخانه ارزیابی شد. پژوهش در شرایط بدون تنش کم‌آبی و اعمال تنش کم‌آبی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. واکنش ارقام و ژنوتیپ ها بر اساس اندازه‌گیری شدت بیماری (نکروز روی ریشه) و برخی شاخص‌های رشدی گیاه ارزیابی شد. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار در اجزاء عملکرد ارقام و ژنوتیپ های مختلف لوبیا و تأثیر *Fsp* بر شاخص‌های مورد بررسی بود. ارقام مورد آزمایش از نظر واکنش به *Fsp* در شرایط بدون تنش کم‌آبی به سه گروه زیر از نظر شدت بیماری و اجزاء عملکرد تقسیم شدند: ۱- آلودگی خفیف: ارقام صدری، ژنوتیپ جونقان، صیاد و کوشا، ۲- آلودگی متوسط: ارقام تلاش، درسا، غفار، ژنوتیپ لردگان، D81083 و اختر، ۳- آلودگی شدید: ارقام پاک، شکوفا و دانشکده. بیشترین حساسیت در ارقام مربوط به لوبیا سفید و کمترین حساسیت مربوط به ارقام لوبیا قرمز بود. لوبیا چیتی در حد وسط قرار داشت. در شرایط تنش کم‌آبی به‌جز ارقام صیاد و صدری که آلودگی متوسط نشان دادند در سایر ارقام آلودگی شدید تا مرگ بوته مشاهده شد. این نتایج حاکی از اثر تشدیدکنندگی و پیش آمودگی تنش کم‌آبی در بیماری‌زایی *Fsp* روی لوبیا است.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی ریشه، پیش آمودگی، تنش خشکی، لوبیا

Reaction of some common bean cultivars and genotypes to *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* with and without drought stress under greenhouse conditions

N. AMANIFAR[1]✉, M. GHADIRIAN[2] and F. SALEHI[1]

1- Assistant Professor, Department of Plant Protection Research; Assistant Professor, Department of Agronomy and Horticulture Research; Chaharmahal va Bakhtiary Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran; 2- MSc. graduated, Department of Plant Protection, school of Agriculture, Islamic Azad University of Shiraz, Shiraz, Iran

Abstract

Fusarium root rot of common bean, caused by *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Fsp), is a major disease of this crop in Iran. In this study 13 commercial cultivars and genotypes in 3 types of common bean were evaluated for resistance to Fusarium root rot under greenhouse conditions. The investigation was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications under conditions with and without drought stress. The reaction of cultivars and genotypes were evaluated based on measuring disease severity (root necrosis) and some growth parameters. Results showed a significant difference in yield components of different cultivars and the impact of *Fsp* on evaluated parameters. Cultivars in response to *Fsp* without drought stress were divided into three groups: 1. Weak infection: Sadri, Joneghan, Kosha, Sayad, 2. Moderate infection: Talash, Akhtar, D81083, Ghafar, Lordegan, Dorsa and 3. Severe infection: Pak, Shekofa, Daneshkadeh. Generally, the most, moderate and least sensitive varieties were belonged to white bean, pinto (Chiti) bean and red kidney bean cultivars, respectively. Under drought stress conditions except for Sadri and Sayad which showed moderate of disease severity, other cultivars showed severe infection resulting in plant death. These results indicated that drought stress is a predisposing factor in pathogenicity of *Fsp* on common bean.

Key words: Common bean, drought stress, predisposing, root rot.

✉ **Corresponding author: sahragardn@yahoo.com**

مقدمه

لوبیای معمولی (*Phaseolous vulgaris* L.) سومین لگوم غذایی بعد از سویا و بادام‌زمینی است که در جهان کشت می‌شود (Mukankusi, 2008). مطابق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹٤ سطح زیر کشت انواع لوبیا در ایران حدود ۹٤٤۲٤ هکتار، میزان تولید ۲۱۲۰٦۹ تن و عملکرد ۲۲٤۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. بر اساس این آمارنامه استان‌های فارس، لرستان، زنجان، مرکزی، آذربایجان شرقی، اردبیل، چهارمحال و بختیاری و اصفهان به ترتیب مهم‌ترین مناطق کشت این محصول در ایران به شمار می‌روند. سالانه ٦۸۰۱ هکتار از اراضی کشاورزی استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان به ترتیب با متوسط عملکرد ۲۳٦٤ و ۲٤٦۳ کیلوگرم در هکتار به کشت انواع لوبیا اختصاص داده می‌شود.

ایران در مناطق نیمه‌خشک جهان قرار دارد و به‌این‌ترتیب تهیه ارقام متحمل به تنش خشکی یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه اصلاحی گیاهان زراعی و باغی است (Mohammadi *et al.*, 2009). تنش خشکی یکی از محدودیت‌های تولید جهانی در لوبیا است (Teran and Singh, 2002). واکنش ژنوتیپ‌ها و ارقام لوبیا به خشکی از بسیار حساس، حساس، متحمل تا مقاوم متفاوت است (Mohammadi *et al.*, 2009; Teran and Singh, 2002).

یکی از عوامل محدودیت تولید لوبیا پوسیدگی طوقه و ریشه است که توسط گونه‌هایی از بیمارگرهای خاک زاد ازجمله گونه‌های فوزاریوم ایجاد می‌شود. *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (Fsp) یکی از بیمارگرهای مهم در ایجاد پوسیدگی ریشه و طوقه در جهان (Mukankusi, 2008) و مناطق لوبیا کاری ایران است که گاهی آلودگی تا ۷۵٪ قابل‌مشاهده است (Ahari Mostafavi *et al.*, 2010; Kaiser *et al.*, 1968). خسارت ناشی از قارچ *Fsp* تحت شرایط نامساعد مانند کاشت عمیق، دمای پایین، pH بالا یا پایین، حاصلخیزی کم و خسارت آفت‌کش‌ها افزایش می‌یابد (Miller and Burke, 1985).

تنش خشکی در لوبیا خسارت بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از گونه‌های فوزاریوم را از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌دهد (Mukankusi and Obala, 2012). ژرم‌پلاسم‌ها و لاین‌های اصلاحی از لوبیا وجود دارد که در شرایط کمبود آب سازگار بوده و عملکرد مناسبی دارند، این سازگاری عمدتاً مربوط به تفاوت در سیستم توسعه ریشه است که از منابع آب موجود در خاک حداکثر استفاده را می‌کند. در لاین‌های اصلاح شده لوبیا در شرایط کمبود آب از لحاظ سازگاری به خشکی تنوع فراوانی وجود دارد (Hagerty *et al.*, 2015).

مؤثرترین روش کنترل بیماری پوسیدگی ریشه در لوبیای معمولی کشت ارقام مقاوم است. با استفاده از ارقام مقاوم میزان افزایش عملکرد لوبیا نسبت به استفاده از ارقام حساس ۱٦۰-۸٤ درصد است (Miller and Burke, 1986). اوگاندا یکی از بزرگ‌ترین مناطق تولید لوبیا در جهان است. در سال ۱۹۹٤ کشاورزان قسمت اعظم محصول لوبیا را به علت گسترش پوسیدگی ریشه در اوگاندا از دست دادند. از آن زمان به بعد تحقیقات برای پیدا کردن ارقام مقاوم لوبیا به پوسیدگی ریشه انجام گرفت. به علت گسترش بیماری در بعضی از قسمت‌های اوگاندا، کنترل آن همچنان در اولویت است (Navarro *et al.*, 2004). بذرهای کوچک و سیاه واریته‌های آمریکای مرکزی نسبت به بذرهای درشت و قرمز مقاومت بیشتری به پوسیدگی ریشه دارند (Beebe *et al.*, 1981; Clare *et al.*, 2010). اعتقاد بر این است که تأکید بیش‌ازحد روی پیشرفت صفات کیفی منجر به غفلت از پیشرفت بیماری شده است؛ بنابراین ژنوتیپ‌های بذرریز آمریکای مرکزی اگرچه کاملاً مقاوم به پوسیدگی ریشه نیستند اما منابع ارزشمند مقاومت هستند (Mukankusi, 2008). ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا به قارچ پوسیدگی فوزاریومی ریشه در استان‌های شمال غربی ایران نشان داده است که رقم ناز از لحاظ مقاومت و عملکرد محصول مقاوم‌ترین رقم با بیشترین عملکرد و ژنوتیپ سهیر حساس‌ترین رقم با کمترین عملکرد است (Saremi, 2011).

سازوکارهای معدودی به‌عنوان پایه‌های فیزیولوژیکی مقاومت به *F. solani* گزارش‌شده است. در ارقام مقاوم واکنش فوق حساسیت در زمان حمله قارچ رخ می‌دهد. سلول‌های کورتکس در زمان حمله هیف‌های قارچ، قهوه‌ای شده و از رشد هیف‌ها جلوگیری می‌کنند. هم‌چنین پریدیم ریشه‌ها قهوه‌ای شده اما محدود شدن هیف‌های قارچ در این مورد گزارش نشده است (Pierre, 1970). یک سیستم ریشه‌ای قوی می‌تواند تحمل گیاه را نسبت به *F. solani* افزایش دهد. تقسیم کربوهیدرات‌ها بین شاخه‌ها و ریشه‌ها تحت تأثیر دو فاکتور محیط و ژنتیک است. این ممکن است به این مفهوم باشد که ژن‌های دخیل در قدرت سیستم ریشه مقاومت به پوسیدگی ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و واریته‌هایی با ریشه‌های قوی به‌طور ژنتیکی نسبت به پوسیدگی ریشه مقاوم‌تر هستند (Mukankusi, 2008). رنگ بذر و هیپوکوتیل، با مقاومت به *F. solani* در ارتباط است. در واریته‌های بذر سیاه با هیپوکوتیل بنفش ارتباطی بین مقاومت گیاه و تولید ترکیبات فنولیک مهارکننده رشد قارچ در مراحل رشد گیاهچه وجود دارد (Statler, 1970).

بررسی‌های میدانی و مشاهدات مزرعه‌ای در لوبیاکاری‌های استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری حاکی از آلودگی اغلب مزارع به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه است، به‌طوری‌که مهم‌ترین بیماری لوبیا در این مناطق محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد این بیماری در سال‌های اخیر با تداوم خشکسالی رو به افزایش است. تفاوت‌هایی بین ارقام لوبیا و مدیریت مزرعه ازنظر میزان بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه در شرایط مزرعه مشاهده شده است، از طرفی اقتصادی‌ترین روش کنترل بیماری‌های خاک برد، به‌ویژه گونه‌های محدود به آوندها، استفاده از ارقام مقاوم است (Singleton *et al*., 1992; Miller and Burke, 1986). لذا هدف از این پژوهش ارزیابی مقاومت ارقام تجاری غالب و ژنوتیپ‌های محلی انواع لوبیا به *Fsp*، به‌عنوان مهم‌ترین بیمارگر خاک برد لوبیا در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان، در شرایط گلخانه (در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرکرد) با اعمال تنش خشکی به‌منظور دستیابی به ارقام مقاوم لوبیا برای مدیریت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا بود.

روش بررسی

جداسازی و شناسایی بیمارگر: در تابستان ۱۳۹۳ از تعدادی مزارع لوبیا استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری بازدید شد و از بوته‌های لوبیا با علائم زردی و پوسیدگی طوقه و ریشه نمونه‌برداری شد و به روش استاندارد جداسازی، قارچ‌های بیمارگر خاک‌زاد از ریشه و گره‌های ساقه جدا شدند (Singleton *et al*., 1992). پس از تک اسپور و خالص‌سازی قارچ، شناسایی گونه(های) فوزاریوم با استفاده از کلید شناسایی نلسون و همکاران (Nelson *et al*., 1983) انجام شد. برای تأیید شناسایی *Fsp* از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با به‌کارگیری آغازگرهای اختصاصی FSPHF و FSPHR طراحی‌شده توسط فیلیون و همکاران استفاده شد (Filion *et al*., 2003). بدین منظور آغازگر بالادست 5′-AACCCCGCCCGAGGACTCA-3′ و پایین دست 5′-AGACATGAGCGAAGAGGCA-3′ مورد استفاده قرار گرفت. محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای تعیین ترادف به شرکت ماکروژن کره جنوبی ارسال گردید.

اثبات بیماری‌زایی: گیاهچه‌های ۱۰ روزه لوبیاچیتی رقم تلاش به‌منظور اثبات بیماری‌زایی مورد استفاده قرار گرفتند. گیاهچه های دوبرگی از پیت و پرلایت خارج شدند و برای مایه‌زنی استفاده شدند. از شش جدایه *Fsp*، سه جدایه از گره ساقه و سه جدایه از ریشه لوبیا از منطقه کرون (استان اصفهان) و دزک (استان چهارمحال و بختیاری) برای اثبات بیماری‌زایی بکار رفت. به‌منظور تهیه زاد مایه، جدایه‌ها روی محیط کشت PDA کشت و به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از رشد قارچ ۱۵-۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به پتری دیش‌های حاوی کشت قارچ اضافه شد و با

تکان دادن، سوسپانسیونی از اسپور تهیه شد. با شمارش اسپور در نمونه‌های ۰/۱ میلی‌لیتری از سوسپانسیون به‌دست‌آمده و تنظیم رقت آن، تعداد اسپور در سطح 10^6 اسپور در میلی‌لیتر تنظیم گردید. ریشه گیاهچه‌هایی که از پیت و پرلایت خارج شده بودند، به‌منظور مایه‌زنی، به مدت ۵ دقیقه در سوسپانسیون اسپور قرار داده شدند (Banihashemi, 2010). سپس گیاهچه‌ها از سوسپانسیون خارج و بلافاصله به گلدان‌های پلاستیکی سترون، حاوی خاک مرطوب سترون‌شده با اتوکلاو، منتقل گردیدند، گیاهچه‌های شاهد در آب مقطر تیمار شدند. گلدان‌ها در گلخانه در دمای ۶± ۲۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نتایج پس از ۶۰ روز با یادداشت‌برداری علائم بیماری و کشت بافت آلوده بر محیط PDA به‌منظور بازیابی بیمارگر بررسی شد.

ارزیابی مقاومت ارقام و ژنوتیپ های لوبیا به *Fsp*:

تهیه زاد مایه بیمارگر: از مخلوط دو جدایه بیماری‌زای *Fsp* جداشده از گره‌های ساقه لوبیا از منطقه کرون (استان اصفهان) و از ریشه لوبیا از منطقه دزک (استان چهارمحال و بختیاری) که در سال ۱۳۹۳ جداسازی و شناسایی شده بود به‌عنوان زاد مایه استفاده شد. به این منظور، کشت ۷ روزه قارچ روی محیط PDA، به ظروف ارلن حاوی مخلوط پودر ذرت و ماسه (به نسبت ۵ گرم پودر ذرت و ۹۵ گرم ماسه) که به مدت ۳۰ دقیقه در سه روز متوالی در درجه حرارت مرطوب ۱۲۱ درجه سلسیوس درون اتوکلاو سترون شده بود، منتقل گردید. ظرف‌ها ۱۴ روز در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از رشد قارچ، ۱۰۰ گرم از زاد مایه حاصل با چهار کیلوگرم خاک بکر (خاک تهیه شده از مرتع بدون سابقه کشت گیاهان زراعی و باغی) حاوی مقادیر مساوی ماسه و خاک مخلوط گردید. نمونه ای از خاک مورد استفاده برای بررسی وجود احتمالی گونه‌های فوزاریوم و یا دیگر بیمارگرهای خاک زاد مورد آزمایش قرار گرفت. گلدان‌های پلاستیکی سترون که برای آزمایش در نظر گرفته شده بودند با مخلوط زاد مایه تهیه‌شده و خاک بکر پر شدند. بدین ترتیب که دوسوم پایینی هر گلدان حاوی خاک و یک‌سوم بالایی از مخلوط خاک و زاد مایه پر شد (Banihashemi, 2010; Singleton *et al*., 1992).

تهیه گیاهچه: از ۱۳ رقم تجاری و ژنوتیپ محلی لوبیا (واریته‌های چیتی، قرمز و سفید) تهیه شده از بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری به شرح زیر استفاده شد:

لوبیا سفید شامل: ارقام دانشکده، پاک، درسا و شکوفا، به ترتیب با تیپ رشد رونده، ایستاده، رونده و رونده

لوبیا قرمز شامل: ارقام صیاد، اختر و D81083، به ترتیب با تیپ رشد رونده، پاکوتاه و پاکوتاه

لوبیاچیتی شامل: ارقام صدری، تلاش، ژنوتیپ لردگان، ژنوتیپ جونقان، کوشا، غفار، به ترتیب با تیپ رشد رونده، رونده، رونده، رونده، ایستاده و ایستاده

بذرها دو تا سه دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد ضدعفونی سطحی شدند و پس از سه بار شستشو با آب مقطر سترون، با کاغذ صافی سترون آب سطحی آن‌ها گرفته شد. بذرها به‌منظور جوانه‌زنی در ظرف‌های حاوی پیت و پرلایت سترون مرطوب (به نسبت مساوی) قرار داده شدند و دو تا چهار روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. بذرهای جوانه‌زده، پس از جوانه‌زنی و استقرار زاد مایه قارچ در گلدان حاوی خاک کاشته شد. در هر گلدان پنج گیاهچه در عمق سه سانتی متری خاک کشت شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با دمای ۶± ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰-۶۰ درصد نگهداری شدند. نیاز غذایی برای استفاده از کودها بر اساس آزمون خاک انجام گرفت. دو بار محلول پاشی با کودهای مایع و یک بار سمپاشی برای کنترل کنه تارتن با کنه کش نئورون صورت گرفت. بررسی‌های گلخانه ای و آزمایشگاهی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چهار تخته شهرکرد و بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهار محال و بختیاری انجام شد.

ارزیابی مقاومت: ارزیابی مقاومت ارقام و ژنوتیپ‌های لوبیا نسبت به پوسیدگی فوزاریومی ریشه تحت شرایط بدون تنش آبی و اعمال تنش کم‌آبی در گلخانه، با قابلیت بالای عبور نور و بدون نور شب، انجام شد. اعمال تنش خشکی در این آزمایش از مرحله چهار برگی گیاهان آغاز و تا انتهای دوره رشد (تغییر رنگ غلاف ها)، ۷۵ روز بعد از مایه‌زنی، ادامه یافت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل: مایه‌زنی قارچ بدون تنش خشکی، مایه‌زنی قارچ با تنش خشکی، شاهد بدون تنش خشکی و شاهد با تنش خشکی بود. ۱۵۶ گلدان برای این طرح در نظر گرفته شد. آبیاری گلدان‌ها بر اساس ظرفیت زراعی انجام شد. اعمال تنش خشکی بر اساس محاسبه ظرفیت مزرعه (Field capacity) خاک صورت گرفت. بدین منظور ابتدا ظرفیت زراعی خاک مورد مطالعه به روش وزنی تعیین گردید و سپس با داشتن وزن خاک و گلدان و توزین گلدان‌ها در هر نوبت، مقدار آب لازم جهت رسیدن به سطح رطوبتی موردنظر تعیین و به گلدان‌های مربوطه اضافه شد. جهت تعیین دور آبیاری در تیمارهای مختلف تنش از دستگاه اندازه گیری رطوبت خاک (Time Domain Reflectometry, TDR) استفاده گردید. از دو روز بعد از آبیاری رطوبت گلدان‌ها (پنج گلدان) اندازه گیری شد و با رسیدن رطوبت به ظرفیت زراعی نسبت به آبیاری گلدان ها اقدام شد، بنابراین دوره آبیاری بسته به مرحله رشدی گیاه و دمای گلخانه ۳ تا ۵ روز بود و برای هر گلدان نیز در هر آبیاری ۳۵۰ تا ۵۵۰ میلی لیتر آب استفاده شد. گلدان‌های با تنش خشکی به میزان ۷۰٪ گلدان‌های بدون تنش، آبیاری شدند.

در این مطالعه، علاوه بر تأثیر تنش خشکی بر روند بیماری‌زایی، برخی از شاخص‌های رشدی گیاه شامل ارتفاع گیاه، وزن بوته، طول ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی و شدت علائم نکروز روی ریشه اندازه‌گیری شد.

ارزیابی شدت بیماری: برای ارزیابی شدت بیماری‌زایی از شاخص‌دهی اشنایدر و کلی و ابوی و پاستور-کورالس (Schneider and Kelly, 2000; Abawi and Pastor-Corrales, 1990) با اندکی تغییر استفاده شد. بدین منظور کل بوته‌ها از خاک خارج شدند و به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه در داخل ظرف آب قرار داده شدند تا ریشه‌های آن‌ها تمیز شوند. سپس طول نکروزهای قابل‌مشاهده در ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. از مقیاس ۶-۱ برای تعیین درجه آلودگی به شرح زیر استفاده شد:

۱= گیاه عاری از بیماری

۲= لکه‌های نکروز شده به طول کمتر از ۰/۵ سانتی‌متر

۳= لکه‌های نکروز شده به طول ۱-۰/۵ سانتی‌متر

۴= لکه‌های نکروز شده به طول بیشتر از ۱ سانتی‌متر

۵= نکروز کامل سیستم ریشه

۶= مرگ بوته

برای تعیین شدت بیماری تعداد بوته آلوده در درجه آلودگی ضرب شد و بر تعداد کل بوته در هر تیمار تقسیم گردید.

واکاوی آماری: مقادیر عددی حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس شد و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح یک درصد انجام گرفت (SAS, 2004).

نتیجه و بحث

جداسازی، بیماری‌زایی و شناسایی بیمارگر: با توجه به ویژگی‌های ظاهری جدایه های فوزاریوم، ۷۲ جدایه *F. solani* از ریشه و گره ساقه لوبیا از مزارع لوبیا مناطق نمونه‌برداری شده استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان جدا شد. هر شش جدایه از گره ساقه و ریشه که برای اثبات بیماری‌زایی استفاده شد در بوته‌های لوبیا بیماری‌زا بودند و علائم پوسیدگی ریشه، در مواردی زردی بوته و تغییر رنگ آوندی در ریشه ایجاد کردند. در بازیابی قارچ از تمامی بوته‌ها، *Fsp* روی محیط کشت PDA جداسازی شد. در واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با آغازگرهای اختصاصی *Fsp* قطعه مورد انتظار (600 bp) تکثیر شد. نتایج تعیین ترادف قطعه تکثیر شده شناسایی

قارچ *Fsp* را تأیید کرد.

ارزیابی مقاومت ارقام لوبیا به *Fsp*: نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر قارچ *F. solani* بر شاخص‌های رشدی گیاه، مؤید اثر معنی‌دار شاخص‌های مورد بررسی بین تیمارهای مختلف بود. مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی مختلف نیز نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اثر متقابل قارچ بیمارگر×تنش خشکی× رقم بود. نتایج نشان داد که تأثیر متقابل سه تیمار رقم×قارچ بیمارگر×تنش خشکی به‌جز شاخص تعداد بذر در غلاف، بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱).

ارتفاع بوته: تیمارهای رقم، قارچ و تنش خشکی هر کدام به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند. هم‌چنین برهم‌کنش سه عامل رقم، قارچ بیمارگر و خشکی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. بیشترین کاهش ارتفاع بوته مربوط به تیمار مایه‌زنی قارچ بعلاوه تنش خشکی در رقم پاک با ۷۴/۶٪ در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تنش خشکی و بدون مایه‌زنی با قارچ) بود و کمترین میزان مربوط به رقم درسا با ۱۹/۱٪ بود. در این ارقام در تیمار مایه‌زنی با قارچ بعلاوه تیمار تنش خشکی در مقایسه با مایه‌زنی بدون تیمار خشکی میزان کاهش ارتفاع بوته ۴۵٪ و ۶/۶٪ به ترتیب برای ارقام پاک و درسا بود. سایر ارقام و لاین ها ازنظر شاخص ارتفاع بوته حد واسط دو رقم پاک و درسا بودند (جدول ۲).

وزن تر بوته: تیمارهای قارچ و تنش خشکی به‌تنهایی تأثیر معنی‌دار بر وزن بوته‌های لوبیا نسبت به تیمار شاهد داشت. همچنین برهمکنش سه عامل رقم× تنش خشکی × قارچ بر وزن بوته‌های لوبیا تأثیر معنی‌دار داشت. بر این اساس گیاهان شاهد دارای بالاترین وزن تر بوته و گیاهان مایه‌زنی شده و تحت تنش دارای وزن کمتری بودند. بیشترین وزن تر بوته ۱۸/۹۲ گرم در رقم اختر و کمترین وزن تر بوته ٦/٧٩ گرم در رقم تلاش مشاهده شد. طبق داده‌های حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها، بالاترین میزان کاهش وزن تر بوته تحت تأثیر هم‌زمان قارچ و خشکی در رقم پاک و دانشکده مشاهده شد. میانگین میزان وزن تر بوته در رقم پاک ۷۸/۷٪ و در رقم دانشکده ۸۲/۸٪ در بوته کاهش یافت. نتایج نشان می‌دهد که در ارقام درسا، پاک، اختر، ژنوتیپ جونقان، کوشا، غفار، صیاد،D81083، ژنوتیپ لردگان و دانشکده کاهش وزن شدیدتری تحت تأثیر تیمار تنش خشکی بعلاوه مایه‌زنی قارچ در مقایسه با تیمار قارچ به‌تنهایی ایجاد شد و در ارقام تلاش، صدری و شکوفا اعمال تیمار قارچ، کاهش وزن تر بوته بیشتری ایجاد کرد (جدول ۲).

طول ریشه: تأثیر تیمارهای قارچ و تنش خشکی بر طول ریشه ارقام متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار اعمال هریک از تیمارها و اعمال هم‌زمان تیمارها بود. مقایسه میانگین طول ریشه در بوته نشان‌دهنده‌ی وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است، به این معنی که حضور و عدم حضور هر یک از تیمارها بر میزان طول ریشه در ارقام مختلف تأثیرگذار بود. بالاترین میزان طول ریشه ۳۸/۴ سانتی‌متر و در گیاهان شاهد بدون اعمال تنش خشکی در رقم پاک دیده شد و این میزان در حالت تنش خشکی به ۲۲/۳۳ سانتی‌متر کاهش‌یافت. طول ریشه در رقم پاک در حالتی که تیمارهای قارچ و تنش خشکی به‌طور هم‌زمان اعمال‌شده‌اند به ۱۵/۷٦ سانتی‌متر رسید. در ارقام کوشا، D81083 و دانشکده کاهش طول ریشه تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به اعمال قارچ شدیدتر بود اما در سایر ارقام اعمال تیمار قارچ تأثیر بیشتری در کاهش طول ریشه داشت. بیشترین و کمترین میزان کاهش طول ریشه تحت تأثیر هم‌زمان تیمارهای قارچ و تنش خشکی به ترتیب در ارقام پاک و ژنوتیپ جونقان دیده شد (جدول ۲).

تعداد ریشه‌های جانبی: تأثیر تیمارهای قارچ و رقم بر تعداد ریشه فرعی بوته‌های لوبیا معنی‌دار است، درحالی‌که تأثیر تیمار تنش خشکی بر تعداد ریشه‌های فرعی معنی‌دار نیست. نتایج به‌دست‌آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تعداد ریشه‌های جانبی تحت تأثیر تیمار قارچ افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش تعداد ریشه‌های

فرعی تحت تأثیر تیمار قارچ در رقم پاک دیده می‌شود به این صورت که میانگین تعداد ریشه‌های فرعی در این رقم در حالتی که تحت تأثیر تیمار قارچ قرار گیرد از ۱۵/۹۵ به ۲۶/۹۳ رسیده است. بعد از رقم پاک بیشترین افزایش تعداد ریشه‌های جانبی به ترتیب در ارقام D81083 و شکوفا دیده می‌شود (جدول ۲).

شدت بیماری: تأثیر تیمارهای قارچ و تنش خشکی بر شدت بیماری روی ریشه در ارقام متفاوت معنی‌دار بود. نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که شدت بیماری روی ریشه تحت تأثیر تیمار قارچ و اعمال هم‌زمان دو تیمار قارچ و تنش خشکی افزایش می‌یابد. طبق داده‌های حاصل کمترین میزان شدت بیماری در بوته‌های شاهد بدون اعمال تنش خشکی و بیشترین میزان شدت بیماری تحت تأثیر هم‌زمان تیمارهای قارچ و تنش خشکی مشاهده شد. طبق نتایج حاصل، رقم شکوفا بیشترین و رقم صدری کمترین میزان شدت بیماری را در حالت اعمال هم‌زمان تیمارهای قارچ و تنش خشکی نشان دادند (جدول ۲).

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که با وجود تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ های لوبیا، با مقایسه میزان کاهش شاخص‌های رشدی در اثر آلودگی قارچی در ارقام مورد بررسی، این ارقام عکس‌العمل متفاوت و گاهی متناقض نسبت به *Fsp* نشان دادند. به‌عبارت‌دیگر در مجموع بیشترین حساسیت به پوسیدگی فوزاریومی ریشه در رقم پاک مشاهده گردید، زیرا بیشترین کاهش شاخص‌های رشدی اندام‌های هوایی (ارتفاع و وزن‌تر بوته) در رقم مذکور ثبت گردید.

گیاه لوبیا به شرایط آب‌وخاک و کیفیت آن خیلی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش صدمه می‌بیند (Acosta-Gallegos and Adams, 1991). از نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر شاخص های رشدی و اجزای عملکرد بوته‌های لوبیا دارد و سبب کاهش آن‌ها می‌گردد. تنش خشکی متوسط تا شدید می‌تواند زیست‌توده، تعداد دانه در بوته، دانه در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (Acosta-Gallegos and Adams, 1991). برخی از بیمارگرهای خاک زاد ازجمله گونه‌هایی از فوزاریوم در شرایط تنش کم‌آبی بیماری‌زایی آن‌ها افزایش می‌یابد و یا به عبارتی شرایط میزبانی برای ایجاد بیماری مساعد می‌شود (Mukankusi, 2008). بر اساس نتایج این پژوهش، اعمال تیمارهای رقم، مایه‌زنی *Fsp* و تنش خشکی هرکدام به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته و وزن بوته داشتند. هم‌چنین برهم‌کنش سه عامل رقم، قارچ و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص‌ها داشت که این نتایج با مطالعات سایر محققین مطابقت دارد (Mukankusi, 2008; Ghaemi *et al*., 2010). در مطالعه‌ای که در خصوص تأثیر تنش خشکی و *F. oxysporum* f.sp. *lycoperseci* بر روی فاکتورهای رشد گوجه‌فرنگی انجام گرفت مشخص گردید که با وجود تنش خشکی و وجود فوزاریوم در خاک، فاکتورهای مختلف از جمله سطح برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع گیاه و میزان نیتروژن ساقه کاهش می‌یابد (Ghaemi *et al*., 2010). همچنین تیو (Tu, 1994) نشان داد که ارتفاع گیاه نخود آلوده به ترکیبی از *F. solani* f.sp. *pisi* و *F. oxysporum* f.sp. *pisi* با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد. همچنین علائم بیماری و میزان خسارت وارده (کاهش ارتفاع و وزن‌تر گیاه) افزایش می‌یابد.

تنش در مرحله رویشی در لوبیا باعث کاهش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و یا تعداد دانه در غلاف می شود (Nielson and Nielson, 1998). کمترین عملکردها زمانی است که تنش در مرحله زایشی یا پرشدن دانه رخ می‌دهد. از لحاظ ظاهری، کاهش سطح برگ مهم‌ترین اثر تنش خشکی محسوب می‌شود که بر اثر کاهش تعداد برگ، کاهش اندازه برگ، ممانعت از توسعه برگ و پیری برگ حاصل می‌شود. ارقام لوبیا از نظر صفت تغییر زاویه برگ به عنوان یک ساز و کار مقاومت به خشکی، دارای تنوع ژنتیکی هستند. زودرسی به‌عنوان یک سازوکار فرار لوبیا از خشکی گزارش شده است. استفاده از این صفت به شرایط محیطی بستگی

دارد و زمانی که بارندگی کافی باشد مؤثر است (White *et al*., 1994).

در گیاه بیمار توسعه ریشه‌ها کاهش می‌یابد و ریشه‌های اولیه در اثر آلودگی از بین می‌روند و چنانچه رطوبت خاک کافی باشد ممکن است مجدداً ریشه‌های سطحی تولید شوند و گیاه به بقای خود ادامه دهد. اصولاً توسعه ریشه‌ها به خاک سطحی محدود می‌شود و از عمق ۷ الی ۱۵ سانتی‌متری پایین‌تر نمی‌رود (Hall, 1991). بر اساس نتایج این تحقیق تأثیر منفی تیمارهای قارچ و تنش خشکی بر طول ریشه ارقام متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار اعمال هر یک از تیمارها و اعمال هم‌زمان تیمارها بود. کمترین میزان کاهش طول ریشه تحت تأثیر هم‌زمان تیمارهای قارچ و تنش خشکی به ترتیب در رقم پاک و ژنوتیپ جونقان دیده شد.

هنگامی‌که ریشه‌های اولیه به علت آلودگی می‌میرند، عملکرد گیاه توسط ریشه‌های جانبی ادامه می‌یابد. تولید ریشه‌های جانبی احتمالاً به بقای گیاه در حضور عوامل پوسیدگی ریشه کمک می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که ساختمان ریشه در مقاومت به پوسیدگی ریشه نقش بازی می‌کند (Burke and Barker, 1966). ویژگی‌های ساختمان ریشه از قبیل ریشه‌های پایه، ریشه‌های نابجا، انشعابات دوم و سوم و زوایای ریشه در ارزیابی سیستم ریشه باید در نظر گرفته شود. گیاهان بیمار اغلب با تولید تعداد زیادی ریشه نابجا از محور زیر لپه به‌صورت ردیف‌های طولی نزدیک به سطح خاک واکنش نشان می‌دهند. وقتی بیماری شدت می‌یابد گیاهان کم‌رشد می‌شوند و مشخصاً برای زنده ماندن خود به توده‌ای از ریشه‌های نابجا وابسته می‌شوند (Hall, 1991). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای قارچ و رقم بر تعداد ریشه فرعی بوته‌های لوبیا معنی‌دار است، درحالی‌که تأثیر تیمار تنش خشکی بر تعداد ریشه‌های فرعی معنی‌دار نیست. نتایج به‌دست‌آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تعداد ریشه‌های جانبی تحت تأثیر تیمار قارچ افزایش‌یافته است.

تیو (Tu, 1994) بیان داشت که گیاهان نخود در رطوبت خاک ۷۵ درصد ظرفیت زراعی رشد خوبی دارند و میزان بیماری پوسیدگی ریشه فوزاریومی به‌طور قابل‌توجهی تحت این شرایط کاهش می‌یابد ولی در رطوبت بالاتر و پایین‌تر از این حد رشد گیاهان کم خواهد شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. زیرا در رطوبت خاک ۷۵ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بوته‌های لوبیا از رشد خوبی برخوردار بوده و میزان بیماری پوسیدگی فوزاریومی نیز کاهش یافت. مطالعات انجام‌شده روی گیاه سویا نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش جمعیت قارچی در ریزوسفر گیاه سویا نسبت به شرایط بدون تنش شده و افزایش رطوبت خاک موجب کاهش بیماری ناشی از *Macrophomina phaseolina* و *Fusarium* spp. شده است (Farzana and Abdul, 1991). میزان کلونیزاسیون قارچ فوزاریوم در ریشه در تیمارهایی که تحت تنش خشکی بیشتری قرار داشتند، از تیمارهای شاهد زیادتر بود که مطابق با نتایج قائمی و همکاران است (Ghaemi *et al*., 2010).

کاربرد رقم‌های مقاوم علیه *Fsp* به‌عنوان مؤثرترین روش کنترل آن برآورد شده است. از سوی دیگر، کاربرد ارقام مقاوم با موانعی از قبیل نامطلوبی زراعی این ارقام نیز همراه است که جهت غلبه بر این محدودیت، انتقال ژن‌های مقاومت به ارقام مطلوب زراعی توسط برخی محققین مورد آزمایش قرارگرفته است (Navarro *et al*., 2004). پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا در ایران نیز یک بیماری مخرب است. استفاده از مواد شیمیایی علیه این بیماری تنها کنترل عملی مورد استفاده توسط کشاورزان است، ولی این روش برای کنترل این بیماری در سطح رضایت‌بخش مؤثر نیست (Naseri, 2008). چنین نتایجی در بررسی های میدانی در مزارع لوبیا استان چهارمحال و بختیاری نیز مشاهده شد. برخی بوته‌های لوبیای نمونه‌برداری شده در این تحقیق، به‌طور هم‌زمان توسط دو یا سه گونه مختلف قارچ آلوده بودند به‌طوری‌که حداقل چهار مورد از گیاهان آلوده دارای آلودگی هم‌زمان بودند. به عنوان مثال، از یک گیاه آلوده سه گونه *F. solani*، *F. oxysporum* و

Rhizoctonia solani جداسازی شدند. این‌که این‌گونه‌ها در آلودگی‌های هم‌زمان و نیز در شرایط مزرعه چه اثراتی بر هم دارند، سؤالی است که لازم است در تحقیقات بعدی به آن پرداخته شود، لذا مطالعه و بررسی اثرات احتمالی هم‌افزایی یا آنتاگونیستی این بیمارگر با گونه‌های فوزاریوم و یا بالعکس ضروری است. به‌منظور به دست آوردن اطلاعات دقیق در مورد اهمیت اثر گونه‌های مختلف فوزاریوم بر محصول لوبیا، در نظر گرفتن اثر گونه‌ها در آلودگی‌های انفرادی و هم‌زمان بر عملکرد نهایی محصول نیز دارای اهمیت است.

مقاومت ژنتیکی به *Fsp* در طبیعت کمی است و ازاین‌رو شدیداً تحت تأثیر محیط است (Schneider and Kelly, 2000). در این پژوهش نیز در شرایط بدون تنش در اغلب ارقام شدت بیماری خفیف تا متوسط بود اما در شرایط تنش آبی در اغلب ارقام شدت بیماری زیاد و حتی مرگ بوته‌ها در برخی ارقام مشاهده شد.

عملیات زراعی که قدرت گیاه را افزایش می‌دهد، همچنین تیمارهای بذری و کنترل بیولوژیکی خسارت ناشی از پوسیدگی ریشه لوبیا را کاهش می‌دهد (Abawi and Pastor-Corrales, 1990). این عملیات مدیریتی به‌تنهایی در پایین نگه‌داشتن بیماری کافی نیست و استفاده از ارقام مقاوم استراتژی مدیریت کنترل بیماری را بهبود می‌بخشد. هیچ منبع مقاومت کامل به پوسیدگی فوزاریومی ریشه وجود ندارد، اما مقاومت نسبی در ژرم پلاسم لوبیا گزارش‌شده است (Nicoli *et al*., 2012).

در بررسی تنوع ژنتیکی قارچ *Fsp* و تأثیر عوامل مهم زراعی و محیطی بر شیوع بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا در استان زنجان مشخص شد که جدایه های *F. solani* در سطح مناطق نمونه‌برداری شده استان زنجان و حتی درون یک مزرعه از تنوع ژنتیکی بالایی برخوردار هستند. همچنین بالاترین آلودگی‌ها اغلب روی لوبیا سفید و کمترین آلودگی‌ها روی لوبیا قرمز مشاهده شد و لوبیاچیتی در حد وسط آلودگی قرار داشت (Naseri, 2008). در این بررسی نیز وضعیت آلودگی و حساسیت ارقام لوبیا به ترتیب در سفید، چیتی و قرمز از بیشترین به کمترین بود.

یکی از مناطق عمده لوبیاکاری استان چهارمحال و بختیاری دشت خانمیرزا از شهرستان لردگان است که در برخی سال‌ها لوبیا در تناوب با برنج کاشته می‌شود. در چنین مزارعی بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا بسیار کاهش می‌یابد. البته به دلیل وقوع خشک‌سالی در سال‌های اخیر امکان استفاده از تناوب برنج- لوبیا در منطقه مذکور نیست.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب اثر مایه‌زنی *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* بر اجزاء عملکرد لوبیا با و بدون تیمار تنش خشکی

Table1. Combined Variance analysis of the effects of inoculation by *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* on yield components of common bean with and without water stress

variable	df	Plant height (cm)	Plant weight (g)	Root length (cm)	Number of rootlets	Disease severity
C[a]	12	6144.2**	77.8**	205.4**	122.2**	1**
I	1	40739.4**	565.9**	358.5**	108.2**	307.1**
WS	1	10506.2**	3351.7**	294.2**	11.2ns	16.8**
I*C	12	1306.9**	16.2**	30.1**	2	0.5**
WS*C	12	772.5**	9.6**	32.1**	64.1**	0.7**
I*WS	1	2490.5**	14.7ns	9.9ns	360.2**	0.9*
I*WS*C	12	228.7**	8*	22.2**	26*	0.4*
Error	104	40.1	3.9	5.3	12.2	0.2
CV		6.5	22.2	14.2	18.8	19.7

a: C = cultivar, I= inoculation, WS= water stress

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر مایه‌زنی *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* بر اجزاء عملکرد ۱۳ رقم و ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی

Table 2. Means comparison of the effect of inoculation by *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* on yield components of 13 cultivars and genotypes of common bean with and without water stress conditions

Cultivar	Treatment		Plant height (cm)	Plant weight (g)	Root Length (cm)	Number of rootlets	Disease severity
Talash	Non-inoculated	Non-stress	117.6gh	6.79l-t	17g-m	18j-r	0.5m
		stress	113gh	6.22m-u	12.7n-t	14.4o-u	1m
	inoculated	Non-stress	78.6 o-q	6.57m-u	10.3q-u	21.8c-k	3.5e-i
		stress	82.8m-p	4.3t-v	12.7n-t	15.7m-t	4.3b-d
Sadri	Non-inoculated	Non-stress	89.6 j-n	14b-f	11p-u	19.3d-q	0.5m
		stress	80n-q	7.6r-s	10r-u	26.8a-c	1m
	inoculated	Non-stress	75.9pq	9.3h-m	9.5tu	21.3c-l	3ij
		stress	60rs	5.4o-v	9.7s-u	23.4b-g	4.7a-c
Shekofa	Non-inoculated	Non-stress	185b	8.2j-q	23bc	14.4o-u	0.5m
		stress	140de	5.6o-v	21.5b-e	17.3i-s	1m
	inoculated	Non-stress	123fg	6.3m-u	18.8d-j	21.9c-j	2.6j-1
		stress	115.8gh	4.3t-v	20.9c-f	14.6o-u	5a
Dorsa	No-inoculated	Non-stress	86.6l-o	7.8j-q	17.3f-l	13.7q-u	0.5m
		stress	80n-q	7.4k-t	17g-m	17.2i-s	1m
	inoculated	Non-stress	75pq	6.9l-t	15.3j-o	19.9d-o	3.4e-i
		stress	70qr	6.7l-u	13.2n-t	14.8n-u	3.9d-g
Pak	No-inoculated	Non-stress	196.7a	16.7a-b	38.4a	16l-t	0.5m
		stress	120f-h	11.4e-i	22.3b-d	18.3f-q	2l
	inoculated	Non-stress	90.9 j-m	7.6k-s	21c-f	26.9a-c	3.5e-i
		stress	50s	3.6u-v	15.8i-o	12s-u	4.3b-d
Akhtar	No-inoculated	Non-stress	89.6k-n	18.9a	19.7c-h	23.7b-f	0.5m
		stress	80n-q	14.1b-e	20.7c-g	24.5b-e	1m
	inoculated	Non-stress	70qr	11.8d-h	19.3c-i	31.1a	3.1h-j
		stress	63.9 r	9.2h-m	12.9n-t	19.2d-o	3.5e-i
Joneghan	No-inoculated	Non-stress	97.4jk	13.8b-f	22be	23b-h	0.5m
		stress	96j-l	8.9h-n	21c-f	19.7d-p	0.5m
	inoculated	Non-stress	94j-l	8.6h-o	21c-f	24.8b-d	3.9d-g
		stress	92.3 j-m	7l-t	21c-f	21.3c-l	3.8d-h
Ghafar	No-inoculated	Non-stress	165c	15bc	25b	16.2k-t	0.5m
		stress	140de	14.9b-d	12.4o-t	20.5d-m	0.5m
	inoculated	Non-stress	120f-h	13.1c-g	20.1c-g	17.6h-s	2.7j-l
		stress	100ij	7.6k-t	16.3h-n	16.5j-t	3.2h-j
Kosha	No-inoculated	Non-stress	110hi	15.6b-c	16i-o	16.8i-t	0.5m
		stress	80n-q	10.4g-k	15k-o	16.3i-t	1m
	inoculated	Non-stress	70qr	9.8h-l	14.7k-p	19e-q	2.3kl
		stress	70qr	8.5i-p	14.7k-p	16.5j-t	2.7jk
Sayad	No-inoculated	Non-stress	140be	8.1jq	18.3e-k	15.2m-u	0.5m
		stress	130ef	6.4m-u	17.3f-l	19.4d-p	1m
	inoculated	Non-stress	96.2 j-l	6n-u	14.6l-p	16.9i-t	3.2h-j
		stress	89.2 kn	5.7o-v	9.6s-u	14p-u	3.4f-i
D81083	No-inoculated	Non-stress	150b	8.3i-q	14.3l-p	11.4tu	0.5m
		stress	91j-m	8.1i-q	12.7n-t	15.2m-u	2l
	inoculated	Non-stress	89.8j-n	5.2q-v	13.7l-r	20.3d-n	3.3g-j
		stress	80n-q	4.5r-v	13.2n-t	26.7a-c	4.8ab
Lordegan	No-inoculated	Non-stress	100ij	14.5b-e	15k-o	13.7q-u	0.5m
		stress	80.5n-q	10.86f-j	13.3m-s	28.3ab	0.5m
	inoculated	Non-stress	60rs	10.4g-k	14.6l-p	19e-q	3.2h-j
		stress	6.9rs	6.2m-u	7.4u	22.4c-i	4d-f
Daneshkade	No-inoculated	Non-stress	100ij	15.7bc	15k-o	13.7q-u	0.5m
		stress	80.3n-q	5.4p-v	14l-q	9.6u	0.5m
	inoculated	Non-stress	60.7rs	4.4s-v	13.3m-s	15.4m-t	3.3g-j
		stress	60rs	2.7v	9.8s-u	12.4r-u	4c-e

* در ستون‌ها میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at the 0.01 probability level.

بر اساس این پژوهش می‌توان گفت که تنش خشکی مهم‌ترین عامل پیش آمودگی در بیماری‌زایی و خسارت *Fsp* است. چون تمامی لاین‌ها و ارقام مورد آزمایش در شرایط تنش خشکی واکنش حساسیت به *Fsp* نشان دادند و از طرفی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد نظر همگی دارای صفات مطلوب ازنظر زراعی و به نژادی هستند و منتخب از بین چند صد ژنوتیپ می‌باشند لذا ضروری است به منظور مدیریت بیماری از روش‌های زراعی (تناوب) و جلوگیری از تنش کم‌آبی، حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و کنترل بیولوژیکی بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه لوبیا استفاده شود. بر اساس این پژوهش ارقام مورد آزمایش از نظر واکنش به *Fsp* در شرایط بدون تنش کم‌آبی به سه گروه زیر از نظر شدت بیماری و اجزاء عملکرد تقسیم شدند: ۱- آلودگی خفیف: ارقام صدری، ژنوتیپ جونقان، صیاد و کوشا، ۲- آلودگی متوسط: ارقام تلاش، درسا، غفار، ژنوتیپ لردگان، D81083 و اختر، ۳- آلودگی شدید: ارقام پاک، شکوفا و دانشکده. بیشترین حساسیت اغلب در ارقام مربوط به لوبیا سفید و کمترین به ارقام مربوط به لوبیا قرمز بود و لوبیا چیتی در حد وسط آلودگی قرار داشت. این پژوهش نشان می‌دهد که تنوع قابل‌توجهی در ارقام و ژنوتیپ های لوبیا ازنظر واکنش به *Fsp* در شرایط گلخانه وجود دارد. لازم است وضعیت مقاومت ارقام به این بیمارگر در شرایط مزرعه نیز بررسی شود. با توجه به اینکه در ارقام مقاوم به *Fsp* سازوکار مقاومت تولید گیاه پادهایی (phytoallexins) مانند فازئولین (phaseolin) است (Kendra and Hadwiger, 1984)، لازم است وجود احتمالی چنین سازوکاری در ارقام مورد استفاده در این مطالعه، به‌ویژه ارقامی که در شرایط تنش خشکی شدت بیماری در آن‌ها کم بود، بررسی شود.

References

ABAWI, G. S., M. A. PASTOR-CORRALES, 1990. Root rots of beans in Latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies, and management strategies. CIAT, Cali, Colombia, 114 p.

ACOSTA-GALLEGOS, J. A. and M. W. ADAMS, 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 117: 213–219.

AHARI MOSTAFAVI, H., N. SAFAIE, H. FATHOLLAHI, BABAIE, M. H. R. DORRI and M. R. LAK, 2010. Pathological and molecular identification of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* isolates and determination of suitable gamma ray dose rate for mutation induction. Journal of Nuclear Science and Technology, 51: 48-51.

BANIHASHEMI, Z. 2010. Reaction of *Cucumis melo* Cultivars to Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* the Cause of Melon Vascular Wilt. Iranian Journal of Plant Pathology, 46: 5-7.

BEEBE, S. E., F. A. BLISS and H. F. SCHWARTZ, 1981. Root rot resistance in common bean germplasm of Latin American origin. Plant Disease, 65: 485-489.

BURKE, D. W. and A. W. BARKER, 1966. Importance of lateral roots in Fusarium root rot of beans. Phytopathology, 56: 292–294.

CLARE, M. M., R. MELIS, J. DERETA, M. LAING and R. A. BURUCHARA, 2010. Identification of sources of resistance to Fusarium root rot among selected common bean lines in Uganda. Journal of Animal and Plant Sciences, 7:876-891.

FARZANA, A. and G. ABDUL, 1991. Effect of water stress on rhizosphere mycoflora and root infection of soybean. Pakistan Journal of Botany, 23: 135-139.

FILION, M., M. St-ARNAUD and S. H. JABAJI-HARE, 2003. Quantification of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* in mycorrhizal bean plants and surrounding mycorrhizosphere soil using Real Time polymerase chain reaction and direct isolations on selective media. The American Phytopathological society, 93: 229-235.

GHAEMI, A., A. RAHIMI and Z. BANIHASHEMI, 2010. Effects of water stress and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycoperseci* on growth (leaf area, plant height, shoot dry matter) and shoot nitrogen content of tomatoes under greenhouse conditions. Iran Agriculture Research, 28: 52-62.

HAGERTY, C. H., A. CUESTA-MARCOS, P. B. CREGAN, Q. SONG, P. MCCLEAN, S. NOFFSINGER and J. R. MYERS, 2015. Mapping *Fusarium solani* and *Aphanomyces euteiches* root rot resistance and root architecture quantitative trait loci in common bean. Crop Science. 55:1969–1977.

HALL R. 1991. Compendium of bean diseases. Amarican Phytopathological Society, 73 p.

KAISER, W. J., D. DANESH, M. OKHOVVAT and G. H. MOSSAHEBI, 1968. Diseases of Pulse crops (edible legumes) in Iran, Plant Disease Reporter, 52: 681-691.

KENDRA, D. F. and L. A. HADWIGER, 1984. Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits Pisatin formation in *Pisum sativum*. Experimental Mycology, 8:276-281.

MILLER, D. E. and D. W. BURKE, 1985. Effect of soil physical factors on resistance in beans to Fusarium root rot. Plant Disease, 69:324-327.

MILLER, D. E. and D. W. BURKE, 1986. Reduction of Fusarium root rot and Sclerotinia wilt in beans with irrigation, tillage and bean genotype. Plant Disease, 70:163-166.

MOHAMMADI, A., M. R. BIHAMTA, M. SOLUKI and H. R. DORI, 2009. Study of quantitative and qualitative traits and their relationships with grain yield in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under optimum and limited irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 10: 231-243. (In Farsi).

MUKANKUSI, C. 2008. Improving resistance to Fusarium root rot (*Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Uganda. PhD Thesis. University of KwaZulu-Natal, S.Africa.

MUKANKUSI, C. and J. OBALA, 2012. Development of Fusarium root rot resistant ideotypes in common bean. Paper presented at RUFO -RUM Third Biennial Conference, Entebbe, Uganda, 24–28 Sept. 2012. p. 171–177.

NASERI, B. 2008. Root rot of common bean in Zanjan, Iran: major pathogens and yield loss estimates. Australasian Plant Pathology, 37: 546-551.

NAVARRO, F., M. E. SASS and J. NIENHUIS, 2004. Identification and mapping bean root rot resistance in an 'Eagle x Puebla 152' population. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 47: 83–84.

NELSON, P. E., T. A. TOUSSOUN and W. F. O. MARASAS, 1983. *Fusarium* species: An Illustrated Manual of Identification. Pennsylvania State University Press. University Park, 193 p.

NICOLI, A., L. ZAMBOLIM, T. J. P. JÚNIOR, R. F. VIEIRA, H. TEIXEIRA and J. E. S. CARNEIRO, 2012. Resistance of advanced common bean lines to Fusarium root rot. Tropical Plant Pathology, 37: 393-398.

NIELSON, D. C. and N. O. NIELSON, 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Science, 38: 422–427.

PIERRE, R. E.1970. Phytoalexin induction in beans, resistant or susceptible to Fusarium and Thielaviopsis. Phytopathology, 61: 322-327.

SAREMI, H. 2011. Epidemiological aspects of bean decline disease caused by *Fusarium* species and evaluation of the bean resistant cultivars to disease in Northwest Iran. African Journal of Biotechnology. No. 66: 14954-14961.

SAS, 2004. The SAS System for Windows 9.1. SAS Institute Inc, Cary, NC.

SCHNEIDER, K. A. and J. D. KELLY, 2000. A greenhouse screening protocol for fusarium root rot in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). HortScience 35: 1095–1098.

SINGLETON, L., D. J. MIHAIL and C. M. RUSH, 1992. Methods for research on soil borne phytopathopenic fungi, APS Presss, St. Paul, Minnesota, USA, 265 p.

STATLER, G. D. 1970. Resistance of bean plants to *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli.* Plant Disease Reporter, 54: 698-699.

TERAN, H. and S. P. SINGH, 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in Common bean. Crop Science, 42: 64–70.

TU, J. C. 1994. Effect of soil compaction, temperature and moisture on the development of the *Fusarium* root rot complex of pea in southwestern Ontario. Phytoprotection, 75: 125-131.

WHITE, J. W., R. O. CHOAM, F. F. IBARRA-PREZ and S. P. SINGH, 1994. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid rained conditions. Agricultural science, 122: 265-273.