آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۷، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۸
DOI: 10.22092/jaep.2019.128162.1308

تعیین مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های مختلف گندم نسبت به بیماری پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ناشی از گونه‌های *Fusarium culmorum* و *F. pseudograminearum*

مکامه مهدوی امیری[۱]، محمد رضوی[۲]✉، حمید رضا زمانی زاده[۳]، سعید رضائی[۳]

۱ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری بیماری شناسی گیاهی، استاد و استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران؛ ۲- استاد پژوهش بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهان، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۸)

چکیده

پوسیدگی طوقه و ریشه از بیماری‌های مهم غلات مختلف دانه‌ریز به‌خصوص گندم و جو می‌باشد که توسط قارچ‌های خاکزاد *Fusarium culmorum* و *F. pseudograminearum* ایجاد می‌شود. کاربرد قارچکش‌ها برای کنترل چنین بیماری‌هایی کافی نبوده و با توجه به ضرر آنها برای محیط زیست و موجودات زنده، توسعه و غربالگری ژنوتیپ‌های مقاوم گندم به‌بیماری به‌عنوان روش مدیریتی جایگزین مورد تأکید است. در مطالعه حاضر، ٦٦ ژنوتیپ گندم نان از نظر مقاومت به *F. culmorum* در شرایط گلخانه و مزرعه و نسبت به *F. pseudograminearum* در گلخانه به‌تنهایی و تلفیق هر دو قارچ در گلخانه آزمایش شدند. آزمایش براساس طرح کاملاً تصادفی با ۷ تکرار در گلخانه و طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در مزرعه انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد، ۱۲ ژنوتیپ گندم نان شامل ژنوتیپ‌های C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18) و ژنوتیپ‌های C35 (Prostor)، C37 (F06580G2-1)، C38 (F06659G6-1)، C43 (POLOVCHANKA/PEHLIVAN)، C52 (McCormick/Trego)، C54 (VA01W-(205/TX99D4628)، C50 (GA951079-3-5/Neuse)، C34 (Gelibolu)،C53 (AWD99*5725/FL9547) و C58 (BURBOT- 6) در برابر *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* نسبتاً مقاوم بودند. این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه‌های به نژادی گندم با توجه به سایر خصوصیات زراعی می‌تواند قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی طوقه و ریشه، ژنوتیپ، فوزاریوم، مقاومت، گندم

Determination of resistance in different wheat genotypes to the crown and root rots caused by *Fusarium culmorum* and *F. pseudograminearum*

M. MAHDAVI AMIRI[1]; M. RAZAVI[2]✉; H.R. ZAMANI ZADEH[3], S. REZAEE[3]

1 and 3. PhD. Student, professor and assistant professor, Department of Plant Protection, College of Agricultural Sciences and Food Industries , Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; 2. Professor, Department of Plant Pathology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Crown and root rot are important diseases of different small-grain cereals, especially wheat and barley which are caused by soil-borne fungi *Fusarium culmorum* and *F. pseudograminearum.* For controlling such diseases, application of fungicides is inadequate, and cause hazardous effects for environment and living organisms. As an alternative strategy, screening of resistant wheat genotypes has been emphasised in the recent studies. This research was conducted to evaluate level of resistance of 66 cultivars/advanced lines of bread wheat and durum wheat to *F. culmorum* and *F. pseudograminearum* isolates in greenhouse and field conditions. These experiments were conducted based on completely randomized design with seven replications in greenhouse and randomized complete block design with 4 replications in field condition. The results showed that, 12 genotypes including C61 (C-87-18) and C62 (C-87-11), C38 (F06659G6-1), C43 (POLOVCHANKA/PEHLIVAN), C52 (McCormick/Trego), C37 (F06580G2-1), C35 (Prostor), C54 (VA01W-205/TX99D4628), C50 (GA951079-3-5/Neuse), C58 (Burbot-6), C53 (AWD99*5725/FL9547) and C34 (Gelibolu) were moderately resistant to *F. culmorum* and *F. pseudograminearum* isolates. These genotypes have potential to be incorporated into wheat breeding programs.

Keywords: Crown root rot, Fusarium, genotypes, resistance, wheat

✉ **mrazavi39@yahoo.ca**

مقدمه

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. یکی از مهمترین غلات است که در ایران در سطح وسیعی به‌صورت دیم وآبی کشت می‌گردد. در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۵ سطح زیرکشت گندم در ایران حدودا ۵/٤ میلیون هکتار بود که شامل حدود ۲/۰٤۱۲ میلیون هکتار آبی و ۳/۳ میلیون هکتار دیم و میزان تولید کل کشور حدود ۱۲/٤ میلیون تن بود که ۷۰/۹ درصد آن از کشت آبی و ۲۹/۰۳ درصد از کشت دیم حاصل شده بود (Anonymous ,2017)

تولید گندم در اثر تنش عوامل زیستی و غیر زیستی متحمل خسارات قابل توجهی می‌شود. در میان عوامل تنش‌زای زیستی، گونه‌های فوزاریوم که باعث ایجاد پوسیدگی طوقه و ریشه می‌شوند تقریباً در سراسر جهان در هر جایی که سیستم کشاورزی مبتنی بر غلات غالب باشد، وجود دارند (Burgess *et al*., 2001). *Fusarium culmorum*، همراه با *F. graminearum* و *F. pseudograminearum*، از مهمترین عوامل ایجاد کننده پوسیدگی ریشه و پوسیدگی طوقه در غلات هستند (Paulitz *et al*., 2002; Wang *et al*., 2006). *F. culmorum* (W.G. Smith) یکی از مهمترین پاتوژن‌های گندم در ایران است که باعث کاهش عملکرد و افت کیفیت محصول می‌شود. پوسیدگی طوقه و ریشه غلات، ایجاد شده توسط *F. culmorum* مانع اصلی تولید غلات در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است (Backhouse *et al*., 2004; Chekali *et al*., 2013; Rossi *et al*., 1995; Mergoum *et al*., 2004; Papendick and Cook, 1974; Van Wyk *et al*., 1987). هر دو گونه *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* باعث کاهش قابل توجهی در عملکرد گندم شده، بنابراین هر دو گونه از لحاظ اقتصادی مهم هستند (Chakraborty *et al*., 2010 and Burgess *et al*., 1975). این بیماری از غرب آسیا (ترکیه، عراق و ایران)، شمال آفریقا (مصر، تونس و مراکش)، ایالات متحده آمریکا، کانادا و استرالیا گزارش شده است (Chakraborty *et al*., 2010, Burgess *et al*., 1975, Tunali *et al*., 2008, Saremi *et al*., 2007 and Hameed *et al*., 2012). در بررسی اخیر در تونس *F. culmorum* عامل اصلی بیماری بوده است (Gargouri *et al*., 2003). پوسیدگی طوقه در استرالیا به‌عنوان مهمترین بیماری فوزاریومی گندم ثبت شده است (Burgess *et al*., 2001, Chakraborty *et al*., 2006) ومیزان خسارت سالانه آن بیش از ۷۹ میلیون دلار در بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸ برآورد شده است (Murray and Brennan 2009). خسارت ناشی از این بیماری در ایران ٤۵/۵ درصد (Saremi *et al*., 2007)، در ترکیه ٤۳ درصد (Tunali *et al*., 2008) و در ایالات متحده آمریکا ٦۱ درصد (Paulitz *et al*., 2002, Smiley *et al*., 2005) گزارش شده است. میزان خسارت بستگی به شرایط محیطی، شیوه‌های مدیریت زراعت و شدت بیماری‌زایی جمعیت قارچی دارد (Smiley *et al*., 2005). پوسیدگی طوقه و ریشه گندم به‌ویژه در شرایط خشکسالی و دیم و در سیستم‌های کشت تک محصولی گندم شایع است (Cook and Christen 1976, Backhouse *et al*., 2002). عوامل محیطی می‌توانند به‌میزان قابل توجهی در بروز علائم پوسیدگی طوقه در مزرعه تأثیر گذاشته و منجر به ایجاد ژنوتیپ قوی توسط اثرات متقابل محیط شده و تغییرات زیادی را در علائم بیماری از سالی به سال دیگر به‌وجود آورد. با این حال، ارزیابی و اعتبارسنجی مقاومت ژنوتیپ‌ها در مزرعه زمان‌بر است و ژنوتیپ‌های مقاوم سال‌ها نیاز به آزمایش و تأیید دارند و می‌بایست ارزیابی در هر فصل رشد به‌صورت دوره‌ای انجام شود (Wildermuth and McNamara1994, Burgess *et al*., 2001). ارزیابی گیاهچه‌ها نسبت به مقاومت در برابر پوسیدگی طوقه و ریشه فوزاریومی گندم در طول سال در گلخانه می‌تواند فرآیند غربالگری ارقام مقاوم را سرعت ببخشد (McDonald and Rovira 1983).

استفاده از ارقام مقاوم مؤثرترین راه برای مدیریت بیماری پوسیدگی طوقه وریشه گندم و در نهایت بهبود بهره‌وری این محصول، به‌ویژه در مناطق خشک است. علی‌رغم تلاش‌های تحقیقاتی چشمگیر، تاکنون تنها تعداد محدودی از ارقام با مقاومت نسبی شناسایی شده است که می‌توانند به‌دلیل

پیچیدگی این بیماری و این واقعیت باشد که مقاومت میزبان به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه از نوع اختصاصیت به گونه عامل بیماری‌زا (pathogen species-specific) نمی‌باشد (Liu and Ogbonnaya 2015).

در ایران منصوری و پژومند طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۷ واکنش تعداد ۱۱٤ لاین پیشرفته و رقم گندم را در دو منطقه استان فارس نسبت‌به *Bipolaris sorokiniana* و گونه‌های مختلف Fusarium تحت شرایط مزرعه‌ای بررسی نمودند و گزارش نمودند که ارقام چمران و مرودشت بیشترین تحمل را نسبت به سایر ارقام و لاین‌ها از خود نشان دادند (منصوری و پژومند ۱۳۸٤). در سال‌های اخیر رضوی و همکاران میزان مقاومت ۷۰ رقم و لاین پیشرفته گندم نان و دوروم را نسبت به گونه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* تحت شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در دو منطقه کرج و کرمانشاه بررسی و لاین BURBOT- 6 از سیمیت و لاین پیشرفته C-87-18 از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر را به‌عنوان رقم مقاوم معرفی نمودند (Razavi *et al*., 2017).

مطالعات انجام شده در نقشه‌برداری QTL نشان داد که مقاومت میزبان در برابر بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه اختصاص به گونه‌های بیماری‌زا (pathogen species-specific) ندارد و مکان ژنی که در برابر یک گونه فوزاریوم مقاومت ایجاد می‌کند نسبت به سایر گونه‌های فوزاریوم نیز موجب مقاومت می‌شود (Li *et al*. 2010, Ma *et al*. 2010). بنابراین اگرچه بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه یک بیماری شدید و مهم در شرق آسیا نیست، اما به احتمال زیاد رابطه تکاملی همزمان بین عوامل بیماری‌زای فوزاریومی و گیاهان میزبان وجود دارد و ارزیابی گسترده‌تر ژنوتیپ‌ها در این منطقه می‌تواند منجر به یافتن ژنوتیپ‌های دیگری با سطح مقاومت بالاتر از آن‌چه در حال حاضر برای این بیماری در دسترس هستند، شود (Liu *et al*. 2012a). وال ورک و همکاران در استرالیا مقاومت ۱۰۰ لاین و رقم گندم هگزاپلوئید و تتراپلوئید را به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ناشی از *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* بررسی کردند و ۲ لاین را که دارای مقاومت نسبی خوبی بودند معرفی کردند. همچنین آزمایش‌هایی روی بررسی مقاومت برخی لاین‌های دیگر نسبت به این دو قارچ انجام دادند و لاین ٤۹- ۲، ارقام گلویس (Gluyas) و سانکو (Sunco) را به عنوان ارقامی نسبتاً مقاوم معرفی کردند (Wallwork *et al*., 2004). اسمیلی و یان در آمریکا میزان تحمل برخی ارقام و لاین‌های بهاره و پاییزه گندم را نسبت به *F. pseudograminearum* آزمایش نمودند و ارقام و لاین‌های بهاره شامل ٤۹- ۲، جفرسون (Jefferson)، گالا (Gala)، تارا (Tara) و سانکو (Sunco) را به عنوان متحمل‌ترین و پوسیس (Puseas)، اُتیس (Otis) و ایدن (Eden) را به‌عنوان حساس‌ترین گزارش نمودند (Smiley and Yan 2009). به‌نظر می‌رسد که منابع مختلف مقاومت از یک گونه خاص در هر یک از این مراحل آلودگی متفاوت رفتار می‌کنند و این ویژگی‌های مختلف مقاومت و تحمل می‌توانند برای تولید انواع مختلفی از ارقام مقاوم به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه از طریق برنامه‌های به نژادی استفاده شوند تا از این طریق کاهش عملکردی را که در ارقام فعلی در اختیار کشاورزان است به حداقل برسانند. هدف از این تحقیق، یافتن منبع مقاومت در ژنوتیپ‌های گندم نان در برابر *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* بود.

روش بررسی

جدایه‌های قارچ: در این تحقیق از ۵ جدایه تک اسپور شده قارچ *F. culmorum* که از مناطق مختلف کشور به‌دست آمده و بیشترین بیماری‌زایی را دارا بودند و همچنین ۵ جدایه قارچ *F. pseudograminearum* و مخلوط هر دو گونه قارچی (مجموعا ۱۰ جدایه) استفاده شد (جدول ۱).

ارقام گندم: ارقام و لاین‌های گندم مورد استفاده در این تحقیق شامل ۵۷ رقم از CIMMYT (مرکز تحقیقات بین المللی ذرت و گندم) بودند که به همراه ارقام Burbot-6، ٤۹-۲، Sunco و لاین‌های ۱۸-۸۷-C و ۱۱-۸۷- C و

۱۰-۸۵-WS، ۱٤-۸٤-S از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و همچنین ارقام بهرنگ و دنا (گندم دوروم) به‌عنوان شاهد حساس، در آزمایش منظور شدند که مجموعاً ٦٦ رقم و لاین در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- مشخصات جدایه‌های *Fusarium culmorum* و *Fusarium pseudograminearum*.

Table 1. Characteristics of *Fusarium culmorum* and *Fusarium pseudograminearum isolates.*

F. culmorum		*F. pseudograminearum*	
Number of isolates	Province/Region	Number of isolates	Province/Region
S18 (1)	Isfahan	V5(1)	Tehran/Varamin
14	Gorgan	V7(4)	Tehran/Varamin
A1(1)	Arak/Azarash	G63	Golestan/Bandar Gaz
I4(2)	Qazvin	L5	Lorestan/Boroojerd
V9(4)	Tehran/Varamin	A5	Azarbaijan Sharghi/ Marand

کشت در شرایط گلخانه

بذرهای هر رقم به‌مدت ٦ دقیقه با اتانول ۹۵ درصد ضدعفونی شده و سپس سه مرتبه هر بار به‌مدت یک دقیقه با آب مقطر سترون شستشو شد. بذرهای ضد عفونی شده روی کاغذهای صافی سترون مرطوب در تشتک پتری به مدت دو روز در ۲۳ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا جوانه بزنند. برای آزمایش‌های گلخانه از گیاهچه‌های حدوداً یک سانتی‌متری استفاده شد. بذرهایی که از قبل جوانه زده بودند در لوله‌های پلاستیکی (به قطر ٤ سانتی‌متر و به طول ۱۲/۵ سانتی‌متر) که انتهای آن‌ها باز بود و حاوی خاک پاستوریزه به نسبت ۱:۲۹:۷۰ از (به‌ترتیب از چپ به راست شن: خاک مزرعه: خاک برگ) بودند کاشته شدند، سپس لوله‌ها به‌طور تصادفی در سینی‌های فلزی برای کلیه آزمایش‌های گلخانه‌ای قرار گرفتند. در هر لوله پلاستیکی پنج گیاهچه قرار داده شد و هر لوله پلاستیکی یک تکرار بود (Erginbas-Orakci *et al*., 2016).

کشت در شرایط مزرعه

در آزمایش مزرعه‌ای ابتدا بذور ضد عفونی شده هر رقم/لاین به مقدار ۳۲ گرم (۸ گرم در دو ردیف کشت ۱/۵ متری برای هر تکرار) وزن شدند و سپس در ظرف حاوی مخلوط سوسپانسیون اسپور جدایه‌های *F. culmorum* غوطه‌ور و سپس به مدت یک دقیقه تکان داده شد. در مرحله بعد بذور روی کاغذ صافی قرار داده شدند تا آب اضافی آن‌ها گرفته شود. بذور به مدت حدود یک روز در دمای اتاق نگهداری شده تا به‌خوبی خشک شوند سپس در پاکت کاغذی قرار داده شده و جهت کشت به مزرعه منتقل شدند (Wallwork *et al*. 2004).

تهیه زادمایه (Inoculum)

ابتدا هر یک از پنج جدایه تک اسپور شده روی محیط کشت سیب زمینی- دکستروز- آگار (PDA) کشت شده و به‌مدت ۱۰ روز در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی متناوب و دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای *F. culmorum* و ۲٦ درجه سلسیوس برای *F. pseudograminearum* قرار داده شدند تا رشد کنند. به‌منظور تولید زاد مایه بذر گندم در طول شب در آب خیسانده شده و سپس آب اضافی آن تخلیه شد. سپس بذور (۵۰۰گرم) در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده، دهانه آن‌ها با پنبه مسدود و سه مرتبه به فاصله ۲٤ ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس، به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. پس از خنک شدن، پنج قطعه یک سانتی‌متری از هر یک از پنج جدایه *F. culmorum* و پنج جدایه *F. pseudograminearum* به‌طور جداگانه به هر یک از کیسه‌های پلاستیکی حاوی بذر سترون شده منتقل و کاملا مخلوط شدند و به‌مدت ۲۱ روز در دمای C ° ۱ ± ۲۲ و در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی متناوب قرار داده شدند. بعد از گذشت ۳ روز، کیسه‌ها به‌طور روزانه تکان داده شدند تا کلونیزاسیون یکنواخت بذور انجام شود. بذور کلونیزه شده پس از خشک شدن آسیاب گردیده، سپس الک شده و در آزمایشات گلخانه و مزرعه مورد استفاده قرار گرفتند (Erginbas-Orakci *et al*., 2016).

به‌منظور تهیه سوسپانسیون اسپور برای آزمایشات مزرعه‌ای مقداری از زاد مایه *F. culmorum* به‌دست آمده توسط روش فوق در یک ظرف ریخته شده و به آن آب مقطر سترون اضافه و به خوبی تکان داده شد سوسپانسیون به‌دست آمده از پارچه ململ ۲ یا ۳ لایه عبور داده شد تا میسلیوم

جدول ۲- مشخصات ارقام/لاین‌های گندم مورد ارزیابی از نظر مقاومت به *Fusarium culmorum, Fusarium pseudograminearum*.

Table 2. Characteristics of wheat lines/cultivars evaluated for resistance to *Fusarium culmorum* and *Fusarium pseudograminearum*.

Treatment no.	Cultivar/Pedigree	Source of cultivar
C1	Mehrgan	CIMMYT
C2	ROLFO7*2/PAURAQ	CIMMYT
C3	CHIBA//PRLII/CM65531/3/MISR2*2/4/HUW234+LR34/PRINIA/PBW343*2/KUKUNA/3/ROLFO7	CIMMYT
C4	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/5/ATTILA/4/WEAVER/TSC//WEAVER/6/KA/NAC//TRCH	CIMMYT
C5	SOKOLL/WBLL1/4/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM	CIMMYT
C6	KACHU/SAUAL/4/ATTILA*2/PBW65//PIHA/3/ATTILA/2*PASTOR	CIMMYT
C7	ACHU/SAUAL/3/TRCH/SRTU//KACHU	CIMMYT
C8	BAJ#1/KISKADEE#1	CIMMYT
C9	MUTUS*2/CHONTE	CIMMYT
C10	Baj#1	CIMMYT
C11	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ*2/5/KIRITATI	CIMMYT
C12	WHEAR/VIVITSI//WHEAR/3/BECARD	CIMMYT
C13	SUP152/FRNCLN	CIMMYT
C14	ND643/2*WBLL1//VILLA JUAREZ F2009	CIMMYT
C15	QUAIU#1/BECARD	CIMMYT
C16	KACHU//KIRITATI/2*TRCH	CIMMYT
C17	FRNCLN/QUAIU//FRANCOLIN#1	CIMMYT
C18	FRANCOLIN#1*2/PRL	CIMMYT
C19	WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2	CIMMYT
C20	BAJ#1/8/NG8201/KAUZ/4/SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/5/MILAN/KAUZ/6/ACHYUTA/7/PBW343*2/KUKUNA	CIMMYT
C21	PRL/2*PASTOR//WHEAR/SOKOLL	CIMMYT
C22	KIRRITATI//2*PRL/2*PASTOR/3/CHONTE/5/PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI	CIMMYT
C23	BAVIS/3/ATTILA/BAV92//PASTOR/5/CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2	CIMMYT
C24	PBW65/2*PASTOR	CIMMYT
C25	Sirvan	CIMMYT
C26	BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX/4/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR/5/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CIMMYT
C27	SOKOLL*2/ROLF07	CIMMYT
C28	SOKOLL/ROLF07	CIMMYT
C29	CUNNINGHAM/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	CIMMYT
C30	FDC36//ATTILA*2/PBW65	CIMMYT
C31	CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/5/FRET2/KUKUNA//FRET2/6/MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92	CIMMYT
C32	SW89-5124*2/FASAN/3/ALTAR 84/AE.SQ//2*OPATA/4/ARREHANE	CIMMYT
C33	GOUBARA-1/2*SOKOLL	CIMMYT
C34	Gelibolu	CIMMYT
C35	Prostor	CIMMYT
C36	Yakar	CIMMYT
C37	F06580G2-1	CIMMYT
C38	F06659G6-1	CIMMYT
C39	OK08413	CIMMYT
C40	Owl,85224*-3H-*o-HOH/7/T.SPH/2*H567.71//CMH77.93/3/2* CMH79.959/5/T.SPH /2*H567.71 //CMH77.931/3/CMH79.959/4/CMH79.959/6/Gaspard	CIMMYT
C41	KATE A-1	CIMMYT
C42	ALPU//VP5053 (WA#FM/201/23*2/GS50A)	CIMMYT
C43	POLOVCHANKA/PEHLIVAN	CIMMYT
C44	PYN/BAU/3/KAUZ//KAUZ/STAR	CIMMYT
C45	BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS	CIMMYT
C46	KAMBARA1/KALYOZ-17	CIMMYT
C47	05899G01-2	CIMMYT
C48	Zrn/Shiroodi/6/Zrn/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/Kal*3//Emu"s"	CIMMYT
C49	KS2016/Lakin	CIMMYT
C50	GA951079-3-5/Neuse	CIMMYT
C51	GA951079-3-5/NC96BGTD3	CIMMYT
C52	McCormick/Trego	CIMMYT
C53	AWD99*5725/FL9547	CIMMYT
C54	VA01W-205/TX99D4628	CIMMYT
C55	NE06545	CIMMYT
C56	4WON-IR-257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA/4/VPM/MOS	CIMMYT
C57	Altay	CIMMYT
C58	Burbot-6	CIMMYT
C59	2-49	CIMMYT
C60	Sunco	CIMMYT
C61	C-87-18	SPII
C62	C-87-11	SPII
C63	WS-85-10	SPII
C64	S-84-14	SPII
C65	Behrang	SPII
C66	Dena	SPII

حذف شود و با استفاده از هموسایتومتر تعداد اسپورها (ماکروکنیدی) در یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون شمارش و تعداد آن‌ها به ۵×۱۰^{۵} عدد در میلی‌لیتر تنظیم شد (Erginbas-Orakci *et al.*, 2016).

مایه‌زنی در گلخانه و مزرعه

در آزمایشات گلخانه‌ای به هر لوله پلاستیکی ۰/۲٤ گرم از پودر خشک حاوی زاد مایه (مخلوط پنج جدایه از هر یک از گونه‌های قارچی *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و مخلوط هر دو گونه قارچی در قالب سه آزمایش جداگانه) اضافه و مابقی لوله‌های پلاستیکی با خاک پاستوریزه پوشانده شد. برای تخمین غلظت اسپورها ۰/۲٤ گرم از زاد مایه در ۱ میلی‌لیتر آب مقطر سترون ریخته شد و با استفاده از هموسایتومتر تعداد اسپورها در یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون شمارش شد که این مقدار برای قارچ *F. culmorum* به‌طور متوسط $۳/۵ \times ۱۰^{۵}$ عدد اسپور در میلی‌لیتر و برای قارچ *F. pseudograminearum* به‌طور متوسط $۳/۲ \times ۱۰^{۵}$ عدد اسپوردر میلی‌لیتر به‌دست آمد (Erginbas-Orakci *et al*., 2016).

در آزمایش مزرعه‌ای که تنها با استفاده از مخلوط پنج جدایه از قارچ *F. culmorum* صورت گرفت ابتدا زمین برای کاشت آماده شد. کرت‌های آزمایش شامل دو ردیف کاشت هر یک به طول ۱/۵ متر و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر نسبت به یکدیگر بودند. فاصله بین کرت‌های دارای زاد مایه به‌میزان ۱ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. در کرت‌های دارای زاد مایه بذوری که با سوسپانسیون اسپور به روش شرح داده شده در بالا تیمار شده بودند کاشته شدند (٤ گرم در هر ردیف کشت ۱/۵ متری برای هر تکرار) و روی آن‌ها به ارتفاع ۲ سانتی‌متر خاک ریخته شد و سپس ۲/۳ گرم در هرمتر از ردیف کاشت (۳/۵ گرم در هر ردیف ۱/۵ متری) از زاد مایه (مخلوط پنج جدایه *F. culmorum*) به آن اضافه شده و روی آن‌ها با خاک پوشانده شد (Wallwork *et al*., 2004).

ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های گندم در گلخانه و مزرعه

تیوب‌های پلاستیکی در گلخانه در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس و در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی متناوب قرار گرفتند و گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *F.culmorum* پس از گذشت ۲ ماه و قارچ *F. pseudograminearum* پس از گذشت ۳۵ روز و تلفیق هر دو گونه قارچی نیز پس از شش هفته براساس پوسیدگی طوقه تا اولین گره ساقه و میزان گسترش آن با استفاده از مقیاس ۰ تا ۵ (۰= ۰ درصد، ۱= ۱–۱۰ درصد، ۲= ۱۰–۲۵ درصد، ۳= ۲۵–۵۰ درصد، ٤= ۵۰–۷۵ درصد و ۵= > ۷۵ درصد) بررسی و شدت بیماری محاسبه شد (Wallwork *et al*., 2004).

به‌منظور ارزیابی میزان مقاومت ارقام و لاین‌های گندم در مزرعه پس از آن که گیاه به مرحله بلوغ (مرحله خمیری) رسید گیاهان ابتدا سنبله‌چینی شده و تیمارها پس از عملیات بوجاری به‌منظور به‌دست آوردن عملکرد توزین و سپس تعداد ۱۰ بوته در هر کرت به‌طور تصادفی از خاک بیرون آورده شده و در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در اسرع وقت با توجه به‌مقدار گسترش رنگ قهوه‌ای (پوسیدگی) طوقه تا اولین گره ساقه و براساس مقیاس ۰ تا ۵ که در بالا ذکر شد، نمره‌دهی و سپس شاخص شدت بیماری براساس فرمول زیر محاسبه شد (Smiley and Yan 2009 and Wallwork *et al.* 2004).

درصد شاخص شدت بیماری (DSI%)=

مجموع (مقیاس شدت بیماری× تعداد گیاهان شمارش شده در آن مقیاس)/ (تعداد کل گیاهان × بالاترین عدد مقیاس)× ۱۰۰ است.

براساس روش ارگینباش اوراکچی و همکاران با اندکی تغییرات، در گلخانه گیاهانی که براساس مقیاس ۰ تا ۵ (شدت بیماری) ارزیابی شده بودند، و درصد شاخص شدت بیماری در آن‌ها بین ۱ تا ۱۰ درصد بود مقاوم، ۱۰ تا ۳۵ درصد نسبتاً مقاوم و بالای ۳۵ درصد حساس در نظر گرفته شد. در مزرعه گیاهانی که درصد شاخص شدت بیماری در آن‌ها ۱ تا ۱۵ درصد بود مقاوم و ۱۵ تا ٤۵ درصد نسبتاً مقاوم و بالای ٤۵ درصد حساس در نظر گرفته شد (Wildermuth and McNamara 1994; Erginbas-Orakci *et al*., 2016).

طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایشات گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٦٦ تیمار و هفت تکرار در تهران و آزمایش مزرعه‌ای با ٦٦ تیمار و چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه کرج اجرا شد. سپس تبدیل داده‌های حاصل از آزمایش با جذرگیری صورت گرفته و داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ارقامی که بیشترین مقاومت را به هر یک از عوامل نشان دادند شناسایی شدند.

نتیجه و بحث

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط ۵ جدایه از قارچ *F. culmorum* درگلخانه

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های حاصل نشان داد که بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به جدایه‌های مختلف قارچ عامل بیماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، لذا اقدام به مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد شد. میانگین شاخص شدت بیماری ارقام مورد بررسی نشان داد که تیمارهای C66 و C65 (دنا و بهرنگ) با قرار گرفتن در یک گروه آماری (A) نسبت به بقیه ارقام (یا لاین‌ها) به‌عنوان حساس‌ترین و تیمار C37 (F06580G2-1) با کمترین شدت آلودگی به همراه تیمارهای C62 (C-87-11)، C61 (C-87-18)، C52 (McCormick/Trego)، C40، C57، C43، C57، C38، C35 وC54 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری دارای حرف یکسان (V) به‌عنوان مقاوم‌ترین ارقام (یا لاین‌ها) محسوب شدند و بقیه ارقام (یا لاین‌ها) در حد واسط قرار گرفتند (جدول ۳).

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از *F. pseudograminearum* در گلخانه

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های حاصل نشان داد که بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به مخلوط پنج جدایه *F. pseudograminearum* در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت بنابراین مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. میانگین شدت بیماری روی ارقام مورد بررسی در جدول ٤ نشان داد که تیمار C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18) با قرار گرفتن در گروه‌های آماری W و VW و دارا بودن کمترین شدت بیماری نسبت به مخلوط ۵ جدایه از قارچ *F. pseudograminearum* مورد بررسی مقاوم بودند، همچنین سایر تیمارهای آزمایش شامل C58، C45، C54، C40، C52، C50، C43، C46، C42، C47، C59، C38، C37، C53، C41، C51، C55، C64 و C35 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (V) و دارا بودن شدت بیماری پایین نسبت به مخلوط ۵ جدایه *F. pseudograminearum* نسبتاً مقاوم بودند و ارقام بهرنگ (C65) و دنا (C66) با قرار گرفتن در گروه آماری (A) و دارا بودن بالاترین شاخص شدت بیماری حساس بودند.

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F.culmorum* در گلخانه

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های حاصل نشان داد که بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به مخلوط **پنج** جدایه از قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F.culmorum* در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین شدت بیماری روی ارقام مورد بررسی در جدول ۵ نشان داد که رقم بهرنگ (C65) با قرار گرفتن در گروه آماری (A) و دارا بودن بالاترین شاخص شدت بیماری (۷۸/۲۸) نسبت به مخلوط جدایه‌های قارچ‌های مذکور حساس بود و ارقام و لاین‌های (C-87-11) C62، (Burbot-6) C58، C42، C52، C53، C35، C34، C38، C54 و C43 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (Z) نسبت به مخلوط جدایه‌های قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F.culmorum* مورد بررسی مقاوم بودند، همچنین تیمارهای C37 و C61 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (S-Y) نسبت به مخلوط جدایه‌های دو گونه قارچی با شاخص شدت بیماری حدود ۳۵ نسبتاً مقاوم بودند و بقیه تیمارها در حدفاصل بین این دو قرار گرفتند.

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه قارچ *Fusarium culmorum* در گلخانه براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد.

Table 3. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Fusarium culmorum* isolates based on LSD test at 5% probability level in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
C66	a* 74.85	C15	d-i 44	C51	n-t 25.71
C65	a 73.71	C8	d-i 42.85	C58	n-t 25.14
C20	b 58.28	C12	e-i 42.28	C56	n-t 25.14
C7	b 57.14	C1	f-i 42.28	C60	24.57 n-u
C21	bc 56	C30	g-i 41.14	C44	n-u 24.57
C13	b-d 53.14	C2	g-i 41.14	C46	n-u 24
C19	b-e 52.57	C18	g-i 41.14	C55	24 n-u
C10	b-f 52.57	C3	g-i 41.14	C53	24 n-u
C6	b-f 50	C23	g-k 40.57	C39	n-u 23.42
C4	b-g 50.28	C16	j-k 39.42	C50	22.85 n-u
C33	b-g 50.28	C17	h-l 37.14	C45	22.85 n-u
C51	b-g 49.71	C11	i-m 34.85	C54	22.28 o-v
C31	b-g 49.71	C5	i-m 34.28	C35	22.28 o-v
C32	b-g 49.14	C34	j-n 30.85	C38	22.28 o-v
C25	b-g 48.57	C29	k-o 30.28	C47	21.14 q-v
C27	b-g 48	C64	l-p 30.28	C43	20.57 q-v
C14	c-h 46.28	C49	l-q 28.57	C57	20.57 r-v
C24	c-h 45.71	C36	m-r 28	C40	20.57 s-v
C28	c-h 45.71	C63	m-s 27.42	C52	20 s-v
C22	c-h 45.14	C52	m-s 26.85	C61	19.42 t-v
C26	ch 45.14	C59	m-s 26.85	C62	17.71 uV
C9	d-i 44.57	C41	m-t 26.28	C37	v 16

*There is no significant difference between means having the same letters

*میانگین‌های ارائه شده داده‌های اولیه هستند ولی گروه‌بندی تیمارها براساس تجزیه واریانس داده‌های تبدیل شده می‌باشند.
تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ٤- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه قارچ *Fusarium pseudograminearum* در گلخانه براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد.

Table 4. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Fusarium pseudograminearum* isolates based on LSD test at 5% probability level in greenhouse

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
C65	74.28 a *	C20	41.41 d-k	C63	28 n-u
C66	72.57 a	C14	40.57 d-l	C35	26.28 o-v
C15	54.28 b	C29	40.57 d-l	C64	25.71 o-v
C7	53.14 bc	C19	40 d-m	C55	25.14 p-v
C32	50.28 b-d	C18	40 d-m	C51	24.57 q-v
C25	49.14 b-e	C33	40 d-m	C41	24.57 r-v
C1	48.57 b-e	C31	39.42 e-m	C53	23.42 s-v
C3	48.57 b-e	C5	39.42 e-m	C37	23.42 s-v
C28	48 b-e	C11	38.28 e-m	C38	23.42 s-v
C8	47.42 b-f	C21	36.57 f-n	C59	22.85 s-v
C16	47.42 b-f	C26	36.57 f-n	C47	22.85 s-v
C12	46.85 b-g	C57	34.85 h-o	C42	22.85 s-v
C17	46.28 b-g	C30	34.28 i-p	C46	22.85 s-v
C22	45.71 b-g	C23	33.71 i-q	C43	22.28 t-v
C10	44.57 b-h	C27	33.14 j-r	C50	22.28 t-v
C13	44.57 b-h	C48	33.14 j-r	C52	22.28 t-v
C60	44 b-i	C56	33.14 j-r	C40	22.28 t-v
C9	43.42 b-i	C44	32.57 k-s	C54	21.14 u-v
C6	42.85 b-j	C49	31.42 l-t	C45	21.14 u-v
C2	41.71 d-k	C36	30.85 l-t	C58	20.57 u-v
C24	41.14 d-k	C34	30.28 m-t	C61	18.85 vw
C4	41.14 d-k	C39	28.57 n-u	C62	13.71 w

*There is no significant difference between means having the same letters

* *میانگین‌های ارائه شده داده‌های اولیه هستند ولی گروه‌بندی تیمارها بر اساس تجزیه واریانس داده‌های تبدیل شده می‌باشند
تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از قارچ *F. culmorum* در شرایط مزرعه‌ای در کرج

با توجه به جدول تجزیه واریانس بین ارقام از نظر شاخص شدت آلودگی به بیماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت لذا اقدام به مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد شد (جدول ٦). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین C9 (MUTUS*2/CHONTE) و C66 (دنا) با بیشترین شاخص شدت بیماری (به‌ترتیب ٦٢/٠٠٢ و ٦١/٤٣) با قرار گرفتن در گروه (A و AB) به همراه سایر تیمارها شامل C24، C2، C12، C21، C14، C15، C65، C23، C6، C25، C63، C32، C57، C27، C18، C45، C37 و C55 نسبت به بقیه ارقام (یا لاین‌ها) به‌عنوان حساس‌ترین و ارقام و لاین‌های (C-87-11) C62 با کمترین شاخص شدت بیماری (٣٧/٦٤) با قرار گرفتن در گروه آماری (O) و C50 (GA951079-3-5/Neuse) و C61 (C-87-18) با شاخص شدت بیماری (به ترتیب ٤٥/٥٤ و ٤٥/٨٩) با قرار گرفتن در گروه‌های آماری NO و M-O به عنوان متحمل‌ترین ارقام (یا لاین‌ها) محسوب شدند.

بررسی عملکرد ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از قارچ *F. culmorum* در شرایط مزرعه‌ای در کرج:

با توجه به جدول تجزیه واریانس بین ارقام از نظر عملکرد در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت لذا اقدام به مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد گردید (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای C36، C48، C55، C62 و C32 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (A) از میانگین عملکرد بالاتری نسبت‌به سایر تیمارها برخوردار بودند. همچنین تیمارهای C65، C44، C18 و C13 با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (V) از کمترین میانگین عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند.

جدول ۵- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه ازهر یک از قارچ‌های *Fusarium pseudograminearum* و *Fusarium.culmorum* در گلخانه.

Table 5. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixed of five *Fusarium pseudograminearum* and *Fusarium culmorum* isolates based on LSD test at 5% probability level in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
C65	78.28 a*	C5	52 f-n	C57	42.28 m-u
C66	75.42 ab	C27	51.42 f-n	C49	42.28 m-u
C7	67.42 bc	C12	51.42 f-n	C51	41.71 n-v
C15	66.85 bc	C2	50.85 f-n	C45	40 o-w
C60	65.71 b-d	C33	50.85 f-n	C47	40 o-w
C10	65.14 b-d	C21	50.85 f-n	C59	38.28 p-x
C31	64.57 c-e	C1	50.85 f-n	C50	38.28 p-x
C16	61.14 c-f	C14	50.85 f-n	C41	38.28 p-x
C24	58.85 c-g	C32	49.71 g-o	C40	36.57 q-x
C18	58.85 c-g	C17	49.14 g-o	C36	36 r-y
C19	58.28 c-h	C9	49.14 g-o	C61	35.42 s-y
C25	58.28 c-h	C23	48.57 g-p	C37	34.85 s-y
C20	57.71 c-h	C63	48.57 g-p	C43	33.71 t-z
C8	57.14 c-i	C44	48.57 g-p	C54	33.71 t-z
C55	57.14 c-i	C64	48 h-p	C38	32.57 u-z
C4	56 d-j	C11	46.85 i-q	C34	31.42 v-z
C26	55.42 d-k	C51	46.85 i-q	C35	29.71 w-z
C28	55.28 e-l	C6	46.28 j-r	C53	29.14 x-z
C13	52.57 f-m	C56	45.14 k-s	C52	29.14 x-z
C29	52.57 f-m	C30	45.14 k-s	C42	28 x-z
C22	52 f-n	C39	44 l-t	C58	25.71 y-z
C3	52 f-n	C46	43.42 m-t	C62	24 z

*There is no significant difference between means having the same letters

*میانگین‌های ارائه شده داده‌های اولیه هستند ولی گروه‌بندی تیمارها بر اساس تجزیه واریانس داده‌های تبدیل شده می‌باشند

تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ٦- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت آلودگی ارقام و لاین‌های مورد آزمایش نسبت به مخلوط پنج جدایه *Fusarium culmorum* تحت شرایط مزرعه در کرج

Table 6. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Fusarium culmorum* isolates based on LSD test at 5% probability level at Karaj station

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
C9	62.002 a*	C38	53.18 b-n	C64	50.04 d-n
C66	61.43 ab	C54	53.06 b-n	C42	49.70 e-n
C24	60.39 a-c	C3	53.01 b-n	C58	49.63 e-n
C2	58.14 a-d	C22	52.87 c-n	C48	49.60 e-n
C12	57.73 a-e	C17	52.85 c-n	C33	49.59 e-n
C21	57.73 a-e	C20	52.83 c-n	C11	49.09 f-n
C14	57.21 a-f	C1	52.82 c-n	C29	48.97 f-n
C15	56.97 a-g	C40	52.58 c-n	C31	48.89 f-n
C65	56.44 a-h	C30	52.11 c-n	C36	48.85 f-n
C23	55.28 a-i	C5	51.62 d-n	C60	48.62 g-n
C6	55.24 a-i	C34	51.54 d-n	C28	48.16 h-n
C25	55.06 a-j	C53	51.02 d-n	C46	47.72 i-n
C63	54.89 a-k	C26	50.81 d-n	C16	47.67 i-n
C32	54.65 a-l	C13	50.67 d-n	C35	47.45 i-n
C57	54.62 a-l	C56	50.66 d-n	C44	47.07 j-n
C27	54.40 a-l	C7	50.65 d-n	C47	46.92 j-n
C18	54.28 a-m	C43	50.59 d-n	C51	46.62 j-n
C45	54.02 a-m	C19	50.58 d-n	C52	46.52 k-n
C37	53.89 a-n	C39	50.54 d-n	C49	46.32 i-n
C55	53.68 a-n	C10	50.53 d-n	C61	45.89 m-o
C8	53.56 b-n	C4	50.13 d-n	C50	45.54 no
C41	53.42 b-n	C59	50.08 d-n	C62	37.64 o

*There is no significant difference between means having the same letters

* تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ۷- جدول مقایسه میانگین عملکرد ارقام و لاین‌های مورد آزمایش نسبت به مخلوط ۵ جدایه *Fusarium culmorum* تحت شرایط مزرعه در کرج.

Table 7. Comparison of yield means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Fusarium culmorum* isolates based on LSD test at 5% probability level at Karaj station.

Treatment no.	Mean of Yield (g)	Treatment no.	Mean of Yield (g)	Treatment no.	Mean of Yield (g)
C36	686.67a*	C27	515.50e-m	C52	442.33j-t
C48	671.88ab	C21	514.75e-m	C30	440.00k-t
C55	661.92a-c	C19	511.75e-n	C5	439.50k-t
C62	661.81a-c	C31	505.00f-o	C39	438.75k-t
C32	630.00a-d	C53	502.75f-p	C20	431.00l-t
C26	596.00b-e	C64	501.50f-p	C22	430.75l-t
C58	595.88b-e	C61	500.50f-p	C15	425.75m-u
C51	588.50b-f	C50	499.50f-p	C2	423.00n-u
C29	584.50b-g	C9	498.25g-p	C1	420.75o-u
C54	578.00c-g	C40	486.67h-q	C3	419.25o-u
C47	572.00c-h	C41	476.50i-r	C12	417.50o-u
C63	568.50d-h	C4	467.75i-s	C33	416.50o-u
C10	536.00e-i	C23	466.75i-s	C59	415.00p-u
C60	535.33e-i	C17	465.75i-s	C49	413.13p-u
C28	532.13e-j	C7	459.75i-s	C37	406.67q-u
C42	531.67e-j	C35	455.67i-s	C6	398.25q-u
C46	524.50e-k	C14	455.67i-s	C66	395.25r-u
C45	523.44e-k	C57	454.50i-s	C11	388.25r-u
C38	520.50e-l	C24	449.50i-s	C13	384.75s-v
C56	517.63e-l	C16	449.13i-s	C18	356.63t-v
C34	516.75e-l	C43	444.75j-t	C44	339.50u-v
C25	515.50e-m	C8	443.25j-t	C65	295.75v

*There is no significant difference between means having the same letters

* تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

نتایج بررسی در مزرعه نشان داد که لاین‌های C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18) که از ژرم‌پلاسم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشند و همچنین لاین C50 (GA951079-3-5/Neuse) که از ژرم‌پلاسم سیمیت می‌باشد دارای مقاومت خوبی به پوسیدگی طوقه و ریشه گندم در منطقه کرج بودند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقاومت لاین C-87-11 از مقاومت ارقام ۲- ۴۹، Sunco و Burbot-6 (به‌ترتیب C59، C60 و C58) که توسط والورک و همکاران به‌عنوان ارقام مقاوم به‌بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه گندم معرفی شده‌اند بیشتر می‌باشند (Wallwork *et al*., 2004). همچنین این لاین (C-87-11) از میانگین عملکرد خوبی نیز نسبت به سایر ارقام و لاین‌ها برخوردار بود. البته از آن‌جایی که مقایسه میانگین عملکرد تیمارها در سطح کوچکی صورت گرفته برای به‌دست آوردن نتیجه قطعی نیاز به انجام مجدد آزمایش در سطح وسیع‌تر و حداقل دو فصل کشت می‌باشد که در دست اقدام می‌باشد.

لاین‌های C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18) در شرایط گلخانه‌ای نیز نسبت به *F. culmorum* با داشتن شدت بیماری به‌ترتیب ۱۷/۷۱ و ۱۹/۴۲ درصد و نسبت به *F. pseudograminearum* با داشتن شدت بیماری به‌ترتیب ۱۳/۷۱ و ۱۸/۸۵ درصد از مقاومت بسیار خوبی برخوردار بوده و نسبت به تلفیق هر دو قارچ *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* در گلخانه به‌ترتیب با شدت بیماری ۲۴ و ۳۵/۴۲ از مقاومت خوبی برخوردار بودند. همچنین لاین C50 (GA951079-3-5/Neuse) نیز نسبت به *F. culmorum* با داشتن شدت ۲۲/۸۵ درصد و نسبت به *F. pseudograminearum* با داشتن شدت بیماری ۲۲/۲۸ درصد و تلفیق هر دو قارچ *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* در گلخانه با شدت بیماری ۳۸/۲۸ از مقاومت نسبتاً خوبی برخوردار بود. این تحقیق با آزمایشات اخیر رضوی و همکاران که میزان مقاومت ۷۰ رقم و لاین پیشرفته گندم نان و دوروم را نسبت به گونه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* تحت شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در دو منطقه کرج و کرمانشاه بررسی کرده و رقم BURBOT- 6 از سیمیت و لاین پیشرفته C-87-18 از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر را به‌عنوان رقم مقاوم معرفی نمودند تطابق دارد(Razavi *et al*., 2017).

در آزمایشات صورت گرفته در گلخانه نسبت به گونه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* و همچنین نسبت به تلفیق هر دو گونه مذکور علاوه بر لاین‌های C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر که مقاومت خوبی داشتند، ژنوتیپ‌های C35 (Prostor)، C37 (F06580G2-1)، C38 (F06659G6-1)، C43 (POLOVCHANKA/PEHLIVAN)، C52 (McCormick/Trego)، C54 (VA01W-205/TX99D4628)، C38 (F06659G6-1)، C34 (Gelibolu)، C53 (AWD99*5725/FL9547) و C58 (BURBOT- 6) از سیمیت نیز همگی در مرحله گیاهچه‌ای از مقاومت نسبتاً خوبی برخوردار بودند. این نتایج با یافته‌های رضوی و همکاران که اعلام کردند رقم BURBOT-6 از سیمیت و لاین پیشرفته C-87-18 از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در هر دو منطقه کرج و کرمانشاه در هر دو سال اجرای آزمایش از مقاومت بسیار خوبی بر خوردار بودند تطابق دارد (Razavi *et al*., 2017).

با توجه به بررسی‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای مشخص شد که ارقام بهرنگ و دنا که از نوع گندم دروم می‌باشند نسبت به هر دو گونه *F. culmorum* و *F. Pseudograminearum* و تلفیق این دو گونه در گلخانه و همچنین نسبت به *F. culmorum* در مزرعه بسیار حساس بودند که این یافته با نتایج آزمایشات رضوی و همکاران که میزان مقاومت ۷۰ رقم و لاین پیشرفته گندم نان و دوروم را نسبت به گونه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* تحت شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در دو منطقه کرج و کرمانشاه بررسی کرده بودند کاملاً مطابقت دارد (Razavi *et al*., 2017)، همچنین وال ورک و همکاران نیز در آزمایشات خود گزارش نمودند

که گندم دوروم و جو حساسیت بیشتری نسبت به گندم نان دارد که این با نتایج این تحقیق تطابق دارد (Wallwork *et al.*, 2004). علاوه بر این، ارقام بهرنگ و دنا از میانگین عملکرد کمتری نسبت (به‌ترتیب ۲۹۵/۷۵ و ۳۹۵/۲۵ گرم) به سایر ارقام و لاین‌ها برخوردار بودند، بنابراین در مناطقی که پوسیدگی‌های طوقه و ریشه شایع می‌باشند نمی‌بایست از ارقام دروم استفاده شود، همچنین در مقایسه با گندم نان یا گندم دوروم، جو نسبتاً زودتر و سریعتر تجمع قارچ‌ها را نشان می‌دهد با این وجود کاهش عملکرد کمتری در ارقام جو مشاهده می‌شود (Smiley *et al*. 2005, Daniel and Simpfendorfer 2012) بنابراین وجود غلظت بیشتری از پاتوژن در گیاهان آلوده نشان می‌دهد که انواع جو نسبت به گندم نان یا دوروم نسبت به پوسیدگی طوقه و ریشه تحمل بیشتری دارند پس در مناطقی که این بیماری وجود دارد نمی‌بایست پس از جو اقدام به کشت گندم نمود زیرا جو زادمایه را به شدت افزایش داده و منجر به کاهش شدید عملکرد در محصول گندم می‌شود (Liu *et al*. 2012b).

تنها تلاش‌های محدودی در شناسایی منابع جدید مقاومت با آزمایش روی ژرم‌پلاسم‌های مختلف انجام شده است. یکی از دلایل احتمالی در عدم اشتیاق به غربالگری ژرم پلاسم برای شناسایی منابع جدید مقاومت به پوسیدگی طوقه و ریشه این است که وقتی تعداد زیادی از ژنوتیپ‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند غالباً تولید نتایج قابل تکرار با روش‌های سنجش موجود دشوار است. دلیل احتمالی دیگر عدم درک مؤلفه‌های مقاومت و چگونگی اندازه‌گیری مؤثر آن‌ها است. در شناسایی منابع مقاومت به پوسیدگی طوقه و ریشه تنها سه گزارش خارجی در مورد غربالگری ژرم پلاسم وجود دارد. هر سه گزارش براساس سنجش گیاهچه‌ها در گلخانه است. دو مورد از این گزارش‌ها در مورد گندم می‌باشد که یکی حدود ٤٠٠ ژنوتیپ (Purss 1966) و دیگری حدود ۲۵۰۰ ژنوتیپ را مورد ارزیابی قرار دادند (Liu *et al.* 2011). همچنین لیو و همکاران بیش از ۱۰۰۰ ژنوتیپ جو را نیز ارزیابی کردند (Liu *et al.* 2012a). درک این نکته ضروری است که ارزیابی تعداد بیشتری از ژنوتیپ‌ها شانس دستیابی به منابع مقاومت بهتر را افزایش می‌دهد و این‌که کیفیت منابع مقاومت، هم در تعیین کیفیت نتایج مطالعات ژنتیکی و هم اصلاح نژاد نیز بستگی به مؤثر بودن روش‌های شناسایی فنوتیپ‌ها (phenotyping method) که در آزمایشات مزرعه‌ای استفاده می‌شود دارد. جالب است که بیشتر ژنوتیپ‌های جو مقاوم نسبت به پوسیدگی طوقه و ریشه که از غربالگری ژرم پلاسم جو گزارش شده است (Liu *et al*. 2012a) از شرق آسیا نشأت گرفته‌اند جایی که بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه یک بیماری عمده غلات نیست (Chakraborty *et al*. 2006). به‌نظر می‌رسد این موضوع به‌علت وجود تنوع ژنتیکی زیاد در ژرم پلاسم موجود در منطقه فوق باشد.

همان‌طور که ذکر شد تعداد ژنوتیپ‌های گندم مقاوم در برابر پوسیدگی فوزاریومی طوقه و ریشه بسیار محدود است بنابراین توسعه و یا شناسایی ژنوتیپ‌های جدید با سطح قابل قبولی از مقاومت می‌تواند برای تولیدکنندگان گندم یعنی کشاورزان بسیار سودمند باشد. استفاده از ژرم پلاسم مقاوم به‌همراه سایر روش‌ها مانند تناوب زراعی و مدیریت تلفیقی آفات (IPM) در نهایت باعث کاهش خسارت و افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Erginbas-Orakci *et al.*, 2010). استفاده از ژنوتیپ‌های مقاوم با عملکرد بالا مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش برای کنترل پاتوژن‌های خاکزاد به‌ویژه در مناطق خشکی که غلات در آن‌ها کشت شده و سیستم‌های تک کشتی (monoculture cropping) دارند مؤثر است. تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به پوسیدگی طوقه و ریشه گندم در شرایط گلخانه و مزرعه واکنش‌های مختلفی را نسبت به جدایه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* نشان دادند. ژنوتیپ ها با توجه به شدت قهوه ای/پوسیدگی روی طوقه و ریشه طبقه بندی شدند و با یکدیگر مقایسه شدند. ژنوتیپ‌هایی مانند لاین‌های C61 (C-87-18) C62 و (C-87-11) که هم در گلخانه و هم در مزرعه شدت بیماری کمتری داشتند و در هردو شرایط نتایج مشابهی را نشان دادند و همچنین

میانگین عملکرد بالاتری در مزرعه داشتند را می‌توان به‌عنوان لاین‌های مقاوم و قابل اعتماد در نظر گرفت. مطابق گزارش اسمایلی و یان تغییرات زیادی در پاسخ به‌بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه در طی سالیان متمادی وجود داشته و تعیین استاندارد قابل اعتماد در تحمل ارقام ژنوتیپ‌های گندم دشوار است (Smiley and Yan 2009). بنابراین، تغییراتی که به‌خصوص در مزرعه مشاهده می‌شود ممکن است ناشی از مایه زنی ناهمگون و عوامل محیطی باشد. علائم در گلخانه در مقایسه با مزرعه مشخص‌تر بودند زیرا در گلخانه محیط برای توسعه بیماری بهینه بود. همچنین برای آزمایشات گلخانه‌ای از خاک سترون استفاده شد که در مقابل خاک مزرعه با اکوسیستم پیچیده آن می‌تواند بر توسعه بیماری تأثیر بگذارد.

در این مطالعه، ۱۲ ژنوتیپ گندم نان شامل ژنوتیپ‌های C62 (C-87-11) و C61 (C-87-18)، ژنوتیپ‌های C35 (Prostor)، C37 (F06580G2-1)، C38 (F06659G6-1)، C43 (POLOVCHANKA/PEHLIVAN)، (McCormick/Trego) C52، C54 (VA01W-205/TX99D4628)، C50 (GA951079-3-5/Neuse)، C34 (Gelibolu)، C53 (AWD99*5725/FL9547) و C58 (BURBOT-6) از سیمیت در برابر *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* نسبتاً مقاوم می‌باشند که برای مطالعات بیشتر در زمینه به‌نژادی توصیه می‌شوند.

سپاسگزاری

نگارندگان از سرکار خانم دکتر گول ارگینباش اراکچی و جناب آقای دکتر عامر دبابات و جناب آقای دکتر جلال کمالی محققین سیمیت به خاطر در اختیار گذاشتن ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم و به‌ویژه بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهان به‌خاطر فراهم نمودن امکانات در راستای اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند.

References

ANONYMOUS, 2017. Agriculture Statistics: Crop Production. Ministry of Jihad-Agriculture Publications, Information and Communication Center, Programming Deputy, Tehran, Iran, 124 pp.

BACKHOUSE, D., A.A. ABUBAKAR., L.W. BURGESS., J.I. DENNIS., G.J. HOLLAWAY., G.B. WILDERMUTH., H. WALLWORK. and J.F. HENRY. 2002. Survey of *Fusarium* species associated with crown rot of wheat and barley in eastern Australia. Australasian Plant Pathology. 33: 255-261.

BACKHOUSE, D., A.A. ABUBAKAR., L.W. BURGESS., J.I. DENNIS., G.J. HOLLAWAY., G.B. WILDERMUTH., H. WALLWORK. and J.F. HENRY. 2004. Survey of *Fusarium* species associated with crown rot of wheat and barley in eastern Australia. Australasian Plant Pathology. 33: 255-261.

BURGESS, L.W., A.H. WEARING. and T.A. TOUSSOUN. 1975. Surveys of Ffusaria associated with crown rot of wheat in Eastern Australia. Australian Journal of Agricultural Research. 26: 791-799.

BURGESS, L.W., D. BACKHOUSE., B.A. SUMMERELL. and L.J. SWAN. 2001. Crown rot in wheat - Chapter 20 in Fusarium - Paul E Nelson Memorial Symposium. Edited by Summerell, B.A., Leslie, J.F., Backhouse, D., Bryden, W.L., Burgess, L.W. APS Press, the American Phytopathological Society, St. Paul, MN. (APS) Press, St. Paul, Minn, USA. 271-295.

CHAKRABORTY, S., C.J. LIU., V. MITTER., J.B. SCOTT., O.A. AKINSANMI., S. ALI., R. DILL-MACKY., J. NICOL., D. BACKHOUSE. and S. SIMPFENDORFER. 2006. Pathogen population structure and epidemiology are keys to wheat crown rot and Fusarium head blight management. Australasian Plant Pathology. 35: 1-113.

CHAKRABORTY, S., F. OBANOR., R. WESTECOTT. and K. ABEYWICKRAMA. 2010. Wheat crown rot pathogens *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum* lack specialization. The American Phytopathological Society. 100: 1057-1065.

CHEKALI, S., S. GARGOURI, S. BERRAIES, M.S. GHARBI, M.J. NICOL. and B. NASRAOUI. 2013. Impact of Fusarium foot and root rot on yield of cereals in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection. 8: 75-86.

COOK, R. J. and A. A CHRISTEN. 1976. Growth of cereal root rot fungi as affected by temperature–water potential interactions. Phytopathology 66: 193–197.

DANIEL, R. and S. SIMPFENDORFER, 2012: The impact of crown rot on winter cereal yield. In 'Working Towards Reducing Crown Rot Impact on the Australian Grains Industry. Proceedings of the First International Crown Rot Workshop for wheat Improvement'. Narrabri, Australia. Page 20.

ELAD, Y. and I. PERTOT. 2014. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. Journal of Crop Improvement. 28:99-139.

ERGINBAS-ORAKCI, G., G. POOLE., J. M. NICOL.,T. PAULITZ., A.A. DABABAT. and K, CAMPBELL .2016. Assessment of inoculation methods to identify resistance to Fusarium crown rot in wheat. Journal of Plant Diseases and Protection. 123:19–27.

ERGIBAS-ORAKCI, G., A.R. BENTLEY.; E. SHAHIN. and J.M. NICOL. 2010. Proceedings of 6th Australasian Soil borne diseases symposium. Twin Waters, Queensland, 9-11 August. Page 44.

GARGOURI, S., L. BERNIER., M.R. HAJLAOUI. and M. MARRAKEHI. 2003. Genetic variability and population structure of wheat foot rot fungus, *Fusarium culmorum*, in Tunisia. European Journal of Plant Pathology. 109:807-815.

HAMEED, M.A., R.M. RANA. and Z. ALI. 2012. Identification and characterization of a novel Iraqi isolate of *Fusarium pseudograminearum* causing crown rot in wheat. Genetics and Molecular Research. 11: 1341-1348.

LI, H. B., G. Q. XIE., J. MA., G. R. LIU., S. M. WEN., T. BAN., S. CHAKRABORTY. and C. J. LIU, 2010: Genetic relationships between resistances to Fusarium head blight and crown rot in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Theoretical and Applied Genetics. 121: 941-950.

LIU, X. and C. LIU. 2016. Effects of drought-stress on Fusarium crown rot development in barley. PLoS ONE. 11:e0167304.

LIU, C. and F.C. OGBONNAYA. 2015. Resistance to Fusarium crown rot in wheat and barley: A review of Plant Breeding. 134: 365-372.

LIU, Y. X., Y. L. ZHENG., Y. M. WEI., M. X. ZHOU. and C. J. LIU. 2012a: Genotypic differences in resistance to crown rot caused by *Fusarium pseudograminearum* in barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Breeding. 131: 728-732.

LIU, Y., J. MA., W. YAN., G. YAN., M. ZHOU., Y. WEI., Y. L. ZHENG. and C. LIU. 2012b: Different tolerance in bread wheat, durum wheat and barley to Fusarium crown rot disease caused by *Fusarium pseudograminearum.* Journal of Phytopathology. 160: 412-417.

LIU, C. J., J. MA., H. B. LI., Y. X. LIU., G. R. LIU., S. M. WEN., M. X. ZHOU., G. J. YAN. and S. CHAKRABORTY. 2011. The homoeologous regions on long arms of group 3 chromosomes in wheat and barley harbour major crown rot resistance loci. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 47: 109-114.

MA, J., H. B. LI., C. Y. ZHANG., X. M. YANG., Y. X. LIU., G. J. YAN. and C. J. LIU. 2010. Identification and validation of a major QTL conferring crown rot resistance in hexaploid wheat. Theoretical and Applied Genetics. 120: 1119-1128.

MERGOUM, M. and H. GOMEZ-MACPHERSON. 2004. Triticale improvement and production. Food and Agricultural Organization (FAO). Plant Production and Protection. Rome, Italy. 179.

MCDONALD H.J and A.D. ROVIRA. 1983. Development of inoculation technique for *Rhizoctonia solani* and its application to screening cereal cultivars for resistance. Abstracts, 4th international congress of

plant pathology 17–24. Melbourne, Australia. American Phytopathological Society Press, Saint Paul, Minnesota, USA. 174-176.

MURRAY G.M. and J.P. BRENNAN. 2009. Estimating disease losses to the Australian wheat industry. Australasian Plant Pathology. 38: 558-570.

KAN, M., A. KAN. and C. OGUZ. 2017. Ecosystem-based approach to combat drought and desertification and their relation with rural development. In: R. Efe, M. Zencirkiran, J.A. Wendt, Z. Tumsavas, H. Unal and B. Borısova (eds.), Current Trends in Science and Landscape Management. Sofia St. Kliment Ohridski University Press, Sofia. 319-342.

PAULITZ, T.C., R.W. SMILEY. and R.J. COOK. 2002. Insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the Pacific Northwest, USA. Canadian Journal of Plant Pathology. 24: 416-28.

PAPENDICK, R.I. and R.J. COOK. 1974. Plant water stress and development of Fusarium foot rot in wheat subjected to different cultural practices. Phytopathology. 64: 358-363.

PURSS, S. S. 1966. Studies of varietal resistance to crown rot of wheat caused by *Fusarium graminearum* Schw. Queensland Journal of Agricultural and Animal Science. 23: 475-498.

RAZAVI, M., D. SAFAEI. and M. MAHDAVI AMIRI. 2017. Reaction of wheat cultivars and advanced lines to *Fusarium culmorum* and *F. pseudograminearum* under field and greenhouse conditions. Entomology and Phytopathology. 85 (1): 31-44. (in Persian with English summary).

ROSSI, V., C. CERVI, G. CHIUSA. and L. LANGUASCO. 1995. Fungi associated with foot rots on winter wheat in northwest Italy. Journal of phytopathology. 143: 115-119.

SAREMI, H., A. AMMARELLOU. and H. JAFARY. 2007. Incidence of crown rot disease caused by *Fusarium pseudograminearum* as a new soil borne fungal species in North West Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences. 27: 3606-3612.

SMILEY, R.W., J.A. GOURLIE., S.A. EASLEY., L.M. PATTERSON. and R.G. WHITTAKER. 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. Plant Disease. 89: 595-604.

SMILEY, R. W. and H. Yan. 2009. Variability of Fusarium crown rot tolerances among cultivars of spring and winter wheat. Plant Disease. 93: 954- 961.

SOHAIL, Q., T. INOUNE., H. TANAKA., A.E. ELTAYEB., Y. MATSUOKA. and H. TSUJIMOTO. 2011. Applicability of *Aegilops tauschii* drought tolerance traits to breeding of hexaploid wheat. Breeding Science. 61: 347–357.

STREIT, S., A. VON-TIEDEMANN. and M. WINTER. 2016. Impact of drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) root and stem base infections with *Fusarium culmorum*. Conference National Fusarium Head Blight Forum, St. Louis, USA. 62.

TUNALI, B., J.M. NICOL., D. HODSON., Z. UCKUN., O. BUYUK., E. ERDURMUS., H. HEKIMHAN., H. AKTAS., M.A. AKBUDAK. and S.A. BAGCI. 2008. Root and crown rot fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. Plant Disease. 98: 1299-1306.

VAN WYK, P.S., O. LOS., J.P. RHEEDER. and W.F.O. MARASAS. 1987. *Fusarium* species associated with crown rot of wheat in the Humansdorp District, Cape Province. Phytophylactica. 19: 343-344.

WALLWORK, H., M. BUTT., J. P. E. CHEONG. and K. J. WILLIAMS. 2004. Resistance to crown rot in wheat identified through an improved method for screening adult plant. Australasian Plant Pathology 33: 1-7.

WANG, H., S.F. HWANG., F. EUDES., K.F. CHANG., R.J. HOWARD. and G.D. TURNBULL. 2006. Trichothecenes and aggressiveness of *Fusarium graminearum* causing seedling blight and root rot in cereals. Plant Pathology. 55: 224-30.

WILDERMUTH, G.B. and R.B. MCNAMARA. 1994. Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1. Plant Disease. 78: 949-953.