Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 89, No. 2, March 2022
DOI: 10.22092/JAEP.2021.128478.1389

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۹، شماره ۲، اسفند ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

تعیین مقاومت ژنوتیپ‌های گندم نسبت به بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از *Bipolaris sorokiniana* و برهمکنش آن با قارچ‌های *Fusarium culmorum* و *F. pseudograminearum* در شرایط گلخانه

مکامه مهدوی امیری[۱]، محمد رضوی[۲]✉، حمیدرضا زمانی‌زاده[۳]، سعید رضائی[۳]

۱، ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری بیماری شناسی گیاهی، استاد، 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: اردیبهشت ۱۴۰۰؛ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۰)

چکیده

در تحقیق حاضر، ٦٦ ژنوتیپ گندم نان و دوروم از نظر مقاومت به بیماری‌های ناشی از قارچ‌های *Bipolaris sorokiniana*، *Fusarium pseudograminearum* و *F. culmorum* به‌تنهایی و در تلفیق با *B. sorokiniana* در شرایط گلخانه مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان‌داد که ۱۱ ژنوتیپ C-87-11، C-87-18، BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS، 05899G01-2، F06580G2-1، F06659G6-1، McCormick/Trego، VA01W-205/TX99D4628، GA951079-3-5/Neuse، Owl,85224*-3H-*o-HOH/7/T.SPH/2*H567.71//4/CMH79.959/6/Gaspard و AWD99*5725/FL9547 در برابر بیماری ناشی از *B. sorokiniana* و تلفیق آن با گونه‌های فوزاریوم، نسبتاً مقاوم بودند و از بین آن‌ها، سه ژنوتیپ C-87-11، GA951079-3-5 / Neuse و 05899G01-2 در برابر بیماری ناشی از تلفیق هر سه گونه قارچی مقاوم‌تر بودند که برای مطالعات بیشتر در زمینه به‌نژادی توصیه می‌شوند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم و اثرات متقابل ترکیبات قارچی استفاده شده روی آن‌ها، توانست ژنوتیپ‌های مختلف با حساسیت و مقاومت نسبی را به‌خوبی از یکدیگر جدا نماید، ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم در گروه سه دندروگرام‌های مزبور قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: بایپولاریس، پوسیدگی ریشه، ژنوتیپ، فوزاریوم، مقاومت، گندم

Determination of wheat genotypes resistance to the root rot caused by *Bipolaris sorokiniana* and its interaction *with Fusarium culmorum* and *F. pseudograminearum* in greenhouse

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

1, 3. PhD. Student, Professor, 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

Fungal species *Fusarium pseudograminearum*, *F. culmorum* and *Bipolaris sorokiniana* are the most economically important pathogens causing crown and root rot of cereals. The use of resistant cultivars can be the most efficient measure to reduce the effect of this disease. As an alternative strategy, screening of resistant wheat genotypes has been emphasized in the recent studies. This research was conducted to evaluate level of resistance of 66 genotypes of bread wheat and durum wheat to *B. sorokiniana*, *F. pseudograminearum* and *F. culmorum* isolates in greenhouse condition. These experiments were conducted based on completely randomized design with seven replications in greenhouse condition. The results showed that, 11 genotypes including C-87-11, C-87-18, BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS, 05899G01-2, F06580G2-1, F06659G6-1, McCormick/Trego, VA01W-205/TX99D4628, GA951079-3-5/Neuse, Owl,85224*-3H-*o-HOH/7/T.SPH/2*H567.71//4/CMH79.959/6/Gaspard and AWD99*5725/FL9547 were moderately resistant to diseases caused by *B. sorokiniana* isolates and its combination with *F. pseudograminearum* and *F. culmorum.* Among these genotypes, three genotypes C-87-11, GA951079-3-5 / Neuse and 05899G01-2 were resistant to the combination of all diseases caused by these three fungal species. These genotypes have potential to be incorporated into wheat breeding programs. Cluster analysis of reaction of wheat genotypes to all diseases caused by these three fungal species, as well as to different combination of them were able to separate susceptibe and relatively resistant genotypes from each other. In both dendrograms, genotypes that were relatively resistant to disease caused by*B. sorokiniana* and its combination with other diseases caused by fungal species were grouped into cluster 3.

Keywords: *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum*, *F. culmorum*, genotypes, resistance, root rot, wheat

✉ **E–mail: mrazavi39@yahoo.ca**

©2022, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مقدمه

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. یکی از مهم‌ترین غلات است که در ایران در سطح وسیعی به‌صورت دیم وآبی کشت می‌گردد. بر اساس برآورد سال ۱۳۹۷سطح زیرکشت گندم در ایران حدودا ٥/٤ میلیون هکتار است که شامل حدود ۱/۹ میلیون هکتار آبی، ۳/٤ میلیون هکتار دیم و میزان تولید کل کشور حدود ۱۲/٤ میلیون تن می‌باشد (Ahmadi *et al*., 2018). پوسیدگی معمولی ریشه با عامل *B. sorokiniana* در مناطق کشت غلات که دارای آب و هوای گرم‌تری هستند شیوع دارد، گندم، جو، چاودار، چمن‌ها و علف‌های هرز میزبان آن هستند. تین‌لاین و لدینگهام میزان خسارت حاصل از پوسیدگی معمولی ریشه گندم در کانادا را ۲/٥ تا ٥/٦ درصد گزارش نمودند (Tinline and Ledingham 1979). ریچارد و همکاران دو گونه قارچ *B. sorokiniana* و *Fusarium* sp. را به‌عنوان عوامل پوسیدگی ریشه و طوقه گندم در اکامبای مکزیک گزارش کردند (Richard and Ocamb 2007). در استرالیای جنوبی علت این بیماری را به قارچ‌های *F. equistei*، *F. acuminatum*، *F. oxysporum* و *B. sorokiniana* نسبت داده‌اند (Rita and Harris 2010). ولیزادگان و روانلو بررسی‌هایی در مزارع گندم آبی در استان آذربایجان‌غربی انجام دادند که در این مطالعه گونه‌های *F. graminearum*، *F. acuminatum, F. avenaceum , F. culmorum* و *B. sorokiniana* با فراوانی بالا به‌عنوان عوامل مهم پوسیدگی طوقه و ریشه در مزارع گندم آبی تعیین و معرفی شدند (Valizadegan and Ravanlou 2016). در استان گلستان ۱۲ گونه *Fusarium*به‌همراه گونه‌های *Rhizoctonia solani*، *Alternaria tineus*، *Gaeumannomyces graminis*، *B. sorokiniana* از قسمت‌های آلوده ریشه و طوقه گندم جداسازی شد (Dehghan *et al*., 2015). علائم پوسیدگی معمولی ریشه با عامل *B. sorokiniana* با تغییر رنگ قهوه‌ای تا سیاه گره‌های زیر طوقه (sub-crown internode) (SCI) همراه است (Purss 1970, Cook and Veseth 1991). تشخیص پوسیدگی معمولی ریشه (Common root rot) (CRR) عموماً دشوار است، زیرا علائم در سطح بالایی زمین غیر قابل توصیف می‌باشند (Stein 2010). گیاهان بیمار به‌صورت تصادفی در مزرعه پراکنده هستند و ریشه‌های آلوده و بافت‌های مرتبط با آن دارای زخم‌های قهوه‌ای تیره هستند، که این زخم‌های روی میان گره‌های زیر طوقه آلوده برای تشخیص بیماری و ارزیابی شدت بیماری استفاده می‌شود (Tinline *et al*., 1975, Wildermuth 1986, Kokko Jefferson, 2004, Fernandez *et al*., .*et al*., 2000, Fernandez and 2007, Fernandez *et al*., 2009).

راهبردهای مدیریتی برای بیماری‌های پوسیدگی ریشه مشابه هستند. در این بین استفاده از ارقام مقاوم می‌تواند مؤثرترین و کارآمدترین اقدام در جهت کاهش تأثیر بیماری‌های پوسیدگی ریشه باشد، اما مقاومت در ارقام تجاری نسبت به یک یا هر دو بیماری جزئی است (Tobias *et al*, 2009, Stein 2010, Cook 2010). وقتی که شرایط آب و هوایی برای فعالین عوامل بیمارگر مساعد باشد و ارقام دارای مقاومت جزئی باشند بروز بیماری معمول بوده و حتی می‌تواند تشدید شود (Burgess *et al*., 2001, Strausbaugh *et al*. 2005). مقاومت در برابر CRR در ارقام گندم بهاره قرمز سخت در داکوتای شمالی ارزیابی شده است (Tobias *et al*., 2009). توبیاس و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند ژنوتیپ‌های تجاری ND 722، AC Candillac، HJ 98، Argent و Scholar شدت بیماری مشابه و یا بهتری را نسبت به Amidon، که یک رقم تا حدودی مقاوم در برابر CRR است و به‌عنوان شاهد استفاده شده بوده از خود نشان داده‌اند (Tobias *et al*., 2009). ارزیابی واکنش‌های ارقام نسبت به CRR نشان داد که لاین‌های پیشرفته انتخاب شده با دانه آبی رنگ حاصل کراس بین گندم و آگروتانا مقاومت بیشتری نسبت به *T. aestivum* با والدین حساس (گندم بهاره چینی) و سایر ارقام حساسی که به‌عنوان کنترل استفاده شده بودند از خود نشان دادند (Li *et al*., 2004). خسارت ناشی از پوسیدگی فوزاریومی ریشه و CRR قابل توجه است و برنامه‌های غربالگری و اصلاح گندم متحمل و مقاوم در برابر پوسیدگی طوقه و ریشه در مناطق خشک در

مناطق مختلف دنیا از جمله ایران با پشتیبانی CIMMYT آغاز شده است (NicFol *et al*., 2004, Smiley *et al*., 2003). هدف این تحقیق، یافتن منبع مقاومت در ژنوتیپ‌های گندم نان در برابر *B. sorokiniana*، *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* و بررسی برهمکنش بین قارچ‌های مذکور و ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بود.

روش بررسی

جدایه‌های قارچی

در این تحقیق از ۵ جدایه تک اسپور شده قارچ *B. sorokiniana* که از مناطق مختلف کشور به‌دست آمده و بیشترین بیماری‌زایی را دارا بود، ۵ جدایه قارچ *F. pseudograminearum* و مخلوط هر دو گونه قارچی (مجموعاً ۱۰ جدایه) و ۵ جدایه قارچ *F. culmorum* و مخلوط آن با قارچ *B. sorokiniana* (مجموعاً ۱۰ جدایه) و مخلوط هر سه گونه قارچی (جدول ۱) استفاده گردید.

ارقام گندم

ارقام و لاین‌های گندم مورد استفاده در این تحقیق شامل ۵۷ رقم دریافتی از CIMMYT (مرکز تحقیقات بین المللی ذرت و گندم)، به همراه ارقام Burbot-6، ۲-۴۹،Sunco و لاین‌های ۱۸-۸۷-C و ۱۱-۸۷- C و ۱۰-۸۵-WS، ۸۴-۱۴-S از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و همچنین ارقام بهرنگ و دنا (گندم دوروم) به‌عنوان شاهد حساس (Mahdavi *et al*., 2020)، مجموعاً ٦٦ رقم و لاین بودند (جدول ۲).

تهیه زادمایه و مایه‌زنی در گلخانه

جدایه‌های *B. sorokiniana* در تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت سیب زمینی -دکستروز-آگار (PDA) کشت و در دمای۲۲ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ روز نگهداری شد تا اسپورزایی صورت گیرد. مقدار مساوی از هر یک از پنج جدایه قارچ مذکور در این آزمایش استفاده شد و سوسپانسیون اسپور تهیه و تعداد اسپورها در یک میلی‌لیتر آن با استفاده از هموسایتومتر شمارش و به تعداد ۵×۱۰^۵ اسپور در میلی‌لیتر تنظیم شد. تهیه زادمایه و مایه‌زنی جدایه‌های تک اسپور شده *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* با استفاده از روش ارگینباش اوراکچی (Erginbas-Orakci *et al*., 2016) و (Mahdvi Amiri *et al*., 2020) انجام شد. ۴۰ میلی‌لیتر از سوسپانسون به‌دست آمده با ۵۰ گرم پیت ماس سترون در ظرف پتری مخلوط و بذور هر یک از ژنوتیپ‌ها در این مخلوط قرار داده شد. بذور مایه زنی شده در گلدان‌های حاوی پیت‌ماس سترون کشت و در اتاقک رشد با دمای ۲۲ درجه سلسیوس، ۱۲ ساعت نور روز و ۱۷ درجه سلسیوس، ۱۲ ساعت تاریکی و رطوبت ۸۰ تا ۹۰ درصد نگهداری شدند. گیاهچه‌ها با محلول غذایی Knop's آبیاری شد.

جدول ۱- مشخصات جدایه‌های *Bipolaris sorokiniana*، *Fusarium culmorum* و *Fusarium pseudograminearum*.

Table 1. Characteristics of *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium culmorum* and *Fusarium pseudograminearum* isolates.

B. sorokiniana		***F. culmorum***		***F. pseudograminearum***	
Province/Region	**Number of isolates**	**Province/Region**	**Number of isolates**	**Province/Region**	**Number of isolates**
Isfahan	40	Isfahan	S18	Tehran/Varamin	V5
Isfahan	41	Gorgan	14	Tehran/Varamin	V7
Isfahan/Khansar	43	Arak/Azarash	A1	Golestan/Bandar Gaz	G63
Khorasan Razavi/Jovein	50	Qazvin	I4	Lorestan/Boroojerd	L5
Khorasan Razavi/Jovein	51	Tehran/Varamin	V9	Azarbaijan Sharghi/Marand	A5

جدول ۲- مشخصات ارقام/لاین‌های گندم مورد ارزیابی از نظر مقاومت به *Bipolaris sorokiniana*، *Fusarium culmorum* و *Fusarium pseudograminearum*.

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

Treatment no.	Cultivar/Pedigree	Source of cultivar
B1	Mehrgan	CIMMYT
B2	ROLFO7*2/PAURAQ	CIMMYT
B3	CHIBA//PRLII/CM65531/3/MISR2*2/4/HUW234+LR34/PRINIA/PBW343*2/KUKUNA/3/ROLFO7	CIMMYT
B4	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/5/ATTILA/4/WEAVER/TSC//WEAVER/6/KA/NAC//TRCH	CIMMYT
B5	SOKOLL/WBLL1/4/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM	CIMMYT
B6	KACHU/SAUAL/4/ATTILA*2/PBW65//PIHA/3/ATTILA/2*PASTOR	CIMMYT
B7	ACHU/SAUAL/3/TRCH/SRTU//KACHU	CIMMYT
B8	BAJ#1/KISKADEE#1	CIMMYT
B9	MUTUS*2/CHONTE	CIMMYT
B10	Baj#1	CIMMYT
B11	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ*2/5/KIRITATI	CIMMYT
B12	WHEAR/VIVITSI//WHEAR/3/BECARD	CIMMYT
B13	SUP152/FRNCLN	CIMMYT
B14	ND643/2*WBLL1//VILLA JUAREZ F2009	CIMMYT
B15	QUAIU#1/BECARD	CIMMYT
B16	KACHU//KIRITATI/2*TRCH	CIMMYT
B17	FRNCLN/QUAIU//FRANCOLIN#1	CIMMYT
B18	FRANCOLIN#1*2/PRL	CIMMYT
B19	WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2	CIMMYT
B20	BAJ#1/8/NG8201/KAUZ/4/SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/5/MILAN/KAUZ/6/ACHYUTA/7/PBW343*2/KUKUNA	CIMMYT
B21	PRL/2*PASTOR//WHEAR/SOKOLL	CIMMYT
B22	KIRRITATI//2*PRL/2*PASTOR/3/CHONTE/5/PRL/2*PASTOR /4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI	CIMMYT
B23	BAVIS/3/ATTILA/BAV92//PASTOR/5/CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2	CIMMYT
B24	PBW65/2*PASTOR	CIMMYT
B25	Sirvan	CIMMYT
B26	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
B27	SOKOLL*2/ROLF07	CIMMYT
B28	SOKOLL/ROLF07	CIMMYT
B29	CUNNINGHAM/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	CIMMYT
B30	FDC36//ATTILA*2/PBW65	CIMMYT
B31	CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/5/FRET2/KUKUNA//FRET2/6/MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92	CIMMYT
B32	SW89-5124*2/FASAN/3/ALTAR 84/AE.SQ//2*OPATA/4/ARREHANE	CIMMYT
B33	GOUBARA-1/2*SOKOLL	CIMMYT
B34	Gelibolu	CIMMYT
B35	Prostor	CIMMYT
B36	Yakar	CIMMYT
B37	F06580G2-1	CIMMYT
B38	F06659G6-1	CIMMYT
B39	OK08413	CIMMYT
B40	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
B41	KATE A-1	CIMMYT
B42	ALPU//VP5053 (WA#FM/201/23*2/GS50A)	CIMMYT
B43	POLOVCHANKA/PEHLIVAN	CIMMYT
B44	PYN/BAU/3/KAUZ//KAUZ/STAR	CIMMYT
B45	BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS	CIMMYT
B46	KAMBARA1/KALYOZ-17	CIMMYT
B47	05899G01-2	CIMMYT
B48	Zrn/Shiroodi/6/Zrn/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/Kal*3//Emu"s"	CIMMYT
B49	KS2016/Lakin	CIMMYT
B50	GA951079-3-5/Neuse	CIMMYT
B51	GA951079-3-5/NC96BGTD3	CIMMYT
B52	McCormick/Trego	CIMMYT
B53	AWD99*5725/FL9547	CIMMYT
B54	VA01W-205/TX99D4628	CIMMYT
B55	NE06545	CIMMYT
B56	4WON-IR-257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA/4/VPM/MOS	CIMMYT
B57	Altay	CIMMYT
B58	Burbot-6	CIMMYT
B59	2-49	CIMMYT
B60	Sunco	CIMMYT
B61	C-87-18	SPII
B62	C-87-11	SPII
B63	WS-85-10	SPII
B64	S-84-14	SPII
B65	Behrang	SPII
B66	Dena	SPII

ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های گندم در گلخانه

پس از گذشت هفت هفته نمره‌دهی با استفاده از مقیاس ۰ تا ۵ بر اساس درصد آلودگی میان‌گره‌های زیر طوقه SCI[1] (۰= عدم وجود لکه (ایمن)، ۱= زخم‌های قهوه‌ای روشن کوچک که ۱ تا ۱۰ درصد ناحیه SCI را پوشانده (بسیار مقاوم)، ۲= زخم‌های قهوه‌ای روشن که ۱۱ تا ۲۵ درصد ناحیهSCI را پوشانده (مقاوم)، ۳= زخم‌های قهوه‌ای سیاه که ۲۶ تا ۴۰ درصد ناحیهSCI را پوشانده (حساسیت معمولی)، ٤= زخم‌های سیاه که ٤۱ تا ۷۵ درصد ناحیهSCI را پوشانده (حساس) و ۵= زخم‌های سیاه که ۷٦ تا ۱۰۰ درصد ناحیه SCI را پوشانده (بسیار حساس) انجام شد (شکل ۱) (Arabi *et al*., 2013).

$$\text{شاخص شدت بیماری (\%)} = \frac{\text{(تعداد گیاهان شمارش شده در آن مقیاس× مقیاس شدت بیماری) مجموع}}{\text{(بالاترین عدد مقیاس×تعداد کل گیاهان)}} \times 100$$

شکل ۱- مقیاس ۰ تا ۵، درصد آلودگی میان‌گره‌های زیر طوقه.

Fig. 1. Scale 0 to 5, the infection percentage of sub-crown internode.

طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٦٦ تیمار و هفت تکرار در شرایط گلخانه اجرا شد. تبدیل داده‌های حاصل از آزمایش با جذرگیری صورت گرفته و داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزارSAS تجزیه و تحلیل شد و ارقامی که بیشترین مقاومت را به هر یک از عوامل نشان دادند شناسایی شدند. در نهایت اثرات متقابل تیمارها و ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم افزار NCSS تجزیه و تحلیل و دندروگرام آن رسم گردید.

نتیجه و بحث

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از قارچ *B. sorokiniana* 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 احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت. میانگین شاخص شدت بیماری ارقام مورد بررسی نشان داد که تیمارهای B66 و B65 (ارقام دنا و بهرنگ) و B4 (BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/5/ATTILA/4/WEAVER (WEAVER/6/KA/NAC//TRCH///TSC) با قرار گرفتن در گروه‌های آماری (A) نسبت به بقیه ارقام (یا لاین‌ها) به‌عنوان حساس‌ترین و تیمار B62 (C-87-11) با کمترین شدت آلودگی به‌همراه تیمارهای B45 (BACANORA/3/MASON/JGR//PECOS)، B38 (F06659G6-1)، B42 (WA#FM/201/23*2/GS50A)) (ALPU//VP5053)، B57 (Altay)، B44 (PYN/BAU/3/KAUZ//KAUZ/STAR)، B40 (Owl,85224*-3H-*o-OH/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)، B39 (OK08413)، B54 (VA01W-205/TX99D4628)، B61 (C-87-18)، B46 (KAMBARA1/KALYOZ-17)، B47 (05899G01-2)، B56 (4WON-) (IR-257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA/4/VPM/MOS)، B41 (KATE A-1)، B50 (GA951079-3-5/Neuse) و B54 (VA01W-205/TX99D4628) با قرار گرفتن در گروه‌های دارای حرف یکسان (T) به‌عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند و بقیه ژنوتیپ‌ها در حد واسط قرار گرفتند (جدول ۳).

بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مختلف گندم نسبت‌به مخلوط پنج جدایه از هریک از قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *B. sorokiniana* در گلخانه

[1] sub-crown internode

میانگین شدت بیماری روی ارقام مورد بررسی در جدول ٤ نشان داد که تیمار B62 (C-87-11) با دارا بودن کمترین شدت بیماری نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *B.sorokiniana* مورد بررسی دارای بیشترین مقاومت بود، همچنین سایر تیمارهای آزمایش شامل B50 (GA951079-3-5/Neuse)، B40 (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)، B53 (AWD99*5725/FL9547)، B47 (05899G01-2)، B37 (F06580G2-1)، B52 (McCormick/Trego)، B57 (Altay)، B38 (F06659G6-1)، B58 (Burbot-6)، B61 (C-87-18)، B35 (Prostor)، B43 (POLOVCHANKA/PEHLIVAN) و B46 (KAMBARA1/KALYOZ-17) با دارا بودن شدت بیماری پایین نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *B. sorokiniana* نسبتاً مقاوم بودند و ارقام بهرنگ (BS65) و دنا (BS66) با دارا بودن بالاترین شاخص شدت بیماری حساس بودند (جدول ٤).

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از قارچ *Bipolaris sorokiniana* در گلخانه.

Table 3. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana* isolates in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
B66	74.28a*	**B33**	42.85d-l	**B63**	22.85p-t
B65	67.42ab	**B16**	42.85d-l	**B48**	22.85p-t
B4	61.71a-c	**B22**	42.28e-m	**B43**	22.85p-t
B5	54.28bc	**B31**	40.57 e-m	**B52**	22.85p-t
B1	52c-e	**B12**	40 e-m	**B51**	21.71q-t
B36	51.42c-f	**B9**	40 e-m	**B34**	21.14r-t
B3	49.71d-g	**B26**	40 e-m	**B54**	21.14st
B14	49.14d-g	**B28**	38.85f-n	**B50**	21.14st
B28	47.42d-h	**B19**	38.85f-n	**B41**	21.14st
B25	46.85d-h	**B49**	37.71g-n	**B56**	21.14st
B23	46.28 d-h	**B24**	36.57g-n	**B47**	20.57st
B10	46.28 d-h	**B17**	35.42h-n	**B46**	20.57st
B32	46.28 d-h	**B60**	34.85i-n	**B61**	20.57st
B67	45.71d-i	**B8**	34.28j-n	**B54**	20.57st
B6	45.71d-i	**B30**	33.14k-p	**B39**	20.57st
B20	44.57d-j	**B27**	32l-q	**B40**	20.57st
B15	44d-k	**B35**	32l-q	**B44**	20st
B21	44d-k	**B7**	31.42m-r	**B57**	20st
B13	43.42d-k	**B59**	31.42m-r	**B42**	20st
B2	43.42d-k	**B53**	24.57n-s	**B38**	20st
B29	43.42d-k	**B37**	24n-s	**B45**	20st
B11	42.85d-l	**B55**	23.42o-t	**B62**	16.57t

*There is no significant difference between means having the same letters based on LSD test at 5% probability level

*میانگین‌های ارائه شده داده‌های اولیه هستند ولی گروه‌بندی تیمارها بر اساس تجزیه واریانس داده‌های تبدیل شده با جذرگیری از داده اولیه می‌باشند. تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد، ختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

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

میانگین شدت بیماری روی ارقام مورد بررسی در جدول ۵ نشان داد که رقم دنا (B66) و بهرنگ (B65) با دارا بودن بالاترین شاخص شدت بیماری به‌ترتیب (۸۹/۱۴ و ۸۲/۲۸) نسبت به مخلوط جدایه‌های قارچ‌های مذکور حساس بودند و لاین B62 (C-87-11) و همچنین ارقام و لاین‌های B40 (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)، B47 (05899G01-2)، B38 (F06659G6-1)، B52 (McCormick/Trego) و B53 (AWD99*5725/FL9547) نسبت به مخلوط پنج جدایه از قارچ‌های *B. sorokiniana* و *F. culmorum* مورد بررسی از مقاومت بیشتری برخوردار بودند، همچنین تیمارهای B55 (NE06545)، B50 (GA951079-3-5/Neuse) و B61 (C-87-18) نسبت به مخلوط جدایه‌های دو گونه قارچی با شاخص شدت بیماری بین حدوداً ۳۳–۳۱ نسبتاً مقاوم بودند و بقیه تیمارها در حدفاصل بین این دو قرار گرفتند (جدول ۵).

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

میانگین شدت بیماری روی ارقام مورد بررسی در جدول ٦ نشان داد که رقم بهرنگ (B65) و رقم دنا (B66) با دارا بودن بالاترین شاخص شدت بیماری (به‌ترتیب ۹۱/۴۲ و ۸۹/۷۱) نسبت به مخلوط جدایه‌های قارچ‌های مذکور بسیار حساس بودند و ارقام و لاین‌های B62 (C-87-11)، B50 (GA951079-3-5/Neuse)، B47 (05899G01-2) و B52 (McCormick/Trego) نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *B.sorokiniana*، *F. pseudograminearum* و *F.culmorum* مورد بررسی مقاوم‌تر بودند و همچنین تیمارهای B53 (AWD99*5725/FL9547)، B40 (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)، B61 (C-87-18)، B54 (VA01W-205/TX99D4628)، B38 (F06659G6-1)، B45 (BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS)، B42 (F06580G2-1)، B37 (ALPU//VP5053 (WA#FM/201/23*2/GS50A))، B56 (4WON-IR-257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA/4/VPM/MOS) و B41 (KATE A-1) نسبت به مخلوط جدایه‌های سه گونه قارچی با شاخص شدت بیماری حدود (۲۹–۳۸) نسبتاً مقاوم بودند و بقیه تیمارها در حدفاصل بین این دو قرار گرفتند (جدول ٦).

همچنین به‌منظور بررسی اثرات متقابل ترکیبات قارچی استفاده شده روی ژنوتیپ‌های گندم، داده‌ها یک بار بر اساس ژنوتیپ‌های گندم و یک بار بر اساس ترکیبات قارچی که در قالب ٤ آزمایش به‌کار رفته بودند شامل *B. sorokiniana* به‌تنهایی و ترکیب آن با قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و ترکیب هر ۳ قارچ با یکدیگر، با استفاده از روش Weighted Pair-Group تجزیه و خوشه‌بندی شدند (شکل‌های ۲ و ۳).

نتیجه تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم ژنوتیپ‌ها را در ۷ گروه طبقه‌بندی نمود. از میان ٦٦ ژنوتیپ مورد بررسی بیشترین ژنوتیپ‌ها در گروه ۷ قرار گرفتند و گروه‌های ۲ و ۵ نیز تک عضوی بودند. گروه ۱ شامل رقم بهرنگ (B65) و رقم دنا (B66) بود که بر اساس هر ٤ آزمایش صورت‌گرفته نسبت به جدایه‌های قارچ‌های مذکور بسیار حساس بودند. گروه ۳ شامل تیمارهای B61 (C-87-18)، B53 (AWD99*5725/FL9547)، B52 (McCormick/Trego)، B62 (C-87-11)، B54 (VA01W-205/TX99D4628)، B50 (GA951079-3-5/Neuse)، B47 (05899G01-2)، B40 (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) و B38 (F06659G6-1) بودند که ژنوتیپ‌هایی هستند که نسبتاً به قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با قارچ‌های دیگر مقاوم هستند. ژنوتیپ‌های دیگر نیز در گروه‌های ٤ و ٦ قرار گرفتند که آن‌ها نیز عمدتاً تسبت‌به ترکیبات قارچی استفاده شده در آزمایشات حساس و نیمه حساس بودند (شکل ۲).

جدول ٤- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *Fusarium pseudograminearum* و *Bipolaris sorokiniana* در گلخانه.

Table 4. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium pseudograminearum* isolates in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
B65	91.42a*	**B13**	65.71d-i	**B49**	54.85i-o
B66	90.85a	**B24**	65.71d-i	**B44**	53.71j-o
B15	82.28ab	**B48**	65.14d-i	**B39**	53.14k-o
B25	78.85bc	**B14**	65.14d-i	**B42**	52l-o
B1	74.85b-d	**B60**	65.14d-i	**B55**	49.14m-p
B7	73.14b-e	**B11**	64.57d-j	**B34**	47.42n-p
B17	73.14b-e	**B29**	64d-k	**B45**	46.85op
B2	72b-e	**B5**	64d-k	**B46**	40pq
B28	71.42b-e	**B19**	63.42e-k	**B43**	39.42pq
B10	71.42b-e	**B27**	63.42e-k	**B35**	35.42q
B16	70.28c-f	**B4**	62.85e-l	**B61**	35.42q
B18	70.28c-f	**B20**	62.85e-l	**B58**	33.71q
B6	69.14c-g	**B33**	62.28e-l	**B38**	33.71q
B21	69.14c-g	**B56**	60f-m	**B57**	33.14qr
B9	69.14c-g	**B30**	60f-m	**B52**	33.14qr
B26	68.57c-h	**B41**	59.42f-m	**B37**	33.14qr
B3	68c-h	**B36**	59.42f-m	**B47**	32.57qr
B22	67.42d-h	**B64**	58.85g-m	**B53**	32.57qr
B8	66.28d-h	**B59**	58.28g-n	**B40**	32qr
B31	66.28d-h	**B63**	57.71h-o	**B50**	29.71qr
B23	65.71d-i	**B12**	57.71h-o	**B54**	29.71qr
B32	65.71d-i	**B51**	54.85i-o	**B62**	22.28r

*There is no significant difference between means having the same letters, based on LSD test at 5% probability level

*تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری براساس آزمون LSD در سطح ۵درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

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

Table 5. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium culmorum* isolates in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
B66	89.14* a	**B16**	65.71d-i	**B56**	46.85n-q
B65	82.28ab	**B23**	65.71d-i	**B59**	46.28n-q
B10	75.42bc	**B17**	65.71d-i	**B35**	46.28n-r
B3	72.57cd	**B25**	65.71d-i	**B39**	44.57n-s
B2	72.57cd	**B19**	65.71d-i	**B51**	43.42o-s
B1	72c-e	**B21**	65.14d-i	**B45**	40.57p-t
B7	71.42c-f	**B20**	64.57d-j	**B44**	40.57p-t
B11	70.85c-g	**B18**	64.57d-j	**B36**	39.42q-u
B6	69.71c-h	**B33**	64.57d-j	**B58**	39.42q-u
B4	69.14c-h	**B32**	63.42e-j	**B54**	37.71r-v
B60	68.57c-h	**B63**	62.85f-j	**B37**	37.71r-v
B13	68.57c-h	**B22**	62.28g-j	**B43**	36.57s-w
B15	68.57c-h	**B31**	61.71h-k	**B34**	36s-w
B5	68c-h	**B8**	61.14h-k	**B61**	33.71t-x
B14	68c-h	**B48**	58.28i-l	**B50**	32.57t-x
B9	68c-h	**B64**	56j-m	**B55**	31.42u-x
B27	67.42 c-h	**B30**	53.14k-n	**B53**	30.85u-y
B29	66.85c-i	**B46**	51.42l-o	**B52**	30.85u-y
B28	66.85c-i	**B41**	50.85l-o	**B38**	29.14v-y
B26	66.85c-i	**B57**	50.28l-o	**B47**	28.57w-y
B12	66.28d-i	**B42**	49.71l-o	**B40**	25.14xy
B24	66.28d-i	**B49**	49.14m-p	**B62**	22.28y

*There is no significant difference between means having the same letters, based on LSD test at 5% probability level.

*تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد.اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ٦- جدول مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *Bipolaris sorokiniana*، *Fusarium pseudograminearum* و *Fusarium culmorum* در گلخانه.

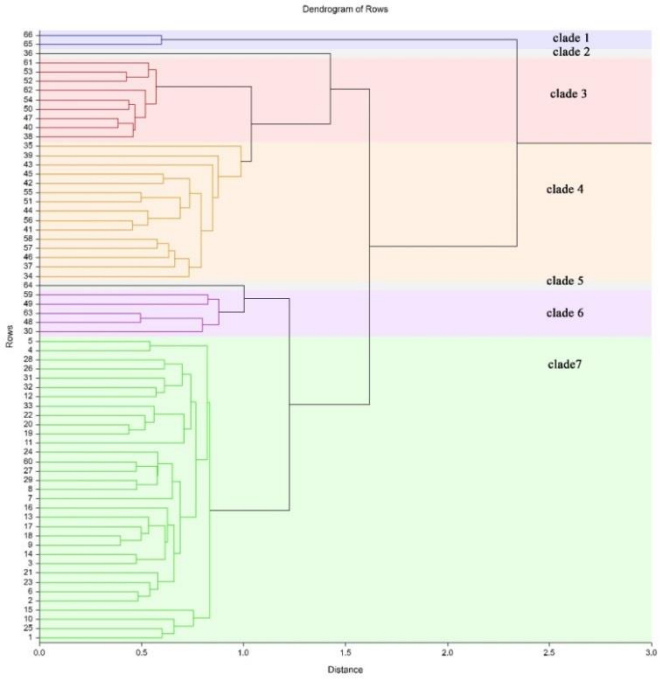
Table 6. Comparison of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum* and *Fusarium culmorum* isolates in greenhouse.

Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)	Treatment no.	Mean of disease severity index (%)
B65	91.42* a	**B33**	70.85b-h	**B36**	46.28m-r
B66	89.71a	**B12**	70.28b-i	**B46**	45.14m-r
B20	84ab	**B4**	69.71b-i	**B34**	45.14n-s
B25	84ab	**B23**	68.57c-i	**B51**	44o-s
B13	82.85a-c	**B8**	67.42c-j	**B57**	41.71p-t
B21	79.42a-d	**B27**	66.85d-j	**B55**	41.14p-t
B28	79.42a-d	**B16**	66.85d-j	**B44**	41.14p-t
B15	78.85a-e	**B29**	66.28d-j	**B58**	41.14p-t
B17	78.85a-e	**B60**	66.28d-j	**B41**	38.85q-u
B7	78.28a-e	**B32**	65.71d-j	**B56**	38.28r-u
B18	78.28a-e	**B31**	64.57e-k	**B42**	38.28r-u
B3	78.28a-e	**B5**	61.71f-l	**B37**	36.57r-v
B6	78.28a-e	**B59**	58.28g-m	**B45**	33.71s-v
B22	77.14a-e	**B11**	57.71g-n	**B38**	32t-v
B9	76.57a-e	**B43**	57.14h-n	**B54**	31.42t-v
B19	76.57a-e	**B49**	56i-o	**B61**	30.85u-v
B26	76a-e	**B64**	54.28j-o	**B40**	30.28u-v
B10	74.85a-e	**B30**	53.14k-p	**B53**	29.14u-v
B1	73.14b-f	**B35**	50.85k-q	**B52**	27.42v
B24	73.14b-f	**B48**	50.28l-q	**B47**	26.85v
B2	71.42b-g	**B39**	50.28l-r	**B50**	26.85v
B14	71.42b-f-g	**B63**	47.42l-r	**B62**	26.28v

*There is no significant difference between means having the same letters based on LSD test at 5% probability level

*میانگین‌های ارائه شده داده‌های اولیه هستند ولی گروه‌بندی تیمارها بر اساس تجزیه واریانس داده‌های تبدیل شده با جذرگیری از داده اولیه می‌باشند.

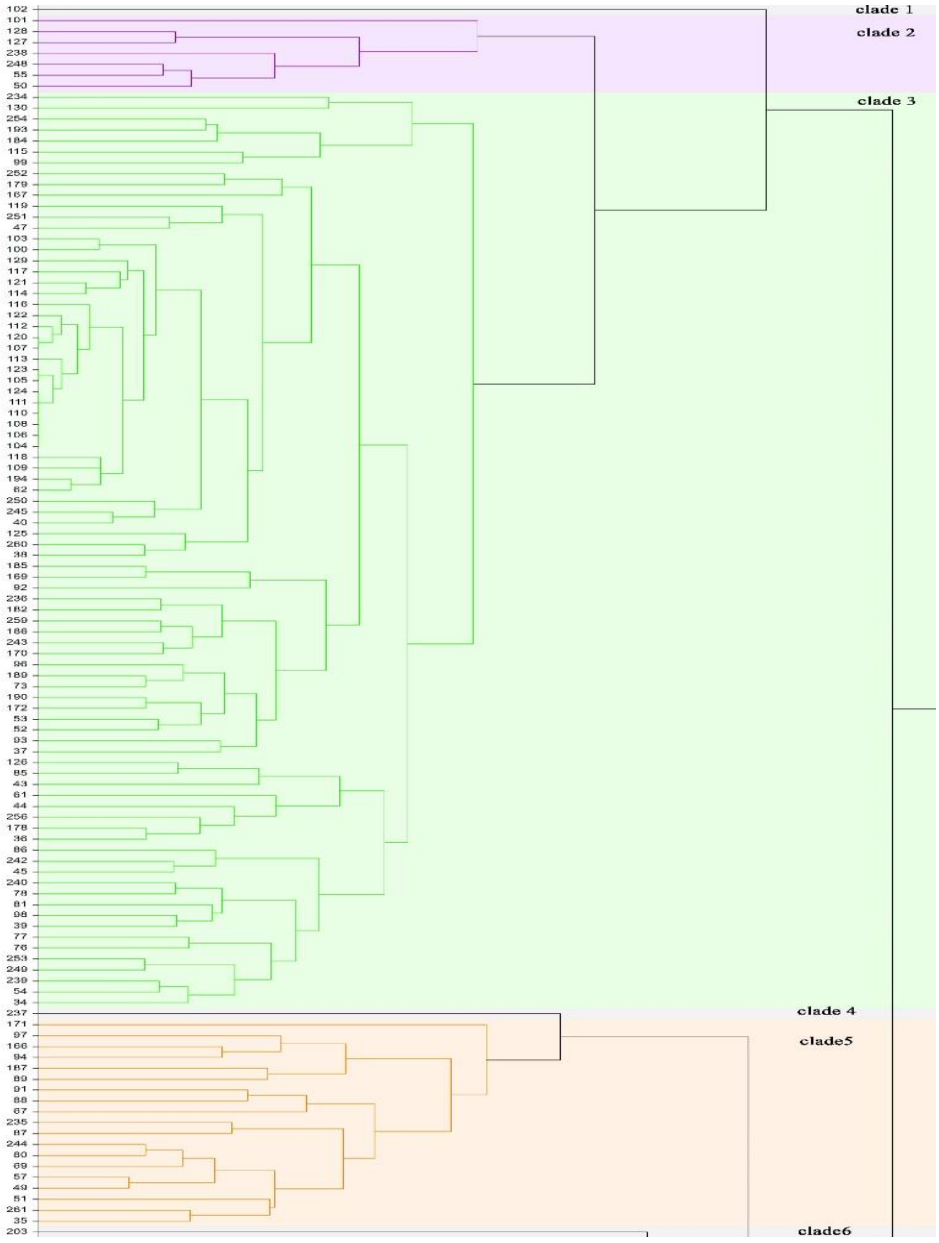
تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.



شکل۲- خوشه‌بندی میانگین کل شاخص شدت بیماری ٦٦ ژنوتیپ گندم نسبت به سه گونه قارچی مورد آزمایش بر اساس روش Weighted Pair-Group (خط عمودی میانگین روی عدد ۱ می‌باشد).

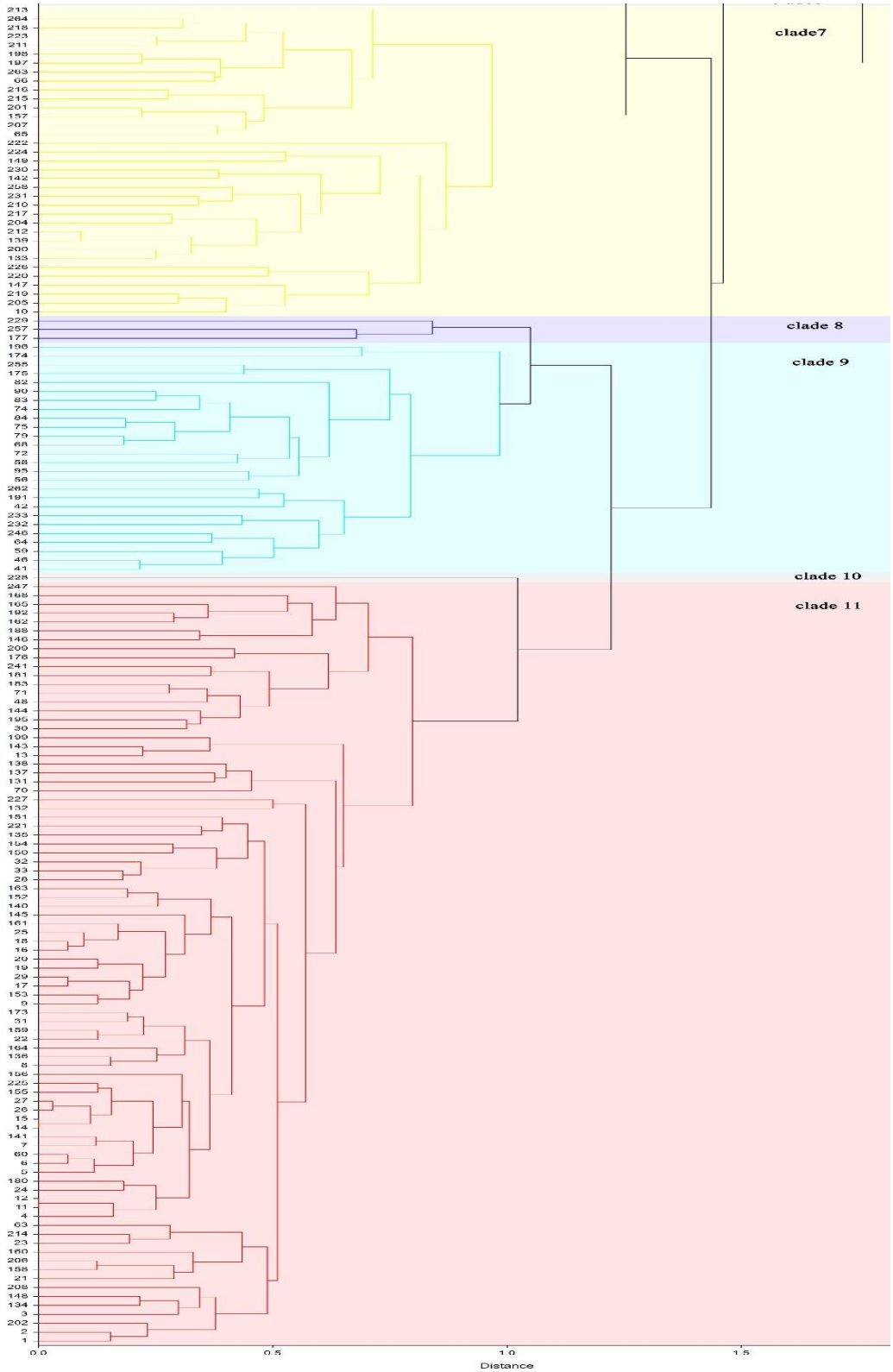
Fig. 2. Cluster analysis of total disease severity index means of 66 genotypes to three fungal species based on Weighted Pair-Group. (The average vertical line is 1)

نتایج بررسی اثرات متقابل ترکیبات قارچی استفاده شده روی ژنوتیپ‌های گندم، شامل: *B. sorokiniana* به‌تنهایی و ترکیب آن با قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و ترکیب هر ۳ قارچ با یکدیگر ژنوتیپ‌ها را به ۱۱ گروه تقسیم نمود (شکل ۳). در این شکل اعداد ۱ تا ٦٦ نشان دهنده اثر قارچ*B. sorokiniana* و ترکیب آن با *F. culmorum* روی ژنوتیپ‌های B1-B66 بوده و اثر قارچ *B. sorokiniana* به‌تنهایی روی ژنوتیپ‌ها (۱۳۲–٦٧)، اثر قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با *F. pseudograminearum* روی ژنوتیپ‌های B1-B66 (۱۳۳–۱۹۸) و اثر ترکیب هر ۳ گونه قارچی (۲٦٤–۱۹۹) روی شکل نشان داده شده است.



شکل۳- خوشه‌بندی اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها و قارچ *Bipolaris sorokiniana* و ترکیب آن با قارچ‌های *Fusarium pseudograminearum* و *Fusarium culmorum* و ترکیب هر ۳ قارچ با یکدیگر بر اساس روش Weighted Pair-Group، خط عمودی میانگین روی عدد ۱ می‌باشد.

Fig. 3. Cluster analysis of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum* and *Fusarium culmorum* isolates based on Weighted Pair-Group. The average vertical line is 1.



ادامه شکل۳- خوشه‌بندی اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها و قارچ *Bipolaris sorokiniana* و ترکیب آن با قارچ‌های *Fusarium pseudograminearum*و *Fusarium culmorum* و ترکیب هر ۳ قارچ با یکدیگر بر اساس روش Weighted Pair-Group، خط عمودی میانگین روی عدد ۱ می‌باشد.

Fig. 3. Cluster analysis of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum* and *Fusarium culmorum* isolates based on Weighted Pair-Group. The average vertical line is 1.

گروه ۱ شامل اثر قارچ *B. sorokiniana* روی ژنوتیپ B36 (Yakar) و گروه‌های ٤، ٦ و ۱۰ که شامل اثر ترکیب ۵ جدایه از قارچ‌های *B. sorokiniana*، *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* روی ژنوتیپ‌های به‌ترتیب B5 (SOKOLL/WBLL1/4/D67.2/PARANA)، B39 (OK08413) و B30 (FDC36//ATTILA*2/PBW65) بودند درگروه تک عضوی قرار گرفتند که در شکل با رنگ خاکستری مشخص شده است گروه ۲ شامل واکنش ژنوتیپ‌های B35، B62 و B61 نسبت به قارچ *B. sorokiniana*، واکنش ژنوتیپ‌های B40 و B50 نسبت به مخلوط جدایه‌های *B. sorokiniana*، *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و همچنین B50 و B55 نسبت به ترکیب قارچ‌های *B. sorokiniana* و *F. culmorum* می‌باشند. ژنوتیپ‌های B61، B53، B37، B62، B52، B38 که به قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با گونه‌های قارچی فوزاریومی از مقاومت نسبی خوبی برخوردار بودند به‌همراه سایر ژنوتیپ‌هایی که عمدتاً نسبت به یکی از ترکیبات قارچی نسبتاً مقاوم بودند در گروه ۳ قرار گرفتند (جدول ۷). همان‌طور که در جدول شماره ۷ مشاهده می‌شود در گروه ۷ ژنوتیپ‌های شماره B66 و B65 که در آزمایشات گلخانه‌ای از حساسیت بسیار بالایی نسبت به قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با گونه‌های فوزاریومی برخوردار بودند در این گروه قرار می‌گیرند. با توجه به جدول ۷ نتایج خوشه‌بندی نشان می‌دهد که در گروه ۱۱ عمدتاً ژنوتیپ‌هایی قرارگرفتند که حداقل نسبت به یکی از ترکیبات قارچی از حساسیت بالایی برخوردار بودند.

جدول ۷- تجزیه خوشه‌ای میانگین شاخص شدت بیماری در ارقام/ لاین‌های مختلف گندم نسبت به مخلوط پنج جدایه از هر یک از قارچ‌های *Bipolaris sorokiniana*، *Fusarium pseudograminearum* و *Fusarium culmorum* براساس Weighted Pair-Group.

Table 7. Cluster analysis of disease severity index means of different wheat cultivars/lines inoculated with mixture of five *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum* and *Fusarium culmorum* isolates based on Weighted Pair-Group.

Clade no.	Treatment no./ mixture of five isolates of 3 different fungi			
	Bipolaris sorokiniana* * *Fusarium culmorum	***Bipolaris sorokiniana***	***Bipolaris sorokiniana* * *Fusarium pseudograminearum***	***Bipolaris sorokiniana* * *Fusarium pseudograminearum* * *Fusarium culmorum***
Calde 1		B36		
Calde2	B50-B55	B35-B62-B61		B40-B50
Calde 3	B47-B62-B40-B38-B53-B52-B37-B43-B61-B44-B36-B45-B39-B54-B34	B64-B49-B33-B53-B37-B34-B63-B51-B55-B48-B50-B56-B46-B54-B41-B47-B57-B39-B58-B45-B44-B42-B40-B38-B52-B43-B59-B26-B30-B7-B27-B60-B19-B20-B12-B15-B32-B11-B10	B61-B52-B47-B35-B62-B53-B37-B50-B52-B38-B57-B58-B40-B46	B36-B56-B54-B53-B52-B47-B62-B38-B61-B45-B58-B44-B42-B55-B51-B41
Calde 4				B39
Clade 5	B57-B49-B51-B35	B31-B28-B23-B25-B22-B1-B21-B14-B3	B39-B34-B55	B37-B46-B63
Calde 6				B5
Clade 7	B66-B65-B10		B66-B65-B25-B17-B10-B7-B1-B15	B15-B66-B20-B25-B13-B65-B18-B17-B3-B9-B24-B26-B32-B60-B33-B12-B19-B6-B2-B28-B22-B21-B7
Calde 8			B45	B31-B59
Clade 9	B58-B56-B42-B64-B59-B46-B41	B16-B24-B17-B8-B18-B9-B13-B2-B6-B29	B64-B42-B43-B59	B57-B64-B35-B34-B48
Calde 10				B30
Clade 11	B48-B30-B13-B32-B33-B28-B18-B16-B20-B19-B29-B17-B9-B31-B22-B8-B27-B26-B15-B14-B7-B60-B6-B5-B24-B12-B11-B63-B23-B21-B3-B2-B1	B5-B65-B4-B66	B36-B33-B60-B30-B56-B14-B44-B49-B51-B12-B63-B11-B6-B5-B19-B3-B22-B18-B31-B20-B8-B13-B29-B21-B41-B27-B32-B4-B24-B23-B9-B48-B26-B16-B2	B49-B11-B43-B1-B29-B23-B27-B16-B8-B10-B4

در گروه ۸ نیز ژنوتیپ B45 که نسبت به ترکیب قارچ *B. sorokiniana* و *F. pseudograminearum* از حساسیت نسبی برخوردار بود و همچنین ژنوتیپ‌های B31 و B59 که نسبت به تلفیق هر ۳ گونه قارچی نسبتاً حساس بودند قرار گرفتند. گروه ۹ نیز همان‌طور که در جدول ۷ آمده است شامل ژنوتیپ‌هایی می‌شود که حداقل نسبت به یکی از ترکیبات مختلف قارچی به‌کار رفته در آزمایشات از حساسیت برخوردار بودند. در این گروه ژنوتیپ‌هایی مانند (S-84-14) B64 قرار می‌گیرند که نسبت به قارچ *B. sorokiniana* به‌تنهایی و ترکیب آن با *F. pseudograminearum* و همچنین تلفیق هر ۳ گونه قارچی حساس می‌باشند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم و انطباق آن با آزمایشات صورت گرفته می‌توان با مراجعه به شکل ۲ ژنوتیپ‌های مختلف با حساسیت و مقاومت نسبی را از یکدیگر جدا کرده و از ژنوتیپ‌های مقاوم در برنامه‌های بیشتر در زمینه به‌نژادی استفاده نمود. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده شد گروه ۱ شامل رقم بهرنگ (B65) و رقم دنا (B66) بود که بر اساس هر ٤ آزمایش صورت گرفته نسبت به مخلوط ۵ جدایه از قارچ *B. sorokiniana* به تنهایی و ترکیب آن با قارچ‌های *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و تلفیق هر سه گونه قارچی بسیار حساس بودند. بنابراین استفاده از این ارقام در مناطقی که بیماری‌های پوسیدگی ریشه شایع می‌باشند به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود. این یافته تاکیدی بر نتایج آزمایشات قبلی است که میزان مقاومت ٦٦ رقم و لاین پیشرفته گندم نان و دوروم را نسبت به گونه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* تحت شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای بررسی شده بود (Mahdavi *et al.*, 2020).

گروه ۳ شامل تیمارهای (C-87-18) B61، B53 (AWD99*5725/FL9547)، B52 (McCormick/Trego)، B62 (C-87-11)، B54 (VA01W-205/TX99D4628)، B50 (GA951079-3-5/Neuse)، B47 (05899G01-2)، B40 (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). و B38 (F06659G6-1) می‌باشد که ژنوتیپ‌هایی هستند که نسبتاً به قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با قارچ‌های دیگر مقاوم هستند که از این ژنوتیپ‌های مقاوم می‌توان در مطالعات به‌نژادی استفاده نمود.

با توجه به شکل ۲ در گروه ٤ ژنوتیپ‌هایی قرار گرفتند که با وجود این که نسبت به قارچ *B. sorokiniana* از مقاومت خوبی برخوردار بودند اما نسبت به ترکیب این قارچ با گونه‌های فوزاریومی دارای حساسیت نسبی بودند. بنابراین می‌توان از آن‌ها در مناطقی که صرفاً آلودگی به قارچ *B. sorokiniana* وجود دارد استفاده نمود.

ژنوتیپ B36 (Yakar) در دندروگرام حاصل از تجزیه ژنوتیپ‌های گندم و همچنین در دندروگرام اثر متقابل قارچ‌ها نسبت به قارچ *B. sorokiniana* در گروه تک عضوی قرار گرفت. این ژنوتیپ نسبت به قارچ *B. sorokiniana* به تنهایی و ترکیب آن با قارچ *F. pseudograminearum* و تلفیق هر سه گونه قارچی بسیار حساس و نسبت به *B. sorokiniana* و ترکیب آن با *F. culmorum* دارای حساسیت نسبی بود. طبق مطالعات صورت گرفته روی ٦٠ ژنوتیپ گندم نسبت به سیاهک پنهان معمولی گندم این رقم به‌عنوان رقم بسیار حساس گزارش شده است (Madenova *et al.*, 2021). همچنین بر اساس مطالعاتی که روی ٦٤ ژنوتیپ گندم از نظر مقاومت به‌خشکی صورت گرفته است رقم Yakar 99 به همراه ارقام Pehlivan، İzgi 2001، İkizce 96، Mızrak و Gerek 79 نسبت به استرس خشکی حساس معرفی شدند (Özturk *et al.*, 2016).

با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه بررسی اثرات متقابل ترکیبات قارچی استفاده شده روی ژنوتیپ‌های گندم ژنوتیپ‌های B35، B62 و B61 نسبت به قارچ *B. sorokiniana*، ژنوتیپ‌های B40 و B50 نسبت به مخلوط جدایه‌های *B. sorokiniana*، *F. pseudograminearum* و *F. culmorum* و همچنین B50 و B55 نسبت به ترکیب قارچ‌های

B. sorokiniana و *F. culmorum* مقاوم‌تر بودند که به‌صورت جداگانه در گروه دو قرار گرفتند. برخی از ژنوتیپ‌ها مانند B61، B53، B37، B62، B52، B38 که به قارچ *B. sorokiniana* و ترکیب آن با هر یک از گونه‌های فوزاریومی و تلفیق هر سه قارچ با یکدیگر از مقاومت نسبی خوبی برخوردار بودند به‌همراه سایر ژنوتیپ‌هایی که عمدتاً نسبت به یکی از ترکیبات قارچی نسبتاً مقاوم بودند در گروه ۳ قرار گرفتند که نشان‌دهنده آن است که برهم‌کنش این قارچ‌ها با یکدیگر روی این ژنوتیپ‌ها مؤثر نبوده و بنابراین می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در مناطقی که هر سه عامل قارچی وجود دارند استفاده نمود. همچنین برخی از ژنوتیپ‌ها ازجمله B59 با وجود این که نسبت به قارچ *B. sorokiniana* از مقاومت نسبی برخوردارند اما هنگامی که این قارچ با گونه‌های فوزاریومی ترکیب می‌شود حساسیت آن به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین در مناطق کشت گندم که خاک آلوده به عوامل فوزاریومی نیز است، نباید مورد استفاده قرار بگیرند. به‌طور کلی از این دندروگرام می‌توان برای مطالعات به‌نژادی و همچنین مطالعات مکان‌یابی ژن‌های مقاوم نسبت به قارچ مذکور استفاده نمود.

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 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 می‌باشد. تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مقاومت به پوسیدگی طوقه و ریشه گندم واکنش مختلفی را نسبت به جدایه‌های *F. culmorum* و *F. pseudograminearum* و *B. sorokiniana* نشان دادند.

در این مطالعه ۱۱ ژنوتیپ شامل B62 (C-87-11) و B61 (C-87-18)، B45 (BACANORA /3/MASON/JGR//PECOS)، B47 (05899G01-2)، B37 (F06580G2-1)، B38 (F06659G6-1)، B52 (McCormick/Trego)، B54 (VA01W-205/TX99D4628)، B50 (GA951079-3-5/Neuse)، B40 (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) و B53 (AWD99*5725/FL9547) در برابر *B. sorokiniana* و تلفیق آن‌ها با گونه‌های فوزاریوم نسبتا مقاوم بودند. اما به‌طور کلی در بین این ژنوتیپ‌ها، سه ژنوتیپ B62 (C-87-11)، B50 (GA951079-3-5/Neuse) و B47 (05899G01-2) که در برابر تلفیق هر سه گونه قارچی مقاومتر بودند برای مطالعات بیشتر در زمینه به‌نژادی توصیه می‌شوند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، به‌خاطر فراهم نمودن امکانات و شرایط اجرای این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

References

AHMADI, K., H.R. EBADZADEH., F. HATAMI., H. ABDSHAH and A. KAZEMIAN. 2018. Agriculture Statistics: Crop Production. Ministry of Jihad-Agriculture Publications, Information and Communication Center, Programming Deputy, Tehran, Iran, 95 pp.

ARABI, M. I. E. and M. JAWHAR. 2013. A simple method for assessing severity of common root rot on Barley. Plant pathology journal, 29: 451-453.

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.

COOK, R. J. and R. J. VESETH. 1991. Wheat Health Management. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 152 pp.

COOK, R. J. 2010. Fusarium root, crown, and foot rots and associated seedling diseases. Pp. 37-39. In: Compendium of wheat diseases and pests. 3rd edition. Bockus, W. W., Bowden, R. L., Hunger, R. M., Morrill, W. L., Murray, T. D., and Smiley, R. W., eds. The Pennsylvania State University Press, University Park.

DEHGHAN, M. A., S. EBRAHIMI NEJAD and H, BARARI. 2015. Identification of causing pathogens and associate of wheat root and crown rots in Gorgan regional. Journal of Novel Researches on Plant Protection, 7: 73-81, (in Persian with English summary).

ERGINBAS-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.

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.

FERNANDEZ, M. R. and P. G. Jefferson. 2004. Fungal populations in roots and crowns of common and durum wheat in Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Pathology, 26: 325–334.

FERNANDEZ, M. R., P. BASNYAT. and R. P. ZENTER. 2007. Response of common root rot in wheat to crop management in eastern Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science, 87: 953–963.

FERNANDEZ, M. R., G. HOLZGANG. and T. K. TURKINGTON. 2009. Common root rot of Barley in Saskatchewan and north-central Alberta. Canadian Journal of Plant Pathology, 31: 96-102.

KOKKO, E. G., R. L. CONNER., B. LEE., A. D. KUZYK. and G. C. KOZUB. 2000. Quantification of common root rot symptoms in resistant and susceptible barley by image analysis. Canadian Journal of Plant Pathology, 22: 38-43.

LI, H., R, L.CONNER., Q. CHEN., H. LI., A. LAROCHE., R. J. GRAF. and A. D. KUZYK. 2004. The transfer and characterization of resistance to common root rot from *Thinopyrum* ponticum to wheat. Genome, 47: 215–223.

MADENOVA, A., Z. Sapakhova., S. BAKIROV., K. GALYMBEK., G. YEMAZAROVA., A. KOKHMETOVA. and Z. KEISHILOV. 2021. Screening of wheat genotypes for the presence of common bunt resistance genes. Saudi Journal of Biological Sciences, 28: 2816-2823.

MAHDAVI AMIRI, M., M. RAZAVI., H.R. ZAMANI ZADEH. and S. REZAEE. 2020. Determination of resistance of some wheat genotypes to the crown and root rots caused by *Fusarium culmorum* and *F. pseudograminearum*. Entomology and Phytopathology, 87: 265-279. (in Persian with English summary).

NICOL, J.M., N. BOLAT., M. BAGCI., H. HEKIMKAN., B. TUNALI., N. BOLAT., H. J. BRAUN. and R.

TRETHOWAN. 2004. Strategy for the Identification and Breeding of Resistance to Dryland Root Rot Complex for International Spring and Winter Breeding Programs.4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.

ÖZTÜRK, A., B. TAŞKESENLİGİL., K. HALİLOĞLU., M. AYDIN. and Ö. ÇAĞLAR. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes for early drought resistance via germination under osmotic stress, cell membrane damage, and paraquat tolerance. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40: 146-159.

PURSS, G.S. 1970. Resistance to common root rot (*Cochliobolus sativus*) in wheat in Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 10: 497-501.

RICHARD, S. and C. M. OCAMB. 2007. Wheat – common Root Rot. Plant Disease Control. OSU. Agric. gov. ab. ca/$ departemant/deptdocs.nsf/all/prm2394.

RITA, F. M and J. R. HARRIS. 2010. Stratified distribution of Fusarium and Bipolaris on wheat and barley with dryland root rot in South Australia. Plant Pathology, 36: 447-454.

SMILEY, R., R. WHITTAKER., J. GOURLIE., S. EASLEY., K. RHINHART., E. JACOBSEN., J. PETERSEN., K. KIDWELL. and K. CAMPBELL. 2003. Genetic tolerance of Fusarium crown rot of wheat. Oregon State University. Agricultural Experiment Standard Specific Report, 1047: 40-52.

STEIN, J. M. 2010. Common root and foot rot and associated leaf and seedling diseases. Pp. 26-28. In: Compendium of wheat diseases and pests. 3rd edition. Bockus, W. W., Bowden, R. L., Hunger, R. M., Morrill, W. L., Murray, T. D., and Smiley, R. W., eds. The Pennsylvania State University Press, University Park.

STRAUSBAUGH, C. A., K. OVERTURF. and A. C. KOEHN. 2005. Pathogenicity and real-time PCR detection of Fusarium spp. in wheat and barley roots. Canadian Journal of Plant Pathology, 27: 430-438.

TINLINE, R. D. and R. J. LEDINGHAM. 1979. Yield losses in wheat and barley cultivars from common root rot in field tests. Canadian Journal of Plant Science, 59: 313-320.

TINLINE, R. D., R. J. LEDINGHAM. and B. J. SALLANS. 1975. Appraisal of loss from common root rot in wheat. In: Biology and control of soil-borne plant pathogens. Ed. G. Bruehl. Pp. 22-26, American Phytopathological Society: St. Paul, Minnesota.

TOBIAS, D. J. R. W. STACK., K. D. PURIL., N. RIVERLAND. and S. ZHONG. 2009. Reactions of hard red spring wheat to common root rot under field conditions of Northern United States of America. Euphytica, 16: 32-53.

VALIZADEGAN, J. and A. A. RAVANLOU. 2016. Study on distribution of the pathogenic fungal agents of wheat root and crown rot in West Azarbaijan province. Applied Plant Protection, 5: 167-181. (in Persian with English summary).

WILDERMUTH, G. B. 1986. Geographic distribution of common root rot and *Bipolaris sorokiniana* in Queensland wheat soils. Australian Journal of Experimental Agriculture, 26: 601-606.