آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۹۰، شماره ۲، اسفند ۱۴۰۱
Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 90, No. 2, March 2023
DOI: 10.22092/jaep.2023.360133.1457

مقاله پژوهشی

واکنش لاین‌های گندم نامزد معرفی رقم تجاری جدید نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی

علی عمرانی[۱]✉، رامین روح‌پرور[۲]، کمال شهبازی[۳]

۱، ۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران؛ ۲- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۱)

چکیده

الگوی بیماری‌زایی جدایه‌های لکه‌برگی سپتوریایی گندم *Septoria tritici* blotch (STB) جمع‌آوری شده از منطقه مغان روی مجموعه ژنوتیپ‌های افتراقی در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ نشان داد که برای ژن‌های مقاومت *Stb3*، *Stb4*، *Stb7*، *Stb8* و *Stb9* در هر دو سال پرآزاری و برای ژن‌های مقاومت *Stb11* و *Stb18* در هر دو سال ناپرآزاری وجود داشت. به‌منظور شناسایی منابع مقاومت، واکنش ۵۳ لاین گندم نامزد معرفی به‌عنوان رقم تجاری جدید نسبت به جمعیت عامل بیماری در مرحله گیاه کامل در مزرعه در دو سال متوالی، و واکنش مقاومت گیاهچه‌ای لاین‌ها در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار، بررسی شد. نتایج نشان داد که لاین‌ها در سه گروه اصلی (مقاوم، نیمه-مقاوم تا نیمه‌حساس و حساس) قرار گرفتند. نوزده درصد از لاین‌های گندم شامل (DM-95-6، D-96-16، DM-95-16، D-96-5، D-96-19، N-94-12، N-95-7، N-95-10، N-96-15 و CD-96-9) واکنش نیمه‌مقاوم تا مقاوم در مراحل گیاهچه‌ای و گیاه کامل در منطقه مغان در دو سال نشان دادند. از لاین‌های مقاوم شناسایی شده می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی تهیه ارقام گندم مقاوم به لکه‌برگی سپتوریایی به‌عنوان منابع مقاومت استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: الگوی بیماری‌زایی، تنوع ژنتیکی، ژن‌های مقاومت و *Septoria tritici* blotch (STB)

Reaction of wheat lines candidate for introduction as new commercial cultivars to septoria tritici blotch

A. OMRANI[1]✉, R. ROOHPARVAR[2], K. SHAHBAZI[3]

1, 3. Assistant Profesor, Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran; 2. Assistant Profersor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII, Karaj) and East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

Abstract

Virulence pattern (factors) of the isolates *Septoria tritici* blotch (STB) collected from Moghan was identified using wheat differential genotypes in 2020 and 2021. Based on the results, high virulence was observed on resistance genes *Stb3*, *Stb4*, *Stb7*, *Stb8*, and *Stb9*, however, no virulence was detected on *Stb11* and *Stb18* in both years. In order to identify new sources of resistance, adult plant and seedling response of 53 wheat lines candidate for introduction as new commercial cultivars to pathogen populations was studied in a randomized complete block design (RCBD). Results showed three main groups for wheat genotypes as resistant, moderately resistant to moderately susceptible, and susceptible. Nineteen percent of wheat lines including DM-95-6, D-96-16, DM-95-16, D-96-5, D-96-19, N-94-12, N-95-7, N-95-10, N-96-15 and CD-96-9 showed moderately-resistant to resistant reaction in seedling and adult plant stages in Moghan in two years. The resistant wheat lines identified in this research could be used as sources of resistance in breeding programs to develop STB resistant wheat cultivars.

Keywords: Genetic diversity, resistance genes, *Septoria tritici* blotch (STB), Virulence pattern

✉ **ali_omrani90@yahoo.com**

©2023, The Author(s). Pub ali_omrani90@yahoo.com lished 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

طبق آمارها، جمعیت کره زمین تا سال ۲۱۰۰ میلادی به‌حدود ۱۱ میلیارد نفر خواهد رسید. افزایش رشد جمعیت جهان منجر به افزایش تقاضای غذا و به‌خطر افتادن امنیت غذایی در سطح جهان می‌شود. بنابراین حل این چالش نیازمند اندیشیدن تدابیر لازم برای افزایش و پایداری تولید محصولات کشاورزی و تأمین امنیت غذایی برای جمعیت جهان در سال‌های آتی می‌باشد (Lykogianni *et al*., 2021).

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان مهم‌ترین محصول کشاورزی در تأمین کالری روزانه بسیاری از مردم جهان در حدود ۲۲۰ میلیون هکتار سطح زیرکشت و حدود ۷۲۰ میلیون تن تولید در سطح جهان دارد (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, 2018; 2020). در ایران حدود ۵/۵ میلیون هکتار (حدود ۵۰ درصد) از اراضی قابل کشت به کشت گندم اختصاص یافته و تولید آن نیز در سال‌های اخیر به حدود ۱۳/۵ میلیون تن رسیده است (Ahmadi *et al*., 2021).

از تنش‌های زنده مهم به‌ویژه در مناطقی که شرایط دمایی (۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی بالا (بیش از ۸۵ درصد) مهیا باشد، می‌توان به بیماری سوختگی برگ یا لکه‌برگی سپتوریایی یا سپتوریوز گندم (*Septoria tritici* blotch (STB) اشاره نمود (Arraiano & Brown, 2017). عامل بیماری STB قارچ آسکومیست هتروتال دوقطبی (مرحله جنسی) *Mycosphaerella graminicola* (مرحله غیرجنسی: *Zymoseptoria tritici*) است. منبع اولیه آلودگی آن کاه و کلش گندم حاوی پیکنیدیوم و پیکنیدیوسپورها گزارش شده است (Quaedvlieg *et al*., 2011).

نفوذ قارچ از طریق روزنه‌ها اتفاق می‌افتد و هیف‌های آلوده کننده به‌صورت بین سلولی رشد کرده و بدون تولید هوستوریوم یا هر اندام تغذیه کننده دیگر در تماس با سلول‌های مزوفیل باقی می‌مانند. علائم بیماری به‌صورت زخم‌های کلروز و نکروز معمولاً از برگ‌های پایین‌تر شروع شده و به‌تدریج به‌طرف برگ پرچم گسترش می‌یابد. در همه‌گیری‌های شدید غلاف برگ نیز آلوده می‌شود. در زمان آلودگی بیمارگر میزان دانه‌بندی در سنبله را کاهش داده و پر شدن دانه‌ها مختل می‌گردد و دانه‌های چروکیده هنگام برداشت همراه کاه از بین می‌روند (Ponomarenko *et al*., 2011; Cowger *et al*., 2000). در صورت فراهم بودن شرایط محیطی و حساسیت میزبان در یک منطقه، بیماری STB در شرایط همه‌گیری می‌تواند عملکرد را بیش از ۵۰ درصد و در شرایط غیرهمه‌گیری به‌طور میانگین باعث کاهش عملکرد به‌میزان ۱۵ درصد شود (Simon *et al*., 2012). آلودگی‌های قبل از ظهور سنبله خسارت‌های شدیدتری را به محصول گندم وارد می‌نماید. در شرایط محیطی مساعد چرخه جنسی قارچ بیمارگر در طول فصل زراعی چندین بار تکرار می‌شود (Kema *et al*., 1996).

کاهش شدید عملکرد گندم در اثر همه‌گیری این بیماری در ایران در استان‌های خوزستان، گلستان، ایلام، اردبیل (دشت مغان)، مرکزی، کرمانشاه، آذربایجان شرقی، مازندران و خراسان گزارش شده است (Torabi, 1979; Kia & Torabi, 2008; Dadrezaie *et al*., 2003).

از روش‌های کنترل بیماری STB می‌توان به روش‌هایی از جمله مصرف بهینه کودهای ازته و تراکم کشت مناسب و استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی اشاره نمود که معمولاً این روش‌ها به‌تنهایی کارایی قابل قبولی ندارند و توصیه می‌شود به‌صورت تلفیقی با مقاومت‌های ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرند (Ben M'Barek *et al*., 2020; Kristoffersen *et al*., 2020). این بیماری در سطح جهان به‌دنبال کشت ارقام گندم اصلاح شده توسط مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت (سیمیت) مقاوم به بیماری زنگ‌ها ولی حساس به برخی از بیماری‌ها گسترش وسیعی پیدا کرده است (King *et al*., 1983). کشت مستمر ارقام حساس، فراوانی گندم در برنامه‌های تناوب، کم توجهی به مدیریت بقایای گیاهی، افزایش مصرف کودهای ازته و ظهور مقاومت به قارچکش‌های سیستمیک از عوامل گسترش روز افزون و بروز همه‌گیری‌های شدید این بیماری محسوب می‌شود (Torriani *et al*., 2015). مدیریت لکه‌برگی سپتوریایی با تلفیق روش‌های زراعی مانند از بین بردن بقایای گیاهی آلوده،

کنترل شیمیایی و استفاده از ارقام مقاوم بایستی انجام شود (Eyal, 1999; Fraaije *et al*., 2007).

مطالعه تغییرات الگوی بیماری‌زایی ۱۹ جدایه قارچ STB با ارزیابی عکس‌العمل ۱۷رقم افتراقی ثابت نمود که بین جدایه‌های مناطق مختلف هلند از نظر خصوصیات بیماری‌زایی اختلاف معنی‌دار وجود داشت (Arseniuk *et al*., 1993). با بررسی بیماری‌زایی ۷۸ جدایه قارچ STB از ۱۶ کشور بر روی ۲۲ رقم افتراقی در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل تفاوت معنی‌داری را در هر دو مرحله از نظر بیماری‌زایی جدایه‌ها گزارش شده است (Kema *et al*., 1996). بررسی واکنش ۳۳ ژنوتیپ گندم ایرانی نسبت به پنج جدایه قارچ STB در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد، سه رقم نوگال، آرتا و آراز مقاومت بالایی به تمام جدایه‌ها داشتند (Kia *et al*., 2018). بررسی مقاومت ۲۱۹ ژنوتیپ مختلف گندم با استفاده از چهار جدایه عامل بیماری لکه برگی سپتوریایی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف استان خوزستان نشان داد، تنها هشت ژنوتیپ نسبت به هر چهار جدایه مقاوم می‌باشند (Mohammadbeygi *et al*., 2014). مطالعات مشابه ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در داخل حاکی از آن است، منابع مقاومت به این بیماری بسیار محدودتر از سایر بیماری‌ها است و اغلب ژنوتیپ‌های گندم مقاوم به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی دارای مقاومتی هستند که با تعداد ژن‌های مقاومت محدود کنترل می‌گردند (Dalvand *et al*., 2016; Kheirgoo *et al*., 2020; Kheirgoo *et al*., 2021; Adhikari *et al*., 2003; Chartrain *et al*., 2004). این نوع مقاومت‌ها پایدار نبوده و هر لحظه در معرض شکسته شدن مقاومت موجود قرار دارند. برای ایجاد مقاومت‌های موثر و پایدار (چند ژنی) در برنامه‌های به‌نژادی مقاومت نسبت به این بیمارگر در ژنوتیپ‌های با پتانسل عملکرد بالا، نیاز به مطالعه مستمر فاکتورهای بیماری‌زایی در جمعیت قارچ STB در مناطق مختلف و شناسایی منابع مقاومت جدید نسبت به این بیمارگر در سطوح ژنتیکی مختلف می‌باشد (Kema, 2012).

اقلیم گرم و مرطوب شمال شامل مناطق جلگه‌ای ساحل خزر و اراضی مزروعی واقع در دشت‌های گرگان، مغان و مازندران است. سطح زیر کشت و مقدار تولید گندم در این مناطق بسیار چشم‌گیر می‌باشد. این اقلیم یکی از اقلیم‌های مساعد کشور برای گسترش بسیاری از بیماری‌ها از جمله بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم می‌باشد. براساس بررسی اطلاعات موجود به‌نظر می‌رسد میزان خسارت بیمارگر و همچنین تنوع ژنتیکی نژادها در مناطق این اقلیم بیشتر از مناطق سایر اقلیم‌ها باشد. اما با این وجود متاسفانه اطلاعات در مورد میزان تنوع نژادی این بیمارگر و نقشه پراکندگی نژادها در مناطق مختلف کشور و به‌ویژه برای مناطق این اقلیم مهم بسیار محدود می‌باشد. اطلاعات در زمینه مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف گندم به‌ویژه لاین‌های گندم کاندید و در دست معرفی به‌عنوان رقم تجاری نسبت به این بیماری در کشور بسیار محدود می‌باشد. در این پژوهش برای شناسایی منابع مقاومت جدید واکنش مقاومت تعدادی از لاین‌های گندم کاندید برای معرفی رقم جدید تولید داخل نسبت به جدایه‌های قارچ STB در دشت مغان (یکی از کانون‌های آلودگی مهم) در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل، مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مجموعه ۲۶ تایی ارقام و لاین‌های استاندارد و افتراقی بین‌المللی به‌همراه شاهدهای حساس داراب۲ و تجن برای متمایز نمودن تنوع بیماریزایی در جمعیت قارچ STB عامل بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم استفاده شد (جدول۱). بذور اولیه این ژنوتیپ‌ها از دانشگاه واخنینگن هلند اخذ و در بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) تکثیر شدند. نمونه برگ‌های گندم آلوده به بیماری لکه برگی سپتوریایی از مزارع گندم آلوده منطقه مغان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس جداسازی و خالص‌سازی قارچ STB با استفاده از روش مستقیم Eyal (1987) *et al*. انجام شد. نمونه برگ آلوده دارای پیکنید، پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم یک درصد و سه بار شستشو با آب مقطر سترون، روی لام شیشه‌ای چسبانده شده و

درون تشتک پتری دیش حاوی کاغذ صافی سترون مرطوب منتقل و داخل انکوباتور با دمای ۲۰–۲٤ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۲–۲٤ ساعت نگهداری شدند. سپس ترشحات حاوی پیکنیدیوسپورها که از دهانه‌ی پیکنیدها خارج شده بود با استفاده از یک سوزن نازک استریل شده جدا شدند و به محیط کشت YMDA (Yeast Malt Dextrose Agar) (٤ گرم عصاره مخمر، ٤ گرم عصاره مالت، ٤ گرم دکستروز و ۱۵ گرم آگار در یک لیتر آب مقطر) حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات استرپتومایسین منتقل و در انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس و ۱۲ ساعت روشنایی به‌مدت ۱۰–۷ روز نگهداری شدند. در طول این مدت تشتک‌های پتری بررسی شد و در صورت مشاهده رشد مخمری قارچ، به محیط کشت YMDA بدون آنتی بیوتیک منتقل و به‌صورت مخطط کشت داده شدند. در نهایت، برای خالص‌سازی تک کلنی‌هایی که بر روی محیط کشت رشد کرده بودند به محیط کشت YMDA جدید انتقال یافتند و در همان شرایط ذکر شده نگه‌داری شدند.

در مجموع دو سال ارزیابی دو جدایه قارچ STB بر اساس وجود پیکنیدیوم‌های نیمه کروی با دهانه مرکزی و به رنگ قهوه ای تیره در بافت نکروتیک برگ، تشکیل کنیدیوم‌های شفاف و باریک و استوانه‌ای در پیکنیدیوم و رشد مخمر مانند در محیط کشت شناسایی شد. اثبات بیماری‌زایی جدایه‌ها روی رقم حساس تجن به‌روش Kramer *et al*. (2009) انجام شد. برای تهیهٔ زادمایهٔ قارچ جهت مایه‌زنی کلیه ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه، از محیط کشت مایع عصاره مخمر، عصاره مالت، ساکارز استفاده شد. قطعاتی از کلنی رشد کرده قارچ از سطح محیط کشت YMDA برداشته و به داخل ارلن مایرهای حاوی محیط کشت مایع منتقل شده و داخل شیکر انکوباتور با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد.

پس از مدت هفت روز، سوسپانسیون اسپور داخل ارلن‌ها با استفاده از پارچه توری دو لایه صاف گردید و به‌کمک لام هموسیتومتر تعداد اسپورها شمارش گردید. برای کاهش کشش سطحی و افزایش سطح تماس اسپور قارچ با سطح برگ، با استفاده از محلول ۰/۱۵ درصد توئین (Tween20) ۲۰ در آب مقطر سترون سوسپانسیون اسپور به‌غلظت $۱۰^{۷}$ اسپور در میلی‌لیتر رسید. روش تهیه زادمایه مشابه روش تحقیق روح‌پرور و همکاران (Roohparvar *et al*., 2008) بود.

جدول ۱– ژنوتیپ‌های افتراقی بیماری لکه‌برگی سپتوریایی به‌همراه ژن‌های مقاومت موجود در آن‌ها.

Table 1. Differential genotypes of Septoria leaf blotch disease with resistance genes in them

Number	Name	R gene	Number	Name	R gene
1	Oasis	*1 Stb*	**16**	Taichung 29	Susceptible check
2	Sulivan	*Stb 1*	**17**	Salamouni	*Stb 13&14*
3	Bulgaria 88	*Stb 1 & Stb 6*	**18**	Arina	*Stb 6 &15*
4	Veranopolis	*Stb2 & Stb 6*	**19**	Riband	*15 or another Stb*
5	Israel 493	*Stb 3 & Stb 6*	**20**	M3	*Stb 16 &17*
6	Tadinia	*Stb 4 & Stb 6*	**21**	Local susceptible control	Susceptible check
7	Cs synthetic	*Stb 5*	**22**	Balance	*Stb 6 &18*
8	Flame	*Stb 6*	**23**	Kulm	-
9	Shafir	*Stb 6*	**24**	3HD-126	*Stb11*
10	Estanzuela Federal	*Stb 7*	**25**	KM 7	*Stb16*
11	M6 Synthetic	*Stb 8*	**26**	KM 41	*Stb17*
12	Courtot	*Stb 9*	***27***	3HD-138	*Stb18*
13	Kavkaz-K4500	*6,7,10&12 Stb*	***28***	Darab-2	*Local check*
14	TE 9111	*Stb 6,7&11*	***29***	Tajan	*Local check*
15	Obelisk	Susceptible check			

به‌منظور غربال‌گری فنوتیپی ۵۳ لاین گندم نامزد تولید شده در داخل کشور با دارا بودن شانس معرفی به‌عنوان رقم تجاری، پس از کاشت و کامل شدن مراحل رشدی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)، به‌مدت دو سال متوالی (۲۰۲۰-۲۰۲۱)، در مرحله گیاه کامل تحت شرایط مزرعه در برابر جمعیت قارچ STB موجود در منطقه توسط پارامترهای ارتفاع نسبی پیشرفت بیماری بر روی گیاه و درصد شدت بیماری ظهور یافته روی برگ‌ها بررسی شدند.

کاشت بذر در مزرعه به‌صورت خطی روی دو خط یک متری به‌فاصله ۳۰ سانتی‌متر انجام شده و جهت تسهیل در توسعه بیماری در اطراف خزانه به‌ازای هر ۱۰ شماره بذر یک رقم شاهد حساس به سپتوریا (تجن و داراب۲) کاشته و از سیستم آبیاری افشانه (Mist irrigation) استفاده شد. برای بررسی واکنش گیاهچه‌ای لاین‌های مورد مطالعه نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در گلخانه (کرج)، ۱۰ بذر از هر ژنوتیپ در گلدان‌هایی به‌قطر ۱۰ سانتی‌متر کشت شده و گیاهچه‌ها در مرحله یک برگی (حدود ۹ روز پس از کاشت به‌طوری که برگ اول کاملاً باز شده و برگ دوم ظاهر گردیده است) با جدایه‌های جمع‌آوری شده از مناطق مذکور که به‌صورت جداگانه تکثیر یافته بودند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار به‌صورت اسپورپاشی مایه‌زنی شدند. مایه‌زنی به‌کمک اسپری دستی تا جاری شدن سوسپانسیون اسپور از سطح برگ‌ها انجام گرفته و گیاهچه‌های مایه‌زنی شده به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی، دمای ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی در حد اشباع نگهداری شده، سپس به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دما و رطوبت فوق منتقل شدند. روش تهیه زادمایه و مایه‌زنی و شرایط نگهداری گیاهچه‌های مایه‌زنی شده مشابه روش تحقیق روح‌پرور و همکاران (Roohparvar *et al.*, 2008) بود. یادداشت‌برداری از واکنش گیاه کامل ژنوتیپ‌ها نسبت به لکه‌برگی سپتوریایی در مزرعه قبل از رسیدن دانه و زمانی که حداقل ۴ برگ از هر بوته گندم زنده و سبز بودند، به‌روش ایال و همکاران (Eyal *et al.*, 1987) در مقیاس دو رقمی ۹۹-۰۰ انجام گردید (زمان یادداشت برداری برای بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در منطقه مغان از اواسط اردیبهشت می‌باشد). در این مقیاس رقم سمت چپ ارتفاع نسبی پیشرفت بیماری بر روی گیاه و رقم سمت راست درصد شدت بیماری را به‌صورت ۹-۰ نشان می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌ها به‌صورت مصون[1] (۰۰)، بسیارمقاوم[2] (۱۱-۱۴)، مقاوم[3] (۳۴-۱۵)، نیمه‌مقاوم[4] (۴۴-۳۵)، نیمه‌حساس[5] (۶۴-۴۵)، حساس[6] (۸۴-۶۵) و بسیارحساس[7] (۹۹-۸۵) گروه‌بندی می‌شوند.

ارزیابی واکنش گیاهچه‌ها نسبت به لکه‌برگی سپتوریایی ۲۱ روز پس از مایه‌زنی با یادداشت‌برداری درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنید انجام شده (برای اندازه‌گیری صفات مذکور از روش کما و همکاران (Kema *et al.*, 1996) استفاده شد) و بالاترین درصد به‌دست آمده در دو تکرار به‌عنوان واکنش هر ژنوتیپ در نظر گرفته شد. نتایج حاصله پس از گروه‌بندی ارقام و لاین‌ها در گروه‌های مصون (بدون علایم بیماری)، بسیار مقاوم (با لکه‌های فوق‌حساسیت فاقد پیکنید (۰))، مقاوم (۱-۱۰ درصد پیکنید)، نیمه‌مقاوم (۱۱-۲۰ درصد)، نیمه‌حساس (۲۱-۴۰ درصد)، حساس (۴۱-۸۰) و بسیار حساس (بیش از ۸۰ درصد) قرار گرفتند (Arabi & Jawhar, 2002). در این رتبه‌بندی سطوح مختلف نکروتیک دارای پیکنید اهمیت دارد. اما ثبت درصد نکروتیک در سطح برک می‌تواند اطلاعات تکمیل‌تری را در اختیار محقق قرار دهد.

آزمون نرمال بودن توزیع انحرافات داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده مذکور انجام گرفت. برای تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مذکور و تجزیه خوشه‌ای ارقام براساس صفات از روش (Ward) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده گردید.

[1] - Immune
[2] - Very Resistant
[3] - Resistant
[4] - Moderate Resistant
[5] - Moderate Susceptible
[6] - Susceptible
[7] - Very Susceptible

نتایج و بحث

اطلاع از طیف بیماری‌زایی در نژادهای این بیمارگر در سازماندهی و موفقیت یک برنامه اصلاحی برای ایجاد مقاومت‌های مؤثر و پایدار ضروری است (Eyal, 1999). اطلاعات ساختار ژنتیکی جمعیت بیمارگر، تعیین الگوی بیماری‌زایی، بررسی روند تغییر الگوی بیماری‌زایی جمعیت نژادی موجود در هر منطقه می‌تواند اطلاعات بسیار مهمی را در اختیار به‌نژادگران گندم قرار دهد و بدون این اطلاعات تولید ارقام مقاوم پایدار بی‌نتیجه خواهد بود.

فرمول بیماری‌زایی جدایه‌های جمع‌آوری شده در دو سال متوالی در منطقه مغان در جدول ۲ ارایه شده است. مطالعه الگوی بیماری‌زایی در جدایه‌های قارچ STB نشان داد که الگوی بیماری‌زایی در جدایه‌های STB در سال‌های مختلف در منطقه مغان، متفاوت از یکدیگر بود (جدول ۲). الگوی بیماریزایی جدایه‌های مورد مطالعه از لحاظ ژنتیکی با الگوی بیماری‌زایی جدایه‌های سایر محققین متفاوت بود (Kia *et al*., 2017; Abrinbana .Kia *et al*., 2018; Kia *et al*., 2012; Davari *et al*., 2012; Hosseinnezhad *et al*., 2014).

جدایه‌های قارچ STB در منطقه مغان برای ژن‌های مقاومت *Stb3*، *Stb4*، *Stb7*، *Stb8* و *Stb9* در هر دو سال پرآزاری و برای ژن‌های مقاومت *Stb11* و *Stb18* در هر دو سال ناپرآزاری داشتند. ژنوتیپ‌های حامل ژن‌های مقاومت *Stb3*، *Stb1*، *Stb2*، *Stb5*، *Stb6*، *Stb10*، *Stb12*، *Stb13*، *Stb14*، *Stb15*، *Stb16* و *Stb17* در برابر جدایه‌های مورد مطالعه واکنش نیمه مقاوم تا نیمه حساس را نشان دادند. هرمی نمودن ترکیب‌های متنوع ژن‌های مقاومت مؤثر شناسایی شده در ژنوتیپ‌های گندم با پتانسیل عملکرد بالا می‌تواند برای ایجاد مقاومت‌های موثر و پایدار در برابر جدایه‌های بیمارگر STB موجود در منطقه مغان مورد استفاده قرار گیرند. از نشانگرهای مولکولی معرفی شده و مرتبط با ژن‌های مقاومت موثر نیز می‌توان برای تسریع روند انتقال ژن‌های مقاومت به ژنوتیپ‌های گندم پرعملکرد، استفاده نمود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین واکنش مقاومت لاین‌های گندم مورد مطالعه نسبت به جدایه‌های قارچ STB در مرحله گیاهچه‌ای براساس صفات درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنید اندازه‌گیری شده اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول۳). بنابراین تفاوت‌های ژنتیکی در میان لاین‌های گندم برای صفات اندازه‌گیری شده مذکور وجود دارد. با توجه به وجود تنوع ژنتیکی بالا در مجموعه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های مکان‌یابی ارتباطی برای شناسایی ژن‌های مقاومت به بیماری لکه برگی سپتوریایی استفاده نمود (Goudemand *et al*., 2013). تنوع ژنتیکی در جمیت بیمارگر و همچنین بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم برای واکنش مقاومت نسبت به جدایه‌های مختلف گزارش شده است (Tabib Ghaffary van Ginkel and Rajaram, 1999; *.et al*., 2011; Ghaneie *et al*., 2012; van Ginkel and Ogbonnaya, 2007; Kurt, 2002).

جدول ۲- فرمول بیماری‌زایی جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* استفاده شده در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ در منطقه مغان.

Table 1. Avirulence/virulence formula of used *Zymoseptoria tritici* isolates in years 2020 and 2021 in Moghan region.

Pathotype	Year	Region	Avirulence/virulence formula
1	2020	Moghan	*Stb 1,2,5,6,10,11,12,15,18 / Stb 3,4,7,8,9,13,14,16,17*
2	2021	Moghan	*Stb 11,13,14,16,17,18 / Stb1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,15*

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنیدیوم های لاین‌های گندم نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاهچه‌ای

(داده‌ها با تبدیل زاویه یا آرک سینوس، نرمال گردیدند).

Table 3. Analysis of variance of traits of percentage of leaf necrotic area and percentage of necrotic area containing pycnida of wheat lines to *Zymoseptoria tritici* isolates at seedling stage (The data were normalized by arc sin transformation).

S.o.v	df	2020		2021	
		Ms		Ms	
		%N	%P	%N	%P
Rep	1	6.16^{ns}	7.53^{ns}	8.16^{ns}	9.25^{ns}
Genotype	52	178.63^{**}	198.11^{**}	245.73^{**}	199.23^{**}
Error	52	4.32	3.84	5.14	4.18
%CV		15.43	17.53	14.22	16.18

N= necrotic area P= necrotic area containing pycnide

سطح نکروتیک=N سطح نکروتیک حاوی پیکنید =P

به‌منظور بررسی وجود تفاوت بین واکنش لاین‌های گندم آزمایشی نسبت به جدایه‌های دو سال از تجزیه واریانس مرکب استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ٤) نشان داد میانگین مربعات برهمکنش ژنوتیپ × جدایه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بنابراین واکنش لاین‌ها نسبت به جدایه‌های دو سال یکسان نبودند.

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب صفات درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنیدیومهای لاین‌های گندم نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاهچه‌ای.

Table 4. Compound variance analysis of percentage of leaf necrotic area and percentage of necrotic area containing pycnidia of wheat lines to *Zymoseptoria tritici* isolates at the seedling stage.

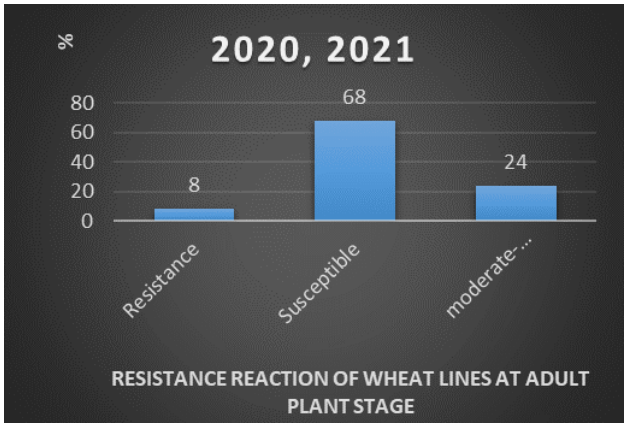
S.o.v	df	Ms	
		%N	%P
Isolate	1	15.41**	17.23**
Error (1)	2	1.36	1.48
Genotype	52	75.16**	84.51**
Genotype × isolate	52	61.81**	80.12**
Error (2)	104	5.29	5.86
%CV		18.77	21.16

N= necrotic area P= necrotic area containing pycnide

سطح نکروتیک =P سطح نکروتیک حاوی پیکنید=N

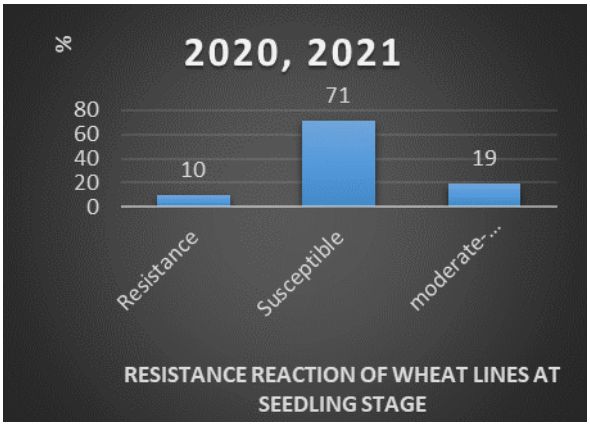
واکنش مقاومت هر یک از لاین‌های گندم نسبت به جدایه‌های قارچ STB مورد مطالعه در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل در دو سال متوالی (۲۰۲۱- ۲۰۲۰) در منطقه مغان در جدول ۵ ارایه شده است. با توجه به مندرجات جدول ۵ در بررسی مقاومت لاین‌های گندم نسبت به جدایه‌های قارچ STB در مرحله گیاه کامل در هر دو سال ٦٨ درصد از لاین‌های گندم دارای واکنش حساسیت، هشت درصد لاین‌ها دارای واکنش مقاومت و ٢٤ درصد لاین‌ها دارای واکنش نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت بودند.

درصد ژنوتیپ‌های متعلق به هر گروه (مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت) در مرحله گیاه کامل به تفکیک در شکل ۱ ارایه شده است. در بررسی مقاومت لاین‌های گندم نسبت به جدایه‌های قارچ STB در مرحله گیاهچه‌ای ۷۱ درصد لاین‌های گندم دارای واکنش حساسیت، ۱۰ درصد لاین‌های گندم دارای واکنش مقاومت و ۱۹ درصد لاین‌های گندم دارای مقاومت نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت بودند. درصد ژنوتیپ‌های متعلق به هر گروه (مقاوم، حساس و نیمه مقاوم تا نیمه حساس) به تفکیک در شکل ۲ ارایه شده است. تفکیک واکنش‌های مقاومت، حساسیت و مقاومت نسبی (نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت) براساس روش مشابه با Xu *et al*. (2009) تعیین شد.



شکل ۱- درصد لاین‌های گندم دارای واکنش مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاه کامل.

Fig. 1. Percentage of wheat lines with resistance, susceptible and moderate-resistance to moderate-susceptible reaction to *Zymoseptoria tritici* isolates at adult plant stage.



شکل ۲- درصد لاین‌های گندم دارای واکنش مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاهچه‌ای

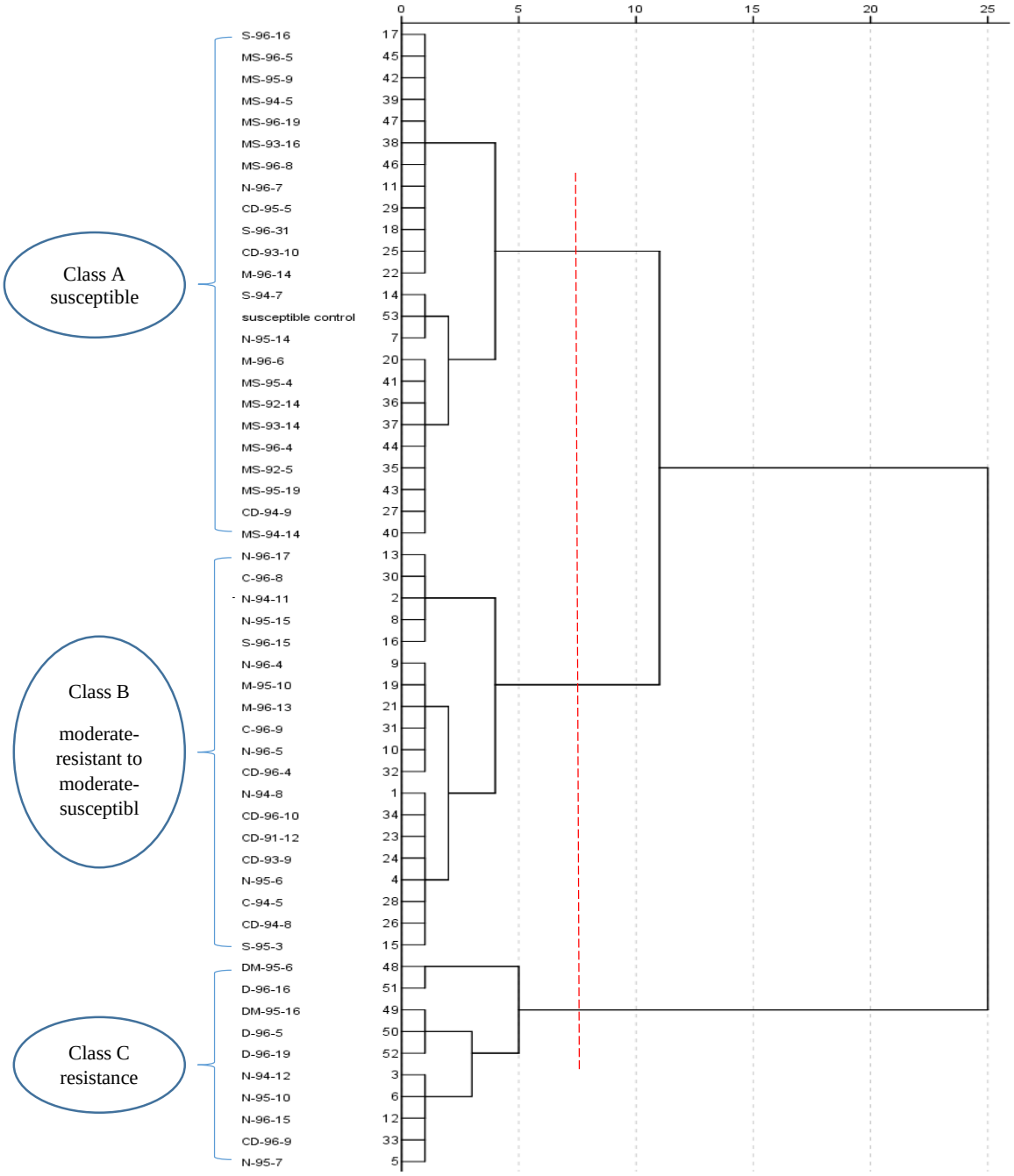
Fig. 2. Percentage of wheat lines with resistance, susceptible and moderate-resistant to moderate-susceptible reaction to *Zymoseptoria tritici* isolates isolates at seedling stage.

جدول ۵- واکنش مرحله گیاه بالغ در دو سال متوالی (۲۰۲۰-۲۰۲۱) و همچنین درصد نکروز و پیکنید مرحله گیاهچه‌ای لاین‌های گندم مورد مطالعه نسبت به بیماری STB

Table 5. Response of adult plant stage in two consecutive years (2020-2021) and as well as percentage of necrosis and pycnid in the seedling stage of wheat lines studied to STB disease.

No.	Line	Adult plant stage				Seedling stage						
		2020		2021		Rep. I		Rep. II		Final score		
		severity	Type	severity	Type	N%	P%	N%	P%	N%	P%	Type
1	**N-94-8**	75	S	73	S	50	20	60	60	60	60	S
2	**N-94-11**	53	MS	75	S	40	35	0	0	40	35	MS
3	**N-94-12**	53	MS	73	S	5	0	5	0	5	0	VR
4	**N-95-6**	73	S	75	S	40	30	65	65	65	65	S
5	**N-95-7**	55	MS	56	MS	40	10	70	40	70	40	S
6	**N-95-10**	33	R	35	R	25	10	40	40	40	40	MS
7	**N-95-14**	73	S	72	S	50	40	80	40	80	40	VS
8	**N-95-15**	74	S	55	MS	15	10	40	30	40	30	MS
9	**N-96-4**	52	MS	72	S	60	50	70	15	70	50	S
10	**N-96-5**	53	MS	75	S	60	60	70	30	70	60	S
11	**N-96-7**	76	S	74	S	70	50	60	50	70	50	S
12	**N-96-15**	54	MS	53	MS	40	10	25	10	40	10	MS
13	**N-96-17**	72	S	52	MS	40	30	35	30	40	30	MS
14	**S-94-7**	77	VS	78	VS	75	70	40	55	75	70	S
15	**S-95-3**	78	VS	56	MS	70	50	85	80	85	80	VS
16	**S-96-15**	76	S	54	MS	20	15	35	30	35	30	MS
17	**S-96-16**	77	VS	78	VS	75	50	55	50	75	50	S
18	**S-96-31**	76	S	77	VS	70	30	70	50	70	50	S
19	**M-95-10**	78	VS	76	S	25	10	40	30	40	30	MS
20	**M-96-6**	77	VS	75	S	85	50	60	50	85	50	VS
21	**M-96-13**	56	MS	73	S	65	50	65	50	65	50	S
22	**M-96-14**	56	MS	76	S	85	70	65	60	85	70	VS
23	**CD-91-12**	73	S	72	S	40	20	40	20	40	20	MS
24	**CD-93-9**	73	S	53	MS	60	50	60	50	60	50	S
25	**CD-93-10**	75	S	73	S	55	40	80	60	80	60	VS
26	**CD-94-8**	74	S	56	MS	60	50	90	60	90	60	VS
27	**CD-94-9**	73	S	74	S	65	50	80	50	80	50	VS
28	**C-94-5**	74	S	54	MS	70	60	80	40	80	60	VS
29	**CD-95-5**	76	S	74	S	79	50	70	30	70	50	S
30	**C-96-8**	52	MS	55	MS	60	15	45	60	60	60	S
31	**C-96-9**	73	S	56	MS	70	50	80	60	80	60	VS
32	**CD-96-4**	52	MS	71	S	40	30	40	15	40	30	S
33	**CD-96-9**	57	MS	56	MS	40	10	30	7	40	10	MS
34	**CD-96-10**	52	MS	72	S	90	70	70	75	90	75	VS
35	**MS-92-5**	76	S	76	S	75	70	80	70	80	70	VS
36	**MS-92-14**	77	VS	77	VS	55	50	70	50	70	50	S
37	**MS-93-14**	73	S	77	VS	75	60	55	70	75	70	S
38	**MS-93-16**	75	S	75	S	65	50	55	50	60	50	S
39	**MS-94-5**	74	S	74	S	70	60	50	60	70	60	S
40	**MS-94-14**	75	S	74	S	70	60	80	70	80	70	VS
41	**MS-95-4**	77	VS	76	S	55	50	90	95	90	95	VS
42	**MS-95-9**	74	S	75	S	70	60	85	80	85	80	VS
43	**MS-95-19**	76	S	73	S	70	60	90	95	90	95	VS
44	**MS-96-4**	76	S	74	S	65	60	90	85	90	85	VS
45	**MS-96-5**	72	S	73	S	65	65	85	75	85	75	VS
46	**MS-96-8**	78	VS	71	S	60	70	70	60	70	60	S
47	**MS-96-19**	77	VS	73	S	75	75	85	80	85	80	S
48	**DM-95-6**	33	R	32	R	15	5	20	10	20	10	R
49	**DM-95-16**	33	R	32	R	40	35	40	30	40	35	MS
50	**D-96-5**	32	R	54	MS	5	0	5	0	5	0	VR
51	**D-96-16**	52	MS	33	R	0	0	15	10	15	10	R
52	**D-96-19**	73	S	52	MS	0	0	20	10	20	10	R
53	**susceptible control**	79	VS	79	VS	90	95	90	90	90	95	VS

Pycnid % P	Necrosis % N	VS= Very Susceptible	S= Susceptible	MS= Moderate Susceptible	MR= Moderate Resistant	R= Resistant	VR= Very Resistant
درصد پیکنید	درصد نکروز	خیلی حساس	حساس	نیمه حساس	نیمه مقاوم	مقاوم	خیلی مقاوم



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای واکنش لاین‌های گندم نسبت به جمعیت قارچ STB براساس صفات شدت بیماری، تیپ آلودگی (مرحله گیاه بالغ) و درصد نکروز و پیکنیدیوم‌های (مرحله گیاهچه‌ای) (محل خط برش براساس هدف پژوهش که شناسایی اعضای مربوط به سه گروه اصلی بود، تعیین شد).

Fig. 3. Cluster analysis wheat lines to STB based on disease severity, infection type (adult plant stage) and percentage of necrosis and pycnida (seedling stage) (The location of the cut of line was determined based on the purpose of the research, which was to identify the members of the three main groups)

از بین روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف برای تجزیه خوشه‌ای، روش Ward بهترین دندروگرام را از نظر گرافیکی و ضریب کوفنتیک داشت. تجزیه خوشه‌ای براساس همه صفات اندازه‌گیری شده در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل نشان داد ارقام تجاری مورد مطالعه در سه گروه اصلی گروه‌بندی شدند. گروه اول بالاترین مقدار را برای همه صفات اندازه‌گیری شده، داشتند و این گروه متشکل از ۲٤ عضو بود و اعضای این گروه منتسب به ارقام دارای واکنش حساسیت در هر دو مرحله گیاه کامل و گیاهچه‌ای بودند. گروه دوم که مقدار بینابین برای صفات اندازه‌گیری شده داشتند و متشکل از ۱۹ عضو بود و دارای واکنش نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت در یکی از دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل بود. گروه سوم کمترین مقدار را برای صفات اندازه‌گیری شده داشتند و دارای ۱۰ عضو (DM-95-6، D-96-16، DM-95-16، D-96-5، D-96-19، N-94-12، N-95-10، N-96-15، CD-96-9 و N-95-7) به‌عبارت دیگر حدود ۱۹ درصد از لاین‌ها، بود. اعضای این گروه دارای واکنش مقاومت در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل بودند.

فلاحی و همکاران (Fallahi *et al*., 2015) با ارزیابی ۲۳۰ رقم و لاین گندم نسبت به سه جدایه قارچ (STB) بیان داشتند ۱۳درصد ژنوتیپ‌ها نسبت به تمام جدایه‌های مورد مطالعه واکنش مقاومت و ۷۸ درصد ژنوتیپ‌ها درجات مختلفی از واکنش حساسیت داشتند.

داوری و همکاران (Davari *et al*., 2012) با ارزیابی ۲۳ ژنوتیپ گندم توسط ۱۰ جدایه قارچ (STB) اظهار داشتند بیش از نیمی از ژنوتیپ‌ها دارای واکنش حساسیت و شش ژنوتیپ واکنش مقاومت اختصاص به جدایه داشتند و درجات مختلفی از مقاومت را نشان دادند.

کیا و همکاران (Kia *et al*., 2018) با ارزیابی ۳۳ ژنوتیپ گندم با پنج جدایه قارچ (STB) گزارش نمودند ۱٤ ژنوتیپ واکنش مقاومت اختصاص به جدایه و درجات مختلفی از مقاومت را نشان دادند. بقیه ژنوتیپ‌ها درجات مختلفی از واکنش حساسیت را داشتند.

تحقیقات انجام شده برای شناسایی منابع مقاومت نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی در ژنوتیپ‌های گندم در سطوح مختلف ژنتیکی در ژرم پلاسم گندم توسط محققین ایران و چه در سطح جهان حاکی از آن است که تعداد ژنوتیپ‌های مقاوم به این بیماری بسیار محدود می‌باشد.

از دلایل آن می‌توان اشاره به این مطلب نمود که این بیماری در سال‌های گذشته در برنامه‌های به‌نژادی گندم اهمیت کمتری داشته بنابراین مطالعات در مورد جمعیت بیمارگر و منابع مقاومت در مقایسه با بیماری‌های قارچی دیگر نظیر زنگ‌های گندم محدودتر است (Dalvand *et al*., 2016; Kheirgoo *et al*., 2020, 2021; Chartrain *et al*., 2004; Thomas *et al*., 1989; Brown *et al*., 2001, 2015). نتایج این تحقیق منطبق با نتایج سایر محققین می‌باشد و تایید کننده این مطلب می‌باشد که تعداد منابع مقاومت در لاین‌های گندم مورد مطالعه نسبت به بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی نیز محدود می‌باشد.

به‌طور کلی روش‌های کنترلی به‌زراعی و شیمیایی به‌تنهایی کارایی لازم برای کنترل بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های قارچی را ندارند. استفاده تلفیقی این روش‌ها با روش اصلی که استفاده از مقاومت‌های ژنتیکی (ارقام مقاوم) می‌باشد، بهترین روش مدیریت این بیماری‌ها محسوب می‌شود. براساس نتایج این تحقیق استفاده از ترکیب‌های ژن‌های مقاومت *Stb11* و *Stb18* با ژن‌های مقاومت *Stb3*، *Stb1*، *Stb2*، *Stb5*، *Stb6*، *Stb10*، *Stb12*، *Stb13*، *Stb14*، *Stb15*، *Stb16* و *Stb17* در ژنوتیپ‌های گندم با پتانسیل عملکرد بالا می‌تواند موجب ایجاد مقاومت‌های موثر و پایدار در برابر جدایه‌های بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در منطقه دشت مغان کشور شود. همچنین شناسایی لاین‌های مقاوم در دست معرفی نسبت‌به بیماری قارچی لکه‌برگی سپتوریایی گندم مثل (DM-95-6، D-96-16، DM-95-16، D-96-5، D-96-19، N-94-12، N-95-10، N-96-15، CD-96-9 و N-95-7) جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد مقاومت‌های مؤثر و پایدار یکی از راه‌هایی است که می‌تواند منجر به تقلیل

خسارت این بیماری و کاهش مصرف بی‌رویه سموم در اراضی دشت مغان شود.

سپاسگزاری

این تحقیق مستخرج از نتایج پروژه ملی با کد مصوب ۰-۰۳-۰۳-۱۷۲-۹۹۱۴۴۱ می‌باشد. بدین وسیله از ریاست و معاونت محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ریاست بخش تحقیقات غلات، ریاست و همکاران واحد پاتولوژی آن موسسه و همچنین ریاست و معاونت محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) به‌خاطر فراهم نمودن امکانات لازم و همچنین از خانم‌ها و آقایان مهندس زهره حسن بیات، امیر کبیری، اسماعیل ابراهیمی، عزیز ناصری، داود رنجبر، جعفر میکائیلی، فیاض رنجبر و ولی پوربابا به‌خاطر مساعدت در انجام این پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

ABRINBANA, M., J. MOZAFARI, M. SHAMS-BAKHSH, R. MEHRABI, 2012. Resistance spectra of wheat genotypes and virulence patterns of *Mycosphaerella graminicola* isolates in Iran. Euphytica, No. 186: 75-90.

ADHIKARI, T. B., J.M. ANDERSON, S.B. GOODWIN, 2003. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola*. Phytopathology, No. 93: 1158-1164.

AHMADI, K., H.R. EBADZADEH, F. HATAMI, SH. MOHAMMADNIA, E. ESFANDIARI POUR, R. TALEGHANI, 2021. Agricultural statistics: 2019-20 Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture, 97 pp (in Persian).

ARABI, M.I.E., M. JAWHAR, 2002. Grain yield, kernel weight and *Septoria tritici* blotch responses of wheat to potassium and nitrogen fertilization. Cereal Research Communications, No. 30: 141-147.

ARRAIANO, L.S., J.K., BROWN, 2017. Sources of resistance and susceptibility to *Septoria tritici* blotch of wheat. Molecular Plant Pathology, No. 18(2): 276-292.

ARSENIUK, E., P.M. FRIED, A.L. SCHAREN, J.H. CZEMBOR, 1993. Pathogenicity and resistance patterns in Triticosecale-*Septoria spp.* and *Triticum aestivum* L. -*Septoria* spp. systems. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture; Durability of disease resistance (Kluwer Academic Publishers).

Ben M'BAREK, S., P. KARISTO, M. FAKHFAKH, H. KOUKI, A. MIKABERIDZE, A. YAHYAOUI, 2020. Improved control of *Septoria tritici* blotch in durum wheat using cultivar mixtures. Plant Pathology, No. 69: 1655-1665.

BROWN, J.K., L. CHARTRAIN, P. LASSERRE-ZUBER , C. SAINTENAC, 2015. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. Fungal Genetics and Biology, No. 79: 33-41.

BROWN, J.K., G.H. J. KEMA, H.R. FORRER, E.C.P. VERSTAPPEN, L.S. ARRAIANO, P.A. BRADING, E.M. FOSTER, P.M. FRIED, E. JENNY, 2001. Resistance of wheat cultivars and breeding lines to *Septoria tritici* blotch caused by isolates of *Mycosphaerella graminicola* in field trials. Plant Pathology, No. 50: 325-338.

COWGER, C., M.E. HOFFER , C.C. MUNDT, 2000. Specific adaptation by *Mycosphaerella graminicola* to a resistant wheat cultivar. Plant pathology, No. 49(4): 445-451.

CHARTRAIN, L., P.A. BRADING, J.C. MAKEPEACE , J.K.M. BROWN, 2004. Sources of resistance to *Septoria tritici* blotch and implications for wheat breeding. Plant Pathology, No. 53: 454-460.

DADREZAEI, S.T., V. MINASIAN, M. TORABI, G. AYENEH, 2003. Effect of *Septoria tritici* infections at different growth stages on yield and yield components of three wheat cultivars. Seed and Plant Improvement Journal, No. 19: 101-116 (in Persian).

DALVAND, M., M.J. SOLEIMANI PARI, D. ZAFARI, R. ROOHPARVAR, S.M. TABIB GHAFARI, 2016. Study on virulence factors of *Mycosphaerella graminicola*, the causal agent of *Septoria* leaf blotch and reactions of some Iranian wheat genotypes to this pathogen in Iran. Journal of Applied Biotechnology Reports, No. 3(1): 359-363.

DAVARI, M., M. ABRINBANA, R. ASGHARI ZAKARIA, M. ARZANLOU, 2012. Assesment of wheat cultivars for resistance to *Mycosphaerella graminicola* isolates from Moghan plain at seedling stage under greenhouse conditions. Iranian Journal of Plant Protection Science, No. 43: 379-389 (in Persian).

DUVEILLER, E., R.P. SINGH, J.M. NICOL. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. Euphytica, No. 157: 417–430.

EYAL, Z. 1999. Breeding for disease resistance to *Septoria* and *Stagonospora* disease of wheat. pp. 332-344. In: Lucas, J. A., Bowyer, P., and Anderson, H. M. (eds.) *Septoria* on Cereals: A Study of Pathosystems. CAB International, Wallingford, UK.

EYAL, Z., Z. AMIRI, L. WAHL, 1973. Physiologic specialization of *Septoria tritici.* Phytopathology, No. 63: 1087-1091.

EYAL, Z., A.L. SCHAREN, M. GINKEL, 1987. The *Septoria* Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT, Mexico, DF. Mexico.

EYAL, Z., O. ZIV, 1974. The relationship between epidemics of *Septoria* leaf blotch and yield looses in spring wheat. Phytopathology, No. 64: 1385-1389.

FALLAHI-MOTLAGH, S.F., R. ROOHPARVAR, S. KIA, H. R. ZAMANIZADEH, 2015. Evaluation of resistance of some wheat cultivars and lines to *Septoria* leaf blotch at seedling and adult plant stages. Seed and Plant Improvement Journal, No. 31(3) (in Persian).

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2018, 2020. The State of Food Security and Nutrition in the World. Building resilience for peace and food security.Rome, FAO. 202, 232 pp.

FRAAIJE, B.A., H.J. COOLS, S.H. KIM, J. MOTTERAM, W.S. CLARK, J.A. LUCAS, 2007. A novel substitution I381V in the sterol 14 alpha-demethylase (CYP51) of *Mycosphaerella graminicola* is differentially selected by azole fungicides. Molecular Plant Pathology, No. 8: 245 – 254.

HOSSEINNEZHAD, A., M. KHODARAHMI, S. REZAEE, R. MEHRABI, R. ROOHPARVAR, 2014. Effectiveness determination of wheat genotypes and *Stb* resistance genes against Iranian *Mycosphaerella graminicola* isolates. Archives of Phytopathology and Plant Protection, No. 47: 2051–2069.

GHANEIE, A., R. MEHRABI, N. SAFAIE, M. ABRINBANA, A. SAIDI, M. AGHAEE, 2012. Genetic variation for resistance to *Septoria tritici* blotch in Iranian tetraploid wheat landraces. European Journal of Plant Pathology, No. 132: 191-202.

GOUDEMAND, E., V. LAURENT, L. DUCHALAIS, S.M. TABIB GHAFFARY, G.H. KEMA, P. LONNET, E. MARGALE, O. ROBERT, 2013. Association mapping and meta-analysis: two complementary approaches for the detection of reliable *Septoria tritici* blotch quantitative resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Molecular Breeding, No. 32(3): 563-584.

KEMA, G.H.J., 2012. New broad-spectrum resistance to *Septoria tritici* blotch derived from synthetic hexaploid wheat. Theoretical and Applied Genetics, No. 124:125-142.

KEMA, G.H.J., G. JUAN, R.S. ANNONE, M. SILFHOUT, J. GIKEL, J. BREE, 1996. Genetic variation for virulence and resistance in the wheat *Mycophaerella graminicold* pathosystem. I. Interactions between isolates and host cultivars. Pythopathology, No. 86: 200-212.

KHEIRGOO, M., N. PANJEKE, F. TALIEY, 2021. Evaluation of resistance to *Zymoseptoria tritici* Blotch and Fusarium Head Blight in Some Genotypes of

Bread Wheat. Journal of Crop Breeding, No. 12(36): 151-159. (in Persian).

KHEIRGOO, M., N. PANJEKE, F. TALIEY, 2020. Identification of new sources of resistance to *Zymoseptoria tritici* Blotch in genotypes of spring bread wheat. Journal of Applied Research in Plant Protection, No. 9(2): 31-43. (in Persian).

KIA, SH., K. RAHNAMA, H. SOLTANLOO, V. BABAEIZAD, M.A. AGHAJANI, 2017. Effectiveness of resistance genes to *Septoria tritici* blotch (*Stb*) in differential cultivares of wheat against *Zymoseptoria tritici* isolates. Journal of Applied Rsearches in Plant Protection, No. 6: 109-123. (in Persian).

KIA, SH., K. RAHNAMA, H. SOLTANLOO, V. BABAEIZAD, M.A. AGHAJANI, 2018. Identification of resistance sources to Septoria tritici Blotch with causal agent *Zymoseptoria tritici* in bread wheat genotypes. Agricultural Biotechnology Journal, No. 10(1): 49-65.

KIA, SH., M. TORABI, 2008. Effects of infection with *Septoria* leaf blotch (*Septoria tritici*) at different growth stages on yield and yield components of wheat cultivars in Gorgan. Seed and Plant Improvement Journal, No. 24: 237-250. (in Persian).

KING, J.E., R.J COOK, S.C. MELVILLE, 1983. A review of *Septoria* diseases of wheat and barley. Annual Applied Biology, No. 103: 345-373.

KRAMER, B., E. THINES, A.J. FOSTER, 2009. MAP kinase signalling pathway components and targets conserved between the distantly related plant pathogenic fungi *Mycosphaerella graminicola* and *Magnaporthe grisea*. Fungal Genetics and Biology, No. 46(9): 667-681.

KRISTOFFERSEN, R., L.N. JORGENSEN, L.B. ERIKSEN, G.C. NIELSEN, L.P. KIAER, 2020. Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: Meta-analysis of 19 years of cultivar trials. Field Crops Research, No. 249: 107696.

KURT, S., 2002. Screening of wheat cultivars for resistance to stripe rust and leaf blotch in Turkey. Crop Protection, No. 21: 495-500.

LYKOGINNI, M., E. BEMPELOU, F. KARAMAOUNA , A. K. ALIFERIS, 2021. Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. Science of the Total Environment, No. 795: 148625.

MOHAMMADBEYGI, A., R. ROOHPARVAR, M. TORABI, 2014. Resistance sources to Septoria leaf blotch in selected wheat genotypes. Seed and Plant Improvement Journal, No. 30(3): 605-621. (in Persian).

PONOMARENKO, A., S.B. GOODWIN, G.H. KEMA, 2011. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat. Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2011-0407-01

QUAEDVLIEG, W., G.H.J. KEMA, J.Z. GROENEWALD, G.J.M. VERKLEY, S. SEIFBARGHI, M. RAZAVI, A. MIRZADI GOHARI, R. MEHRABI, P.W. CROUS. 2011. Zymoseptoria gen. nov.: a new genus to accommodate *Septoria*-like species occurring on graminicolous hosts. Persoonia, No. 26: 57-69.

ROOHPARVAR, R., R. MEHRABI, J. G.M. NISTELROOY, L.H. ZWIERS, M.A. WAARD, 2008. The drug transporter MgMfs1 can modulate sensitivity of field strains of the fungal wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* to the strobilurin fungicide trifloxystrobin. Pest Management Science, No. 64: 685-693.

SANDERSON, F.R., J.G. HAMPTON, 1978. Role of the perfect states in the epidemiology of the common Septoria diseases of wheat. New Zealand Journal of Agricultural Research, No. 21(2): 277-281.

SIMON, M.R., C.A. CORDO, N.S. CASTILLO, P.C. STRUIK, A. BORNER, 2012. Population structure of *Mycosphaerella graminicola* and locatio of genes for resistance to the pathogen: recent advances in Argentina. International Journal of Agronomy, No. 2012: 1–7.

TABIB GHAFFARY, S.M., O. ROBERT, V. LAURENT, P. LONNET, E. MARGALE, T.A.J. LEE, R.G.F. VISSER, G.H.J. KEMA, 2011. Genetic analysis of resistance to *Septoria tritici* blotch in the French winter wheat cultivars Balance and Apache. Theoretical and Applied Genetics, No. 123: 741-754.

THOMAS, M.R., R.J. COOK, J.E. KING, 1989. Factors affecting development of *Septoria tritici* in winter wheat and its effect on yield. Plant Pathology, No. 38: 246-257.

TORRIANI, S.F., J.P. MELICHAR, C. MILLS, N. PAIN, H. SIEROTZKI, M. COURBOT, 2015. *Zymoseptoria tritici*: A major threat to wheat production, inte-grated approaches to control. Fungal Genet Biology, No. 79: 8-12.

TORABI, M. 1979. Causal organism of wheat septoriose and its distribution in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology, No. 16: 7-16. (in Persian).

VAN GINKEL, M., F. OGBONNAYA, 2007. Novel genetic diversity from synthetic wheats in breeding cultivars for changing production conditions. Field Crops Research, No. 104: 86–94.

VAN GINKEL, M.S. RAJARAM, 1999. Breeding for resistance to the *Septoria/Stagonospora* blights of wheat. pp. 117-126. In: van Ginkel M, McNab A, Krupinsky J, (eds.) *Septoria* and *Stagonospora* Diseases of Cereals: A compilation of Global Research. CIMMYT, Mexico, DF, Mexicio.

XU, S.S., Y. JIN, D.L. KLINDWORTH, R.R. WANG, X. CAI, 2009. Evaluation and characterization of seedling resistances to stem rust Ug99 races in wheat-alien species derivatives. Crop Science, No. 49(6): 2167.