

فاکتورهای بیماری‌زایی قارچ *Zymoseptoria tritici* عامل لکه‌برگی سپتوریایی گندم در کانون‌های بیماری در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰

رامین روح‌پرور^۱، علی عمرانی^۳، محمدعلی دهقان^۴ و محمد دالوند^۵

^۱بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. ^۲بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. ^۳بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران. ^۴بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. ^۵بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران. r.roohparvar@areeo.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶

چکیده

لکه‌برگی سپتوریایی گندم با عامل *Zymoseptoria tritici* یکی از شایع‌ترین بیماری‌های قارچی این محصول در مناطق پر بارش می‌باشد. شناسایی فاکتورهای (ژن‌های) بیماری‌زایی و دینامیسم تنوع ژنتیکی جمعیت‌های بیمارگر در کانون‌های آلودگی، از اساسی‌ترین گام‌ها برای رسیدن به مقاومت‌های موثر و پایدار ژنتیکی در روند تهیه ارقام مقاوم نسبت به این بیماری می‌باشد که می‌تواند از طریق رصد این فاکتورها بر روی ارقام و لاین‌های افتراقی گندم در خزانه‌های تله انجام گیرد. به‌منظور پایش فاکتورهای بیماری‌زایی قارچ عامل لکه‌برگی سپتوریایی و اثر بخشی ژن‌های مقاومت نسبت به جمعیت‌های بیمارگر، واکنش ۲۶ ژنوتیپ افتراقی بین‌المللی گندم تحت شرایط آلودگی طبیعی در قالب خزانه‌های تله در مزارع ایستگاه‌های تحقیقاتی مغان، دزفول و گرگان به‌عنوان کانون‌های آلودگی در کشور طی سه سال متوالی (۱۳۹۸-۱۴۰۰) در مقیاس دو رقمی ۹۹-۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین واکنش گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های افتراقی نسبت به جدایه‌های قارچی جمع‌آوری شده از کانون‌های آلودگی در شرایط گلخانه‌ای بررسی شدند. این تحقیق نشان داد که الگوی بیماری‌زایی جمعیت‌های بیمارگر در هر سه منطقه و طی سال‌های مورد مطالعه متفاوت بود. بر اساس داده‌های گیاهچه‌ای و گیاه بالغ، پرآزارترین جمعیت پاتوتیپی مربوط به منطقه مغان و سپس دزفول بود، و کم‌ترین پرآزاری در جمعیت پاتوتیپی منطقه گرگان مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در برنامه‌های به‌نژادی گندم می‌توان از ترکیب‌های مختلف ژن‌های مقاومت موجود در ژنوتیپ‌های افتراقی 3HD-Flame (*Stb6*)، KM 7 (*Stb16* (S23))، M3 (*Stb16q* & *Stb17*)، Cs synthetic (*Stb5*)، Kavkaz-K4500 (*Stb6*, *Stb7*, *Stb10* & *Stb12*)، TE 9111 (*Stb6*, *Stb7* & *Stb11*)، Oasis (*Stb1*)، 138 (*Stb18* (S25-winter type))، Veranopolis (*Stb2* & *Stb6*)، Tadinia (*Stb4* & *Stb6*) و KM 41 (*Stb17* (S24)) برای ایجاد مقاومت موثر نسبت به جمعیت‌های بیمارگر در مناطق مختلف استفاده نمود.

کلمات کلیدی: برنامه‌های به‌نژادی، پرآزاری، ژنوتیپ‌های افتراقی، ژن‌های مقاومت، *Zymoseptoria tritici*

Virulence factors of *Zymoseptoria tritici*, the causal agent of wheat septoria leaf blotch disease in disease hot spots during the years 2019-2021

Ramin Roohparvar^{1&2}, Ali Omrani³, Mohammad Ali Dehghan⁴ and Mohammad Dalvand⁵

¹Cereal Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, IRAN. ²Crop and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of East Azarbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, IRAN. ³Crop and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ardabil, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, IRAN. ⁴Crop and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, IRAN. ⁵Crop and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Safiabad, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, IRAN. r.roohparvar@areeo.ac.ir

Received: 11 July 2022 Revised: 4 January 2023 Accepted: 6 January 2023

Abstract

Septoria tritici blotch (STB) disease caused by the fungal pathogen *Zymoseptoria tritici*, is one of the most devastating wheat diseases in high rainfall areas. Study on virulence factors and genetic dynamics of the pathogen population in disease hot spots is assumed as main actions towards effective and durable genetic resistance in breeding programs for STB resistance, which could be achieved by monitoring virulence on differential wheat genotypes within STB trap nurseries. In order to monitor virulence factors of the fungal pathogen *Z. tritici* as well as efficacy of *Stb* genes to pathogen populations, response of 26 international differential wheat genotypes was evaluated under natural infection condition of trap nurseries in STB hot spots of Moghan, Dezful and Gorgan during three consecutive years of 2019-2021 based on 00-99 double digit scale. Furthermore, seedling reaction of differentials to *Z. tritici* isolates was investigated under greenhouse condition. The results showed that virulence pattern of pathogen populations was differed in all three locations as well as the three years of study. Based on the seedling and adult plant results, the highest virulent *Z. tritici* population was observed in Moghan and then in Dezful, whereas the pathogen dominated in Gorgan displayed the lowest virulence among the populations. Results of this research showed that various combinations of *Stb* resistance genes carried by the differential genotypes M3 (*Stb16q* & *Stb17*), KM 7 (*Stb16* (S23)), Cs synthetic (*Stb5*), Kavkaz-K4500 (*Stb6*, *Stb7*, *Stb10* & *Stb12*), Flame (*Stb6*), 3HD-138 (*Stb18* (S25-winter type)), Oasis (*Stb1*), TE 9111 (*Stb6*, *Stb7* & *Stb11*), Veranopolis (*Stb2* & *Stb6*), Tadinia (*Stb4* & *Stb6*) and KM 41 (*Stb17* (S24)) could be used for producing wheat cultivars effectively resistant to *Z. tritici* populations in studied locations within breeding programs.

Keywords: Wheat breeding programs, Virulence, Differential genotypes, Resistance genes, *Zymoseptoria tritici*.

How to cite:

Roohparvar R, Omrani A, Dehghan MA, Dalvand M, 2023. Virulence factors of *Zymoseptoria tritici*, the causal agent of wheat septoria leaf blotch disease in disease hot spots during the years 2019-2021. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (3): 257-270.

مقدمه

بر اساس برآوردهای بین‌المللی جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی به بیش از نه میلیارد نفر خواهد رسید، بیش از ۸۱۵ میلیون نفر از جمعیت جهان درگیر گرسنگی بوده و از اثرات ناشی از سوء تغذیه رنج می‌برند و هر ساله نیز تعداد کثیری از جمعیت انسانی به این آمار اضافه می‌شوند (Poudel et al. 2020). بنابراین تامین غذا برای جمعیت در حال افزایش از چالش‌های بزرگ به‌شمار می‌آید. گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی نقش به‌سزایی در ایجاد امنیت غذایی جهانی دارد. در سال‌های اخیر گندم با حدود ۲۲۰ میلیون هکتار سطح زیرکشت حدود ۷۲۰ میلیون تن تولید جهانی داشته است. در ایران حدود ۶ میلیون هکتار از اراضی برای کشت گندم اختصاص یافته و تولید آن در سال‌های اخیر به حدود ۱۳/۷ میلیون تن رسیده است (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2018).

بیماری لکه‌برگی سپتوریایی یا سپتوریوز برگی گندم (*Septoria tritici blotch: STB*) با عامل قارچی *Zymoseptoria tritici* (Roberge ex Desm.) Quaedvl. & Crous از مهم‌ترین و مخرب‌ترین عوامل زنده برای تولید گندم در مناطق معتدل با رطوبت نسبی بالا می‌باشد (Eyal et al. 2003; Leroux et al. 2007; Zhan et al. 1987). این بیمارگر، در طول فصل رویشی به‌صورت جنسی و غیرجنسی تولید مثل کرده و کلس گندم حاوی پیکنیدیوم و پیکنیدیوسپورها به‌عنوان منبع اولیه آلودگی در مناطق مختلف گزارش شده است (Sanderson & Hampton 1978). علائم بیماری ابتدا از برگ‌های پایینی شروع شده و به‌تدریج به‌طرف برگ پرچم گسترش می‌یابد. وجود پیکنید بر روی برگ یکی از قابل‌اطمینان‌ترین علائم تشخیص این بیماری از دیگر لکه‌برگی‌ها است (Wolf 2008). مدت زنده ماندن پکنیدیوسپورهای موجود در سطح کاه و کلس گندم از ۳ تا ۱۸ ماه تخمین زده شده است (Eyal et al. 1987; Sanderson & Hampton 1978). جوانه‌زنی پیکنیدیوسپورها در سطح خاک طی ۶ ماه به ۴ تا ۸ درصد کاهش یافته و پس از گذشت ۸ ماه کاملاً متوقف می‌شود (Haghdel & Banihashemi 2005; Ponomarenko et al. 2011). تغییرات آب و هوایی و اقلیمی موجب افزایش و یا کاهش شدت بیماری لکه‌برگی سپتوریایی در مراحل مختلف رشدی گندم در مناطق شیوع بیماری می‌شود (Juroszek & Tiedemann 2013). جدایه‌های قارچ *Z. tritici* روی گندم‌های دوروم (*Triticum durum* L.) و گندم‌های نان (*T. L.*)

(*aestivum*) طیف بیماری‌زایی یکسانی ندارند (Yechilevich et al. 1973; Eyal et al. 1983).

لکه‌برگی سپتوریایی به‌دنبال کشت ارقام گندم با منشاء سیمیت که مقاوم به زنگ‌ها ولی حساس به برخی از بیماری‌ها بودند، گسترش وسیعی پیدا کرده و خسارت زیادی به تولید جهانی گندم وارد نمود. عامل بیماری می‌تواند به‌طور میانگین باعث کاهش عملکرد به‌میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد و در شرایط مناسب توسعه بیمارگر حتی به‌میزان ۵۵ درصد برسد (Duveiller et al. 2007; Eyal & Ziv 1974; King et al. 2007; Kia 1983). گسترش این بیماری در مناطقی مانند سواحل مدیترانه، شمال، شرق و مرکز آفریقا، آمریکای جنوبی، مکزیک، بسیاری از کشورهای اروپا، نیوزلند و استرالیا به کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی محصول منجر شده است (Simon et al. 2012; Eyal et al. 1973; Duveiller et al. 2007; Chungu et al. 2011; Mundt et al. 1999; Quaedvlieg et al. 2001). این بیماری نخستین بار در ایران توسط Petrak & Esfandiari (1941) در سال ۱۳۲۰ گزارش گردید و به‌طور کلی استان‌های خوزستان، گلستان، ایلام، اردبیل (منطقه مغان)، مرکزی، کرمانشاه، آذربایجان شرقی، مازندران و خراسان کانون‌های مهم آلودگی به این بیماری می‌باشند (Torabi 1979).

مدیریت لکه‌برگی سپتوریایی با تلفیق روش‌های زراعی مانند از بین بردن بقایای گیاهی آلوده، کنترل شیمیایی و استفاده از ارقام مقاوم اعمال می‌شود و استفاده از ارقام مقاوم موثرترین، اقتصادی‌ترین و از نظر زیست‌محیطی ایمن‌ترین روش کنترل بیماری مانند سایر بیماری‌های مهم قارچی گندم می‌باشد (Eyal 1999; Leroux et al. 2007; Fraaije et al. 2007; Omrani & Roohparvar 2021; Safavi & Afshari 2021; Ghorbi et al. 2022).

خسارت محدود و پراکنده این بیماری ناشی از خشکسالی‌های اخیر در برخی از مناطق کشور باعث شده که شناسایی و انتقال ژن‌های مقاومت موثر نسبت به بیماری به ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی گندم در اولویت نباشد. بررسی منابع نشان داد که بیشتر ژنوتیپ‌های گندم موجود در ایران و جهان دارای مقاومت با تعداد ژن‌های مقاومت محدود نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی بوده و اکثراً دارای واکنش نیمه حساسیت تا حساسیت نسبت به این بیمارگر می‌باشند (Dalvand et al. 2016; Kia et al. 2018; Adhikari et al. 2003; Chartrain et al. 2004).

تنوع ژنتیکی در جمعیت بیمارگر در مناطق مختلف کشور توسط محققین گزارش شده است (Kia et al. 2017; 2018).

نژادهای قارچ *Z. tritici* عامل بیماری لکه‌برگی سپتوریایی استفاده شد (جدول ۱). 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.

به‌منظور تعیین فاکتورهای بیماری‌زایی و غیربیماری‌زایی جمعیت‌های رایج بیمارگر، ارقام و لاین‌های افتراقی به‌صورت خزانه تله تحت شرایط محلی کانون‌های مهم شیوع بیماری شامل ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)، گلستان (گرگان) و خوزستان (صفی‌آباد دزفول) به‌مدت سه سال متوالی (۱۴۰۰-۱۳۹۸) کشت شدند. کاشت بذر (حدود ۱۰ گرم برای هر شماره) به‌صورت خطی روی دو خط یک متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر انجام شد و برای به‌دام انداختن اسپور قارچ و تسهیل در تثبیت و توسعه بیماری در حواشی مزرعه و بین هر ۱۰ ژنوتیپ، ارقام شاهد حساس به لکه‌برگی سپتوریایی در منطقه (تجن در گرگان و مغان، و داراب ۲ در دزفول) کاشته شده و از سیستم آبیاری افشانه (Mist irrigation) استفاده شد. ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها قبل از رسیدن دانه و زمانی که حداقل ۴ برگ از هر بوته گندم زنده و سبز هستند، به روش Saari & Prescott (1975) تغییر یافته توسط Eyal et al. (1987) انجام گرفت.

Abrinbana et al. 2012; Davari et al. 2012; Hosseinnezhad et al. 2014). اطلاعات ساختار ژنتیکی جمعیت پاتوتیپی بیمارگر، تعیین الگوی بیماری‌زایی، بررسی روند تغییر الگوی بیماری‌زایی جمعیت‌های پاتوتیپی موجود در هر منطقه و همچنین بررسی اثربخشی ژن‌های مقاومت موجود در ژنوتیپ‌های افتراقی از طریق کشت و بررسی واکنش ژنوتیپ‌های افتراقی بین‌المللی برای لکه‌برگی سپتوریایی گندم در قالب خزانه‌های تله میسر می‌گردد، و این اطلاعات همچون نقشه راه از ضروریات اولیه تولید ارقام مقاوم پایدار بوده و در مدیریت این بیماری نقش کلیدی ایفا می‌نمایند.

در این پژوهش با توجه به شیوع و خسارت چشم‌گیر لکه‌برگی سپتوریایی گندم طی سال‌های گذشته در اقلیم‌های شمال و جنوب و در شمال‌غرب کشور (کانون‌های مهم آلودگی)، بررسی تنوع نژادی قارچ *Z. tritici*، تغییرات الگوی بیماری‌زایی و میزان اثر بخشی ژن‌های مقاومت گندم در برابر جمعیت قارچ بیمارگر در کانون‌های آلودگی از طریق رصد واکنش ژنوتیپ‌های افتراقی در خزانه‌های تله در سه سال متوالی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از مجموعه ۲۶ تایی ژنوتیپ‌های افتراقی به-همراه شاهدهای حساس داراب ۲ و تجن برای متمایز کردن

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

Table 1. Wheat differential genotypes of Septoria leaf blotch and involved resistance gene/s.

Entry	Wheat cultivar/line	Carried <i>Stb</i> gene/s	Entry	Wheat cultivar/line	Carried <i>Stb</i> gene/s
1	Oasis	<i>Stb1</i>	16	Taichung 29	Int 1. susceptible check
2	Sullivan	<i>Stb1</i>	17	Salamouni	<i>Stb13</i> & <i>Stb14</i>
3	Bulgaria 88	<i>Stb1</i> & <i>Stb6</i>	18	Arina	<i>Stb6</i> & <i>Stb15</i>
4	Veranopolis	<i>Stb2</i> & <i>Stb6</i>	19	Riband	<i>Stb15</i> or another
5	Israel 493	<i>Stb3</i> & <i>Stb6</i>	20	M3	<i>Stb16q</i> & <i>Stb17</i>
6	Tadinia	<i>Stb4</i> & <i>Stb6</i>	21	Local susceptible control	Susceptible check
7	Cs synthetic	<i>Stb5</i>	22	Balance	<i>Stb6</i> & <i>Stb18</i>
8	Flame	<i>Stb6</i>	23	Kulm	Highly susceptible
9	Shafir	<i>Stb6</i>	24	3HD-126	<i>Stb11</i> (S22)
10	Estanzuela Federal	<i>Stb7</i>	25	KM 7	<i>Stb16</i> (S23)
11	M6 Synthetic	<i>Stb8</i>	26	KM 41	<i>Stb17</i> (S24)
12	Courtot	<i>Stb9</i>	27	3HD-138	<i>Stb18</i> (S25-winter type)
13	Kavkaz-K4500	<i>Stb6</i> , <i>Stb7</i> , <i>Stb10</i> & <i>Stb12</i>	28	Darab-2	Local sus. Check
14	TE 9111	<i>Stb6</i> , <i>Stb7</i> & <i>Stb11</i>	29	Tajan	Local sus. Check
15	Obelisk	Int 1. susceptible check			

بیماری بر روی گیاه و رقم سمت راست درصد شدت بیماری را به صورت ۰-۹ نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده از

این روش یادداشت‌برداری در مقیاس دو رقمی ۰۰-۹۹ بیان می‌شود، به‌طوری‌که رقم سمت چپ ارتفاع نسبی پیشرفت

استفاده گردید.

نتایج و بحث

مطالعه روند تغییرات الگوی بیماری زایی در جمعیت‌های پاتوتیپی قارچ *Z. tritici* (جدول‌های ۲ و ۳) نشان داد که الگوی بیماری زایی در این جمعیت‌ها در هر سه منطقه و سال-های مورد مطالعه متفاوت از یکدیگر بود.

در سال زراعی ۱۳۹۸ واکنش ارقام Bulgaria 88 حامل ژن‌های *Stb1* و *Stb6*، Israel 493 حامل ژن‌های *Stb3* و *Stb6*، Cs synthetic حامل ژن *Stb5*، Shafir حامل ژن *Stb6*، Estanzuela Federal حامل ژن *Stb7* و kulm بدون ژن شناخته شده مقاومت به همراه ژنوتیپ‌های شاهد حساس نسبت به جمعیت قارچ *Z. tritici* در هر سه منطقه گرگان، دزفول و مغان به صورت حساسیت مشاهده شد. به عبارتی تعداد ۱۱ ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر سه منطقه واکنش حساسیت داشتند. اما واکنش ژنوتیپ‌های Arina حامل ژن‌های *Stb6* و *Stb15*، 3HD-126 حامل ژن *Stb11* و 3HD-138 حامل ژن *Stb18* نسبت به جمعیت‌های قارچ بیمارگر در هر سه منطقه مورد مطالعه به صورت مقاومت قابل قبول بود. با توجه به نتایج به دست آمده در این سال ژن‌های مقاومت *Stb6* & *Stb15*، *Stb11* و *Stb18* اثر بخشی کامل در هر سه منطقه مورد مطالعه داشتند. واکنش رقم Flame حامل ژن *Stb6* در برابر جمعیت قارچ عامل بیماری در مناطق گرگان و مغان به صورت مقاومت، ولی در منطقه دزفول به صورت نیمه حساسیت تا حساسیت بود. واکنش ارقام Courtot حامل ژن *Stb9*، TE 9111 حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7* & *Stb11*، Salamouni حامل ژن‌های *Stb13* & *Stb14* و ژنوتیپ‌های M3 حامل ژن‌های *Stb17* & *Stb16q* و KM 7 حامل ژن *Stb16* در برابر جمعیت‌های *Z. tritici* حاضر در مناطق گرگان و دزفول به صورت مقاومت، ولی در منطقه مغان به صورت نیمه حساسیت تا حساسیت کامل بود. واکنش ارقام Oasis و Sullivan هر دو حامل ژن *Stb1*، Veranopolis حامل ژن‌های *Stb2* & *Stb6*، ژنوتیپ M6 synth حامل ژن *Stb8* و رقم Riband حامل ژن *Stb15* (یا ژن ناشناخته دیگر) در برابر جمعیت‌های قارچ بیمارگر در منطقه دزفول، ژنوتیپ‌های Tadinia حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7*، Kavkaz-K4500، (*Stb4* & *Stb6*)، KM 41 حامل ژن *Stb17* در برابر جمعیت قارچ در منطقه گرگان، و رقم Balance حامل ژن *Stb6* & *Stb18* در برابر جمعیت بیمارگر در منطقه مغان به صورت

یادداشت‌برداری‌ها، واکنش مواد آزمایشی نسبت به بیماری در منطقه تعیین شده و ژنوتیپ‌ها به صورت مصون (Immune) با کد (۰۰)، بسیار مقاوم (Very Resistant) با کدهای (۱۴-۱۱)، مقاوم (Resistant) با کدهای (۱۵-۳۴)، نیمه مقاوم (Moderate Resistant) با کدهای (۳۵-۴۴)، نیمه حساس (Moderate Susceptible) با کدهای (۴۵-۶۴)، حساس (Susceptible) با کدهای (۶۵-۸۴) و بسیار حساس (Very Susceptible) با کدهای (۹۹-۸۵) گروه بندی شدند (Arabi and Jawhar 2002). برای بررسی واکنش گیاهچه‌ای ارقام و لاین‌های افتراقی نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در گلخانه (کرج)، ۱۰ بذر از هر ژنوتیپ در گلدان‌هایی به قطر ۱۰ سانتی متر کشت شده و گیاهچه‌ها در مرحله یک برگی (حدود ۹ روز پس از کاشت به طوری که برگ اول کاملاً باز شده و برگ دوم ظاهر گردیده است) با سوسپانسیون اسپور جدایه جمع‌آوری شده از هر منطقه در دو تکرار مایه‌زنی شدند. برای تهیه زامایه ابتدا سلول‌های مخمر-مانند جدایه‌های قارچ با استفاده از محیط کشت مایع وای-جی-ام تکثیر شده و به کمک لام هموسیستمتر تعداد اسپورها شمارش گردید. سپس با استفاده از محلول ۰/۱۵ درصد توئین ۲۰ (Tween20) در آب مقطر استریل سوسپانسیون اسپور به غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر رسید. مایه‌زنی به کمک اسپری دستی تا جاری شدن سوسپانسیون اسپور از سطح برگ‌ها انجام گرفته و گیاهچه‌های مایه‌زنی شده به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی، دمای ۱۸ درجه 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. ارزیابی واکنش گیاهچه‌ها نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی ۲۱ روز پس از مایه‌زنی با یادداشت‌برداری درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک پوشیده از پیکنید انجام شده و بالاترین درصد به دست آمده در دو تکرار به عنوان واکنش هر ژنوتیپ در نظر گرفته شد.

نتایج حاصله پس از گروه بندی ارقام و لاین‌ها در گروه‌های مصون (بدون علائم بیماری)، بسیار مقاوم (با لکه‌های فوق حساسیت فاقد پیکنید (۰))، مقاوم (۱۰-۱ درصد پیکنید)، نیمه مقاوم (۱۱-۲۰ درصد)، نیمه حساس (۲۱-۴۰ درصد)، حساس (۸۰-۴۱) و بسیار حساس (بیش از ۸۰ درصد) قرار گرفتند (Arabi & Jawhar 2002).

برای انجام تجزیه خوشه‌ای ارقام و لاین‌های افتراقی براساس صفات اندازه‌گیری شده مذکور نیز از روش وارد (ward) با استفاده از مربع ضریب اقلیدوسی و نرم افزار SPSS

نیز تعداد ۱۱ ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر سه منطقه واکنش حساسیت داشتند. واکنش ژنوتیپ‌های Oasis و Sullivan هر دو حامل ژن *Stb1*، Bulgaria 88 حامل ژن‌های *Stb1* & *Stb6*، Cs synthetic حامل ژن *Stb5*، TE 9111 حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7* & *Stb11*، M3 حامل ژن‌های *Stb16* & *Stb17* و KM 41 حامل ژن *Stb17* در برابر جمعیت‌های *Z. tritici* در مناطق مغان و دزفول به صورت مقاومت، ولی در منطقه گرگان به صورت نیمه‌حساسیت تا حساسیت بود.

مقاومت اختصاصی بود. در سال زراعی ۱۳۹۹ واکنش ارقام و ژنوتیپ‌های Shafir حامل ژن *Stb6*، Estandzuela Federal حامل ژن *Stb7*، M6 synth حامل ژن *Stb8*، Courtot حامل ژن *Stb9*، Riband حامل ژن *Stb15* (یا ژن ناشناخته دیگر) و kulm (بدون ژن مقاومت شناسایی شده) به همراه ارقام شاهد حساس نسبت به جمعیت بیمارگر در هر سه منطقه گرگان، دزفول و مغان به صورت حساسیت مشاهده گردید. به عبارت دیگر در سال ۱۳۹۹

جدول ۲. ارزیابی واکنش ارقام و لاین‌های افتراقی گندم در مرحله گیاه کامل نسبت به لکه‌برگی سپتوریایی طی سه سال متوالی در کانون‌های بیماری به روش Saari & Prescott (1975) تغییر یافته توسط Eyal *et al.* (1987).

Table 2. Evaluation of adult plant response of differential wheat cultivars and lines to septoria tritici blotch in disease hot spots during three years based on Saari & Prescott, 1975 modified by Eyal *et al.* 1987.

Entry	Wheat cultivar/line	Carried <i>Stb</i> gene/s	2019			2020			2021		
			Gorgan	Dezful	Moghan	Gorgan	Dezful	Moghan	Gorgan	Dezful	Moghan
1	Oasis	<i>Stb1</i>	54	0	71	54	0	0	11	52	73
2	Sullivan	<i>Stb1</i>	55	0	72	52	0	12	33	51	74
3	Bulgaria 88	<i>Stb1</i> & <i>Stb6</i>	53	53	54	58	0	31	32	55	71
4	Veranopolis	<i>Stb2</i> & <i>Stb6</i>	54	0	74	54	71	31	11	71	74
5	Israel 493	<i>Stb3</i> & <i>Stb6</i>	56	73	72	54	73	32	0	53	77
6	Tadinia	<i>Stb4</i> & <i>Stb6</i>	33	77	72	56	73	32	11	72	78
7	Cs synthetic	<i>Stb5</i>	57	52	71	56	0	0	35	0	77
8	Flame	<i>Stb6</i>	33	52	34	55	53	0	32	0	56
9	Shafir	<i>Stb6</i>	56	75	73	72	75	71	36	77	76
10	Estandzuela Federal	<i>Stb7</i>	78	73	76	74	75	75	0	73	77
11	M6 synth	<i>Stb8</i>	55	0	73	75	71	75	0	72	78
12	Courtot	<i>Stb9</i>	34	0	54	72	71	75	58	71	75
13	Kavkaz-K4500	<i>Stb6</i> , <i>Stb7</i> , <i>Stb10</i> & <i>Stb12</i>	32	72	74	54	0	53	59	0	73
14	TE 9111	<i>Stb6</i> , <i>Stb7</i> & <i>Stb11</i>	31	0	54	57	0	33	11	71	76
15	Obelisk	Int'l. sus. check	71	71	73	56	71	72	72	71	71
16	Taichung 29	Int'l. sus. check	72	73	72	74	73	71	71	72	76
17	Salamouni	<i>Stb13</i> & <i>Stb14</i>	33	0	74	56	0	53	54	55	76
18	Arina	<i>Stb6</i> & <i>Stb15</i>	36	0	34	72	0	53	11	0	73
19	Riband	<i>Stb15</i> or another	54	0	54	58	71	52	34	0	74
20	M3	<i>Stb16</i> & <i>Stb17</i>	34	0	75	54	0	36	32	0	75
21	Local sus. check	Sus. check	75	74	76	76	77	77	76	76	78
22	Balance	<i>Stb6</i> & <i>Stb18</i>	55	52	35	58	51	0	11	53	57
23	Kulm	Highly sus.	54	72	75	58	71	52	54	0	73
24	3HD-126	<i>Stb11</i>	36	0	34	34	0	52	11	52	56
25	KM 7	<i>Stb16</i>	33	0	74	54	0	52	12	0	75
26	KM 41	<i>Stb17</i>	37	74	75	74	0	0	11	71	79
27	3HD-138	<i>Stb18</i>	34	0	35	34	52	0	11	0	53
28	Darab-2	Local sus. check	77	76	76	77	76	77	77	78	75
29	Tajan	Local sus. check	76	77	77	76	77	77	78	77	76

جدول ۳. واکنش ارقام و لاین‌های افتراقی گندم در مرحله‌ی گیاه کامل نسبت به لکه‌برگی سپتوریایی طی سه سال متوالی در کانون‌های بیماری. **Table 3.** Adult plant response of differential wheat cultivars and lines to septoria tritici blotch in disease hot spots during three years.

Entry	Wheat cultivar/line	Carried <i>Stb</i> gene/s	2019			2020			2021		
			Gorgan	Dezful	Moghan	Gorgan	Dezful	Moghan	Gorgan	Dezful	Moghan
1	Oasis	<i>Stb1</i>	MS	I	S	MS	I	I	VR	MS	S
2	Sullivan	<i>Stb1</i>	MS	I	S	MS	I	VR	R	MS	S
3	Bulgaria 88	<i>Stb1 & Stb6</i>	MS	MS	MS	MS	I	R	R	MS	S
4	Veranopolis	<i>Stb2 & Stb6</i>	MS	I	S	MS	S	R	VR	S	S
5	Israel 493	<i>Stb3 & Stb6</i>	MS	S	S	MS	S	R	I	MS	S
6	Tadinia	<i>Stb4 & Stb6</i>	R	S	S	MS	S	R	VR	S	S
7	Cs synthetic	<i>Stb5</i>	MS	MS	S	MS	I	I	MR	I	S
8	Flame	<i>Stb6</i>	R	MS	R	MS	MS	I	R	I	MS
9	Shafir	<i>Stb6</i>	MS	S	S	S	S	S	MR	S	S
10	Estanzuela Federal	<i>Stb7</i>	S	S	S	S	S	S	I	S	S
11	M6 synth	<i>Stb8</i>	MS	I	S	S	S	S	I	S	S
12	Courtot	<i>Stb9</i>	R	I	MS	S	S	S	MS	S	S
13	Kavkaz-K4500	<i>Stb6, Stb7, Stb10 & Stb12</i>	R	S	S	MS	I	MS	MS	I	S
14	TE 9111	<i>Stb6, Stb7 & Stb11</i>	R	I	MS	MS	I	R	VR	S	S
15	Obelisk	Int1. sus. check	S	S	S	MS	S	S	S	S	S
16	Taichung 29	Int1. sus. check	S	S	S	S	S	S	S	S	S
17	Salamouni	<i>Stb13 & Stb14</i>	R	I	S	MS	I	MS	MS	MS	S
18	Arina	<i>Stb6 & Stb15</i>	MR	I	R	S	I	MS	VR	I	S
19	Riband	<i>Stb15 or another</i>	MS	I	MS	MS	S	MS	R	I	S
20	M3	<i>Stb16 & Stb17</i>	R	I	S	MS	I	MR	R	I	S
21	Local susceptible control	<i>Sus. Check</i>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
22	Balance	<i>Stb 6 & 18</i>	MS	MS	MR	MS	MS	I	VR	MS	MS
23	Kulm	-	MS	S	S	MS	S	MS	MS	I	S
24	3HD-126	<i>Stb11</i>	MR	I	R	R	I	MS	VR	MS	MS
25	KM 7	<i>Stb16</i>	R	I	S	MS	I	MS	VR	I	S
26	KM 41	<i>Stb17</i>	MR	S	S	S	I	I	VR	S	S
27	3HD-138	<i>Stb18</i>	R	I	MR	R	MS	I	VR	I	MS
28	Darab-2	Local sus. check	S	S	S	S	S	S	S	S	S
29	Tajan	Local sus. check	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Abbreviations: VS (Very Susceptible); S (Susceptible); MS (Moderate Susceptible); MR (Moderate Resistant); R (Resistant); VR (Very Resistant); I (Immune)

ارقام شاهد حساس نسبت به جمعیت‌های قارچ *Z. tritici* در هر سه منطقه گرگان، دزفول و مغان به‌صورت حساسیت بود. به‌طوری‌که تعداد هشت ژنوتیپ از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر سه منطقه واکنش حساسیت داشتند. واکنش ژنوتیپ‌های Cs synthetic حامل ژن *Stb5*، Flame حامل ژن *Stb6*، Arina حامل ژن‌های *Stb6 & Stb15*، Riband حامل ژن *Stb15* (یا ژن ناشناخته دیگر)، M3 حامل ژن‌های *Stb16 & Stb17*، KM 7 حامل ژن *Stb16* و 3HD-138 حامل ژن *Stb18* در برابر جمعیت عامل بیماری در مناطق گرگان و دزفول به‌صورت مقاومت، ولی در منطقه مغان به‌صورت نیمه‌حساسیت تا حساسیت کامل بود. واکنش ارقام Kavkaz-K4500 حامل ژن‌های *Stb6, Stb7, Stb10 & Stb12* و kulm (بدون ژن مقاومت شناسایی شده) در برابر جمعیت بیمارگر در منطقه دزفول، ارقام Oasis و Sullivan هر دو حامل ژن *Stb1*، Bulgaria 88 حامل ژن‌های *Stb1 & Stb6*، Israel 493 حامل ژن‌های *Stb3 & Stb6*، Tadinia حامل ژن‌های *Stb4 & Stb6* و Shafir

واکنش ژنوتیپ 3HD-126 حامل ژن *Stb11* در برابر جمعیت‌های این قارچ در مناطق گرگان و دزفول به‌صورت مقاومت، ولی در منطقه مغان به‌صورت نیمه‌حساسیت بود. واکنش ژنوتیپ 3HD-138 حامل ژن *Stb18* در برابر جمعیت بیمارگر مناطق گرگان و مغان به‌صورت مقاومت، ولی در منطقه مغان به‌صورت نیمه‌حساسیت بود. واکنش ژنوتیپ‌های Veranopolis حامل ژن‌های *Stb2 & Stb6*، Israel 493 حامل ژن‌های *Stb3 & Stb6*، Tadinia حامل ژن‌های *Stb4 & Stb6*، Flame حامل ژن *Stb6* و Balance حامل ژن‌های *Stb6 & Stb18* در برابر جمعیت عامل بیماری در منطقه مغان و ژنوتیپ‌های Kavkaz-K4500 حامل ژن‌های *Stb6, Stb7, Stb10 & Stb12*، Salamouni حامل ژن‌های *Stb13 & Stb14*، Arina حامل ژن‌های *Stb6 & Stb15* و KM 7 حامل ژن *Stb16* در برابر جمعیت بیمارگر منطقه دزفول به‌صورت مقاومت اختصاصی بود. در سال زراعی ۱۴۰۰ واکنش ارقام Courtot حامل ژن *Stb9* و Salamouni حامل ژن‌های *Stb13 & Stb14* به‌همراه

بود. واکنش مقاومت اختصاصی ارقام افتراقی و ژنوتیپ‌های مختلف گندم حامل ژن‌های موثر مقاومت نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گزارش شده است (Mazandarani *et al.* 2014).

ژن *Stb6*، Estanzuela Federal حامل ژن *Stb7*، ژنوتیپ M6 synth حامل ژن *Stb8*، TE 9111 حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7* & *Stb11* و Balance حامل ژن‌های *Stb6* & *Stb18* در برابر جمعیت قارچ در منطقه گرگان به صورت مقاومت اختصاصی

جدول ۴. ارزیابی واکنش گیاهچه‌ای ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی بر اساس درصد نکروز و پیکنید سطح برگ در شرایط گلخانه‌ای.

Table 4. Evaluation of seedling response of differential wheat genotypes to septoria tritici blotch based on percentage of leaf area covered by necrosis and pycnida in greenhouse conditions.

Number	Name	R Gene	Seedling response					
			Gorgan		Dezful		Moghan	
			N%	P%	N%	P%	N%	P%
1	Oasis	<i>Stb 1</i>	25	20	20	15	25	20
2	Sullivan	<i>Stb 1</i>	10	70	75	65	75	65
3	Bulgaria 88	<i>Stb 1 & 6</i>	50	45	80	70	80	70
4	Veranopolis	<i>Stb2 & 6</i>	30	15	45	40	45	40
5	Israel 493	<i>Stb 3 & 6</i>	40	15	100	90	100	90
6	Tadinia	<i>Stb 4 & 6</i>	7	0	45	30	45	30
7	Cs synthetic	<i>Stb 5</i>	15	0	35	0	35	0
8	Flame	<i>Stb 6</i>	15	10	40	20	40	20
9	Shafir	<i>Stb 6</i>	45	25	85	80	85	80
10	Estanzuela Federal	<i>Stb 7</i>	45	30	90	80	90	80
11	M6 synth	<i>Stb 8</i>	30	25	95	90	95	90
12	Courtot	<i>Stb 9</i>	60	20	75	75	75	75
13	Kavkaz-K4500	<i>Stb 6,7,10&12</i>	15	0	20	0	15	0
14	TE 9111	<i>Stb 6,7&11</i>	40	0	20	15	40	15
15	Obelisk	<i>Sus. Check</i>	40	25	80	75	80	75
16	Taichung 29	<i>Sus. Check</i>	80	40	80	60	80	60
17	Salamouni	<i>Stb 13&14</i>	55	40	70	60	70	60
18	Arina	<i>Stb 6 & 15</i>	40	25	60	35	60	35
19	Riband	<i>Stb 15 or another</i>	40	30	65	45	65	45
20	M3	<i>Stb 16 & 17</i>	0	0	0	0	0	0
21	Local susceptible control	<i>Sus. Check</i>	75	60	90	80	90	80
22	Balance	<i>Stb 6 & 18</i>	25	10	35	30	35	30
23	kulm	-	20	15	85	90	85	90
24	3HD-126	<i>Stb11</i>	30	10	85	65	85	65
25	KM 7	<i>Stb16</i>	0	0	7	0	7	0
26	KM 41	<i>Stb17</i>	0	0	70	50	70	50
27	3HD-138	<i>Stb18</i>	40	30	50	40	50	40
28	Darab-2	<i>Sus. Check</i>	70	45	90	85	90	85
29	Tajan	<i>Sus. Check</i>	60	45	90	95	95	95

% P (Pycnid)

% N (Necrosis)

Sullivan حامل ژن *Stb1*، Veranopolis حامل ژن‌های *Stb2* & *Stb6*، Israel 493 حامل ژن‌های *Stb3* & *Stb6*، Tadinia حامل ژن‌های *Stb4* & *Stb6*، Courtot حامل ژن *Stb9*، Balance حامل ژن‌های *Stb6* & *Stb18*، kulm (بدون ژن مقاومت شناسایی شده) و ژنوتیپ 3HD-126 حامل ژن *Stb11* که نسبت به جدایه‌ی جمعیت قارچ *Z. tritici* از منطقه گرگان دارای مقاومت اختصاصی قابل قبولی بودند، در بقیه ژنوتیپ‌ها واکنش نیمه‌حساسیت تا حساسیت کامل نسبت به جدایه‌های مورد بررسی مشاهده شد.

بررسی واکنش گیاهچه‌ای ارقام و لاین‌های گندم افتراقی نسبت به جدایه‌های قارچ *Z. tritici* جمع‌آوری شده از مناطق مورد مطالعه نشان داد (جدول‌های ۴ و ۵) که به جز تعداد محدودی از ژنوتیپ‌ها مثل رقم Oasis حامل ژن *Stb1*، Cs synthetic حامل ژن *Stb5*، Flame حامل ژن *Stb6*، Kavkaz-K4500 حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7*، *Stb10* & *Stb12*، TE 9111 حامل ژن‌های *Stb6*، *Stb7*، *Stb10* & *Stb12*، M3 حامل ژن‌های *Stb7* & *Stb11* و *Stb16* & *Stb17*، KM 7 حامل ژن *Stb16* که برای هر سه جدایه‌ی جمع‌آوری شده از مناطق مورد مطالعه واکنش مقاومت بروز دادند، و همچنین ارقام

جدول ۵- واکنش گیاهچه‌های ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به جمعیت‌های مناطق گرگان، دزفول و مغان قارچ *Zymoseptoria tritici* در شرایط گلخانه‌ای.

Table 5. Seedling response of differential wheat cultivars and lines to *Zymoseptoria tritici* populations of Gorgan, Dezful and Moghan in greenhouse conditions.

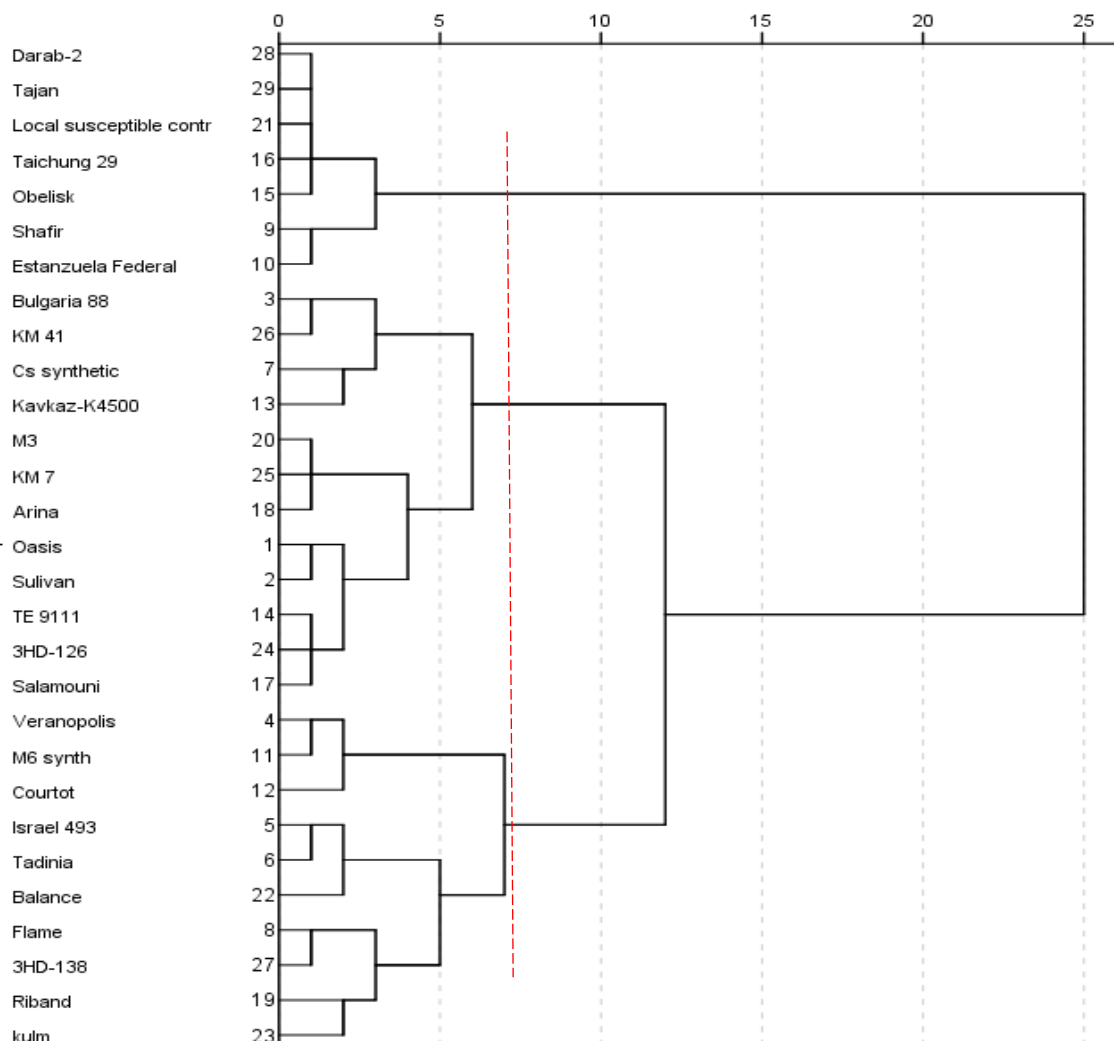
Number	Name	R Gene	Seedling stage		
			Gorgan	Dezful	Moghan
1	Oasis	<i>Stb 1</i>	MR	MR	MR
2	Sullivan	<i>Stb 1</i>	R	S	S
3	Bulgaria 88	<i>Stb 1 & 6</i>	S	S	S
4	Veranopolis	<i>Stb2 &6</i>	MR	MSS	MSS
5	Israel 493	<i>Stb 3 & 6</i>	MR	VS	VS
6	Tadinia	<i>Stb 4 &6</i>	I	MS	MS
7	Cs synthetic	<i>Stb 5</i>	I	I	I
8	Flame	<i>Stb 6</i>	R	MR	MR
9	Shafir	<i>Stb 6</i>	MS	S	S
10	Estanzuela Federal	<i>Stb 7</i>	MS	S	S
11	M6 synth	<i>Stb 8</i>	MS	S	VS
12	Courtot	<i>Stb 9</i>	MR	S	S
13	Kavkaz-K4500	<i>Stb 6,7,10&12</i>	I	I	I
14	TE 9111	<i>Stb 6,7&11</i>	I	MR	MR
15	Obelisk	<i>Sus. Check</i>	MS	S	S
16	Taichung 29	<i>Sus. Check</i>	MSS	S	S
17	Salamouni	<i>Stb 13&14</i>	MSS	S	S
18	Arina	<i>Stb 6 &15</i>	MS	MS	MS
19	Riband	<i>Stb 15 or another</i>	MS	S	S
20	M3	<i>Stb 16 &17</i>	I	I	I
21	Local susceptible control	<i>Sus. Check</i>	S	S	S
22	Balance	<i>Stb 6 &18</i>	MR	MS	MS
23	kulm	-	MR	S	VS
24	3HD-126	<i>Stb11</i>	MR	S	S
25	KM 7	<i>Stb16</i>	I	I	I
26	KM 41	<i>Stb17</i>	I	S	S
27	3HD-138	<i>Stb18</i>	MS	MSS	MSS
28	Darab-2	<i>Sus. Check</i>	VS	VS	VS
29	Tajan	<i>Sus. Check</i>	VS	VS	VS

Abbreviations: VS (Very Susceptible); S (Susceptible); MS (Moderate Susceptible); MR (Moderate Resistant); R (Resistant); VR (Very Resistant); I (Immune)

و Obelisk، Synthetic M6، Estenzuela Federal، Shafir *Stb1* در برابر برخی از جدایه‌ها واکنش حساسیت و در برابر جدایه‌های دیگر واکنش مقاومت داشت. (Fallahi *et al.* (2015) کمترین شدت بیماری‌زایی را بر روی ارقام TE 9111، Oasis و Sullivan، و بیشترین شدت بیماری‌زایی را بر روی ارقام Taichung 29 و Estenzuela Federal مشاهده کردند. تفاوت‌های موجود در نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به اختلاف مولفه‌های مکانی و زمانی عامل بیماری مربوط بوده و ناشی از تنوع ژنتیکی جمعیت‌های بیمارگر حاضر در مناطق مختلف کشور و ویروالانس آن‌ها بر روی ژن‌های مختلف مقاومت به بیماری (*Stb*)، دینامیسم جمعیت و تغییرات ژنتیکی جدایه‌های بیمارگر در سال‌های زراعی مختلف باشد. براساس نتایج واکنش مراحل گیاهچه‌ای و گیاه بالغ، پرآزارترین جمعیت پاتوتیپی مربوط به منطقه‌ی مغان و سپس

نتایج واکنش اغلب ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به جمعیت‌های عامل بیماری لکه‌برگی سپتوریایی با داده‌های حاصل از برخی مطالعات همخوانی داشت (Kia *et al.* 2017, 2018)، با این وجود برخی از ژنوتیپ‌های افتراقی در این تحقیق منحصراً واکنش‌های متفاوتی را نشان دادند. (Dalvand *et al.* (2016) واکنش ارقام Veranopolis، Israel 493، Tadinia، Shafir، Estenzuela Federal، Synthetic M6، Taichung 29، Riband و Salamouni را نسبت به جدایه‌های قارچی جمع‌آوری شده از استان خوزستان به صورت حساسیت (پرآزایی)، و واکنش ارقام Oasis، Sullivan، Cs synthetic، Ariana، M3، 3HD-126، KM7 و KM41 را به صورت مقاومت گزارش کردند. (Mazandarani *et al.* (2014) نشان دادند که واکنش ارقام M3، Riband، Arina نسبت به جدایه‌های قارچی جمع‌آوری شده از استان فارس به صورت مقاومت و واکنش ارقام Cs Synthetic،

منطقه دزفول بود، در صورتی که جمعیت پاتوتیپی حاضر در منطقه گرگان کم‌ترین پرازاری را بر روی ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نشان داد.



شکل ۱. تجزیه خوشه‌ای واکنش ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به جمعیت‌های قارچ *Zymoseptoria tritici* در مرحله‌ی گیاه کامل طی سه سال متوالی (۱۳۹۸-۱۴۰۰) در سه منطقه‌ی گرگان، دزفول و مغان.

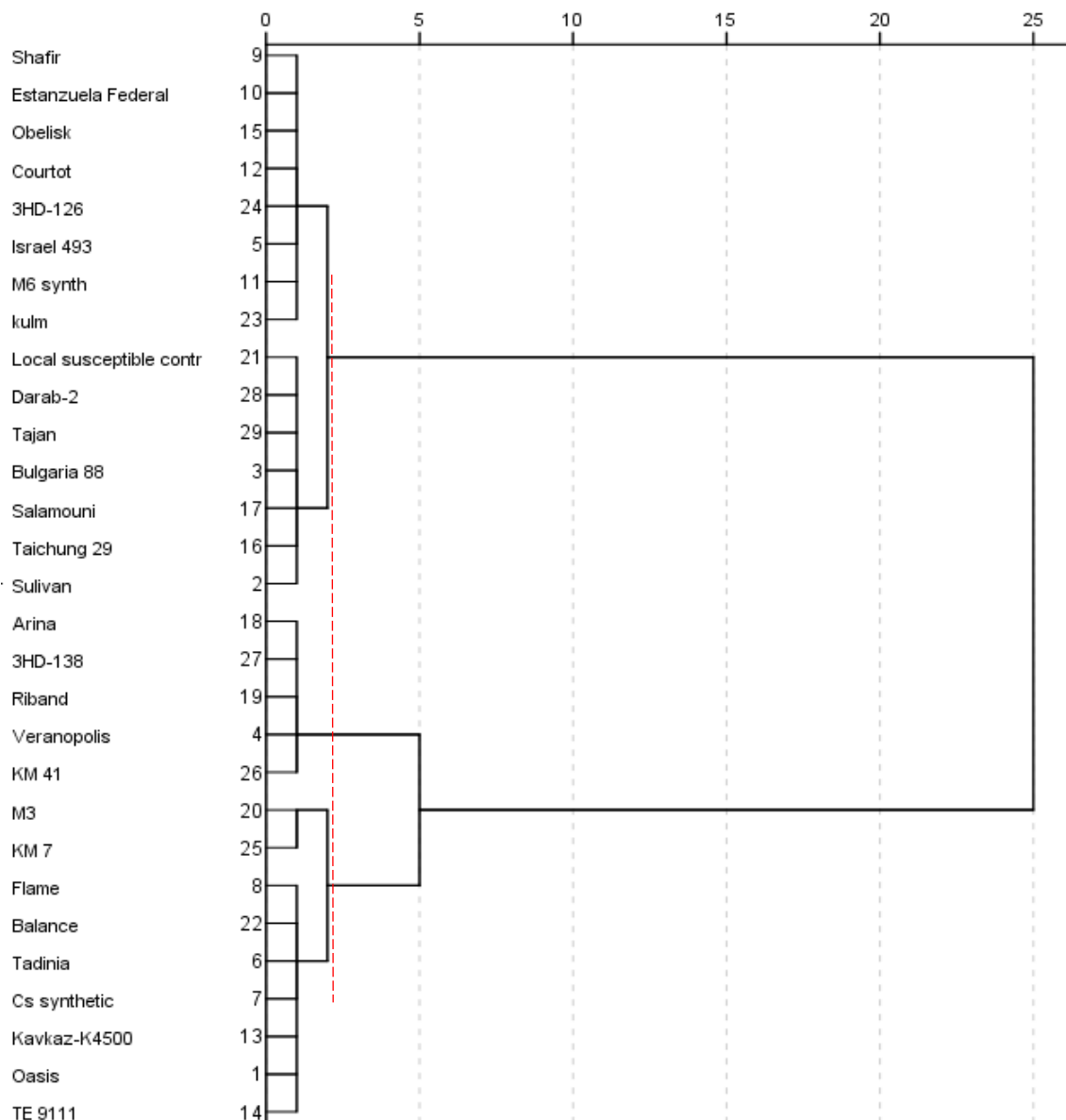
Figure 1. Cluster analysis of wheat differential genotypes' response to *Zymoseptoria tritici* populations of Gorgan, Dezful and Moghan in three consecutive years (2019-2021).

برگ زیر پرچم، برگ پرچم و حتی به سمت سنبله ادامه یافته بود. ژن‌های مقاومت موجود در ژنوتیپ‌های افتراقی این گروه نمی‌توانند در برابر جمعیت بیمارگر واکنش مقاومت داشته باشند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های افتراقی می‌شد که در هر سه منطقه دارای واکنش مقاومت به جمعیت‌های بیمارگر بودند. این ژنوتیپ‌ها یا بدون نشان دادن علایم بیماری در گروه مصون قرار گرفتند و یا با پیشرفت عمودی بسیار محدود بر روی گیاه در گروه‌های مقاوم طبقه‌بندی شدند. این گروه از لحاظ مقدار ثبت شده برای صفات اندازه‌گیری شده مذکور کمترین مقدار را داشتند. ژن‌های مقاومت موجود در ژنوتیپ-

در تجزیه خوشه‌ای ارقام و لاین‌های گندم افتراقی در مرحله گیاه بالغ در مزرعه، مرحله‌ی گیاهچه‌ای در گلخانه و همچنین برای هر دو مرحله‌ی گیاهچه‌ای و گیاه بالغ، ژنوتیپ-های گندم افتراقی برحسب واکنش نسبت به جمعیت‌های عامل بیماری در سه گروه اصلی قرار گرفتند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های افتراقی است که دارای واکنش حساسیت به جمعیت‌های بیمارگر در هر سه منطقه بودند. این گروه از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده مذکور بالاترین مقدار را داشتند. برای ژنوتیپ‌های این گروه پیشرفت عمودی بیماری تا

مقاومت بروز دادند. (Fallahi *et al.* (2015) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، جدایه‌های قارچ را بر اساس درصد پوشش پکنیدی بر روی ارقام افتراقی در شش گروه اصلی طبقه‌بندی کردند. تفاوت‌های دیده شده در نتایج تجزیه خوشه‌ای مطالعات مختلف می‌تواند به تنوع ژنتیکی موجود بین جدایه‌های بیمارگر در مناطق و سال‌های زراعی مختلف مربوط باشد.

های افتراقی این گروه می‌توانند در برابر جمعیت بیمارگر واکنش مقاومت قابل قبولی را ایجاد کنند. گروه سوم شامل ارقام و لاین‌های افتراقی گندم می‌شد که دارای واکنش مقاومت اختصاص به جدایه بودند. به عبارتی این ژنوتیپ‌ها نسبت به جمعیت‌های بیمارگر موجود در برخی از مناطق واکنش حساسیت، و در مقابل جمعیت‌های مناطق دیگر واکنش



شکل ۲. تجزیه خوشه‌ای واکنش گیاهچه‌های ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به جمعیت‌های گرگان، دزفول و مغان قارچ *Zymoseptoria tritici*

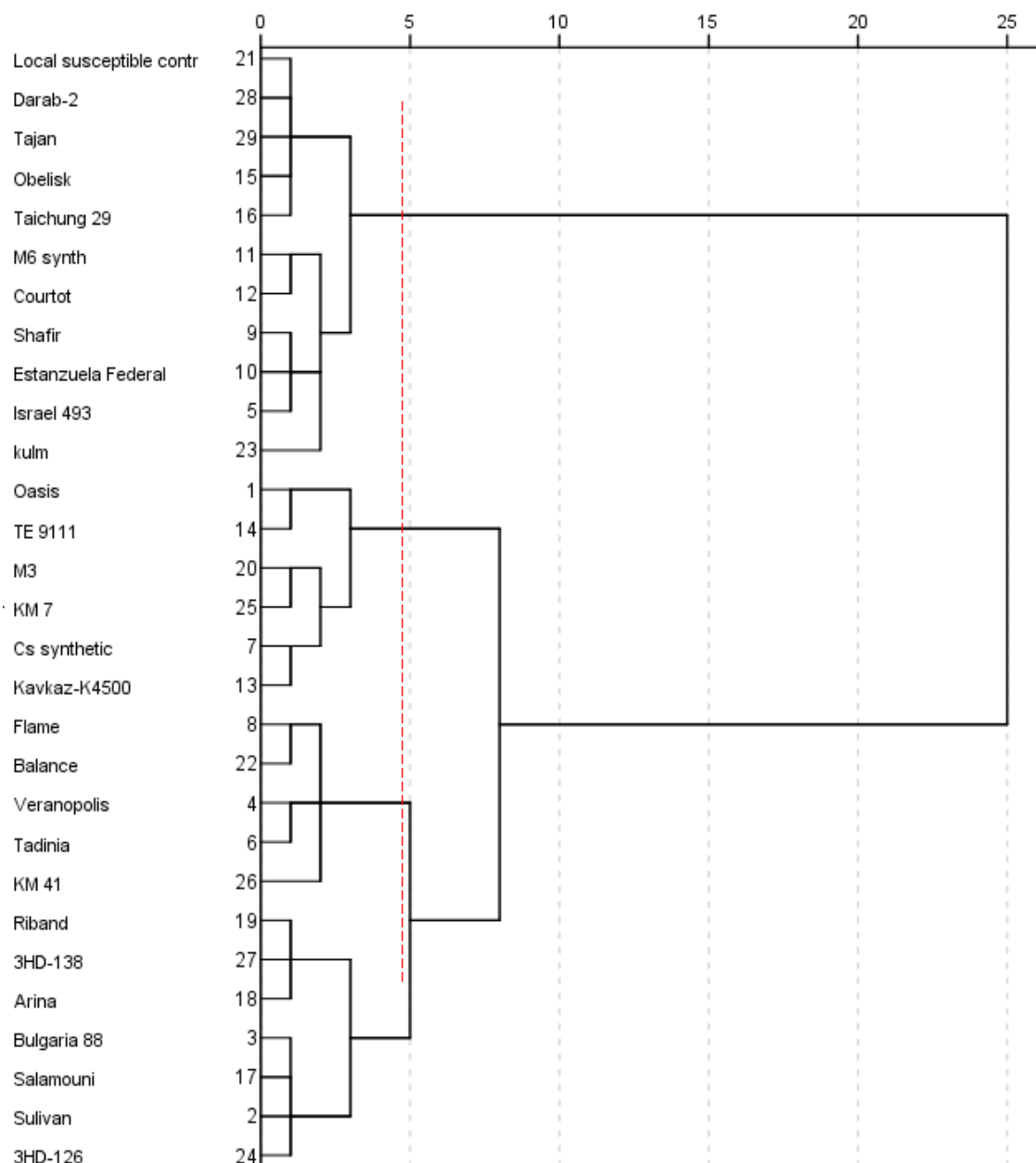
Figure 2. Cluster analysis of seedling response of wheat differential genotypes to Gorgan, Dezful and Moghan populations of *Zymoseptoria tritici*.

آن منطقه می‌باشد. تعیین ژن یا ژن‌های مقاومت مؤثر در هر منطقه می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام مقاوم به این بیماری برای آن مناطق و اقلیم‌های مربوطه مورد استفاده قرار گیرد (Keller & Krattinger 2018). با توجه به واکنش هر یک

واکنش حساسیت یا مقاومت هر یک از ژنوتیپ‌های حامل ژن یا ژن‌های مشخص مقاومت به بیماری به ترتیب نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود ویروولانس (پرازاری) جمعیت‌های طبیعی پاتوزن موجود در هر منطقه بر روی ژن یا ژن‌های مربوطه در

Kavkaz-K4500 (*Stb6*, *Stb7*, *Cs synthetic* (*Stb5*), (S23))
 3HD-138 (*Stb18* (S25- Flame (*Stb6*), & *Stb12*) *Stb10*
 TE 9111 (*Stb6*, *Stb7* & Oasis (*Stb1*), winter type))
 Tadinia (*Stb4* & Veranopolis (*Stb2* & *Stb6*), *Stb11*)
 مقاوم موثر نسبت به این بیمارگر در این مناطق استفاده نمود.

از ارقام و لاین‌های افتراقی گندم در مرحله گیاه کامل نسبت به جمعیت‌های قارچ *Z. tritici* در مناطق مغان (استان اردبیل)، دزفول (استان خوزستان) و گرگان (استان گلستان) در سه سال متوالی، بررسی اثربخشی ژن‌های مقاومت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی (*Stb*) نشان داد که در برنامه‌های به‌نژادی گندم می‌توان از ترکیب‌های مختلف ژن‌های مقاومت موجود در ژنوتیپ‌های افتراقی KM 7 (*Stb16*، M3 (*Stb16q* & *Stb17*))



شکل ۳. تجزیه خوشه‌ای واکنش گیاهچه‌ای و گیاه کامل ارقام و لاین‌های افتراقی گندم نسبت به جمعیت‌های قارچ *Zymoseptoria tritici*.
Figure 3. Cluster analysis of seedling and adult plant response of wheat differential genotypes to *Zymoseptoria tritici*.

سپاسگزاری

نتایج ارایه شده در این تحقیق بخشی از یافته‌های پروژه ملی

و مسئول واحد پاتولوژی غلات به علت فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام پروژه و همچنین از کلیه کسانی که مولفین را در انجام این پژوهش مساعدت کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Arabi MIE, Jawhar M, 2002. Grain yield, kernel weight and *Septoria tritici* blotch responses of wheat to potassium and nitrogen fertilization. *Cereal Research Communications* 30: 141–147.

Abrinbana M, Mozafari J, Shams-bakhsh M, Mehrabi R, 2012. Resistance spectra of wheat genotypes and virulence patterns of *Mycosphaerella graminicola* isolates in Iran. *Euphytica* 186: 75–90.

Adhikari T.B, Anderson JM, Goodwin SB, 2003. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* 93: 1158–1164.

Brokenshire T, 1975. Wheat debris as an inoculum source for seedling infection by *Septoria tritici*. *Plant Pathology* 24(4): 202–207.

Chartrain L, Brading PA, Makepeace JC, Brown JKM, 2004. Sources of resistance to *Septoria tritici* blotch and implications for wheat breeding. *Plant Pathology* 53: 454–460.

Chungu C, Gilbert J, Townley SF, 2001. *Septoria tritici* blotch development as affected by temperature, duration of leaf wetness, inoculum concentration, and host. *Plant Disease* 85: 430–435.

Dalvand M, Soleimani Pari MJ, Zafari D, Roohparvar R, Tabib Ghafari SM, 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* 3(1): 359–363.

Davari M, Abrinbana M, Asghari Zakaria R, Arzanlou M, 2012. Assessment of wheat cultivars for resistance to *Mycosphaerella graminicola* isolates from Moghan plain at seedling stage under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 43: 379–389 (in Persian).

Duveiller E, Singh RP, Nicol JM, 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica* 157: 417–430.

Eyal Z, 1999. Breeding for disease resistance to

با کد مصوب ۰-۰۳-۰۳-۲۸۸-۹۸۱۲۷۵ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. بدین‌وسیله از رئیس موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، رئیس بخش تحقیقات غلات

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, Amiri Z, Wahl L, 1973. Physiologic specialization of *Septoria tritici*. *Phytopathology* 63: 1087–1091.

Eyal Z, Scharen AL, Ginkel M, 1987. The *Septoria* Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT, Mexico, D. F. Mexico.

Eyal Z, Ziv O, 1974. The relationship between epidemics of *Septoria* leaf blotch and yield losses in spring wheat. *Phytopathology* 64: 1385–1389.

FAO, 2020. FAOSTAT. Food and agricultural commodities production. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. FAO, Rome, Italy.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2018. The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security. Rome, FAO. 202 pp.

Fallahi-Motlagh SF, Roohparvar R, Kia S, Zamanizadeh HR, 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* 31(3) (in Persian).

Fraaije BA, Cools HJ, Kim SH, Motteram J, Clark WS, Lucas JA, 2007. A novel substitution I381 V in the sterol 14 alpha-demethylase (CYP51) of *Mycosphaerella graminicola* is differentially selected by azole fungicides. *Molecular Plant Pathology* 8: 245–254.

Juroszek P, Von Tiedemann A, 2013. Climate change and potential future risks through wheat diseases: a review. *European Journal of Plant Pathology* 136(1): 21–33.

Keller B, Krattinger SG, 2018. A new player in race-specific resistance. *Nature Plants* 4: 197–198.

Haghdel M, Banihashemi Z, 2005. Survival and host

- range of *Mycosphaerella graminicola* the causal agent of Septoria leaf blotch of wheat. *Iranian Journal of Plant Pathology* 41(4).
- Hosseinnezhad A, Khodarahmi M, Rezaee S, Mehrabi R, Roohparvar R, 2014. Effectiveness determination of wheat genotypes and Stb resistance genes against Iranian *Mycosphaerella graminicola* isolates. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47: 2051-2069.
- Ghorbi M, Momeni H, Rashidi V, Ahmadzadeh A, Yarnia M, 2022. Resistance of some wheat cultivars to the main race of tan spot disease in Ardabil province. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11(2):1-6.
- Kheirgo M, Panjeh N, Taliey F, 2020. Identification of new sources of resistance to Zymoseptoria tritici blotch in genotypes of spring bread wheat. *Journal of Applied Research in Plant Protection*. 9(2): 31-43.
- Kia Sh, 2007. Wheat septoria leaf blotch. Management of extension and production systems bulletin. Jihad-Keshavarzi publication, Iran.
- Kia S, Rahnima K, Soltanlou H, Babaeizad V, Aghajani MA, 2017. Effectiveness of resistance genes to Septoria tritici blotch (Stb) in differential cultivars of wheat against *Zymoseptoria tritici* isolates. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 6(3):109-24.
- Kia S, Rahnima K, Soltanloo H, Babaeizadeh V, Aghajani M, 2018. Identification of resistance sources to Septoria tritici blotch with causal agent *Zymoseptoria tritici* in bread wheat genotypes. *Agricultural Biotechnology Journal* 10(1):49-65.
- King JE, Cook RJ, Melville SC, 1983. A review of Septoria diseases of wheat and barley. *Annual Applied Biology* 103: 345-373.
- Leroux P, Albertini C, Gautier A, Gredt M, Walker AS, 2007. Mutations in the CYP51 gene correlated with changes in sensitivity to sterol 14 alpha-demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Management Science* 63: 688-698.
- Mazandarani FT, Mehrabi R, Maleki M, 2014. Effectiveness of Septoria tritici blotch (STB) resistance genes to *Mycosphaerella graminicola* isolates collected from Fars province. *Seed and Plant Improvement Journal* 30(3): 669-682 (in Persian).
- Mundt CC, Hoffer ME, Ahmed HU, Coakley SM, DiLeone JA, Cowger C, 1999. Population genetics and host resistance. *Septoria on Cereals* 115-130.
- Omrani A, Roohparvar R, 2021. Occurrence of the TTKSK (Ug99) race of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in northwest of Iran (Hashtrood region). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(2): 91-3.
- Petrak, F, Esfandiari, E, 1941. Contributions to the knowledge of the Iranian fungus flora. *Annales Mycologicae* 39: 204-228.
- Ponomarenko A, Goodwin SB, Kema G, 2011. Septoria tritici blotch (STB) of wheat. *Plant Health Instr.*
- Poudel MR, Ghimire S, Pandey MP, Dhakal K, Thapa DB, Poudel HK, 2020. Yield stability analysis of wheat genotypes at irrigated, heat stress and drought condition. *Journal of biology and today's word* 9(5): 1-10.
- Quaedvlieg W, Kema GHJ, Groenewald JZ, Verkley GJM, Seifbarghi S, Razavi M, Mirzadi Gohari A, Mehrabi R, Crous PW, 2011. *Zymoseptoria* gen. nov.: a new genus to accommodate *Septoria*-like species occurring on graminicolous hosts. *Persoonia* 26: 57-69.
- Safavi S, Afshari F, 2021. Evaluation of slow rusting resistance to stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in some elite wheat lines. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(3):15-28.
- Saari EE, Prescott JM, 1975. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *The Plant Disease Reporter* 59: 377-380.
- Sanderson FR, Hampton JG, 1978. Role of the perfect states in the epidemiology of the common Septoria diseases of wheat. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21(2): 277-281.
- Simón MR, Cordo CA, Castillo NS, Struik PC, Börner A, 2012. Population structure of *Mycosphaerella graminicola* and locatio of genes for resistance to the pathogen: recent advances in Argentina. *International Journal of Agronomy* 2012: 1-7.
- Torabi M, 1979. Causal organism of wheat septoriose and its distribution in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology* 16: 7-16 (in Persian).
- Wolf E, 2008. Septoria tritici blotch. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas State plant pathology EP-133. Retrieved 15th May, 2011.

Yechilevich-Auster M, Levi E, Eyal Z, 1983. Assessment of interactions between cultivated and wild wheats and *Septoria tritici*. *Phytopathology* 73(7): 1077–1083.

Zhan, J, Pettway RE, McDonald BA, 2003. The global

genetic structure of the wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* is characterized by high nuclear diversity, low mitochondrial diversity, regular recombination, and gene flow. *Fungal Genetic and Biology* 38: 286–297.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)