

## بررسی مقاومت ارقام تجاری گندم نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی *Zymoseptoria tritici* در منطقه مغان

علی عمرانی<sup>۱</sup>✉، رامین روح‌پرور<sup>۲،۳</sup> و کمال شهبازی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران. <sup>۲</sup>بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. <sup>۳</sup>بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. [ali\\_omrani90@yahoo.com](mailto:ali_omrani90@yahoo.com)

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

### چکیده

در این پژوهش به منظور شناسایی منابع مقاومت جدید نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم با عامل قارچی *Zymoseptoria tritici* ابتدا فاکتورهای بیماری‌زایی در جمعیت بیمارگر موجود در منطقه دشت مغان یکی از کانون‌های مهم آلودگی، در دو سال متوالی (۱۳۹۹-۱۴۰۰)، تعیین شد. سپس واکنش مقاومت ۴۴ رقم تجاری گندم نسبت به جمعیت بیمارگر در دو مرحله گیاه کامل توسط پارامترهای ارتفاع نسبی پیشرفت بیماری بر روی گیاه و درصد شدت بیماری (مقیاس دو رقمی ۰-۹۹) در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) و واکنش مقاومت گیاهچه‌ای ارقام توسط درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنید در شرایط گلخانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال متوالی مذکور بررسی گردید. نتایج بررسی فاکتورهای بیماری‌زایی روی مجموعه ارقام و لاین‌های استاندارد و افتراقی نشان داد، الگوهای بیماری‌زایی برای جدایه‌های جمع‌آوری شده در سال‌های مختلف در منطقه مغان، متفاوت از یکدیگر بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام گندم مورد مطالعه نسبت به جدایه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس اجزای مقاومت اندازه‌گیری شده مذکور نشان داد، ارقام در سه گروه اصلی (مقاوم، نیمه مقاوم تا نیمه حساس و حساس) قرار گرفتند. حدود ۲۰ درصد از ارقام تجاری گندم (آران، بهرنگ، شیرنگ، ترابی، هانا، دنا، آراز، رخشان و ثنا) در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ واکنش مقاومت قابل قبولی نسبت به جدایه‌ها نشان دادند. برای رقم احسان در سال‌ها و مراحل مختلف رشدی واکنش از نیمه مقاوم تا نیمه حساسیت متغیر بود. مابقی ارقام تجاری در هر دو مرحله ارزیابی واکنش حساسیت نشان دادند. از منابع مقاومت شناسایی شده در این تحقیق می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی گندم به‌منظور هر می نمودن ژن‌های مقاومت در راستای ایجاد مقاومت‌های موثر به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اجزای مقاومت، الگوی بیماری‌زایی، منابع مقاومت، واکنش مقاومت گیاهچه‌ای و گیاه کامل

## Resistance of commercial wheat cultivars to Septoria leaf blotch caused by *Zymoseptoria tritici* in the Moghan region

Ali Omrani<sup>1</sup>✉, Ramin Roohparvar<sup>2,3</sup> and Kamal Shahbazi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Crop and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ardabil, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Moghan, Iran. <sup>2</sup>Crop 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. <sup>3</sup>Cereal Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, IRAN. [ali\\_omrani90@yahoo.com](mailto:ali_omrani90@yahoo.com)

Received: 13 August 2022

Revised: 5 December 2022

Accepted: 5 December 2022

### Abstract

In this research, resistance response of 44 commercial Iranian wheat cultivars was determined to Septoria tritici blotch (STB) of wheat caused by *Zymoseptoria tritici* in adult plant stage in the Moghan station of Ardabil agricultural and natural resources research and education center during two consecutive years of 2020 and 2021 as percentage of the parameters relative height of disease progress on plants and disease severity using double digit scale of 00-99. Seedling resistance was evaluated to *Z. tritici* isolates collected from Moghan as percentages of necrotic leaf area as well as necrotic area bearing pycnidia under greenhouse conditions. Results of this study showed that virulence patterns of *Z. tritici* isolates on STB differential cultivars differs in different cropping seasons. Analysis of variance indicated a significant difference in reaction of wheat cultivars to the pathogen isolates at probability level of 1%. Cluster analysis of wheat genotypes based on the resistance components suggested three main groups of resistant, moderately resistant to moderately susceptible, and susceptible. About 20% of commercial wheat cultivars including Aran, Behrang, Shabrang, Torabi, Hana, Dena, Araz, Rakhshan and Sana displayed acceptable levels of resistance reaction in both seedling and adult plant stages. Reaction of Ehsan varied from moderately resistant to moderately susceptible depending on growth stage and experimental season, whereas rest of the studied cultivars showed a susceptible reaction in both evaluated stages. Sources of resistance identified in this research could be used in wheat breeding programs to pyramid resistance genes for creating effective resistance to septoria leaf blotch.

**Keywords:** Resistance components, Seedling and adult plant response, Sources of resistance, Virulence pattern.

### How to cite:

Omran A, Roohparvar R, Shahbazi K, 2023. Resistance of commercial wheat cultivars to Septoria leaf blotch caused by *Zymoseptoria tritici* in the Moghan region. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (4): 365-376.

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در تغذیه و رژیم غذایی و تأمین انرژی برای جمعیت انسانی کره زمین از جایگاه بسیار پراهمیت برخوردار است. این محصول به دلیل ارزان بودن، سازگار بودن با دستگاه گوارش انسان و مغذی بودن مورد توجه می‌باشد. در دهه اخیر گندم سالانه حدود ۲۲۰ میلیون هکتار سطح زیرکشت و حدود ۷۲۰ میلیون تن تولید در سطح جهان داشته است (FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, 2018; 2020). این در حالی است که در ایران حدود ۵/۵ میلیون هکتار از اراضی برای کشت گندم اختصاص یافته و تولید آن نیز در سال‌های اخیر به حدود ۱۳/۵ میلیون تن رسیده است (Ahmadi et al. 2021). محصول گندم همه ساله به وسیله تنش‌های متعدد زنده و غیرزنده تهدید می‌گردد. از جمله مهم‌ترین تنش‌های زنده برای تولید این محصول، بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم (*STB*) *Septoria tritici blotch* با عامل قارچی *Zymoseptoria tritici* است که یک بیمارگر همی‌بیوتروف به‌شمار می‌آید (Fones and Gurr 2015; Omrani et al. 2023).

قارچ عامل بیمارگر، در تمام طول فصل رویشی به صورت جنسی و غیرجنسی تولید مثل کرده و منبع اولیه آلودگی آن کاه و کلش گندم حاوی پیکنیدیوم و پیکنیدیوسپورها گزارش شده است (Sanderson & Hampton 1978). علائم اولیه این بیماری ممکن است از پیکنیدیوسپورهای غیرجنسی موجود در هوا یا باران و آسکوسپورهای جنسی از محصولات آلوده ایجاد شود. علائم بیماری معمولاً ابتدا از برگ‌های پایین‌تر شروع و به تدریج به طرف برگ پرچم گسترش می‌یابند. چنانچه میزان رطوبت نسبی در مزارع بالا باشد (بیش از ۸۵ درصد)، در گیاهان حساس حتی غلاف برگ نیز می‌تواند مورد حمله این قارچ قرار گیرد (Wolf 2008). وجود پیکنید بر روی برگ یکی از قابل اطمینان‌ترین علائم تشخیص این بیماری از دیگر لکه‌برگی‌ها است (Haghdel & Banihashemi 2005; Ponomarenko et al. 2011).

بیماری لکه‌برگی سپتوریایی در اکثر مناطق گندم خیز دنیا که دمای بهینه ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بیش از ۸۵ درصد مهیا باشد، می‌تواند همه‌گیری‌های بسیار شدید ایجاد نماید و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم را که از مقاومت مناسبی برخوردار نیستند ۳۰ تا ۷۰ درصد (بسته به حساسیت ژنوتیپ-های گندم) کاهش دهد (Eyal et al. 1987; Leroux et al. 2007; Simon et al. 2012). عامل بیماری در شرایط غیرهمه‌گیری می‌تواند به‌طور میانگین باعث کاهش عملکرد به میزان ۲۰-

۱۵ درصد شود (Eyal & Ziv 1974; Duveiller et al. 2007). براساس گزارشات موجود به‌ازای هر یک درصد افزایش شدت بیماری بر روی برگ پرچم، یک درصد کاهش عملکرد و به‌ازای هر یک درصد افزایش شدت بیماری در برگ زیرین برگ پرچم، ۰/۶ درصد کاهش عملکرد در گندم به‌وجود خواهد آمد (King et al. 1983).

در ایران، کاهش عملکرد گندم در اثر فعالیت قارچ بیمارگر در شرایط همه‌گیری در استان‌های خوزستان و گلستان از ۲۵ تا بیش از ۴۰ درصد گزارش شده است (Dadrezai et al. 2003; Kia & Torabi 2008).

در اولویت بودن برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام مقاوم به زنگ‌های گندم و خسارت کم‌تر این بیماری به نسبت بیماری زنگ در دهه‌های گذشته باعث کم توجهی به تولید ارقام مقاوم نسبت به این بیماری قارچی در سطح جهان شده و همین امر امروزه باعث شده با وقوع تغییرات دمایی کره زمین این بیماری یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای تولید گندم به‌ویژه در مناطق گرم و مرطوب مبدل گردد. شیوه‌های کشاورزی (تراکم کاشت بیشتر و نیتروژن کود دهی)، سیستم تک کشت و تعداد محدود ارقام مقاوم به‌طور قابل توجهی در افزایش بیماری نقش داشتند. مدیریت تلفیقی استفاده از مقاومت ژنتیکی (ارقام مقاوم)، تناوب زراعی، مصرف مناسب کود و قارچ‌کش، تراکم کاشت مناسب گندم از جمله روش‌های کنترل بیماری محسوب می‌شوند (Torriani et al. 2015, Vidal et al. 2017; Ben M'Barek et al. 2020, Kristoffersen et al. 2020).

تا به حال، ۲۲ ژن اصلی (ژن‌های مرتبط با مقاومت‌های کیفی) و ۸۹ QTL (ژن‌های مرتبط با مقاومت کمی) برای مقاومت به *STB* گزارش شده است (Brown et al. 2015). برای افزایش دوام مقاومت‌های ایجادشده در گندم نسبت به بیمارگر *STB*، ترکیب ژن‌های مقاومت کمی و کیفی لازم است چراکه اثر بخشی تعداد محدود ژن‌های مقاومت کیفی با تغییرات ژنتیکی سریع بیمارگر خیلی زود خنثی می‌شوند (Brown et al. 2015; Vagndorf et al. 2017).

بررسی منابع حاکی از آن است بیشتر ژنوتیپ‌های گندم موجود در ایران و جهان دارای تعداد ژن‌های مقاومت محدود نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی بوده و بسیاری از ارقام گندم دارای واکنش نیمه حساس تا حساس نسبت به این بیمارگر می‌باشند (Adhikari et al. 2003; Abrinbana et al. 2012; Fallahi-Motlagh et al. 2015; Dalvand et al. 2016; Kia et al. 2018; Kheirgoo et al. 2020, 2021).

استاندارد و افتراقی بین‌المللی به‌همراه شاهد حساس تجن، به-منظور متمایز نمودن جدایه‌های قارچ *Z. tritici* عامل بیماری لکه-برگی سپتوریایی گندم مورد استفاده قرار گرفت (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.

جداسازی و خالص‌سازی بیمارگر به‌روش (Eyal et al. 1987) انجام شد. به‌منظور تهیه زادمایه بیمارگر ابتدا سلول‌های مخمر مانند جدایه‌های قارچ با استفاده از محیط کشت مایع وای-جی-ام (YGM) تکثیر شده و به‌مدت هفت روز داخل شیکر انکوباتور با دور ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تعداد اسپورها به کمک لام هماسیتومتر شمارش گردید و برابر ۱۰<sup>۷</sup> اسپور در میلی‌لیتر تنظیم گردید. به سوسپانسیون اسپوری به‌میزان ۰/۱۵ درصد توئین ۲۰ (Tween20) اضافه شد. مایه‌زنی گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در مرحله رشدی کامل (مرحله گلدهی) و با استفاده از سمپاش پشتی انجام شد.

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

*STB* در هر دو سال آزمایش مطلوب مشاهده شد اما به نسبت در سال دوم، شرایط محیطی مساعدتر از سال اول آزمایش بود. کاشت بذر در مزرعه به‌صورت خطی روی دو خط یک متری به‌فاصله ۳۰ سانتی‌متر انجام شده و برای تسهیل در توسعه بیماری در اطراف خزانه به‌ازای هر ۱۰ شماره بذر یک رقم شاهد حساس به سپتوریوز برگی (رقم تجن) کاشته و از سیستم آبیاری افشانه (Mist irrigation) استفاده شد. 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

با توجه به میزان سطح زیرکشت وسیع گندم و شیوع و خسارت چشم‌گیر بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در سال‌های گذشته در بخش‌های مرطوب شمال کشور (یکی از کانون‌های مهم آلودگی) ضرورت انجام آزمایشی مبنی بر شناسایی منابع مقاومت در ارقام تجاری مورد کشت در مناطق مختلف آن در برابر جمعیت قارچ *STB* بیش از پیش نمایان شد. در این پژوهش برای شناسایی منابع مقاومت جدید واکنش مقاومت تعدادی از ارقام تجاری گندم تولید داخل نسبت به جدایه‌های قارچ *STB* در دشت مغان در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل، مورد مطالعه قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق برگ‌های آلوده به بیماری سپتوریوز برگی گندم از مزارع ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، در دو سال متوالی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) جمع‌آوری گردید. از مجموعه ۲۶ تایی از ارقام و لاین‌های

غربال‌گری فنوتیپی ۴۳ رقم تجاری گندم تولید شده در داخل کشور (جدول ۲) نسبت به بیماری سپتوریوز برگی در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، به‌مدت دو سال متوالی (۲۰۲۱-۲۰۲۰) انجام شد. به‌این منظور پس از کاشت و کامل شدن مراحل رشدی گندم تا مرحله گلدهی، واکنش ارقام گندم در برابر جدایه‌های قارچ *STB* موجود در منطقه مغان با اندازه‌گیری پارامتر سطح نکرز برگ‌ها و تیپ واکنش ظهور یافته روی برگ‌ها تعیین شدند. شرایط محیطی منطقه مغان برای فعالیت قارچ

و سبز بودند، به روش Eyal *et al.* (1987) در مقیاس دو رقمی ۹۹-۰۰ انجام گردید. در این مقیاس رقم سمت چپ ارتفاع نسبی پیشرفت بیماری بر روی گیاه و رقم سمت راست درصد شدت بیماری را به صورت ۹-۰ نشان می‌دهد. بر این اساس ژنوتیپ‌ها به صورت مصون (Immune) با کد (۰۰)، بسیارمقاوم (Very Susceptible) با کدهای (۸۵-۹۹) گروه‌بندی می‌شوند.

Resistant) با کدهای (۱۴-۱۱)، مقاوم (Resistant) با کدهای (۳۴-۱۵)، نیمه‌مقاوم (Moderate Resistant) با کدهای (۳۵-۴۴)، نیمه‌حساس (Moderate Susceptible) با کدهای (۴۵-۶۴)، حساس (Susceptible) با کدهای (۶۵-۸۴) و بسیارحساس (Very Susceptible) با کدهای (۸۵-۹۹) گروه‌بندی می‌شوند.

جدول ۲. ارقام تجاری گندم مورد استفاده در این پژوهش.

Table 2. Commercial varieties of wheat used in this research.

Number	Name	Number	Name	Number	Name	Number	Name
1	Meraj	12	Khalil	23	Sirvan	34	Arg
2	Kalateh	13	Barat	24	Sivand	35	Ofogh
3	Tirgan	14	Shoush	25	Bahar	36	Sistan
4	Ehsan	15	Mehregan	26	Parsi	37	Aran
5	Taktaz	16	Aflak	27	Zarrineh	38	Hana
6	Arman	17	Shavour	28	Heydari	39	Shabrang
7	Araz	18	Chamran 2	29	Pishgam	40	Behrang
8	Morvarid	19	Torabi	30	Mihan	41	Dena
9	Gonbad	20	Talaei	31	Zare	42	Barzgar
10	Setareh	21	Rakhshan	32	Oroum	43	Sana
11	Sarang	22	Baharan	33	Narin	44	Tajan (susceptible control)

پیکنید)، نیمه‌مقاوم (۱۱-۲۰ درصد)، نیمه‌حساس (۲۱-۴۰ درصد)، حساس (۴۱-۸۰) و بسیار حساس (بیش از ۸۰ درصد) قرار گرفتند (Arabi & Jawhar 2002).

برای انجام تجزیه واریانس بررسی فرض‌های اساسی صورت گرفت. از آزمون شاپیرو ویلک به منظور بررسی نرمال بودن توزیع انحرافات برای صفات مورد مطالعه استفاده شد. توزیع خطاهای درون گروهی از روند خاصی پیروی نکرد، بنابراین فرض یکنواختی واریانس درون گروه‌ها صادق بود. آزمون نرمال بودن توزیع انحرافات داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده مذکور انجام گرفت و داده‌های با تبدیل زاویه یا آرک سینوس، نرمال گردیدند. برای تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مذکور و تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری براساس صفات از روش (Ward) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده گردید.

### نتایج و بحث

فرمول بیماری‌زایی جدایه‌های جمع‌آوری شده در دو سال متوالی در منطقه مغان در جدول ۳ ارائه شده است. مطالعه الگوی بیماری‌زایی در جدایه‌های قارچ *STB* نشان داد الگوی بیماری‌زایی در جدایه‌های *STB* در سال‌های مختلف در منطقه مغان، متفاوت از یکدیگر بود. الگوی بیماری‌زایی جدایه‌های مورد مطالعه در این پژوهش از لحاظ ژنتیکی با جدایه‌های جمع‌آوری شده توسط سایر محققین کشور متفاوت بود (Abrinbana *et al.* 2012; Davari *et al.* 2012; Hosseinneshad *et al.* 2014; Kia *et al.* 2017; Kia *et al.* 2018).

تفکیک واکنش‌های مقاومت، حساسیت و مقاومت نسبی (نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت) براساس روش مشابه با (2009) Xu *et al.* تعیین شد. برای بررسی واکنش گیاهچه‌ای ارقام تجاری نسبت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی گندم در گلخانه (کرج)، ۱۰ بذر از هر رقم مورد مطالعه در گلدان‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. مایه تلقیح مطابق بخش قبل و با استفاده از جدایه جمع‌آوری شده از منطقه مغان، تهیه و گیاهچه‌ها در مرحله دو برگ (حدود ۹ روز پس از کاشت به طوری که برگ اول کاملاً باز شده و برگ دوم ظاهر گردیده است) در دو تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت اسپورپاشی مایه‌زنی شدند. 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 (Roohparvar *et al.* 2008). 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 به روش (Kema *et al.* 1996) انجام شد و بالاترین درصد به دست آمده به عنوان واکنش هر ژنوتیپ در نظر گرفته شد. نتایج حاصله پس از گروه‌بندی ارقام و لاین‌ها در گروه‌های مصون (بدون علائم بیماری)، بسیار مقاوم (با لکه‌های فوق حساسیت فاقد پیکنید (۰))، مقاوم (۱-۱۰ درصد

جدول ۳. فرمول بیماری‌زایی جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در دو سال متوالی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) در منطقه مغان.

Table 3. Avirulence/virulence formula of used *Zymoseptoria tritici* isolates in two consecutive years (2020-2021) 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

واکنش نیمه مقاومت تا نیمه حساس را نشان دادند. استفاده از ترکیب‌های ژن‌های مقاومت *Stb11* و *Stb18* با ژن‌های مقاومت *Stb1*, *Stb2*, *Stb3*, *Stb4*, *Stb5*, *Stb6*, *Stb10*, *Stb12*, *Stb13*, *Stb14*, *Stb15* و *Stb16* 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. هر می نمودن ترکیبی از ژن‌های مقاومت موثر شناسایی شده در این تحقیق 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. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین واکنش مقاومت ارقام تجاری گندم مورد مطالعه نسبت به جدایه‌های *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 (جدول ۴).

این امر نشان دهنده وجود تفاوت‌های ژنتیکی در میان ارقام تجاری گندم برای صفات اندازه‌گیری شده مذکور می‌باشد. در بررسی مقاومت ارقام تجاری گندم نسبت به جدایه‌های بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی در مرحله گیاهچه‌ای ۶۱ درصد ارقام تجاری دارای واکنش حساسیت، ۱۴ درصد ارقام تجاری دارای واکنش مقاومت و ۲۵ درصد ارقام تجاری گندم مورد مطالعه نیمه مقاوم تا نیمه حساس بودند. درصد ژنوتیپ‌های متعلق به هر گروه (مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت) به تفکیک در شکل ۱ ارائه شده است. تنوع ژنتیکی مناسبی برای واکنش مقاومت در بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم نسبت به جدایه‌های این بیماری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است.

(Fallahi et al. (2015) با ارزیابی ۲۳۰ رقم و لاین گندم نسبت به سه جدایه قارچ (*STB*) بیان داشتند ۱۳ درصد ژنوتیپ‌ها نسبت به تمام جدایه‌های مورد مطالعه واکنش مقاومت و ۷۸ درصد ژنوتیپ‌ها درجات مختلفی از واکنش حساسیت داشتند. (Davari et al. (2012) با ارزیابی ۲۳ ژنوتیپ گندم با ۱۰ جدایه قارچ (*STB*) اظهار داشتند بیش از نیمی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای واکنش حساسیت و شش ژنوتیپ واکنش مقاومت اختصاص به جدایه داشتند و درجات مختلفی از مقاومت

تغییرات آب و هوایی و اقلیمی و همچنین تغییر در عرض‌های جغرافیایی موجب تغییرات شدت بیماری لکه‌برگی سپتوریایی روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم می‌شود (Juroszek & Tiedemann 2013). بنابراین اطلاع از طیف بیماری‌زایی در نژادهای این بیمارگر در سازماندهی و موفقیت یک برنامه اصلاحی برای ایجاد مقاومت‌های موثر و پایدار الزامی خواهد بود (Eyal 1999).

یکی از کانون‌های مهم آلودگی به این بیماری در کشور مناطق مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال می‌باشند. اقلیم مذکور شامل مناطق جلگه‌ای ساحل خزر و اراضی مزروعی واقع در دشت‌های گرگان، مغان و مازندران است. این مناطق سطح بسیار زیادی از اراضی کشت گندم را دارا می‌باشند و مقدار گندم تولید شده در این مناطق چشم‌گیر می‌باشد. مناطق این اقلیم حدود ۱۶ درصد کل سطح زیرکشت گندم آبی ایران را تشکیل می‌دهد. تولید گندم در این مناطق حدود ۱/۵ تا ۲ میلیون تن می‌باشد (Vahabzadeh et al. 2009). طبق شواهد شرایط محیطی مساعد در مناطق مذکور باعث می‌شود قارچ چرخه جنسی خود را در طول فصل زراعی چندین بار تکمیل و تکرار کند. بنابراین به‌نظر می‌رسد میزان خسارت بیمارگر و همچنین تنوع ژنتیکی نژادها در مناطق این اقلیم بیشتر از مناطق سایر اقلیم‌ها باشد. اما با این وجود متأسفانه اطلاعات در مورد تنوع نژادی این بیمارگر و نقشه پراکندگی نژادها در کشور و به‌ویژه برای این اقلیم مهم بسیار محدود می‌باشد. اطلاعات ساختار ژنتیکی جمعیت نژادی بیمارگر، تعیین الگوی بیماری‌زایی، بررسی روند تغییر الگوی بیماری‌زایی جمعیت نژادی موجود در هر منطقه می‌تواند اطلاعات بسیار مهمی را در اختیار محققین قرار دهد و این اطلاعات برای تولید ارقام مقاوم پایدار از ضروریات اولیه و به‌مانند نقشه راه می‌باشد. بدون اطلاعات کامل از چرخه زندگی و الگوی بیماری‌زایی نژادهای بیمارگر در مناطق مختلف در پیشرفت سایر مراحل برنامه‌های به‌نژادی اختلال ایجاد خواهد نمود. جدایه‌های بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی گندم 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 مشاهده شد. ژنوتیپ‌های حامل ژن‌های مقاومت *Stb1*, *Stb2*, *Stb3*, *Stb4*, *Stb5*, *Stb6*, *Stb10*, *Stb12* و *Stb13* در برابر جدایه‌های مورد مطالعه

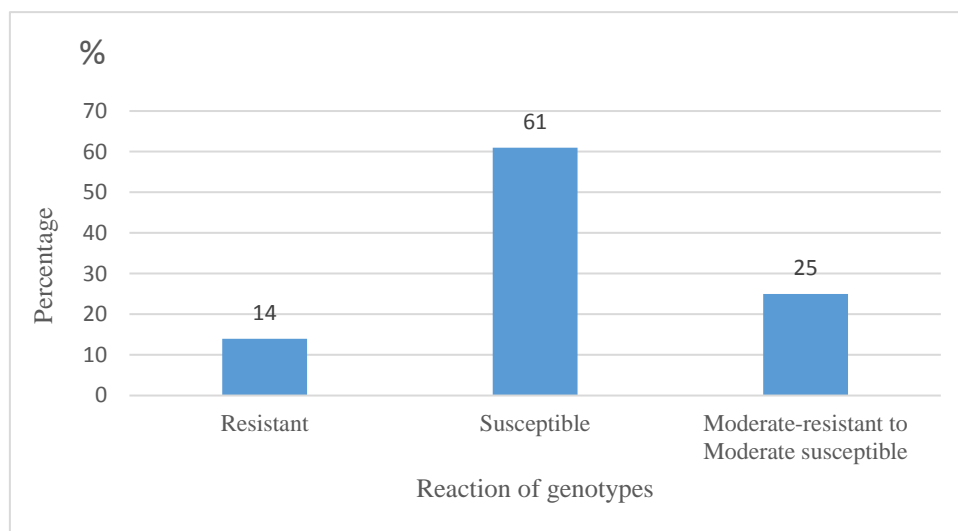
**جدول ۴.** تجزیه واریانس صفات درصد سطح نکروتیک برگ و درصد سطح نکروتیک حاوی پیکنید ارقام تجاری گندم نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاهچه‌ای.

**Table 4.** Analysis of variance of traits of percentage of leaf necrotic area and percentage of necrotic area containing pycnide of commercial wheat cultivar to *Zymoseptoria tritici* isolates at seedling stage.

S.O.V	df	2020		2021	
		Ms		Ms	
		%N	%P	%N	%P
Rep	1	3.98 <sup>ns</sup>	3.78 <sup>ns</sup>	3.81 <sup>ns</sup>	3.91 <sup>ns</sup>
Genotype	43	153.51 <sup>**</sup>	127.72 <sup>**</sup>	168.52 <sup>**</sup>	179.99 <sup>**</sup>
Error	43	2.74	1.96	1.47	1.27
%CV		12.83	12.23	11.63	12.68

N = necrotic area

P = necrotic area containing pycnide



**شکل ۱.** درصد ارقام دارای واکنش مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاهچه‌ای.

**Figure 1.** Percentage of genotypes with reaction resistance, susceptible and moderate-resistant to moderate-susceptible to *Zymoseptoria tritici* isolates at seedling stage.

را نشان دادند. تجاری دارای واکنش حساسیت، در سال اول هفت درصد و در سال دوم پنج درصد ارقام تجاری دارای واکنش مقاومت و در سال اول ۳۴ درصد و در سال دوم ۱۸ درصد ارقام تجاری دارای واکنش مقاومت 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 ۲ ارایه شده است.

تجزیه خوشه‌ای (شکل ۳) 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 ۳۴ عضو بود و اعضای این گروه متناسب

با ارزیابی ۳۳ ژنوتیپ گندم با پنج جدایه قارچ (*STB*) گزارش نمودند ۱۴ ژنوتیپ واکنش مقاومت اختصاص به جدایه داشتند و درجات مختلفی از مقاومت را نشان دادند. بقیه ژنوتیپ‌ها درجات مختلفی از واکنش حساسیت را داشتند. واکنش مقاومت هر یک از ارقام تجاری گندم نسبت به جدایه‌های بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی مورد مطالعه در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل در دو سال متوالی (۱۳۹۹-۱۴۰۰) در منطقه مغان در جدول ۵ ارایه شده است. با توجه به مندرجات این جدول در بررسی مقاومت ارقام تجاری گندم نسبت به جدایه‌های بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی در مرحله گیاه کامل در سال اول ۵۹ درصد و در سال دوم ۷۷ درصد از ارقام

**جدول ۵.** واکنش مرحله گیاه بالغ (بر اساس ارتفاع نسبی پیشرفت بیماری بر روی گیاه و درصد شدت بیماری) در دو سال متوالی (۱۳۹۹-۱۴۰۰) و همچنین درصد نکروز و پیکنید مرحله گیاهچه‌ای ارقام تجاری گندم مورد مطالعه نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici*

**Table 5.** Response of adult plant stage (based on the progress of the disease on the plant and the percentage of the severity of the disease) in two consecutive years (2020-2021) and as well as percentage of necrosis and pycnid in the seedling stage of commercial wheat cultivars studied to *Zymoseptoria tritici* isolates.

Number	Name	Adult plant stage				Seedling stage						
		2020		2021		2020		2021		Final score		Type
		severity	Type	severity	Type	N%	P%	N%	P%	N%	P%	
1	Meraj	51	MS	74	S	90	80	90	70	90	70	S
2	Kalateh	52	MS	73	S	60	25	80	30	80	35	S
3	Tirgan	53	MS	71	S	50	45	75	60	75	60	S
4	Ehsan	54	MS	36	MR	50	35	50	25	50	35	MSS
5	Taktaz	72	S	75	S	65	60	70	60	70	60	S
6	Arman	73	S	75	S	60	50	60	40	60	50	S
7	Araz	54	MS	51	MS	5	0	7	0	7	0	R
8	Morvarid	56	MS	71	S	50	45	50	20	50	35	MSS
9	Gonbad	73	S	74	S	60	45	60	35	60	40	S
10	Setareh	52	MS	72	S	75	70	50	40	75	70	S
11	Sarang	73	S	74	S	85	70	60	50	85	70	S
12	Khalil	73	S	74	S	50	30	35	20	50	30	MSS
13	Barat	72	S	77	VS	50	40	40	35	50	40	MSS
14	Shoush	56	MS	73	S	50	30	45	30	50	30	MSS
15	Mehregan	77	VS	76	S	70	60	45	40	70	60	S
16	Aflak	74	S	73	S	60	50	70	50	70	50	S
17	Shavour	54	MS	75	S	35	30	30	30	35	30	MS
18	Chamran 2	77	VS	73	S	60	45	50	40	60	45	S
19	Torabi	51	MS	32	R	15	0	0	0	11	0	R
20	Talaei	76	S	73	S	90	80	70	65	90	80	S
21	Rakhshan	56	MS	51	MS	15	5	15	7	15	7	MR
22	Baharan	75	S	75	S	50	40	60	50	60	50	S
23	Sirvan	72	S	73	S	45	40	65	50	65	50	S
24	Sivand	73	S	75	S	85	65	60	50	85	65	S
25	Bahar	73	S	74	S	60	50	65	75	65	75	S
26	Parsi	72	S	73	S	20	25	65	55	65	55	S
27	Zarrineh	72	S	75	S	60	30	75	55	75	55	S
28	Heydari	52	MS	75	S	70	50	65	50	70	50	S
29	Pishgam	76	S	73	S	60	40	55	50	60	50	S
30	Mihan	74	S	76	S	50	40	55	50	55	50	MSS
31	Zare	72	S	73	S	70	50	85	65	85	65	S
32	Oroum	75	S	72	S	50	40	60	50	60	50	S
33	Narin	78	VS	75	S	60	50	75	60	75	60	S
34	Arg	78	VS	75	S	85	60	90	85	90	85	S
35	Ofogh	74	S	72	S	35	20	45	30	45	30	MSS
36	Sistan	77	VS	75	S	75	70	75	70	75	70	S
37	Aran	33	R	52	MS	10	0	7	0	10	0	R
38	Hana	34	R	12	VR	5	0	7	0	7	0	R
39	Shabrang	31	R	53	MS	5	0	5	0	5	0	R
40	Behrang	36	MR	52	MS	10	0	10	0	10	0	R
41	Dena	54	MS	52	MS	10	0	30	0	30	0	MR
42	Barzgar	78	VS	75	S	80	70	85	75	85	75	S
43	Sana	36	MR	55	MS	30	0	20	0	30	0	MS
44	Tajan (susceptible control)	77	VS	78	VS	85	70	90	85	90	85	VS

% P (Pycnid)

% N (Necrosis)

VS (Very Susceptible)

S (Susceptible)

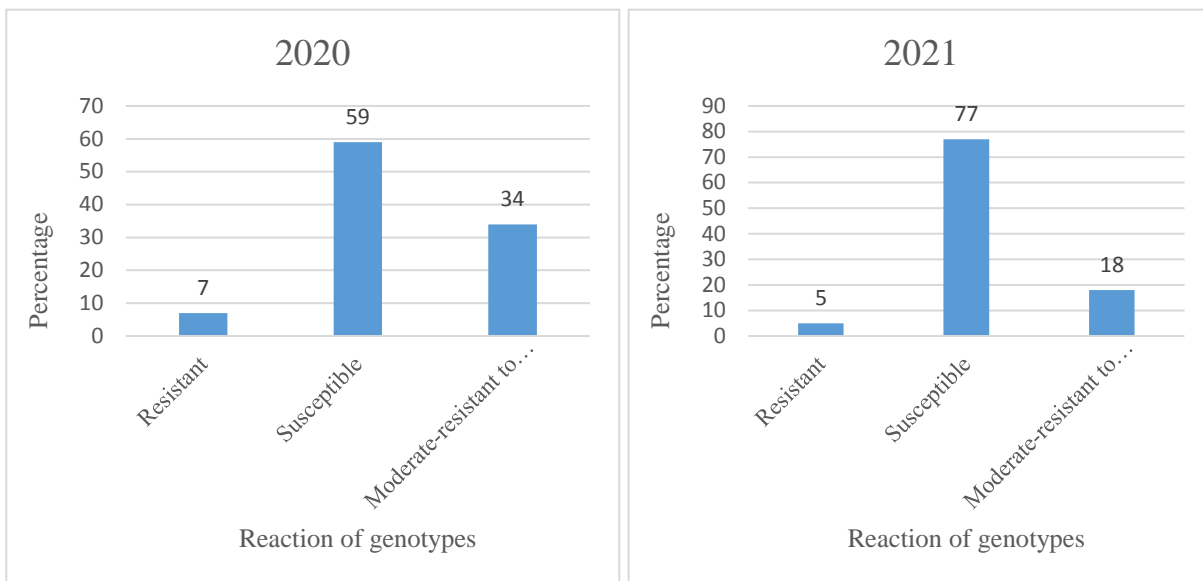
MS (Moderate Susceptible)

MR (Moderate Resistant)

R (Resistant)

VR = (Very Resistant)

I = Immune



شکل ۲. درصد ارقام دارای واکنش مقاومت، حساسیت و نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در مرحله گیاه کامل.

**Figure 2.** Percentage of genotypes with reaction resistance, susceptible and moderate-resistant to moderate-susceptible to *Zymoseptoria tritici* isolates at adult plant stage.

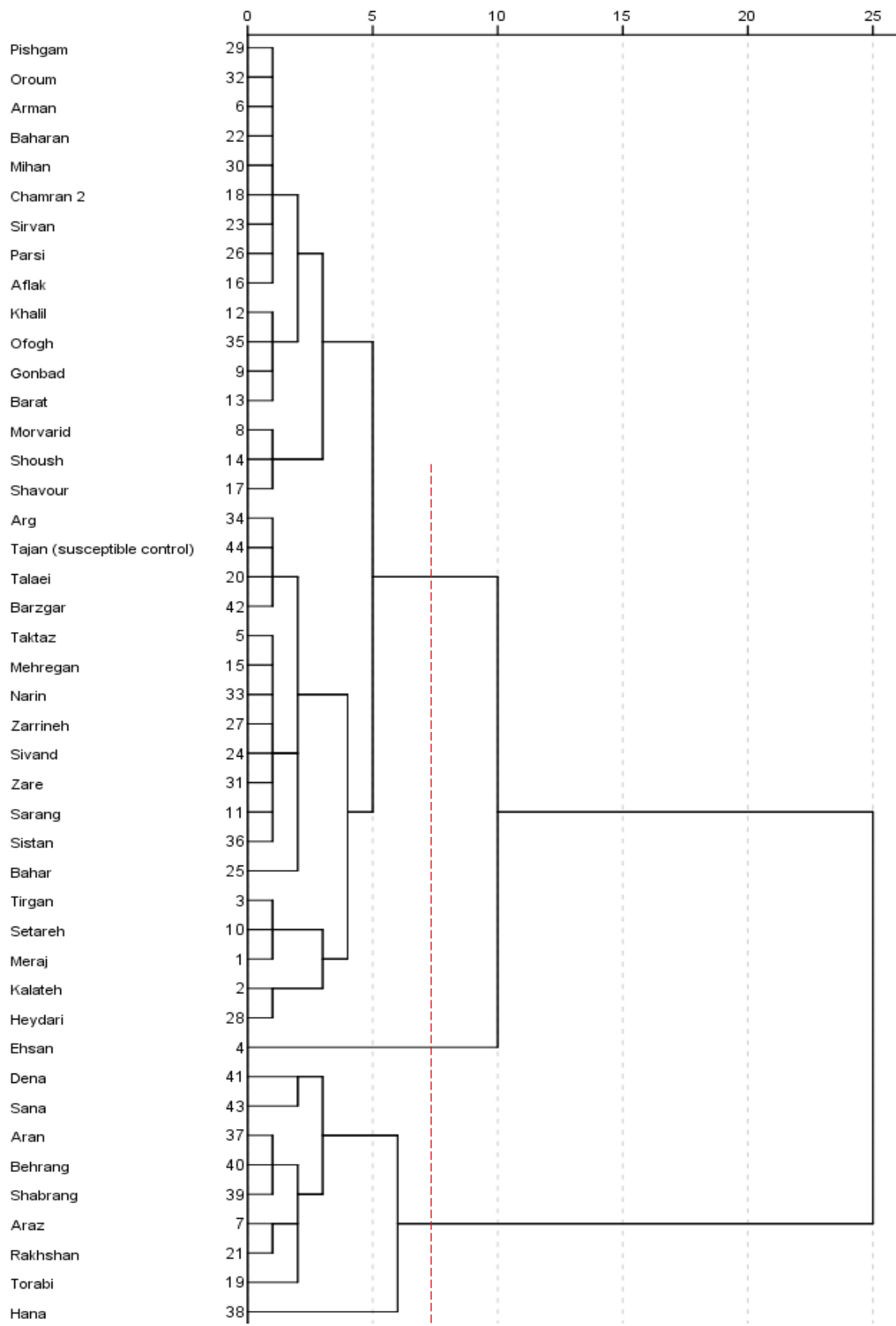
مورد مطالعه نسبت به بیمارگر لکه‌برگی سپتوریایی نیز محدود می‌باشد. (Kia et al. 2018) ارقام نوگال، آراز و آرتا، (2015) Fallahi et al. رقم دریا، (2012) Davari et al. ارقام دشت، سیمره، کالانگو، سایسون و هیرمند، (2020) Kheirgoo et al. ارقام نارین، مهرگان و شیراز را از جمله منابع مقاومت به بیماری لکه‌برگی سپتوریایی معرفی نمودند. شناسایی ارقام مقاوم مثل (ارقام آران، بهرننگ، شبرنگ، ترابی، هانا، دنا، آراز، رخشان و ثنا) نسبت به بیماری قارچی لکه‌برگی سپتوریایی گندم جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد مقاومت‌های موثر و پایدار یکی از راه‌هایی است که می‌تواند منجر به تقلیل خسارت این بیماری در منطقه مغان شود.

#### سپاسگزاری

این تحقیق مستخرج از نتایج پروژه ملی با کد مصوب ۰۳-۰-۹۹۱۴۴۱-۱۷۲-۰۳ می‌باشد. بدین وسیله از ریاست 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 برای انجام این پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

به ارقام دارای واکنش حساسیت در هر دو مرحله گیاه کامل و گیاهچه‌ای بودند. گروه دوم که مقدار بینابین برای صفات اندازه-گیری شده داشتند و متشکل از یک عضو (رقم احسان) بود و دارای واکنش نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل بود. برای رقم احسان در سال‌ها و مراحل مختلف واکنش از نیمه مقاومت تا نیمه حساسیت متغیر بود. گروه سوم کمترین مقدار را برای صفات اندازه‌گیری شده داشتند و دارای ۹ عضو (آران، بهرننگ، شبرنگ، ترابی، هانا، دنا، آراز، رخشان و ثنا) به‌عبارت دیگر حدود ۲۰ درصد از ارقام، بود. اعضای این گروه دارای واکنش مقاومت در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل بودند. شناسایی منابع مقاومت نسبت به بیماری لکه-برگی سپتوریایی در ژنوتیپ‌های مختلف توسط سایر محققین (Thomas et al. 1989; Brown et al. 2015; Dalvand et al. ) انجام شده ولی تعداد ژنوتیپ‌های مقاوم به این بیماری بسیار محدود می‌باشد زیرا این بیماری در سال‌های گذشته در برنامه‌های به‌نژادی گندم اهمیت کمتری داشت و شناسایی منابع مقاومت و ژن‌های مقاومت موثر در ژرم‌پلاسم جهانی گندم کمتر صورت گرفته است. نتایج این تحقیق منطبق با نتایج سایر محققین می‌باشد و تایید کننده این مطلب می‌باشد که تعداد منابع مقاومت در ارقام تجاری گندم





شکل ۳. تجزیه خوشه‌ای واکنش ارقام تجاری گندم نسبت به جدایه‌های *Zymoseptoria tritici* در دو مرحله گیاه کامل و مرحله گیاهچه‌ای.

Figure 3. Cluster analysis of commercial wheat cultivars to *Zymoseptoria tritici* isolates at adult plant and seedling stage.

## References

- 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 TB, Anderson JM, Goodwin SB, 2003. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* 93: 1158–1164.
- 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.
- Ben M'Barek S, Karisto P, Fakhfakh M, Kouki H, Mikaberidze A, Yahyaoui A, 2020. Improved control of *Septoria tritici* blotch in durum wheat using cultivar mixtures. *Plant Pathology* 69: 1655–1665.
- Brown JK, Chartrain L, Lasserre-Zuber P, Saintenac C, 2015. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genetics and Biology* 79: 33–41.
- 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.
- Dadrezaei ST, Minasian V, Torabi M, Lotf Ali Ayeneh G, 2003. Effect of *Septoria tritici* infections at different growth stages on yield and yield components of three wheat cultivars. *Seed and Plant Improvement Journal* 19: 101–116 (in Persian).
- 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.
- Desmazieres JBHJ, 1842. Neuvieme notice sur quelques plants cryptogames. *Annual Sci. Nat.* II 16: 91:118. PETRAK, F. and E. ESFANDIARI, 1941. Beiträge zur Kenntnis der iranischen plizflora. *Annual Mycology* 39: 204–228.
- 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 *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, van Ginkel M, 1987. *The Septoria Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico, DF. Mexico.
- Eyal Z, Ziv O, 1974. The relationship between epidemics of *Septoria* leaf blotch and yield losses in spring wheat. *Phytopathology* 64: 1385–1389.
- Fallahi-Motlagh SF, Rohparvar 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 & Plant Improvement Journal* 31(3) (In Farsi).
- 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.
- Fones H, Gurr S, 2015. The impact of *Septoria tritici* blotch disease on wheat: An EU perspective. *Fungal Genetics and Biology* 79: 3–7.
- 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.
- 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) (In Farsi).
- 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.
- Goodwin SB, McDonald BA, Kema GHJ, 2003. The *Mycosphaerella* sequencing initiative. pp. 149-151. In: Kema GHJ, van Ginkel M, Harrabi M (eds.) Global insights into the *Septoria* and *Stagonospora* diseases of cereals: proceedings of the sixth international symposium on *Septoria* and *Stagonospora* diseases of cereals. Tunis, Tunisia.
- Kema GHJ, Juan G, Annone RS, van Silfhout M, van Gikel J, de Bree J, 1996. Genetic variation for virulence and resistance in the wheat *Mycosphaerella graminicola* pathosystem. I. Interactions between isolates and host cultivars. *Pythopathology* 86: 200–212.
- Kheirgoo M, Panjeke N, Taliey F, 2021. Evaluation of resistance to *Zymoseptoria tritici* blotch and Fusarium Head Blight in some genotypes of bread wheat. *Journal of Crop Breeding* 12(36): 151–159 (In Farsi).
- Kheirgoo M, Panjekeh 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 (In Farsi).
- Kia Sh, Rahnama K, Soltanloo 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 Researches in Plant Protection* 6: 109–123 (In Farsi).
- Kia S, Rahnama 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.
- Kia Sh, Torabi M, 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* 24: 237–250 (In Farsi).
- King JE, Cook RJ, Melville SC, 1983. A review of *Septoria* diseases of wheat and barley. *Annual Applied Biology* 103: 345–373.
- Kristoffersen R, Jørgensen LN, Eriksen LB, Nielsen GC, Kiaer LP, 2020. Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: Meta-analysis of 19 years of cultivar trials. *Field Crops Research* 249:107696.
- 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.
- Mundt CC, Hoffer ME, Ahmed HU, Coakley SM, DiLeone JA, Cowger C, 1999. Population genetics and host resistance. *Septoria on Cereals* 115–130.
- Ponomarenko A, Goodwin SB, Kema G, 2011. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat. *Plant Health Instr.*
- 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.
- Roohparvar R, Mehrabi R, van Nistelrooy JGM, Zwieters LH, De Waard MA, 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* 64: 685–693.
- 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 location of genes for resistance to the pathogen: recent advances in Argentina. *International Journal of Agronomy* 2012: 1–7.
- Thomas MR, Cook RJ, King JE, 1989. Factors affecting development of *Septoria tritici* in winter wheat and its effect on yield. *Plant Pathology* 38: 246–257.
- Torriani SF, Melichar JP, Mills C, Pain N, Sierotzki H, Courbot M, 2015. *Zymoseptoria tritici*: A major threat to wheat production, integrated approaches to control. *Fungal Genetics and Biology* 79: 8–12.
- Torabi M, 1979. Causal organism of wheat septoriose

- and its distribution in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology* 16: 7–16 (in Persian).
- Vagndorf N, Nielsen NH, Edriss V, Andersen JR, Orabi J, Jørgensen LN, 2017. Genomewide association study reveals novel quantitative trait loci associated with resistance towards *Septoria tritici* blotch in North European winter wheat. *Plant Breeding* 136(4): 474–482.
- Vidal T, Boixel AL, Durand B, de Vallavieille-Pope C, Huber L, Saint-Jean S, 2017. Reduction of fungal disease spread in cultivar mixtures: Impact of canopy architecture on rain-splash dispersal and on crop microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 246: 154–161.
- 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.
- Xu SS, Jin Y, Klindworth DL, Wang RR, Cai X, 2009. Evaluation and characterization of seedling resistances to stem rust Ug99 races in wheat-alien species derivatives. *Crop Science* 49(6): 2167.
- Yang F, Li W, Derbyshire M, Larsen MR, Rudd JJ, Palmisano G, 2015. Unraveling incompatibility between wheat and the fungal pathogen *Zymoseptoria tritici* through apoplastic proteomics. *BMC Genomics* 16: 362.



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