


مقاومت برخی از ارقام گندم تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم ایران به بیماری زنگ قهوه‌ای
(*Puccinia triticina* Eriks.) در مراحل گیاهچه و گیاه کاملResistance of Some Wheat Commercial Cultivars and Promising Lines to Leaf
Rust (*Puccinia triticina* Eriks.) Diseases at Seedling and Adult-Plant Stagesسید طه دادرزائی^{۱*} ، علی عمرانی^۲، علی ملیحی پور^۱، سید نصرت‌اله طباطبائی فرد^۳ و
سید محمود طیب غفاری^۴

- ۱- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران.
- ۳- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
- ۴- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

چکیده

دادرزائی، س. ط.، عمرانی، ع.، ملیحی پور، ع.، طباطبائی فرد، س. ن. و طیب غفاری، س. م. ۱۴۰۳. مقاومت برخی از ارقام گندم تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم ایران به بیماری زنگ قهوه‌ای (*Puccinia triticina* Eriks.) در مراحل گیاهچه و گیاه کامل. نهال و بذر: -

بیماری زنگ قهوه‌ای گندم، که توسط قارچ *Puccinia triticina* ایجاد می‌شود، یکی از بیماری‌های مهم گندم در ایران است. کشت ارقام مقاوم به بیماری مؤثرترین، اقتصادی‌ترین و از نظر زیست محیطی سالم‌ترین روش کنترل بیماری به‌شمار می‌رود. در تحقیق حاضر، مجموعه‌ای جدید از ۵۲ ژنوتیپ گندم نان و دوروم متشکل از ارقام تجاری و لاین‌های امیدبخش در دست نامگذاری برنامه‌های به‌نژادی گندم آبی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به همراه شاهد حساس به بیماری (رقم بولانی) در مراحل گیاهچه و گیاه کامل نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی در مرحله گیاهچه با استفاده از شش پاتوتیپ از قارچ عامل بیماری در شرایط گلخانه در کرج و بررسی در مرحله گیاه کامل طی دو سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ و ۱۴۰۲-۰۳ در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد (دزفول) و شاور (اهواز) در شرایط آلودگی مصنوعی مزرعه و در دو ایستگاه تحقیقاتی کلاردشت و پارس‌آباد مغان در شرایط آلودگی طبیعی انجام شد. بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده در مرحله گیاهچه، ۳۵٪ ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در این مرحله نسبت به تمام جدایه‌های قارچ عامل بیماری مقاوم بودند. نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای نیز نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌های اقلیم گرم و مرطوب شمال، اقلیم گرم و خشک جنوب و برنامه دوروم، ۷۵٪ از ژنوتیپ‌های اقلیم معتدل، ۶۰٪ از ژنوتیپ‌های برنامه شوری و ۴۲٪ از ژنوتیپ‌های اقلیم سرد از مقاومت قابل قبول (شدت آلودگی 50MS، 40S، 50MR و کمتر) در برابر بیماری برخوردارند. در این پژوهش پنج ژنوتیپ گندم آراز، C-98-8، C-98-7، N-98-20، C-98-8 و CD-99-15 با وجود حساسیت در مرحله گیاهچه نسبت به تمام جدایه‌های زنگ قهوه‌ای، در مرحله گیاه کامل در برابر بیماری مقاوم بودند. احتمال دارد که این ارقام دارای ژن یا ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل باشند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، گندم دوروم، مقاومت مرحله گیاهچه، مقاومت مرحله گیاه کامل، حساسیت.



مقدمه

مقاومت به زنگ‌ها از جمله به زنگ قهوه‌ای در گندم به دو دسته مقاومت گیاهچه‌ای (Seedling resistance) و مقاومت گیاه کامل (Adult-plant resistance) گروه بندی می‌شود (Chen, 2005).

از ویژگی‌های مقاومت گیاهچه‌ای این است که اغلب اختصاصی نژاد (Race-specific) بوده، در تمام مراحل رشد گیاه بیان می‌شود (معمولاً در تمام مراحل رشد گیاه مؤثر است) و سطح بالایی از مقاومت را در برابر بیماری ایجاد می‌کند، اما ممکن است به علت تغییر در پرآزاری قارچ عامل بیماری به راحتی شکسته شود (Kolmer, 2005; Jin *et al.*, 2010). استفاده بیش از اندازه از یک ژن برای مقاومت عمودی مانند *Lr10*، *Lr13* یا *Lr37* باعث تحریک گزینش برای پاتوتیپ‌هایی از زنگ قهوه‌ای می‌شود که می‌توانند بر چنین ژن‌هایی فائق آیند. ژن مقاومت *Lr37* که در ابتدا در خویشاوندان وحشی گندم (*Aegilops ventricosa*) شناسایی شد (Goyeau and Lannou, 2011) و به لاین گندم فرانسوی VPM1 منتقل گردید و به طور وسیعی در برنامه های به نژادی گندم برای مقاومت به بیماری زنگ قهوه ای مورد استفاده قرار گرفته است. پرآزاری روی این ژن برای اولین بار در سال ۲۰۰۲ از جنوب استرالیا گزارش گردید (Pathan and Park, 2006). ارقام گندم تامی (Tommi) و پانچ (Punch) نیز که حامل این ژن بودند و در سطح بسیار

از نظر تاریخی، قارچ‌های عامل زنگ‌ها همواره از عوامل مهم بیماری در گیاهان تیره گندمیان بوده‌اند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که میانگین خسارت ناشی از زنگ قهوه‌ای، زنگ زرد و زنگ سیاه در گندم به حدود ۱۵ میلیون تن در سال می‌رسد که معادل ۲/۹ میلیارد دلار آمریکا است (Huerta-Espino *et al.*, 2020). در این میان، بیماری زنگ قهوه‌ای گندم ناشی از قارچ *Puccinia triticina* Eriks. یکی از مهمترین بیماری‌های برگی گندم در سراسر جهان است (Knott, 1989; Huerta-Espino *et al.*, 2011) که می‌تواند در شرایط مساعد تا ۴۰ درصد کاهش عملکرد را ایجاد کند. بر اساس نتایج بررسی‌های انجام شده در ایران، دامنه خسارت این بیماری در میان ۲۰ ژنوتیپ گندم بین ۶ الی ۴۶ درصد و میانگین کاهش عملکرد ناشی از این بیماری ۲۵٪ بود (Dadrezaei *et al.*, 2018).

استفاده از ارقام مقاوم بهترین، کارآمدترین، اقتصادی‌ترین و از نظر زیست محیطی سالم‌ترین روش برای کنترل و مدیریت این بیماری‌ها به‌شمار می‌رود. بنابراین در بسیاری از مناطق جهان، اصلاح برای مقاومت به زنگ‌ها به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی برنامه‌های به نژادی گندم مطرح است. بیش از ۱۵۰ ژن مقاومت به زنگ‌ها در گندم شناسایی شده است که بسیاری از آن‌ها از خویشاوندان گندم منشا گرفته‌اند (Bolton *et al.*, 2008; Lagudah, 2011).

لاین به نژادی گندم به بیماری زنگ قهوه ای در مراحل گیاهچه و گیاه کامل، ۲۳ لاین در مرحله گیاهچه حساس و در مرحله گیاه کامل مقاومت قابل قبولی داشتند که نشان دهنده وجود ژن‌های مقاومت گیاه کامل به این بیماری در این لاین‌ها بود (Zarandi et al., 2009). در پژوهش دیگری که اخیراً روی واکنش ۱۰۱ ژنوتیپ آزمایشی در شرایط مزرعه نسبت به بیماری زنگ قهوه ای انجام شد، ۱۰۰ درصد ژنوتیپ‌های گندم دوروم، ۹۶ درصد ژنوتیپ‌های گندم نان اقلیم گرم و مرطوب شمال، ۶۳ درصد از ژنوتیپ‌های گندم نان اقلیم گرم و خشک جنوب، ۵۷ درصد از ژنوتیپ‌های گندم نان اقلیم معتدل، ۲۶ درصد از ژنوتیپ‌های گندم نان اقلیم سرد و ۱۰ درصد از ژنوتیپ‌های گندم نان برنامه شوری از مقاومت قابل قبولی در برابر بیماری برخوردار بودند (Dadrezaei et al., 2023). همچنین، براساس نتایج یک پژوهش دو ساله برای ارزیابی واکنش ۴۰ رقم تجاری و ۴۰ لاین در دست نامگذاری گندم نسبت به بیماری زنگ قهوه ای در مرحله گیاه کامل در شرایط مزرعه در منطقه مغان مشخص شد که ارقام تجاری تیرگان، معراج، آرمان، تکتاز، فلاح، شوش، مهرگان، سحر، سیروان، رخشان، طلائی، فرین، دانش، ثنا، آران، تابان، هانا، آوان و ۲۱ لاین در دست نامگذاری، در برابر این بیماری در آن منطقه، از مقاومت قابل قبولی برخوردار بودند (Omrani and Dadrezaei, 2024).

وسیع کشت می‌شدند، تا سال ۲۰۰۶ توانستند مقاومت خود را حفظ کنند. تاکنون دو ژن مقاومت *Lr10* و *Lr13* نیز در اروپای اثر شده‌اند (Goyeau et al., 2006).

مقاومت گیاه کامل که در مراحل بعد از مرحله گیاهچه ایجاد می‌شود، اغلب به صورت غیراختصاصی نژاد (Non-race-specific) عمل کرده و از پایداری بیشتری برخوردار است (Line, 2002). گیاهانی که فقط این نوع مقاومت را دارند در مرحله گیاهچه حساس هستند اما در مراحل بعد از رشد گیاهچه مقاومت نشان می‌دهند. مقاومت غیر اختصاصی نژاد معمولاً فقط در مرحله گیاه کامل مؤثر است. این نوع مقاومت باعث ایجاد مقاومت نسبی در برابر کلیه نژادهای عامل بیماری شده و به‌طور معمول توسعه تدریجی زنگ (Slow rusting) در گیاه را به‌دنبال دارد (Huerta_Espio et al., 2020; Lagudah, 2011). اثر ژن‌های مقاومت گیاه کامل به تنهایی ممکن است متوسط باشد، اما در ترکیب با ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یا با سایر ژن‌های مقاومت گیاه کامل می‌توانند باعث ایجاد اثر افزایشی شوند و در نتیجه سطوح بالایی از مقاومت پایدار را ایجاد کنند. هر می کردن ژن‌های مقاومت گیاه کامل در یک رقم حتی می‌تواند منجر به ایجاد مصونیت تقریبی (Near-immunity) در آن شود (Singh et al., 2000).

در بررسی‌های انجام شده روی واکنش ۱۲۳

همراه شاهد حساس (رقم بولانی) برای مقاومت/حساسیت به بیماری زنگ قهوه ای ارزیابی شدند (جدول ۱).

تولید مایه تلقیح

به منظور تولید مایه تلقیح قارچ عامل بیماری زنگ قهوه ای برای استفاده در مایه زنی آزمایشات گلخانه ای و مزرعه ای، بذر گندم رقم حساس بولانی به صورت توده ای در گلدان های محتوی خاک معمولی کشت شد و پس از گذشت مدت ۱۰ روز که برگ اول گیاهچه ها به طور کامل ظاهر شد، گیاهچه ها از طریق مالش با گیاهچه های آلوده مایه زنی شدند. سپس روی گیاهچه ها به کمک اسپری دستی آب پاشی شد و بعد از گذاشتن درپوش های پلاستیکی روی آنها، به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی ۱۸-۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی اشباع و تاریکی قرار داده شدند. بعد از آن، گیاهچه ها به گلخانه ویژه زنگ قهوه ای با شرایط دمایی ۲۲-۲۴ درجه سلسیوس و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی (۱۵-۱۰ هزار لوکس) و هشت ساعت تاریکی منتقل شدند. دوازده تا ۱۵ روز پس از مایه زنی، هر سه روز یک بار اقدام به جمع آوری و نگهداری اسپور از روی گلدان ها شد.

ارزیابی مقاومت گیاهچه ای

ارزیابی مقاومت گیاهچه ای با استفاده از نژادهای پرآزار مناطق مورد بررسی در مرحله گیاه کامل، شامل دو جدایه از گرگان، دو جدایه از مغان، یک جدایه از دزفول و یک جدایه از اهواز در گلخانه بخش تحقیقات

تهیه ارقام مقاوم یک فرآیند پیوسته است زیرا مقاومت ارقام ممکن است با جهش در ژنوم عامل بیماری یا انتقال نژاد جدید از سایر مناطق کم اثر یا بی اثر شود. به همین دلیل، نیاز دائمی به بررسی پرآزاری/ناپرآزاری عامل بیماری و شناسایی و استقرار منابع جدید مقاومت وجود دارد. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی واکنش مجموعه ای جدید از ژنوتیپ های گندم شامل از ۵۲ رقم تجاری و لاین گندم در دست نامگذاری اقلیم ها و برنامه های مختلف به نژادی گندم آبی کشور به همراه شاهد حساس به بیماری (رقم بولانی) در شرایط گلخانه (مرحله گیاهچه) و مزرعه (مرحله گیاه کامل) در دو سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ و ۱۴۰۲-۰۳ نسبت به عامل بیماری زنگ قهوه ای گندم اجرا شد.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

در این پژوهش، ۵۲ رقم تجاری و لاین امیدبخش گندم از برنامه های به نژادی گندم آبی برای اقلیم های مختلف کشور شامل ۱۲ رقم تجاری و لاین امیدبخش گندم نان اقلیم گرم و مرطوب شمال، نه رقم تجاری و لاین امیدبخش گندم نان اقلیم گرم و خشک جنوب، هشت رقم تجاری و لاین امیدبخش گندم نان اقلیم معتدل، ۱۲ رقم تجاری و لاین امیدبخش گندم نان اقلیم سرد رقم تجاری و پنج لاین امیدبخش گندم نان برنامه به نژادی شوری و شش رقم تجاری و لاین امیدبخش برنامه به نژادی گندم دوروم به

غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام شد (جدول ۲). مایه‌زنی ژنوتیپ‌های مورد بررسی و یادداشت‌برداری از واکنش آن‌ها نسبت به هر کدام از جدایه‌های مورد مطالعه، از مهر ۱۴۰۲ تا اردیبهشت سال ۱۴۰۳ انجام شد.

به منظور بررسی واکنش ارقام و لاین‌های مورد بررسی در مرحله گیاهچه، تعداد ۱۰ بذر از آنها در گلدان‌های به قطر ۱۲ سانتی‌متر حاوی خاک، ماسه و پیت‌ماس به نسبت مساوی کشت شدند. بعد از گذشت ۱۰ روز، گیاهچه‌های دو برگی با اسپور قارچ عامل بیماری زنگ قهوه‌ای مایه‌زنی شدند. گلدان‌های حاوی گیاهان مایه‌زنی شده به مدت ۲۴ ساعت در شرایط دمایی ۲۰-۱۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی اشباع و تاریکی نگهداری شده و سپس به گلخانه ویژه زنگ قهوه‌ای منتقل شدند. گلدان‌ها تا زمان ارزیابی بیماری، به صورت جداگانه زیر سرپوش شفاف کریستالی در این شرایط نگهداری شدند. دوازده تا ۱۴ روز بعد از مایه‌زنی، ارزیابی بیماری روی گیاهچه‌ها در مقیاس ۰-۴ براساس روش مک‌ایتناش و همکاران (McIntosh et al., 1995) انجام شد. در پژوهش حاضر، در ارتباط با داده‌های گیاهچه‌ای، تیپ‌های آلودگی 0 تا 2+ و نیز تیپ آلودگی X به‌عنوان مقاوم، تیپ‌های آلودگی 3 و 4 به‌عنوان حساس در نظر گرفته شدند.

ارزیابی مقاومت گیاه کامل

برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در مرحله

گیاه کامل، ارقام و لاین‌های آزمایشی در اوایل آذر سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شرایط مزرعه در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد (دزفول)، شاوور (اهواز)، کلاردشت و پارس‌آباد مغان کشت شدند. از هر ژنوتیپ گندم آزمایشی ۱۰ گرم بذر بر روی دو خط یک متری و روی یک پشته و با فاصله یک متر از ژنوتیپ دیگر کشت شد و به فاصله هر ده ژنوتیپ، رقم حساس بولانی به‌عنوان شاهد حساس کاشته شد. علاوه بر آن، در اطراف خزانه آزمایشی نیز رقم بولانی در چند ردیف به‌عنوان تکثیرکننده و پخش‌کننده بیماری کشت شد. این آزمایش در شرایط آبیاری تکمیلی کشت و ارزیابی شد.

ظهور و گسترش زنگ قهوه‌ای بر روی ژنوتیپ‌های گندم در خزانه آزمایشی در کلاردشت و پارس‌آباد بدون مایه‌زنی مصنوعی و به‌طور طبیعی رخ داد اما ژنوتیپ‌های گندم در صفی‌آباد و شاوور در هر دو سال اجرای آزمایش مایه‌زنی شدند. مایه‌زنی این دو خزانه با استفاده از جدایه زنگ قهوه‌ای هر منطقه به‌صورت مخلوطی از اسپور زنگ و پودر تالک (به نسبت ۱ قسمت اسپور و ۲۰ قسمت پودر تالک) به کمک گردپاش پستی اتومایزر (شاوور) یا گردپاش دستی (صفی‌آباد) در سه مرحله، یک بار بعد از ساقه رفتن، بار دوم ۱۰ الی ۱۴ روز پس از بار اول و بار سوم قبل از زمان ظهور برگ پرچم در شرایط مساعد محیطی در غروب انجام شد. این عملیات در هر

جدول ۱- واکنش ارقام گندم تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم نان/دوروم به بیمارگر زنگ قهوه‌ای در مراحل گیاهچه و گیاه کامل
Table 1. Reactions of bread/durum wheat commercial and promising lines to leaf rust pathogen at seedling and adult plant stages

شماره No.	لاین/ارقام Line/cultivar	لاین ارقام Line number	واکنش گیاه کامل در سال‌ها و مکان‌های مختلف Adult-plant reactions in different years and locations								واکنش گیاهچه‌ای نسبت به جدایه‌های مختلف Seedling reactions to different isolates								
			2023				2024				2023		2024		2023		2024		
			Dezfoul	Shavour	Parsabad	Kelardasht	Dezfoul	Shavour	Parsabad	Kelardasht	Dezfoul	Ahvaz	Gorgan1	Gorgan2	Moghan1	Moghan2	Dezfoul	Ahvaz	Gorgan1
1	Taktaz	تکتاز	5MS	40MS	40MS	20MS	TMS	30MS	30MS	20MS	3	;	;	;	;	2	3		
2	Araz	آراز	5MR	40MS	15MS	0	30MS	30MS	20MR	30S	3	3	3+	3	3	3	3		
3	Arman	آرمان	5MS	40MS	5MR	0	10MS	20MS	20MR	10R	2	;	;	;	1	;	;	2	
4	Tirgan	تیرگان	0	40MS	20MR	R	R	10MR	20MR	10MR	2	;	;	;	;	;	;	3	
5	Fallah	فلاح	10MS	40MS	5MR	R	R	20MS	30MS	30MS	2, 3;	;	;	;	3	;	;	3	
6	N-97-20		0	30MS	40MSS	R	R	TMS	5MR	10MR	2+;	;	;	;	;	;	3		
7	N-98-8		0	20MS	30MR	R	0	5MS	5MR	10MS	2, 3, ;	;	1	1, 2;	;	1	;	2	3
8	N-98-16		0	20MS	30MS-S	5MS	TMS	5MS	10MR	10MS	3	;	;	1, 2, 3	;	1	;	2	3
9	N-98-20		10MS	30MR	30MS	R	0	30MS	20MR	40MS	3	3	3	3	3	3	3	3	
10	N-99-4		0	20MS	5MR	R	R	20MS	10MR	20MS	;	2, 3	;	;	;	;	;	3	
11	N-99-6		0	20MS	5MR	R	R	10MS	10MR	20MR	3	;	1	2, ;, 3	;	1	;	2	3
12	N-99-19		0	40MS	50MS	10MS	R	20MS	50MSS	20S	2, 3, ;?	;	1	;	2, 3	;	1, 2	3	3
13	Raj	راج	10MS	30MS	10MS	R	R	20MS	5MR	10MS	3	2	3, 2, 1	;	1, 2	;	2	3	
14	Azadegan	آزادگان	0	20MR	0	30MS	R	10MR	20MR	10MS	2	;	;	;	;	2	3		
15	Darioun	داریون	R	10MR	0	0	R	10MR	10MS	0	2	;	;	;	;	;	;	2	
16	Jalal	جلال	0	30MS	0	40MS	R	10MR	5MR	0	2	;	;	;	;	;	;	2	
17	Mehregan	مهرگان	20MS	10MR	20MR	R	R	10MR	10MS	0	;	;	0	;	;	;	;	;	
18	Owj	اوج	0	10MR	0	10MR	R	10MR	10MS	10MS	2	;	1	;	;	;	;	2, ;3	
19	S-97-10		5MS	30MS	10MR	R	TMR	20MS	5MR	40MS	2	;	1	2, 3, 1	;	;	1	3, ;, 2	
20	S-98-22		0	40MS	15MR	R	R	20MS	0	0	2	;	;	;	;	;	;	3, 2	
21	S-99-18		0	50MS	0-5MR	R	0	20MS	5MR	20MS	2, 3, ;	;	;	2, 1	;	;	3, 2	3	
22	Danesh	دانش	0	30MR	20MR	0	20MS	R	20MR	10MS	3	3	3	3	;	1	;	3	
23	Bamdad	بامداد	0	40MS	20MR	R	TMS	30MS	5MR	20MR	2	;	;	1	;	;	1	2	
24	Sepehr	سپهر	0	40MS	5MR	R	R	20MR	10MR	0	;	2	;	;	;	;	1	3, 2	
25	M-DH98-10		0	40MS	15MS	R	R	30MS	15MS	40MS	2	;	1	;	;	1	1, 2	3, 2	
26	M-DH98-18		5MS	50S	40MS	10MS	40MS	30MS	10MR	50MS	3	;	;	;	;	0	3		
27	M-99-9		20MS	60S	70S	10MS	TMR	30MS	30MSS	20MS	2, ;	;	1	;	1	;	1	2	3

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱-

شماره No.	Line/cultivar لاین رقم	واکنش گیاه کامل طی سال‌ها و مکان‌های مختلف Adult-plant reactions in different years and locations								واکنش گیاهچه‌ای نسبت به جدایه‌های مختلف Seedling reactions to different isolates						
		2023۱۴۰۲				2024۱۴۰۳				Dezful	Ahvaz	Gorgan1	Gorgan2	Moghan1	Moghan2	
		Dezful	Shavour	Parsabad	Kelardasht	Dezful	Shavour	Parsabad	Kelardasht							
28	M-99-15	0	10MR	20MR	5MR	R	R	10MR	20MR	;, 1	;	;	;	;	;, 1	
29	MDH-99-10	0	30MS	20MS	5MR	TMS	10MS	10MS	30MS	;, 1	2, 1;	;, 1	;, 1	2	;, 2, 1	
30	Simin	سیمین	20MS	90S	70S	20MS	50S	50MS	70S	80S	3	;	;, 1	;	;, 1	3
31	C-97-4	TMS	40MS	40MS	30MS	10MS	30MR	20MS	40S	3	0	;	0	;	3+	
32	C-97-16	10MS	70S	50S	40MS	10MS	40MS	20MS	70S	3	2	2, 1	3	3	3	
33	CD-97-19	10MS	30MR	40MR	R	30MS	R	10MR	30MS	3	2	3	3	3	3	
34	C-98-5	30MS	90S	60S	5MR	50MSS	50MS	10MS	50S	3	3	3	3+	3+	3	
35	C-98-7	10MS	40MS	30MR	30MS	30MS	20MS	15MR	20MS	3	3	3+	3	3	3	
36	C-98-8	5MS	50MS	10MR	20MS	20MR	20MS	15MS	40S	3	3	3	3	3	3	
37	C-98-12	5MS	60S	60S	40MS	30MS	40MS	20MS	60S	3	;	;	;	;, 1	3	
38	CD-98-9	5MS	50MS	50S	10MR	30MS	30MS	40S	60S	2, 3, ;	;	;	;	;	3	
39	C-99-3	10MS	40MS	20MR	R	10MS	40MS	30MS	80S	3	;	;	;	;	4	
40	C-99-8	0	60S	30MS	30MS	30MS	40MS	20MS	40S	3	0	;	;	0	3	
41	CD-99-15	0	40MS	20MR	R	5MS	20MS	30MS	40S	3	3	3	3	3	3	
42	Parian	پریان	20MS	40MS	10MS	20MS	R	30MS	10MR	40MS	3	3	3	3	;, 3, 1	3
43	MS-98-3	70MS	80S	80S	50MS	80S	40MS	40MSS	60S	3	3	3	3+	3	3+	
44	MS-99-6	10MS	50MS	40MS-S	50MS	TMS	20MS	20MS	40MS	3	3	3	2	3	3	
45	MS-99-7	70S	40MS	90S	30MS	40MS	20MS	10MR	50S	3	2	3	3	3	3+	
46	MS-99-19	10MS	20MS	40MS	10MS	30MS	20MS	5MR	20MS	2	;	3	3	2	3+	
47	Avan	آوان	0	20MR	20MS	R	TMR	10MR	40MS	10MR	;	0	;	;, 1	;	3, 2
48	Taban	تابان	0	20MR	20MS	20MR	R	10MR	10MR	0	;, 1	;	;	;	;, 1	
49	D-99-4	0	10MR	30MS	R	R	R	10MR	10MR	;, 1, 2	;	;	0	;, 1	;, 1	
50	D-99-6	0	30MS	30MS	R	R	10MS	10MS	20MR	;, 1, 2	;	;	;, 1	;, 1	;, 2	
51	D-99-10	0	30MR	20MS	R	10MS	R	20MS	0	2	;	0	;	;	3, 2	
52	D-99-18	0	30MR	20MS	0	R	R	30MS	0	2, 3;	;	;	;, 1	2	;, 1	
53	Bolani	بولانی	90S	100S	100S	40MS	90S	90S	100S	100S	3	3	3	3	3	3

جدول ۲- الگوی پرآزاری/ناپرآزاری جدایه‌های زنگ قهوه‌ای
Table 2. Virulence/avirulence profile of leaf rust isolates

نام جدایه Isolate name	محل جمع آوری Location of collection	سال جمع آوری Year of collection	ژنهای پرآزار Virulence genes	ژنهای ناپرآزار Avirulence genes
Dezful	Dezful, Khuzestan province	1403	<i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr25, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>
Ahvaz	Ahvaz, Khuzestan province	1402	<i>Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr25, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>
Gorgan1	Kalaleh, Golestan province	1395	<i>Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr25, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>
Gorgan2	Gorgan, Golestan province	1402	<i>Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr25, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>
Moghan1	Moghan, Ardabil province	1400	<i>Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr25, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>
Moghan2	Moghan, Ardabil province	1402	<i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr36</i>	<i>Lr1, Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr16, Lr17, Lr19, Lr23, Lr24, Lr26, Lr10, Lr27+ Lr31</i>

به اندازه متوسط، بدون لکه‌های نکروتیک، گاهی همراه با لکه‌های کلروتیک

S (حساس): وجود جوش‌های بزرگ زنگ به تعداد فراوان و بدون لکه‌های کلروتیک و گاهی همراه با این لکه‌ها

در این ارزیابی، آلودگی 50S و بالاتر به‌عنوان حساسیت و آلودگی‌های با تیپ‌های نیمه مقاوم (MR) و نیمه حساس (MS) با شدت ۵۰ و کمتر، آلودگی با تیپ حساس (S) و شدت ۴۰ و کمتر به‌عنوان مقاومت (R) در نظر گرفته شد (Singh et al., 1999).

داده‌های مربوط به شدت بیماری و واکنش میزبان (تیپ آلودگی R: مقاوم، MR: نیمه مقاوم، MS: نیمه حساس و S: حساس) باهم ترکیب شده و از ترکیب آن‌ها ضریب آلودگی (Coefficient of infection = CI) محاسبه شد. ضریب آلودگی (CI) از حاصل ضرب شدت بیماری در ثابت مربوط به واکنش میزبان ($S = 1$) $MS = 0.8$, $M = 0.6$, $MR = 0.4$, $R = 0.2$, $O = 0$ = به‌دست آمد و به‌عنوان شاخص ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در ارتباط با داده‌های مزرعه‌ای، ابتدا ضرایب آلودگی بدست آمده برای ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی با استفاده از نرم‌افزار PAST به روش Ward تجزیه خوشه‌ای شدند.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی انجام شده در مرحله گیاهچه در شرایط گلخانه نشان داد که ۱۸ ژنوتیپ از

دو ایستگاه تحقیقاتی در فاصله بین اوایل دی تا اواسط اسفند انجام شد. بلافاصله پس از انجام مایه‌زنی، با هدف بهبود شرایط محیط و ایجاد محیط مناسب اعم از دما و رطوبت برای نفوذ اسپوره‌های قارچ عامل بیماری در بافت گیاه و تسهیل استقرار بیماری روی گیاه، یک روکش پلاستیکی شفاف به شکل تونل روی ژنوتیپ‌های گندم کشیده شد.

یادداشت‌برداری از واکنش ژنوتیپ‌های گندم به بیماری زنگ قهوه‌ای در مرحله ظهور برگ پرچم و پس از مشاهده توسعه آلودگی و یکنواختی در ظهور بیماری بر روی رقم حساس بولانی که به‌عنوان شاهد پس از هر ده رقم کشت آن تکرار شده بود، انجام شد. به این صورت که برای هر ژنوتیپ گندم، درصد پوشش آلودگی بیماری روی سطح برگ آنها در مقیاس ۱۰۰-۰ براساس روش تغییر یافته کاب (The Modified Peterson et al., 1948) Cobb Scale تعیین شد. همزمان با تعیین درصد پوشش آلودگی روی سطح برگ، تیپ آلودگی نیز براساس روش رالفز و همکاران (Roelfs et al., 1992) به شرح زیر تعیین گردید:

O (مصون): بدون هیچگونه علائم

R (مقاوم): ظهور لکه‌های نواری نکروتیک،

بدون ظهور اسپور یا جوش‌های ریز و پراکنده

MR (نیمه مقاوم): ظهور جوش‌های کوچک

زنگ که بوسیله لکه‌های نکروتیک و گاهی

کلروتیک احاطه شده بودند

MS (نیمه حساس): ظهور جوش‌هایی

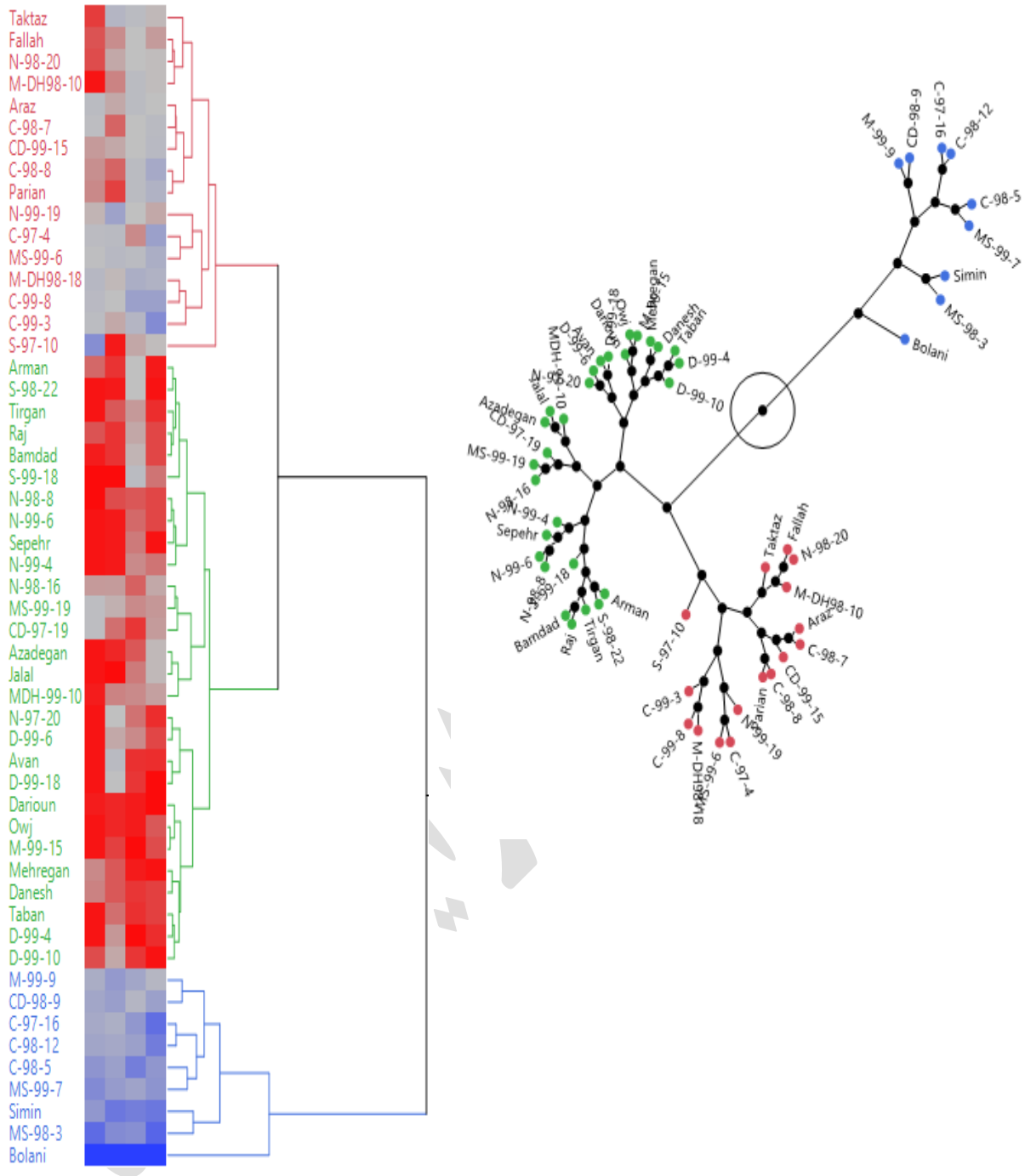
در مجموع، نتایج حاصل از ارزیابی ها حاکی از آن بود که کلیه ژنوتیپ‌های گندم اقلیم گرم و مرطوب شمال، اقلیم گرم و خشک جنوب، برنامه گندم دوروم، ۷۵٪ از ژنوتیپ‌های اقلیم معتدل، ۶۰٪ از ژنوتیپ‌های برنامه شوری و ۴۲٪ از ژنوتیپ‌های گندم اقلیم سرد از مقاومت قابل قبول برخوردار بودند. نتایج ارزیابی‌های این پژوهش نشان داد که کمترین درصد منابع مقاومت مربوط به ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان اقلیم سرد و شوری بود.

نقشه دمایی به‌همراه تجزیه و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی واکنش ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم مورد مطالعه به بیمارگر زنگ قهوه‌ای مناطق دزفول، اهواز، کلاردشت و مغان، را در سه خوشه مقاوم تا مصون، نیمه مقاوم - نیمه حساس و حساس گروه‌بندی کرد (شکل ۱). گروه اول شامل نه ژنوتیپ (حدود ۱۷ درصد) از ژنوتیپ‌های مورد بررسی را شامل شد. ژنوتیپ‌های عضو این خوشه از جمله رقم سیمین و بولانی (رقم حساس شاهد) دارای واکنش حساسیت شدید، ۱۶ ژنوتیپ (حدود ۳۰ درصد) از جمله رقم تکتاز در خوشه دوم دارای واکنش نیمه مقاوم تا نیمه حساس، ژنوتیپ‌های این گروه در برخی از مکان‌ها دارای واکنش مقاومت و در برخی دیگر دارای واکنش نیمه حساس بودند. ۲۸ ژنوتیپ (حدود ۵۳ درصد) در تمامی مناطق واکنش مقاومت نشان دادند. ژنوتیپ‌های این خوشه حداقل تیپ و ضریب آلودگی را داشتند، در نتیجه این خوشه، خوشه مقاوم نامیده شد (شکل ۱).

ارقام و لاین‌های امید بخش گندم مورد بررسی نسبت به همه جدایه‌های قارچ عامل بیماری زنگ قهوه‌ای مقاوم بودند (جدول ۱). در ارتباط با ارزیابی‌های انجام شده در مرحله گیاه کامل در دو سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ و ۱۴۰۲-۰۳ در صفی‌آباد (دزفول)، شاوور (اهواز)، کلاردشت و پارس‌آباد، ۴۱ رقم و ژنوتیپ در هر دو سال و هر چهار مکان اجرای آزمایش، از مقاومت قابل قبولی (شدت آلودگی 50MS، 50MR، 40S و کمتر) در برابر بیماری زنگ قهوه‌ای برخوردار بودند (جدول ۱). از جمله این ژنوتیپ‌ها می‌توان به ارقام تجاری تکتاز، آراز، آرمان، فلاح، راج، آزادگان، داریون، جلال، اوج، دانش، بامداد، سپهر و آوان اشاره کرد که همه آنها طی سال‌های اخیر معرفی شده‌اند. همچنین، سه رقم تیرگان، مهرگان و تابان که در بررسی‌های قبلی نیز مقاوم ارزیابی شده بودند (Dadrezaei et al., 2023).

بهر هر حال، براساس نتایج پژوهش حاضر، رقم جدید سیمین به همراه نه لاین امید بخش گندم در دست نامگذاری در برابر بیماری حساس بودند. همانگونه که در جدول مشاهده می‌شود، تفاوت‌های زیادی، در بعضی موارد، بین واکنش ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی در سال‌ها یا ایستگاه‌های مختلف اجرای آزمایش وجود داشت. این امر می‌تواند به دلیل وجود تفاوت در فراوانی و پرازایی جمعیت عوامل بیماری‌زای غالب و نیز شرایط محیطی تاثیرگذار در سال‌ها یا مکان‌های اجرای آزمایش باشد.

مقاومت تعدادی از ارقام گندم تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم به بیماری زنگ قهوه‌ای، دادرسانی و همکاران، -



شکل ۱- دندروگرام نقشه دمایی به همراه تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی واکنش ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم به جمعیت بیمارگر زنگ قهوه‌ای (*Puccinia triticina*) در ایستگاه‌های تحقیقاتی مختلف با استفاده از روش Wards

Fig. 1. Dendrogram of the heatmap and hierarchical cluster analysis for the reaction of the wheat commercial cultivars and promising lines to leaf rust pathogen (*Puccinia triticina*) population in different research field stations using Wards method

گیاهچه و گیاه کامل): این گروه که شامل ۱۱ ژنوتیپ بود، احتمالاً فاقد ژنهای مقاومت مؤثر اعم از ژنهای مقاومت گیاهچه‌ای (اختصاصی نژاد) و گیاه کامل (غیراختصاصی نژاد) بودند.

- گروه دوم (حساس در مرحله گیاهچه و مقاوم در مرحله گیاه کامل): در این گروه رقم تجاری آراز به همراه چهار لاین در دست نامگذاری C-98-8، N-98-20، C-98-7 و CD-99-15 قرار داشتند. با توجه به حساسیت این ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه در برابر جدایه‌های زنگ قهوه‌ای و بروز مقاومت در آنها در ایستگاه‌های تحقیقاتی مختلف در مرحله گیاه کامل، احتمال وجود ژن یا ژنهای مقاومت گیاه کامل در آنها محتمل به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به حساسیت ارقام دانش و پریان به اکثر جدایه‌ها به جز یک جدایه، احتمالاً این ارقام نیز دارای ژن یا ژنهای مقاومت در مرحله گیاه کامل بوده و در این گروه قرار گرفتند. با توجه به اهمیت بالای استفاده از ارقام دارای ژنهای مقاومت گیاه کامل در جلوگیری از همه‌گیری بیماری زنگ قهوه‌ای و کاهش احتمال ظهور نژادهای جدید، استفاده از نشانگرهای مولکولی و بررسی‌های بیشتر برای شناسایی دقیق جایگاه‌های ژنی موجود در ژنوتیپ‌های مقاوم این گروه ضروری به نظر می‌رسد.

دادرزائی و نظری (Dadrezai and Nazari, 2015) گزارش کردند که وجود ژن مقاومت غیراختصاصی *Lr34* در گندم رقم

در این شکل هرچه سطح مقاومت ژنوتیپ‌های گندم نسبت به جمعیت بیمارگر زنگ قهوه‌ای در ایستگاه‌های تحقیقاتی بیشتر بود به رنگ قرمز تیره متمایل و هرچه قدر واکنش مقاومت در ژنوتیپ‌ها کاسته می‌شد به رنگ آبی متمایل بود (شکل ۱). همچنین گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم از طریق روابط موجود بین آنها از لحاظ قرابت واکنش و ایجاد مقاومت نسبت به بیمارگر زنگ قهوه‌ای در ساختار درختچه‌ای قابل مشاهده است. در بررسی دیگر انجام شده روی واکنش ۱۲۲ لاین پیشرفته گندم به یک جدایه از قارچ عامل بیماری در مرحله گیاهچه، لاین‌های مورد بررسی به سه گروه مقاوم، نیمه مقاوم و حساس تقسیم شدند (Ghasemzadeh *et al.*, 2010).

همچنین، در بررسی انجام شده دیگری روی واکنش ۴۱ ژنوتیپ گندم به بیماری در شرایط گلخانه و مزرعه، ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در مرحله گیاهچه در شرایط گلخانه به سه گروه مقاوم، نیمه مقاوم و حساس و در شرایط مزرعه در مرحله گیاه کامل به دو گروه حساس و مقاوم گروه‌بندی شدند (Mohajervatan *et al.*, 2016).

با در نظر گرفتن واکنش ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم در مراحل گیاهچه و گیاه کامل، ضمن قرار دادن آنها در چهار گروه مختلف (شکل ۱)، می‌توان با جزئیات بیشتری به تفاوت‌های آنها پرداخت:

- گروه اول (حساس در هر دو مرحله

بررسی بودند. با توجه به اینکه چنین ژن‌هایی به‌طور معمول در طول چرخه زندگی گیاه به‌طور مؤثر در برابر قارچ عامل بیماری عمل می‌کنند، ممکن است مقاوم بودن گیاهان در مرحله گیاه کامل نیز از آنها ناشی شده باشد. در هر حال، این ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم علاوه بر ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای، ممکن است دارای ژن‌های مقاومت گیاه کامل نیز باشند که در ایجاد مقاومت در مرحله گیاه کامل ایفای نقش کردند.

تاکنون ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یا مقاومت عمودی که اختصاصی نژاد هستند، به‌طور گسترده در برنامه‌های به‌نژادی گندم برای ایجاد مقاومت به زنگ‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، ساختار نژادی جمعیت‌های قارچ‌های عامل زنگ‌ها بسیار پیچیده بوده و به علت احتمال زیاد جهش، بسیار تغییر پذیرند. این قارچ‌ها با تنوع ژنتیکی زیاد، میزان تکثیر بالا، امکان تکمیل چند چرخه در هر فصل زراعی و انتشار سریع توسط باد دارای توانایی بالایی برای پاسخ به فشار انتخابی هستند، که در نتیجه انتقال ژن‌های مقاومت عمودی بزرگ اثر به ارقام گندم ایجاد می‌شود.

بنابراین، ژن‌های مقاومت عمودی ممکن است توسط نژادهای جدید پرآزار عوامل بیماری تحت تأثیر قرار گرفته و اثر خود را از دست بدهند. برای جلوگیری یا کاهش سرعت شکسته شدن مقاومت ارقام حامل تک‌ژن مقاومت گیاهچه‌ای و حفاظت از منابع ژنی

افلاک با نشانگر مولکولی تایید شد. در آن مطالعه گندم رقم افلاک و لاین M-85-7 در مرحله گیاهچه کاملاً حساس و در مرحله گیاه کامل کاملاً مقاوم بودند بنابراین، این پژوهشگران احتمال دادند که گندم رقم افلاک و لاین M-85-7 فاقد ژن مقاومت نژاد اختصاصی مؤثر به جدایه مورد استفاده بودند، اما با توجه به ایجاد مقاومت بسیار بالا در شرایط مزرعه ممکن است علاوه بر ژن *Lr34* دارای ژن یا ژن‌های مرحله گیاه کامل دیگری باشند که دارای اهمیت بوده و باید برای تایید با مارکرهای مولکولی بررسی شوند.

- گروه سوم (مقاوم به برخی جدایه‌ها و حساس به برخی از آنها در مرحله گیاهچه و مقاوم در مرحله گیاه کامل): این گروه که شامل ۱۶ رقم و لاین امیدبخش گندم از جمله ارقام تجاری تکتاز، تیرگان، فلاح، راج و آزادگان بود، که ممکن است دارای ژن‌های مؤثر در کنترل مقاومت در مراحل گیاهچه و گیاه کامل باشند که ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای نسبت به برخی جدایه‌ها مؤثر و به برخی نژادها غیر مؤثر بودند.

- گروه چهارم (مقاوم در هر دو مرحله گیاهچه و گیاه کامل): این گروه که شامل ۱۸ رقم و لاین امیدبخش گندم از جمله ارقام تجاری آرمان، داریون، جلال، مهرگان، اوج، بامداد، سپهر و تمام ژنوتیپ‌های گندم دوروم بود، که به علت داشتن مقاومت در مرحله گیاهچه ممکن است دارای ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای و مؤثر در برابر جدایه‌های مورد

Lr13 و *Lr34* در اکثر لاین های پیشرفته و مواد ژنتیکی دریافت شده از مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) که به شکل مستقیم به عنوان رقم معرفی شده اند و یا به عنوان منابع مقاومت به بیماری در برنامه به نژادی گندم در ایران مورد استفاده قرار گرفته اند، روی کاهش خسارت ناشی از بیماری زنگ قهوه ای در ایران تأثیر داشته اند (Singh, 2000; Afshari, 1993). فراوانی قطعات ژنی *Sr31/Lr26/Yr9* و *Lr34/Yr18/Pm36* در ژنوتیپ های گندم ایران نیز نشان از تثبیت این آلل ها در میان این گندم ها دارد (Dadrezaei and Nazari, 2015). در هر حال، بررسی های دیگر نیز نشان دهنده پایین بودن تنوع در ژرم پلاسما گندم ایران از نظر منابع ژنی مقاومت به زنگ قهوه ای می باشند (Dadrezaei and Nazari, 2015). این موضوع به نظر ممکن است در درازمدت آسیب زا باشد چون نژادهای جدید قارچ عامل بیماری زنگ قهوه ای ممکن است با ایجاد پرآزاری بر روی گیاهان حامل این ژن ها، امکان شکست مقاومت موجود را فراهم کنند.

سپاسگزاری

این مقاله از داده های پروژه پژوهشی مصوب ۰۳-۰۳-۰۳۱۶-۱۳۷-۰۱۰۳۲ بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و نگارش شده است. نگارندگان بدینوسیله از پشتیبانی و مساعدت مدیریت بخش تحقیقات غلات و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و

مقاومت به بیماری لازم است برنامه های مشخصی مانند اجرای کشت موزائیکی ارقام گندم، کشت ارقام حامل ژن های مقاومت به زنگ قهوه ای بسته به نژادهای شایع قارچ عامل بیماری در مناطق مختلف کشور، در دستور کار قرار گیرند. همچنین، می توان از ژن های مقاومت موثر در توسعه تدریجی زنگ (Slow rusting) به عنوان مکمل ژن های مقاومت مذکور استفاده شود.

نتایج پژوهش های متعدد نشان داده است که ترکیب چندین ژن مقاومت گیاهی در ارقام گندم نیز ممکن است یک راهبرد مؤثر برای جلوگیری از شکسته شدن ژن های مقاومت باشد. برای هر می کردن ژن های مقاومت جهت دستیابی به مقاومت پایدارتر و ثبات طولانی تر، استفاده از نشانگرهای مولکولی که پیوستگی نزدیکی با ژن های مقاومت به زنگ دارند، یک ابزار تشخیصی مؤثر و قابل اطمینان به شمار می روند. به نژادگران با استفاده از اطلاعات ژن های مقاومت در ارقام گندم و دورگ گیری های هدفمند می توانند با هر می کردن ژن های کنترل کننده مقاومت به بیماری زنگ قهوه ای در ارقام تجاری و پرمحصول گندم ضمن کاهش خسارت ناشی از گسترش بیماری بر کمیت و کیفیت محصول از بروز همه گیری بیماری نیز جلوگیری کنند. توده های گندم ایرانی ممکن است دارای منابع مقاومت خوبی در برابر زنگ قهوه ای باشند. به نظر می رسد که حضور ژن های مقاومت

بذر برای پشتیبانی از اجرای این پژوهش
سپاسگزاری می‌کنند. از کارشناسان و کارکنان
گلخانه‌ها که در اجرای این پژوهش همکاری
کردند تشکر می‌نمایند.

عدم تعارض منافع
نگارندگان اعلام می‌دارند که هیچگونه
تعارض منافی باهم و سایر اشخاص
حقوقی/حقیقی ندارند.

References

- Afshari, F. 2000.** Studies on rust resistance in wheat with particular emphasis on stripe rust. Ph.D. Thesis, University of Sydney, Sydney, Australia. 252 pp.
- Bolton, M. D., Kolmer, J. A. and Garvin, D. F. 2008.** Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology*, 9, pp.563–575. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2008.00487.X
- Chen, X. M. 2005.** Review/Synthèse Epidemiology and evaluation of stripe rust [*Puccinia striiformis f. sp. tritici*] on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27, pp.314–337. DOI: 10.1080/07060660509507230
- Dadrezaei, S. T. and Nazari, K. 2015.** Detection of wheat rust resistance genes in some of the Iranian wheat genotypes by molecular markers. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31, pp.163-187 (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111253
- Dadrezaei, S. T., Tabatabaei, N., Lakzadeh, I., Jafarnejad, A., Afshari, F. and Hassanbayat, Z. 2018.** Evaluation of tolerance to leaf rust disease in some selected bread wheat genotypes. *Applied Entomology and Phytopathology*, 86, pp. 29-40 (in Persian). DOI: 10.22092/jaep.2018.109374.1153
- Dadrezaei, S. T., Dehghan, M. A., Safavi, S., Dalvand, M. and Shahbazi, K. 2023.** Resistance evaluation of advanced and commercial genotypes of Iranian wheat to leaf rust at seedling and adult plant stages. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 11, pp.1-13. DOI: 10.22034/arpp.2022.15742
- Ghasemzadeh, E., Afshari, F., Khodarahmi, M. and Bihamta, M. 2010.** Study on the genetics of resistance to leaf rust in some advanced lines of wheat at seedling stage. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6, pp.51– 59.
- Goyeau, H. and Lannou, C. 2011.** Specific resistance to leaf rust expressed at the seedling stage in cultivars grown in France from 1983 to 2007. *Euphytica*, 178, pp.45–62. DOI: 10.1007/s10681-010-0261-5
- Goyeau, H., Park, R., Schaeffer, B. and Lannou, C. 2006.** Distribution of pathotypes

- with regard to host cultivars in French wheat leaf rust populations. *Phytopathology*, 96, pp.264-273. DOI: 10.1094/PHYTO-96-0264
- Huerta-Espino, J., Singh, R., Crespo-Herrera, L. A., Villaseñor-Mir, H. E., Rodriguez-Garcia, M. F., Dreisigacker, S., Barcenas-Santana, D. and Lagudah, E. 2020.** Adult plant slow rusting genes confer high levels of resistance to rusts in bread wheat cultivars from Mexico. *Frontiers in Plant Science*, 11, 824. DOI: 10.3389/fpls.2020.00824
- Huerta-Espino, J., Singh, R. P. S., Germa'n, S., McCallum, B. D., Park, R. F., Chen, W. Q., Bhardwaj, S. C. and Goyeau, H. 2011.** Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica*, 179, pp.143–160. DOI:10.1007/s10681-011-0361-x
- Jin, Y., Szabo, L. J. and Carson, M. 2010.** Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. *Phytopathology*, 100, pp.432–435. DOI: 10.1094/PHYTO-100-5-0432
- Knott, D. R. 1989.** The wheat rusts-breeding for resistance. Springer-Verlag, Heidelberg. 201pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-83641-1>
- Kolmer, J. A. 2005.** Tracking wheat rust on a continental scale. *Current Opinion in Plant Biology*, 8, pp.441–449. DOI: 10.1016/j.pbi.2005.05.001
- Lagudah, E. S. 2011.** Molecular genetics of race non-specific rust resistance in wheat. *Euphytica*, 179(1), pp.81-9. DOI: 10.1007/s10681-010-0336-3
- Line, R. F. 2002.** Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. *Annual Review of Phytopathology*, 40, pp.75–118. DOI: 10.1146/annurev.phyto.40.020102.111645
- McIntosh, R. A., Wellings, C. R. and Park, R. F. 1995.** Wheat Rusts: an atlas of resistance genes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 220 pp.
- Mohajervatan, F., Nasrollahnejad Ghomi, A. A., Kalate Arabi, M. and Dehghan, M. A. 2016.** Evaluation of Resistance to leaf rust in some wheat cultivars in field and greenhouse conditions. *Journal of crop breeding*, 8, pp.70-76 (in Persian). DOI: 20.1001.1.22286128.1395.8.20.6.3
- Omrani, A. and Dadrezaei, S. T. 2024.** Investigation of resistance responses in elite wheat lines and cultivars to brown rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Moghan plain. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 47, pp.1-20. (in Persian). DOI: 10.22055/ppr.2024.46519.1737

- Pathan, A. K. and Park, R. P. 2006.** Evaluation of seedling and adult plant resistance to leaf rust in European wheat cultivars. *Euphytica*, 149, pp.327-342. DOI:10.1007/s10681-005-9081-4
- Peterson, R. F., Campbell, A. B. and Hannah, A. E. 1948.** A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26, pp.496-500. DOI:10.1139/CJR48C-033
- Roelfs, A. P., Singh, R. P. and Saari, E. E. 1992.** Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico, D.F., 81 pp.
- Singh, R. P. 1993.** Resistance to leaf rust in 26 Mexican wheat cultivars. *Crop Science*, 33, pp.633-637. DOI:10.2135/cropsci1993.0011183X003300030041x
- Singh, R. P. 1999. Chen, W. Q., and He, Z. H. 1999.** Leaf rust resistance of spring, facultative, and winter wheat cultivars from China. *Plant Disease*, 83, pp.644-651. DOI: 10.1094/PDIS.1999.83.7.644
- Singh, R. P., Huerta-Espino, J. and Rajaram, S. 2000.** Achieving near-immunity to leaf and stripe rusts in wheat by combining slow rusting resistance genes. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 35, pp.133-139.
- Zarandi, F., Afshari, F. and Rezaie, S. 2009.** Study of resistance components at seedling stage and field resistance to leaf rust in some elite wheat lines. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25, pp. 569-584 (In Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.110980

RESEARCH ARTICLE

Resistance of Some Wheat Commercial Cultivars and Promising Lines to Leaf Rust (*Puccinia triticina* Eriks.) Disease at Seedling and Adult-Plant Stages

S. T. Dadrezaei¹ , A. Omrani², A. Malihipour¹, S. N. Tabatabaeifard³, S. M. Tabib-Ghaffari⁴

1. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

2. Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Moghan, Iran.

3. Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran.

4. Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Science Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Dezful, Iran

ABSTRACT

Dadrezaei, S. T., Omrani, A., Malihipour, A., Tabatabaeifard, S. N., Tabib-Ghaffari, S. M. 2024. Resistance of some wheat commercial cultivars and promising lines to leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) disease at seedling and adult-plant stages. *Seed and Plant*, , pp. – (in Persian).

Wheat leaf rust (brown rust) caused by *Puccinia triticina* Eriks. is an important disease of wheat crop in Iran. This research project was carried out to evaluate the reaction of 52 commercial cultivars and promising lines of different national wheat breeding programs of Iran to wheat leaf rust disease at seedling and adult plant stages. The results showed that at the seedling stage, 35% of the tested cultivars and promising lines were resistant to used leaf rust isolates. The results of field showed that all wheat genotypes of the south warm and dry zone, wheat genotypes of north warm and humid zone, and all durum wheat genotypes, 75% of wheat genotypes of the temperate zone, 60% of wheat genotypes of the salinity breeding program and 42% of wheat genotypes of cold zone, had reasonable level of resistance (50MS, 50MR, 40S and less) to used leaf rust isolates. In this research, five wheat genotypes; cv. Araz, N-98-20, C-98-7, C-98-8 and CD-99-15 were resistant in all regions under field conditions. But they were susceptible to all used leaf rust isolates in the seedling stage, therefore, these wheat genotypes may carry adult plant resistance gene(genes).

Keywords: Bread wheat, durum wheat, adult plant resistance, seedling resistance, susceptibility.

Introduction

Wheat leaf rust, caused by *Puccinia triticina* (Pt), is one of the most important foliar diseases in wheat worldwide. Recent studies have showed that the average damage caused by leaf rusts (brown), stripe rust (yellow) and stem rust (black) in wheat crop is about 15 million tons per year, which is equivalent to an annual average of about US \$2.9 billion per year (Huerta-Espino *et al.*, 2020). Dadrezaei *et al.*, (2018) reported that the average wheat yield loss caused by leaf rust in Iran was estimated to be about 25%, and the yield loss varied from 7 to 46 percent in different regions and cultivars (Dadrezaei *et al.*, 2018). Although fungicides are widely used to control the disease, the use of resistant cultivars is considered the most effective, most efficient, economical, and the safest approach for controlling and managing this disease, and is compatible with the environment. The main focus in global wheat breeding programs is the development of rust-resistant cultivars. The development of resistant cultivars is a continuous process because the resistance of resistant cultivars may break by mutation in the genome of the pathogen. For this reason, there is a constant need to investigate the virulence/avirulence of the disease agent, and identify and develop new sources of resistance.

Materials and Methods

This research was carried out to evaluate reaction of 52 wheat commercial cultivars and promising lines from different national wheat breeding programs, and susceptible control (Bolani), to wheat leaf rust at seedling and adult plant stages with artificial inoculation. Resistance of wheat commercial cultivars and promising lines at seedling stage was evaluated using six wheat leaf rust isolates from the areas where the field experiments for adult plant stages resistance were carried out. The wheat commercial cultivars and promising lines were evaluated at adult plant stages in Kalardasht and Parsabad Moghan under natural infection and in Dezful and Shavour under artificial infection conditions in 2023 and 2024 cropping seasons. To evaluate the reaction of the wheat genotypes in field conditions and in leaf rust epidemic conditions, cultivars and promising lines were cultivated in early December 2023 and 2024 at Safiabad Dezful, Shavour, Kalardasht and Parsabad Moghan, Agricultural and Natural Resources Research field Stations. The inoculation of the wheat genotypes was done using the leaf rust isolate of each region in the form of a mixture of rust spores and talcum powder in Ahvaz and Dezful during three stages under favorable environmental conditions in the evening in 2023-2024 cropping seasons, however, at Kalardasht and Parsabad Moghan research field stations, the incidence and spread of leaf rust occurred naturally without artificial inoculation.

Results and Discussion

The results of this research showed that at the seedling stage, 35% of wheat commercial cultivars and promising lines were resistant to used leaf rust isolates. In

field conditions, 79% of the studied wheat cultivars and promising lines had reasonable level of resistance (50MS, 50MR, 40S and less) in four places in 2023 and 2024 cropping seasons in the adult plant stage. These genotypes included; cv. Tektaz, cv. Araz, cv. Arman, cv. Fallah, cv. Raj, cv. Azadegan, cv. Darioun, cv. Jalal, cv. Owj, cv. Danesh, cv. Bamdad, cv. Sepehr and cv. Avan are bread wheat commercial cultivars released in recent years. Ten wheat promising lines and cv. Simin showed susceptible reaction. The results of field evaluation showed that all the wheat genotypes of the south warm and dry zone, the wheat genotypes of north warm and humid zone, and all the durum wheat genotypes, 75% of the wheat genotypes of the temperate zone, 60% of the wheat genotypes of the salinity wheat breeding program, and 42% of the wheat genotypes of cold zone, had reasonable level of resistance to used leaf rust isolates. In this research, cv. Araz and four wheat promising lines; N-98-20, C-98-7, C-98-8 and CD-99-15 were resistant in all research filed stations, under field conditions. However, they were susceptible to all used leaf rust isolates at the seedling stage. Therefore, these genotypes may carry the adult plant resistance gene(genes). The presence of *Lr13* and *Lr34* resistance genes in most of the advanced lines and genetic materials received from Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) that have been released directly as new cultivars or indirectly as sources of resistance in the national wheat breeding programs have contributed to reduce leaf rust disease to wheat crop in Iran (Singh, 1993).

References

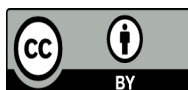
- Dadrezai, S. T., Tabatabaei, N., Lakzadeh, I., Jafarnejad, A., Afshari, F. and Hassanbayat, Z. 2018.** Evaluation of tolerance to leaf rust disease in some selected bread wheat genotypes. *Applied Entomology and Phytopathology*, 86, pp. 29-40 (in Persian). DOI: 10.22092/jaep.2018.109374.1153
- Huerta-Espino, J., Singh, R., Crespo-Herrera, L. A., Villaseñor-Mir, H. E., Rodriguez-Garcia, M. F., Dreisigacker, S., Barcenas-Santana, D. and Lagudah, E. 2020.** Adult plant slow rusting genes confer high levels of resistance to rusts in bread wheat cultivars from Mexico. *Frontiers in Plant Science*, 11, 824. DOI: 10.3389/fpls.2020.00824
- Singh, R. P. 1993.** Resistance to leaf rust in 26 Mexican wheat cultivars. *Crop Science*, 33, pp.633-637. DOI:10.2135/cropsci1993.0011183X003300030041x

*Corresponding author: Tahareza2000@yahoo.com

Tel.: +982636701106

Received: 27 June 2024

Accepted: 04 August 2024



2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.