



گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)

جلد ۴۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲

doi 10.22055/ppr.2023.42776.1674

## واکنش لاین‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم جنوب کشور در برابر بیماری زنگ سیاه در مراحل گیاهچه و گیاه کامل

علی ملیحی پور<sup>۱\*</sup>، محسن اسماعیل زاده مقدم<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسوول: دانشیار بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، استان البرز، ایران (a.malihipour@areeo.ac.ir)

۲- استاد، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، استان البرز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

### چکیده

زنگ سیاه گندم ناشی از قارچ *Puccinia graminis f.sp. tritici* تهدیدی بالقوه برای تولید این محصول است. با توجه به سابقه این بیماری در اقلیم گرم جنوب کشور، بررسی ارقام و لاین‌های آزمایشی نسبت به بیماری، بخشی از برنامه به‌نژادی گندم این اقلیم است. در این راستا، تحقیق حاضر به‌منظور تعیین واکنش ۵۶ لاین گندم امیدبخش برنامه به‌نژادی اقلیم گرم جنوب کشور مشتمل بر ۲۸ لاین به‌دست آمده از این برنامه در سال ۱۳۹۴ (با نام ERWYT-S-94) و ۲۸ لاین دیگر از سال ۱۳۹۵ (با نام ERWYT-S-95) در برابر بیماری در مراحل گیاهچه و گیاه کامل اجرا گردید. بررسی مقاومت گیاهچه‌ای در برابر سه نژاد شایع در منطقه کلاردشت (مازندران) و یک نژاد Ug99 از منطقه شاوور (خوزستان) در شرایط گلخانه در کرج و بررسی مقاومت گیاه کامل در شرایط مایه‌زنی مصنوعی طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ برای مواد دسته اول و دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ برای مواد دسته دوم در کلاردشت انجام شد. نتایج نشان داد که لاین S-94-25 علاوه بر مقاومت در برابر هر چهار نژاد مورد آزمایش در مرحله گیاهچه، در مرحله گیاه کامل نیز مقاومت بالایی در برابر بیماری داراست طوری که میزان بیماری آن طی دو سال اجرای آزمایش از 20MR فراتر نرفت. لاین S-94-16 نیز ضمن مقاومت بالا در برابر دو نژاد از کلاردشت، در مرحله گیاه کامل با نمایش حداکثر بیماری 20MR، مقاومت بالایی از خود نشان داد. همچنین، لاین S-94-22 با مقاومت در برابر سه نژاد از کلاردشت و لاین S-94-27 با مقاومت در برابر دو نژاد از کلاردشت و تنها نژاد شاوور، در مرحله گیاه کامل نیز از حساسیت کمتری در برابر بیماری برخوردار بوده و حداکثر بیماری مشاهده شده روی آنها 30MS بود. علاوه بر آن، لاین S-95-22 با مقاومت در برابر دو نژاد از کلاردشت و نژاد شاوور و لاین S-95-12 با مقاومت در برابر یک نژاد از کلاردشت و نژاد شاوور، در مرحله گیاه کامل با نمایش حداکثر بیماری 40MRMS دارای آلودگی کمتری بودند. با توجه به اهمیت زنگ سیاه در اقلیم گرم جنوب، انتقال مقاومت به بیماری به لاین‌های جدید گندم و معرفی ارقام مقاوم به بیماری در این اقلیم ضروریست.

کلیدواژه‌ها: همه‌گیری، *Puccinia graminis f.sp. tritici*، به‌نژادی، مقاومت، حساسیت.

دبیر تخصصی: دکتر طه دادرزایی

**Citation:** Malhipour, A. & Esmaeilzadeh Moghaddam, M. (2023). Reaction of the south warm agro-climate zone elite wheat lines of Iran to stem rust at seedling and adult-plant stages. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 46(1), 87-103. <https://doi.org/10.22055/ppr.2023.42776.1674>

### مقدمه

زنگ سیاه گندم ناشی از قارچ *Puccinia graminis* Pers. f.sp. *tritici* Eriks. & Henn. گذشته یکی از مهم‌ترین بیماری‌های این گیاه بوده و به طور دوره‌ای تا حد نابودی آن خسارت وارد کرده است (Singh et al., 2008). براساس بررسی‌های انجام شده (Saari & Prescott, 1985)، این بیماری در گذشته در کل قاره آفریقا، منطقه خاورمیانه، قاره آسیا (به استثنای آسیای مرکزی)، مناطق استرالیا و نیوزیلند، قاره اروپا و قاره آمریکا (هم امریکای شمالی و هم امریکای جنوبی) مشکلی عمده بوده است. زنگ ساقه همچنان به عنوان یکی از مخرب‌ترین زنگ‌های گندم محسوب می‌شود، زیرا اگر کنترل نشود، می‌تواند تمام محصول را در مدت زمان کوتاهی از بین ببرد (Singh et al., 2011).

در نتیجه اقدامات انجام شده برای کنترل زنگ سیاه شامل کشت ارقام گندم دارای ژن‌های مقاومت به بیماری و ریشه کنی میزبان واسط قارچ عامل بیماری یعنی زرشک (*Berberis vulgaris*) موجود در کنار مناطق کشت گندم، این بیماری از اواخر دهه ۱۹۵۰ تا چندین دهه در ایالات متحده آمریکا و سایر کشورهای آمریکای شمالی تحت کنترل بوده است (Singh et al., 2015). به دلایل مشابه، طی این مدت خبری از همه‌گیر (اپیدمی<sup>۱</sup>) شدن این بیماری در سایر مناطق جهان هم نبود. در هر حال، این بیماری در اواخر فصل رشد، در ارقام گندم دیر کاشت و دیررس و در مناطق دارای ارتفاع کمتر همیشه اهمیت داشته است (Roelfs et al., 1992; Agrios, 2005).

گرچه این بیماری احتمالاً از زمان‌های قدیم در ایران وجود داشته است، اما اولین گزارش از وجود آن در کشور به سال ۱۳۲۶ برمی‌گردد (Esfandiari, 1947). از آن زمان تا سال ۱۳۵۵، وقوع چندین اپیدمی بیماری در مناطق عمده کشت گندم به خصوص در نواحی جنوبی و شمالی کشور گزارش شده است (Sharif et al., 1970);

(Bamdadian & Torabi, 1978). به دنبال اپیدمی شدن این بیماری در مناطق جنوب و جنوب شرقی کشور در سال ۱۳۵۵ که در اثر مساعد شدن شرایط اقلیمی برای ظهور و توسعه بیماری پدید آمد، میزان خسارت به ۹۰٪ هم رسید (Bamdadian & Torabi, 1978).

بعد از چند دهه تحت کنترل بودن زنگ سیاه در مناطق مختلف جهان، طی سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ اپیدمی‌های بزرگی از بیماری روی گندم رقم انکوی<sup>۲</sup> در اتیوپی روی داد (Shank, 1994). همچنین، به دنبال مشاهده زنگ سیاه روی گندم در اوگاندا در سال ۱۹۹۸، در سال ۱۹۹۹ نژاد مخربی از قارچ عامل بیماری شناسایی شد که مطابق سیستم آمریکایی تعیین نژاد زنگ‌ها به نام TTKSK نام گذاری و به نام Ug99 معروف گردید (Pretorius et al., 2000). مشخصه مهم این نژاد پرآزاری روی ژن *Sr31* بود که به همراه چند ژن دیگر برای مدت حدود ۳۰ سال مقاومت گندم در برابر این بیماری را حفظ کرده بود (Singh et al., 2008). با گسترش نژاد Ug99 به سایر مناطق جهان، این نژاد در سال ۲۰۰۱ از کنیا (Wanyera et al., 2006)، از اتیوپی (Admassu et al., 2009)، از یمن و سودان (Singh et al., 2008) و از ۲۰۰۷ از ایران (Nazari et al., 2009) گزارش شد. پیدایش این نژاد جدید از قارچ عامل بیماری در سال‌های اخیر نگرانی‌های زیادی را ایجاد کرده و این بیماری را مجدداً در کانون توجهات قرار داده است. اهمیت این نژاد از این نظر است که عمده ژن‌های مقاومتی که طی چند دهه اخیر وارد ارقام تجاری گندم شده و در برابر نژادهای مختلف زنگ سیاه عمل می‌کردند در برابر این نژاد کارایی ندارند. طی دو دهه اخیر، جوهرایی<sup>۳</sup> از نژاد اولیه و کلاسیک Ug99 (TTKSK) شامل TTKST، TTKSP، TTKSF، TTKSF+، TTKSK (Singh et al., 2015) PTKST، PTKSK (Newcomb et al., ) TTHST، TTKTT، TTKTK

2- Enkoy  
3- Variant

1- Epidemic

بیماری و افزایش مایه تلقیح نژاد(های) خطرناکی از قارچ عامل بیماری، می‌تواند به‌راحتی مقاومت ارقام را در هم بشکند. در صورت ظهور زودهنگام بیماری در مزرعه، خسارت وارده به محصول گندم می‌تواند بسیار شدید باشد. تولید و استفاده از ارقام مقاوم به زنگ سیاه مهم‌ترین روش برای کنترل این بیماری به‌شمار می‌رود. در راستای تولید ارقام با عملکرد بالا و مقاوم به بیماری در بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کلیه ژنوتیپ‌های به‌دست آمده از برنامه‌های به‌نژادی بخش از جمله لاین‌های امیدبخش نسبت به بیماری مورد بررسی قرار می‌گیرند تا امکان شناسایی لاین‌های مقاوم و انتخاب از بین آنها وجود داشته باشد. با توجه به اینکه زودرس بودن ارقام گندم در فرار آن از زنگ سیاه و کاهش خسارت ناشی از بیماری نقش مهمی ایفا می‌کند، این صفت نیز در کنار سایر صفات مطلوب، در انتخاب ارقام مورد توجه قرار می‌گیرد.

در تحقیق حاضر، نتایج حاصل از بررسی لاین‌های گندم امیدبخش مربوط به برنامه به‌نژادی اقلیم گرم جنوب کشور در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ ارائه می‌گردد. نتایج ارائه شده، از بررسی‌های انجام شده روی واکنش لاین-های آزمایشی در مرحله گیاهچه در شرایط گلخانه و واکنش آنها در مرحله گیاه کامل در شرایط مزرعه (منطقه کلاردشت) طی دو سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶ برای لاین‌های دسته اول و دو سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ و ۱۳۹۶-۹۷ برای لاین‌های دسته دوم به‌دست آمده‌اند.

## مواد و روش‌ها

### جدایه‌های قارچ

چهار جدایه از قارچ عامل بیماری (*P. graminis* f.sp. *tritici*) (جدول ۱) که قبلاً از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده و در واحد پاتولوژی بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

(Fetch et al., 2016) PTKTK و TTHSK، در مناطق مختلف جهان شناسایی و گزارش شده‌اند که از نظر پرآزاری یا عدم پرآزاری روی یک یا چند ژن از بین ژن‌های مقاومت *Sr31*، *Sr30*، *Sr24*، *Sr21*، *Sr9h*، *Sr36* یا *SrTmp* با این نژاد تفاوت دارند. به همین علت، پیشنهاد شده است هر کدام از این جورها به نام نژاد<sup>۱</sup> و مجموع آنها به نام گروه نژادی U<sub>g99</sub> نامیده شوند (Singh et al., 2015).

علاوه بر گزارش گروه نژادی U<sub>g99</sub>، در سال‌های اخیر نژادهای دیگری از قارچ عامل بیماری که پتانسیل بسیار بالایی برای ایجاد خطر و خسارت به گندم دارند، از برخی مناطق جهان گزارش شده‌اند. از بین این نژادها می‌توان به نژاد TKTTT اشاره کرد که در سال زراعی ۱۴-۲۰۱۳ با ایجاد اپیدمی روی متداول‌ترین رقم مورد کاشت در اتیوپی یعنی رقم دیگالو<sup>۲</sup> باعث از بین بردن حدود ۱۰٪ محصول این رقم گردید (Olivera et al., 2015). در ایران نیز وجود برخی نژادهای قارچ عامل بیماری از جمله نژاد TTTTF که هم روی ژن‌های مقاومت مهمی از گندم دارای پرآزاری بوده و هم در دامنه وسیعی از کشور قابل مشاهده هستند، تهدیدی برای تولید گندم کشور به‌شمار می‌رود (Patpour, 2013; Omrani, 2018). مشاهدات نگارنده نشان داده‌اند که به علت شیوع چنین نژادهایی در منطقه کلاردشت، بسیاری از ارقام و لاین‌های آزمایشی گندم برنامه‌های به‌نژادی بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر که در برابر نژاد U<sub>g99</sub> در کنیا از مقاومت قابل قبولی برخوردار بوده‌اند، در این منطقه در برابر بیماری حساسیت داشته‌اند.

با توجه به اینکه بیماری زنگ سیاه در بسیاری از مناطق کشور به صورت بوم‌گیر (اندمی<sup>۴</sup>) وجود دارد و بسیاری از ارقام گندم مورد کاشت در کشور در برابر بیماری حساس هستند، مساعد شدن شرایط جوی برای توسعه

تعیین می‌شود. براین اساس، اطلاعات مربوط به ژن‌های مقاومت غیرمؤثر و مؤثر موجود در مجموعه آمریکای شمالی و مجموعه تکمیلی ژنوتیپ‌های افتراقی به صورت مرکب برای هر یک از جدایه‌های مورد استفاده، در جدول ۱ آورده شده است.

### مواد گیاهی

در بررسی حاضر تعداد ۵۶ لاین گندم امیدبخش مربوط به برنامه به‌نژادی اقلیم گرم جنوب کشور مشتمل بر ۲۸ لاین به‌دست آمده از این برنامه در سال ۱۳۹۴ (با نام ERWYT-S-94) و ۲۸ لاین دیگر به‌دست آمده در سال ۱۳۹۵ (با نام ERWYT-S-95) به همراه شاهد حساس به بیماری (رقم موراگو) مورد استفاده قرار گرفتند. اطلاعات و جزئیات مربوط به این لاین‌ها در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده‌اند.

### بررسی مقاومت گیاهچه‌ای

برای انجام این بررسی، ۴ تا ۶ بذر از هر ژنوتیپ در گلدان‌های آزمایشی به قطر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر که در آن‌ها مخلوط خاک معمولی و پیت ماس (به نسبت ۷۰٪ خاک معمولی و ۳۰٪ پیت ماس) ریخته شده بود، کاشته شدند. شاهد حساس موراگو نیز به همین ترتیب در گلدان‌های مربوطه کاشته شدند. بعد از گذشت مدت ۸ تا ۱۰ روز، زمانی که برگ اول گیاهچه‌ها به خوبی توسعه یافت، اقدام به مایه‌زنی جداگانه آنها با اسپورهای جدایه قارچ عامل بیماری گردید. برای انجام مایه‌زنی، از سوسپانسیون اسپور جدایه مورد نظر در حلال سالترو (Soltröl® 170) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم اسپور در ۱۰ میلی‌لیتر روغن استفاده گردید. به منظور اطمینان از درستی داده‌های مورد جمع‌آوری، برای هر دسته از مواد مایه‌زنی شده با هر جدایه، دو تکرار در نظر گرفته شد. گیاهچه‌های مایه‌زنی شده به مدت ۲۴ ساعت در اتاقک تاریک با شرایط دمایی  $18 \pm 2^\circ \text{C}$  و رطوبت نزدیک اشباع نگه داشته شدند. سپس گیاهچه‌ها به گلخانه با

نگهداری می‌شدند، به منظور انجام مایه‌زنی‌ها در گلخانه مورد استفاده قرار گرفتند. سه جدایه از چهار جدایه گفته شده، از منطقه کلاردشت که از مهمترین مناطق وجود بیماری زنگ سیاه است و جدایه چهارم که از نوع نژاد خطرناک Ug99 بود، از منطقه شاوور در خوزستان جمع‌آوری شده بودند. جدایه 32-94 (نژاد TTTTF) جمع‌آوری شده از کلاردشت علاوه بر استفاده در گلخانه، برای مایه‌زنی‌های مزرعه‌ای در کلاردشت نیز مورد استفاده قرار گرفت. نژاد TTTTF علاوه بر منطقه کلاردشت در بسیاری دیگر از مناطق کشور هم شایع است.

شایان ذکر است که سیستم نامگذاری فعلی نژادهای قارچ عامل بیماری معروف به سیستم نامگذاری آمریکای شمالی (Roelfs & Martens, 1988; Jin et al., 2008)، براساس واکنش ۲۰ ژنوتیپ مجموعه آمریکای شمالی<sup>۱</sup> ژنوتیپ‌های افتراقی گندم که هر کدام دارای یک ژن از بین ژن‌های مقاومت *Sr5*، *Sr6*، *Sr7b*، *Sr8a*، *Sr9a*، *Sr9b*، *Sr9d*، *Sr9e*، *Sr9g*، *Sr10*، *Sr11*، *Sr21*، *Sr24*، *Sr30*، *Sr31*، *Sr36*، *Sr38*، *Sr17+13* و *SrMcN* هستند، استوار است. بنابراین، از بین همه ژن‌های مقاومت شناخته شده در برابر زنگ سیاه فقط این ۲۰ ژن در تعیین نژاد قارچ عامل بیماری و نامگذاری آن دخالت دارند. اساس این کار نیز بروز تیپ‌های آلودگی پایین<sup>۲</sup> یا تیپ‌های آلودگی بالا<sup>۳</sup> در ژنوتیپ‌های افتراقی حامل ژن‌های مذکور و به عبارت دیگر بر مؤثر بودن یا غیر مؤثر بودن این ژن‌ها در برابر جدایه‌های مورد آزمایش استوار است. با توجه به این امر و به منظور مشخص کردن غیرمؤثر یا مؤثر بودن ژن‌های مقاومت بیشتری از گندم در برابر جدایه‌های قارچ عامل بیماری، واکنش مجموعه تکمیلی<sup>۴</sup> ژنوتیپ‌های افتراقی گندم که حامل ژن‌هایی غیر از ۲۰ ژن مقاومت موجود در مجموعه آمریکای شمالی بودند، در برابر جدایه‌های گفته شده

3- high infection types  
4- complementary set

1- North American set  
2- low infection types

۹۴) در سال اول اجرای آزمایش (سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴) در شرایط آلودگی طبیعی مزرعه و در سال دوم (سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵) در شرایط مایه زنی مصنوعی انجام شد. لاین‌های آزمایشی سال ۱۳۹۵ (ERWYT-S-95) در هر دو سال اجرای آزمایش (سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶) در شرایط مایه زنی مصنوعی مورد بررسی قرار گرفتند. در همه سال‌های گفته شده، به منظور حفظ ساقه‌های سبز به مدتی طولانی‌تر در انتهای فصل و در نتیجه بالا بردن احتمال دریافت بیماری، لاین‌های مورد آزمایش با یکی دو ماه تأخیر نسبت به زمان کاشت منطقه، یعنی اواسط زمستان در سال ۹۴ و اواخر زمستان در سال‌های ۹۵ و ۹۶، کاشته شدند. هر کدام از لاین‌های آزمایشی به میزان حدود ۷ گرم بذر روی یک خط یک متری به فاصله ۲۰ سانتی-متری از لاین دیگر کاشته شد. همچنین، با هدف گسترش بیماری و پخش آن در خزانه‌های آزمایشی، به فاصله هر ۱۰ لاین آزمایشی و نیز پیرامون خزانه‌ها رقم حساس موراکو کاشته شد. سپس عملیات رایج زراعی به منظور رساندن مواد کاشته شده به مرحله گیاه کامل انجام گردید.

شرایط دمایی  $22 \pm 2$  °C و ۱۶ ساعت روشنایی منتقل شدند. چهارده روز پس از مایه زنی، از تیپ آلودگی گیاهچه‌ها با استفاده از یک مقیاس ۰-۴ که توسط استاکمن و همکاران (Stakman et al., 1962) معرفی و توسط مک‌اینناش و همکاران (McIntosh et al., 1995) اصلاح گردیده است، یادداشت برداری شد. مطابق این مقیاس، تیپ‌های آلودگی ۰ (مصون)، ۱ (نیمه-مصون)، ۱ (خیلی مقاوم) و ۲ (نیمه‌مقاوم) به معنای تیپ‌های آلودگی پایین و نشان دهنده مقاومت در گیاه و تیپ‌های آلودگی ۳ (نیمه‌حساس) و ۴ (حساس) به معنای تیپ‌های آلودگی بالا و نشان دهنده حساسیت گیاه نسبت به بیماری در نظر گرفته می‌شوند.

### بررسی مقاومت گیاه کامل

لاین‌های آزمایشی از نظر مقاومت گیاه کامل در شرایط مزرعه در ایستگاه تحقیقات غلات کلاردشت در استان مازندران که محلی مناسب برای ظهور و توسعه زنگ سیاه است، مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی مقاومت لاین‌های آزمایشی سال ۱۳۹۴ (ERWYT-S-)

جدول ۱- مشخصات جدایه‌های مورد استفاده در بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نسبت به زنگ سیاه

Table 1. Details of the isolates used to study the reaction of the wheat genotypes to stem rust

Isolate code	Race	Origin	Ineffective/effective genes
94-32	TTTTF	Kelardasht, Mazandaran	<i>Sr5, Sr6, Sr7a, Sr7b, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr9g, Sr10, Sr11, Sr12, Sr13, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr21, Sr27, Sr28, Sr29, Sr30, Sr33, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, SrMcN, SrTmp/Sr24, Sr25, Sr26, Sr31, Sr32, Sr39, Sr40</i>
94-15	PTRTF	Kelardasht, Mazandaran	<i>Sr5, Sr6, Sr7b, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr9g, Sr10, Sr11, Sr12, Sr13, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr25, Sr27, Sr28, Sr29, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, Sr39, SrMcN, SrTmp/Sr7a, Sr21, Sr22, Sr23, Sr24, Sr26, Sr30, Sr31, Sr32, Sr33, Sr40</i>
95-31	TKTTF	Kelardasht, Mazandaran	<i>Sr5, Sr6, Sr7a, Sr7b, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr9g, Sr10, Sr12, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr21, Sr23, Sr28, Sr29, Sr30, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, SrMcN, SrTmp/Sr13, Sr22, Sr24, Sr25, Sr26, Sr27, Sr31, Sr32, Sr33, Sr39, Sr40</i>
95-2	TTKTK	Shavour, Khuzestan	<i>Sr5, Sr6, Sr7a, Sr7b, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr9g, Sr10, Sr11, Sr12, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr21, Sr23, Sr28, Sr29, Sr30, Sr31, Sr33, Sr34, Sr37, Sr38, SrMcN, SrTmp/Sr13, Sr22, Sr24, Sr25, Sr26, Sr27, Sr32, Sr35, Sr36, Sr39, Sr40</i>

*Sr14, Sr13, Sr12, Sr11, Sr10, Sr9g, Sr9e, Sr21, Sr20, Sr19, Sr18, Sr17, Sr16, Sr15, Sr27, Sr28, Sr29, Sr30, Sr33, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, SrMcN, SrTmp* در برابر جدایه 32-94 (نژاد TTTTF) جمع‌آوری شده از منطقه کلاردشت (جدول ۱)، مقاومت لاین‌های گفته شده در برابر این جدایه از ژن‌هایی غیر از این ژن‌ها بوده و می‌تواند از ژن‌های مقاومت مؤثر شناخته شده در برابر این جدایه یعنی *Sr24, Sr25, Sr26, Sr31, Sr32, Sr39* و *Sr40* (جدول ۱) یا ژن‌های ناشناخته دیگری ایجاد شده باشد. همچنین، با توجه به غیرمؤثر بودن ۳۳ ژن مقاومت *Sr5, Sr6, Sr7b, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr10, Sr11, Sr12, Sr13, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr25, Sr27, Sr28, Sr29, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, Sr39, SrMcN* و *SrTmp* در برابر جدایه 15-94 (نژاد PTRTF) جمع‌آوری شده از کلاردشت (جدول ۱)، مقاومت لاین‌های گفته شده در برابر این جدایه از قارچ می‌تواند از ژن‌های مقاومت مؤثر شناخته شده در برابر این جدایه یعنی *Sr21, Sr7a, Sr22, Sr23, Sr24, Sr26, Sr30, Sr31, Sr32, Sr33* و *Sr40* (جدول ۱) یا ژن‌های ناشناخته دیگری ایجاد شده باشد. در ارتباط با سومین جدایه جمع‌آوری شده از کلاردشت یعنی جدایه 31-95 (نژاد TKTTF)، با توجه به غیرمؤثر بودن ۳۲ ژن مقاومت *Sr5, Sr6, Sr7a, Sr7b, Sr7c, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d, Sr9e, Sr10, Sr12, Sr14, Sr15, Sr16, Sr17, Sr18, Sr19, Sr20, Sr21, Sr23, Sr28, Sr29, Sr30, Sr34, Sr35, Sr36, Sr37, Sr38, SrMcN* و *SrTmp* در برابر آن (جدول ۱)، مقاومت لاین‌های گفته شده در برابر این جدایه از قارچ می‌تواند از ژن‌های مقاومت مؤثر شناخته شده در برابر این جدایه یعنی *Sr13, Sr22, Sr24, Sr25, Sr26, Sr27*

با توجه به برنامه مایه‌زنی مصنوعی خزانه‌ها در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶، این عملیات اوایل سنبله‌دهی اکثریت بوته‌های گندم برای سال‌های زراعی مذکور به ترتیب در تاریخ‌های ۹۶/۰۲/۲۰ و ۹۷/۰۳/۲۰ با استفاده از جدایه 32-94 (نژاد TTTTF) قارچ که قبلاً از منطقه کلاردشت جمع‌آوری شده و پس از خالص‌سازی در گلخانه تکثیر شده بود، انجام گردید. مایه‌زنی گیاهان آزمایشی از طریق پاشیدن مخلوطی از اسپورهای قارچ و پودر تالک (به نسبت یک گرم اسپور در یک کیلوگرم پودرتالک) روی گیاهان در نزدیکی‌های غروب، با استفاده از اسپورپاش موتوری پستی و در حجمی انجام شد که از دریافت مخلوط اسپور و پودر تالک توسط گیاهان اطمینان حاصل شود. یادداشت‌برداری از شدت بیماری در اواخر مرحله خمیری نرم که ساقه‌ها از رنگ سبز به رنگ کاهی می‌گراییدند، با توجه به درصد پوشیده شدن ساقه توسط جوش‌های زنگ سیاه بر اساس مقیاس اصلاح شده کاب<sup>۱</sup> (Peterson et al., 1948) در مقیاس ۱۰۰-۰ انجام گردید. همزمان، یادداشت‌برداری از واکنش گیاه به آلودگی یعنی تعیین تیپ‌های آلودگی مقاومت (R)، نیمه مقاومت (MR)، نیمه حساسیت (MS) و حساسیت (S) بر اساس روش رالفز و همکاران (Roelfs et al., 1992) انجام گردید.

## نتایج و بحث

بررسی واکنش لاین‌های اقلیم گرم جنوب در سال‌های ۹۴ (جدول ۲) و ۹۵ (جدول ۳) در برابر چهار جدایه از قارچ عامل بیماری در مرحله گیاهچه در شرایط گلخانه نشان داد که دو لاین آزمایشی S-94-14 و S-94-25 با بروز تیپ‌های آلودگی "1" تا "2" در برابر این جدایه‌ها، در برابر همه آنها دارای مقاومت می‌باشند. با توجه به غیرمؤثر بودن ۳۵ ژن مقاومت *Sr5, Sr6, Sr7a, Sr7b, Sr7c, Sr8a, Sr8b, Sr9a, Sr9b, Sr9d*

می‌کند و در اثر فعالیت قارچ عامل بیماری به آسانی شکسته می‌شود (McDonald & Linde, 2002). در بررسی حاضر، لاین S-94-25 علاوه بر مقاومت در مرحله گیاهچه در برابر هر چهار جدایه، با داشتن واکنش 10MR در سال ۹۵ و 20MR در سال ۹۶ در مرحله گیاه کامل، مقاوم‌ترین لاین در بین همه لاین‌های مورد بررسی بود (جدول ۲). لاین S-94-14 نیز با نمایش حداکثر بیماری 60MS طی دو سال اجرای آزمایش در مقایسه با بسیاری از لاین‌های دیگر در برابر بیماری حساسیت کمتری داشت (جدول ۲). با وجود مقاومت دو لاین آزمایشی مذکور در مرحله گیاهچه در برابر هر چهار جدایه قارچ استفاده شده در این بررسی از جمله سه جدایه جمع‌آوری شده از منطقه کلاردشت که یکی از آنها برای انجام مایه‌زنی‌های مزرعه‌ای هم مورد استفاده بوده است، مشخص نیست که سطح پایین‌تر بیماری در آنها در مرحله گیاه کامل ناشی از عمل ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای است یا اینکه مستقل از عمل آنها بوده و از فعالیت ژن‌های مقاومت گیاه کامل ایجاد شده است.

دسته دوم از لاین‌های آزمایشی در بررسی حاضر شامل هفت لاین S-94-3، S-94-7، S-94-13، S-94-20، S-94-22، S-94-23 و S-94-26 بودند که در برابر سه جدایه قارچ جمع‌آوری شده از منطقه کلاردشت یعنی جدایه‌های 94-32، 94-15 و 95-31 مقاومت داشتند (جدول ۲). از بین هفت لاین گفته شده، لاین S-94-22 با داشتن واکنش 10MR در سال ۹۵ و 30MS در سال ۹۶ در مرحله گیاه کامل، در این مرحله نیز از مقاومت بالایی در برابر بیماری برخوردار بود. همچنین، سه لاین آزمایشی S-94-13، S-94-23 و S-94-26 به ترتیب با دارا بودن حداکثر مقادیر بیماری 80S، 80MS و 80MS طی دو سال اجرای آزمایش، در مقایسه با شاهد حساس به بیماری اندکی بهتر بودند. همانند آنچه که در پاراگراف قبل گفته شد، مشخص نیست که آیا سطح پایین‌تر بیماری در این چهار لاین در مرحله گیاه کامل ناشی از عمل ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای بوده است یا از فعالیت ژن‌های

Sr31، Sr32، Sr33، Sr39 و Sr40 (جدول ۱) یا ژن‌های ناشناخته دیگری ایجاد شده باشد. در ارتباط با آخرین جدایه مورد استفاده در بررسی حاضر یعنی جدایه 95-2 (نژاد TTKTK) که از نوع Ug99 بوده و از منطقه شاورر در خوزستان جمع‌آوری شده بود، با توجه به غیرمؤثر بودن ۳۳ ژن مقاومت Sr5، Sr6، Sr7a، Sr7b، Sr8a، Sr8b، Sr9a، Sr9b، Sr9d، Sr9e، Sr9g، Sr10، Sr11، Sr12، Sr14، Sr15، Sr16، Sr17، Sr18، Sr19، Sr20، Sr21، Sr23، Sr28، Sr29، Sr30، Sr31، Sr33، Sr34، Sr37، Sr38، SrMcN و SrTmp در برابر آن (جدول ۱)، مقاومت لاین‌های گفته شده در برابر این جدایه از قارچ می‌تواند از ژن‌های مقاومت مؤثر شناخته شده در برابر این جدایه یعنی Sr13، Sr22، Sr24، Sr25، Sr26، Sr27، Sr32، Sr35، Sr36، Sr39 و Sr40 (جدول ۱) یا ژن‌های ناشناخته دیگری ایجاد شده باشد. در کل، با در نظر گرفتن واکنش دو لاین آزمایشی S-94-14 و S-94-25 نسبت به هر چهار جدایه قارچ عامل بیماری و کنار هم قرار دادن اطلاعات ژن‌های مقاومت مؤثر و غیرمؤثر به صورت یکجا (جدول ۱)، مشخص می‌شود که برخی از ژن‌هایی که در برابر برخی جدایه‌ها مؤثرند در برابر برخی دیگر از جدایه‌ها غیرمؤثر هستند. با توجه به این امر، نتیجه‌گیری می‌شود که فقط چهار ژن مقاومت Sr24، Sr26، Sr32 و Sr40 و احتمالاً یک یا چند ژن مقاومت ناشناخته دیگر باعث ایجاد مقاومت دو لاین آزمایشی مذکور در برابر هر چهار جدایه گفته شده در بالا شده است. نحوه مقاومت سایر لاین‌های آزمایشی و ژن‌های احتمالی درگیر در مقاومت آنها در برابر هر کدام از این جدایه‌ها که در پاراگراف‌های بعدی به آنها پرداخته خواهد شد، به شرح آورده شده در اینجا قابل تفسیر و توجیه خواهد بود. مقاومت گیاهچه‌ای که وجود آن در گیاه معمولاً باعث محافظت از گیاه در برابر زنگ‌ها تا پایان زندگی آن می‌شود، از نظر وراثت در گیاه دارای ماهیت کیفی بوده، به صورت اختصاصی نژاد عمل

60MS طی دو سال اجرای آزمایش، در مقایسه با سایر لاین‌های آزمایشی در برابر بیماری حساسیت کمتری داشتند. مابقی لاین‌های آزمایشی گفته شده در بالا نیز با دارا بودن حداکثر میزان بیماری بین 70MSS تا 90S طی دو سال اجرای آزمایش، در مقایسه با شاهد حساس به بیماری اندکی بهتر بودند. با وجود مقاومت این ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه در برابر دو جدایه از سه جدایه جمع‌آوری شده از منطقه کلاردشت، مشخص نیست که آیا سطح پایین‌تر بیماری در آنها در مرحله گیاه کامل ناشی از عمل ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای است یا اینکه به فعالیت ژن‌های مقاومت گیاه کامل مربوط می‌شود. رقم چمران-۲ که در سال ۱۳۹۲ با داشتن عملکرد دانه بالا، مقاومت قابل قبول در برابر زنگ‌های زرد و قهوه‌ای، مقاومت نسبتاً بالا به گرمای آخر فصل و کیفیت نانویی بالا جهت کشت در مناطق گرم کشور معرفی شده است (Esmailzadeh Moghaddam et al., 2014)، همچنان سطح کشت قابل توجهی در اقلیم گرم به‌ویژه در استان خوزستان دارد. در اطلاعات مربوط به معرفی این رقم هیچ اشاره‌ای به حساسیت یا مقاومت این رقم در برابر زنگ سیاه نشده است. ضمناً هم‌زمان با اجرای آزمایش حاضر، بررسی‌های انجام شده روی ارقام و لاین‌های گندم ایرانی ارسال شده به کنیا به‌منظور ارزیابی در برابر گروه نژادی Ug99 و چند نژاد دیگر شایع در شرایط مزرعه در این کشور نشان داد که این رقم در سال ۹۵ با حداکثر بیماری 70S و در سال ۹۶ با حداکثر بیماری 80S، در برابر این نژادها حساس بوده است (S. Bhavani, Pers. Commun.). در هر حال، بررسی حاضر نشان داد که این رقم در منطقه کلاردشت در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی حساسیت کمتری در برابر بیماری داشته است.

در دسته چهارم از مواد مورد بررسی، شش لاین آزمایشی S-94-2، S-94-4، S-94-5، S-94-6، S-94-9 و S-94-18 از لاین‌های سال ۹۴ (جدول ۲) به همراه لاین آزمایشی S-95-16 از سال ۹۵ (جدول ۳) قرار

مقاومت گیاه کامل ایجاد شده است. دو لاین آزمایشی S-94-3 و S-94-7 با وجود مقاومت گیاهچه‌ای در برابر هر سه جدایه جمع‌آوری شده از کلاردشت از جمله جدایه مورد استفاده برای انجام مایه‌زنی‌های مزرعه‌ای، در مرحله گیاه کامل با نمایش حداکثر بیماری 100S طی دو سال اجرای آزمایش، در برابر بیماری بسیار حساس بودند. علت این امر ممکن است به وجود و شیوع نژاد یا نژادهایی از قارچ عامل بیماری در در زمان گیاه کامل در منطقه کلاردشت مربوط باشد که در بررسی‌های گلخانه‌ای مورد استفاده نبوده‌اند. چنین نژاد(هایی) ممکن است در زمان جمع‌آوری جدایه‌ها جهت بررسی‌های گلخانه‌ای خارج از دسترس بوده و بعداً در زمان آزمایش‌های مزرعه‌ای در منطقه شایع شده باشند. لاین آزمایشی S-94-20 علاوه بر مقاومت در برابر سه جدایه جمع‌آوری شده از کلاردشت در مرحله گیاهچه، در مرحله گیاه کامل در سال ۹۵ نیز با داشتن واکنش 20MR در برابر بیماری نسبتاً مقاوم بود. در هر حال، با توجه به نبود داده در سال دوم اجرای آزمایش برای این لاین، امکان قضاوت دقیق در باره این لاین وجود ندارد.

در دسته سوم از مواد مورد بررسی، نه لاین S-94-9، S-94-10، S-94-11، S-94-12، S-94-15، S-94-16، S-94-21، S-94-24 و S-94-28 (شاهد تجاری چمران-۲) از ژنوتیپ‌های آزمایشی سال ۹۴ (جدول ۲) و دو لاین آزمایشی S-95-11 و S-95-13 از لاین‌های سال ۹۵ (جدول ۳) قرار داشتند که در مرحله گیاهچه فقط در برابر دو جدایه از سه جدایه قارچ عامل بیماری جمع‌آوری شده از منطقه کلاردشت مقاومت داشتند. در بررسی مقاومت گیاه کامل در ژنوتیپ‌های گفته شده، مشخص شد که لاین آزمایشی S-94-16 با داشتن میزان بیماری 20MR در هر دو سال اجرای آزمایش از مقاومت خوبی در برابر بیماری برخوردار است. همچنین، لاین آزمایشی S-95-11 و رقم چمران-۲ به ترتیب با دارا بودن حداکثر بیماری 50MRMS و 50MS و لاین S-94-24 با داشتن حداکثر بیماری



برابر دو جدایه جمع آوری شده از منطقه کلاردشت مقاوم بودند، مشخص نیست که آیا سطح پایین‌تر بیماری در آنها در مرحله گیاه کامل ناشی از عمل ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یا از فعالیت ژن‌های مقاومت گیاه کامل ایجاد شده است. سطح بیماری مشاهده شده روی لاین آزمایشی S-95-2 از این گروه بسیار بالا و متغیر از 70MSS تا 100S بود.

در این بررسی شش لاین آزمایشی S-95-5، S-95-9، S-95-10، S-95-12، S-95-19 و S-95-28 (شاهد تجاری مهرگان) در مرحله گیاهچه در برابر یک جدایه از سه جدایه کلاردشت و جدایه شاوور مقاوم بودند (جدول ۳). در ارتباط با واکنش ژنوتیپ‌های آزمایشی گفته شده در مرحله گیاه کامل، لاین آزمایشی S-95-12 با دارا بودن میزان بیماری 40MRMS در سال ۹۶ و 30MS در سال ۹۷ از مقاومت نسبتاً قابل قبولی در برابر بیماری برخوردار بود. سایر ژنوتیپ‌ها از جمله رقم تجاری مهرگان نیز با داشتن حداکثر بیماری 70MSS تا 80S طی دو سال اجرای آزمایش، در مقایسه با شاهد حساس به بیماری از حساسیت کمتری در برابر بیماری برخوردار بودند. رقم مهرگان که در سال ۱۳۹۳ به‌خاطر داشتن عملکرد دانه بالا، مقاومت در برابر زنگ‌های زرد، قهوه‌ای و سیاه (نژاد Ug99) و کیفیت نانویی بالا جهت کشت در مناطق گرم کشور معرفی شده است (Esmailzadeh, Moghaddam et al., 2017)، همچنان در بسیاری از مناطق گرم کشور کشت می‌شود. بررسی‌های بعدی انجام شده روی این رقم در برابر گروه نژادی Ug99 و چند نژاد دیگر شایع در شرایط مزرعه در کنیا نیز حساسیت کمتر این رقم در برابر این نژادها را با نمایش حداکثر بیماری 40MS در سال ۹۵ و 50MSS در سال ۹۶ مورد تأیید قرار داده بود (S. Bhavani, Pers. Commun.). با توجه به این امر، یافته‌های به‌دست آمده از بررسی حاضر می‌تواند زنگ خطری برای حساس شدن رقم مهرگان در برابر بیماری و اتخاذ احتیاط‌های لازم در صورت تداوم کشت آن باشد.

داشتند که در مرحله گیاهچه فقط در برابر یکی از سه جدایه جمع آوری شده از کلاردشت مقاومت داشتند. از نظر مقاومت گیاه کامل در شرایط مزرعه، به استثنای دو لاین آزمایشی S-94-18 و S-95-16 که به‌ترتیب با نمایش حداکثر بیماری 70MS و 70MSS طی دو سال اجرای آزمایش به‌طور نسبی از حساسیت کمتری در برابر بیماری برخوردار بودند، سایر لاین‌های گفته شده، با بروز حداکثر بیماری 100S، در برابر بیماری بسیار حساس بودند. با توجه به مقاومت این دسته از لاین‌های آزمایشی در برابر یک جدایه جمع آوری شده از منطقه کلاردشت در مرحله گیاهچه، مشخص نیست که آیا سطح پایین‌تر بیماری دو لاین آزمایشی S-94-18 و S-95-16 در مرحله گیاه کامل ناشی از عمل ژن‌های مقاومت گیاهچه-ای است یا اینکه به فعالیت ژن‌های مقاومت گیاه کامل مربوط می‌شود.

در دسته پنجم از لاین‌های آزمایشی، دو لاین S-94-19 و S-94-27 از لاین‌های سال ۹۴ (جدول ۲) و پنج لاین S-95-2، S-95-8، S-95-15، S-95-22 و S-95-26 از لاین‌های سال ۹۵ (جدول ۳) قرار داشتند که در مرحله گیاهچه در برابر دو جدایه از سه جدایه جمع آوری شده از کلاردشت و تک جدایه جمع آوری شده از شاوور (نژاد Ug99) واکنش مقاومت نشان دادند. از بین لاین‌های گفته شده، لاین S-94-27 با دارا بودن حداکثر بیماری 30MS طی دو سال اجرای آزمایش در مرحله گیاه کامل، در این مرحله نیز از مقاومت قابل قبولی در برابر بیماری برخوردار بود. دو لاین آزمایشی S-95-22 و S-94-19 نیز به‌ترتیب با نشان دادن حداکثر واکنش‌های 40MRMS و 50MS طی دو سال مذکور، در مقایسه با لاین‌های دیگر از مقاومت بالاتری در برابر بیماری برخوردار بودند. همچنین، سه لاین آزمایشی S-95-8، S-95-15 و S-95-26 به‌ترتیب با حداکثر میزان بیماری 70S، 70MSS و 70S طی دو سال اجرای آزمایش، در مقایسه با شاهد حساس به بیماری دارای حساسیت کمتری بودند. با اینکه پنج لاین گفته شده، در مرحله گیاهچه در

جدول ۲- مشخصات لاین‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم جنوب کشور در سال ۱۳۹۴ (ERWYT-S-94) و واکنش آنها در برابر زنگ سیاه در مراحل گیاهچه در شرایط گلخانه و گیاه کامل در شرایط مزرعه در منطقه کلاردشت

**Table 2. Characteristics of the south warm agro-climate zone elite wheat lines in 2015 (ERWYT-S-94) and their reaction to stem rust at seedling stage in the greenhouse and adult-plant stage under field conditions in Kelardasht, Mazandaran**

Wheat line	Pedigree	Seedling reactions to different isolates				Adult-plant reaction during years	
		94-32	94-15	95-31	95-2	1395	1396
S-94-1	Chamran (Commercial check)	-	1	;1	3	50MS	20MS
S-94-2	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3	2	3	3	70SMS	100S
S-94-3	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3-	2+	3-	3	60MSS	100S
S-94-4	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3	2	3	3	70MSS	100S
S-94-5	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3	2	3	3	70MS	100S
S-94-6	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3	2	3	3	80S	100S
S-94-7	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Passarinho/5/Yaco/2*Parus/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	3-	2+	3-	3	60MS	100S
S-94-8	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	3	2	3	3+	40MS	100S
S-94-9	Hahn"S"/Mjl/Lira/3/2*Rsh/4/Yaco/2*Parus/5/Hahn"S"/Mjl/Lira/3/2*Rsh	3-	2	3	3+	70MS	80MS
S-94-10	KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz	2+	2-	3	3	20MR	80MS
S-94-11	KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz	2+	2+	3	3	40MS	90S
S-94-12	IRENA/BABAX//PASTOR/4/Lfn/II58.57//Pr/3/Hahn/?	3-	1+	3	3	70MS	90S
S-94-13	Bow"s"/Vee"s//1-60-3/5/F60314.76/MRL//CNO79/3/KA/NAC/4/STAR	2+	2	3-	3	80S	80MS
S-94-14	QUAIU/5/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAU	2-	1+	2-	2-	60MS	40MS
S-94-15	QUAIU	3	1+	2+	3	70MSS	70MS
S-94-16	KACHU//WBLL1*2/BRAMBLING	3-	3-	3	3	20MR	20MR
S-94-17	BECARD #1/4/KIRITATI/3/2*SERI.1B*2//KAUZ*3/BOW	3-	-	3	3-	40MS	80MS
S-94-18	BECARD/FRNCLN	3	1+	3	3	50MS	70MS
S-94-19	PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING*2/4/TECUE #1	2C	2	3	3-	10MR	50MS
S-94-20	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ*2/5/BO W/URES//2*WEAVER/3/CROC_1/AE.SQUARROSA	1	1	1	3	20MR	-
S-94-21	WBLL1*2/CHAPIO*2//MURGA	3-	3-	3	3	10MR	80MS

جدول ۲- مشخصات لاین‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم جنوب کشور در سال ۱۳۹۴ (ERWYT-S-94) و واکنش آنها ... (ادامه)

**Table 2. Characteristics of the south warm agro-climate zone elite wheat lines in 2015 (ERWYT-S-94) and their reaction to ... (Continue)**

Wheat line	Pedigree	Seedling reactions to different isolates				Adult-plant reaction during years	
		94-32	94-15	95-31	95-2	1395	1396
S-94-22	SAUAL/WHEAR//SAUAL	X	1	3-	3	10MR	30MS
S-94-23	MUNAL #1/FRANCOLIN #1	2+	2	3-	3	70S	80MS
S-94-24	FRNCLN/ROLF07	2+	2	3	3	20MS	60MS
S-94-25	WBLL1*2/BRAMBLING/5/BABAX/LR42//BABAX*2/4/SNI/ TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	1	1	1	1	10MR	20MR
S-94-26	ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD	2	2+	3-	3	20MR	80MS
S-94-27	BECARD/AKURI	3-	2-	3	3-	10MR	30MS
S-94-28	Chamran-2 (Commercial check)	;1	1	3	3	50MS	20MR
29	Morocco (Susceptible check)	4	4	3+	4	90S	100S

جدول ۳- مشخصات لاین‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم جنوب کشور در سال ۱۳۹۵ (ERWYT-S-95) و واکنش آنها در برابر زنگ سیاه در مراحل گیاهچه در شرایط گلخانه و گیاه کامل در شرایط مزرعه در منطقه کلاردشت

**Table 3. Characteristics of the south warm agro-climate zone elite wheat lines in 2016 (ERWYT-S-95) and their reaction to stem rust at seedling stage in the greenhouse and adult-plant stage under field conditions in Kelardasht, Mazandaran**

Wheat line	Pedigree	Seedling reactions to different isolates				Adult-plant reaction during years	
		94-32	94-15	95-31	95-2	1396	1397
S-95-1	Chamran (Commercial check)	3	;1	1	-	60MRMS	20MR
S-95-2	Zarrin/4/Hahn"S"//Mjl/Lira/3/2*Rsh/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/ Y50E/3*Kal//Emu	2+	2+	3	2+	80S	100S
S-95-3	KASYON/GENARO.81//TEVEE-1/5/ Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu/6/OASIS/SKAUZ//4 *BCN*2/3/PASTOR	3+	3	3	3	80S	90S
S-95-4	KASYON/GENARO.81//TEVEE-1/5/ Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu/6/OASIS/SKAUZ//4 *BCN*2/3/PASTOR	3+	3	3	3	80S	100S
S-95-5	Shi#4414/Crow"S"//Vee"S"//Nac/3/Opata*2/Wulp//Zrn/4/OASI S/SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR	3	3	2+	X	70S	80MS

جدول ۳- مشخصات لاین‌های گندم امیدبخش اقلیم گرم جنوب کشور در سال ۱۳۹۵ (ERWYT-S-95) و واکنش آنها در برابر ... (ادامه)

Wheat line	Pedigree	Seedling reactions to different isolates				Adult-plant reaction during years	
		94-32	94-15	95-31	95-2	1396	1397
S-95-6	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Passarinho/5/Yaco/2*Parus/7/T.Aest/5/	4	3	3+	X	80S	90S
S-95-7	Alvd/Bcn//Atrak/3/m-84-17	4	3	3+	2	70S	50MS
S-95-8	KACHU//WBLL1*2/BRAMBLING	3	2	2+	X	70S	50MS
S-95-9	WBLL1*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/BAJ	3	3	;1	2+	70MSS	70MS
S-95-10	WBLL1*2/BRAMBLING//JUCHI/3/WBLL1*2/BRAMBLING	3	3	;1	2+	70MSS	70MS
S-95-11	MUTUS*2/AKURI	3+	1	;1	3	50MRMS	20MS
S-95-12	CHYAK/PAURAQ	3	3	1	1+	40MRMS	30MS
S-95-13	WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/4/QUAI	2	3	1+	3	70MSS	90S
S-95-14	FRNCLN*2/TECUE #1	3	3	3	2+	70MSS	30MS
S-95-15	FRET2*2/BRAMBLING//BECARD/3/WBLL1*2/BRAMBLIN	3	1	;1	2+	70MSS	50MS
S-95-16	SUP152*2/TECUE #1	3	2+	3	3	70MSS	40MS
S-95-17	SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING	3	3	3	3	70MSS	70MS
S-95-18	WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001*2/6/PVN//CAR422/ANA/5/BOW/CROW//BUC/PVN/3/ YR/4/TRAP#1	3+	3	3	3	60MSS	70MS
S-95-19	SUP152*2/BECARD	3	3	2+	2+	70MSS	40MS
S-95-20	FRNCLN*2/TECUE #1	3	3	3	3	60MS	30MS
S-95-21	KAUZ/PASTOR//PBW343/3/KIRITATI/4/FRNCLN	4	4	3	3	80S	90S
S-95-22	MUTUS//ND643/2*WBLL1	3	1	2+	;1	40MRMS	30MS
S-95-23	FRNCLN/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/FRANCOLIN #1	3	3	3	3	80S	80MS
S-95-24	WAXWING*2/TUKURU//2*FRNCLN	3	3	3	3	80S	60MS
S-95-25	TOB/ERA//TOB/CNO67/3/PLO/4/VEE#5/5/KAUZ/6/FRET2/7/ MINO	3+	4	3	2+	70S	40MS
S-95-26	SERI/BAV92//PUB94.15.1.12/WBLL1	3+	;1	;1	1+	70S	40MS
S-95-27	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1	3	3	3	2+	90S	90S
S-95-28	Mehregan (Commercial check)	1	3	3	2+	80S	80MS
29	Morocco (Susceptible check)	4	3	3	3+	90S	100S

استفاده از ارقام مقاوم که روشی دوست‌دار محیط زیست هم هست، مؤثرترین روش برای کنترل زنگ‌ها به‌شمار می‌رود. تاکنون در گندم بیش از ۶۰ ژن مقاومت به زنگ سیاه که روی همه ۲۱ کروموزوم آن توزیع شده‌اند، شناسایی و محل بسیاری از آنها با استفاده از نشانگرهای DNA بر روی کروموزوم‌های مختلف نقشه‌یابی شده است (McIntosh et al., 2017; Hafeez et al., 2021; Kumar et al., 2022). در برنامه به‌نژادی اقلیم گرم جنوب تلاش می‌شود از طریق بررسی همه مواد به‌نژادی از جمله لاین‌های امیدبخش این اقلیم نسبت به بیماری زنگ سیاه در یکی از کانون‌های این بیماری در کشور یعنی کلاردشت، لاین‌های مقاوم به بیماری شناسایی شده و از داده‌های به‌دست آمده همراه با داده‌های مربوط به سایر بیماری‌های مهم، عملکرد دانه، خصوصیات زراعی و کیفیت نانویی برای معرفی ارقام جدید گندم استفاده شود. گرچه قطعاً لاین‌های مقاوم به‌دست آمده در این بررسی‌ها دارای ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یا گیاه کامل خواهند بود، اما شناسایی نوع ژن‌ها و محل دقیق آنها روی کروموزوم‌ها نیاز به بررسی‌های دیگری خواهد داشت.

ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های آزمایشی یکی از بررسی‌های معمول در برنامه‌های به‌نژادی است که به‌طور پیوسته توسط افراد و نهادهای درگیر در معرفی ارقام جدید انجام می‌شود. این نوع بررسی‌ها بخش مهمی از برنامه به‌نژادی دو مرکز بین‌المللی مهم اصلاح گندم یعنی مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت (CIMMYT) و مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) را نیز تشکیل می‌دهند. در ایران نیز طی یکی دو دهه گذشته و با اهمیت یافتن مجدد زنگ سیاه در کشور، بررسی‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی مقاومت به این بیماری انجام و نتایج برخی از آنها منتشر شده است (Nasrollahi, 1998; Afshari, 2012; Mojerlou et al., 2012; Nazari & Mafi, 2013; Patpour et al., 2014a; Patpour et al., 2014b; Omrani et

در بررسی حاضر، پنج لاین آزمایشی S-95-6، S-95-7، S-95-14، S-95-25 و S-95-27 با داشتن مقاومت فقط در برابر جدایه شاوور در مرحله گیاهچه در دسته دیگری قرار گرفتند (جدول ۳). لاین‌های گفته شده، با داشتن حداکثر بیماری متغیر از 70MSS تا 90S در مرحله گیاه کامل طی دو سال اجرای آزمایش در مزرعه، در مقایسه با شاهد حساس به بیماری اندکی بهتر بودند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده وجود ژن یا ژن‌های مقاومت گیاه کامل در این لاین‌ها باشد.

مطابق نتایج بررسی حاضر، هشت لاین آزمایشی S-95-3، S-95-4، S-95-17، S-95-18، S-95-20، S-95-21، S-95-23 و S-95-24 در برابر هر چهار جدایه استفاده شده در این بررسی در مرحله گیاهچه حساس بودند (جدول ۳). احتمال دارد که این لاین‌ها دارای ژن‌های مقاومت غیرمؤثر در برابر جدایه‌های مذکور بوده باشند. این احتمال نیز وجود دارد که این لاین‌ها کلاً فاقد هر گونه ژن مقاومت در برابر این جدایه‌ها بوده باشند. در ارتباط با واکنش این لاین‌ها در مرحله گیاه کامل، به استثنای لاین S-95-4 که با داشتن حداکثر میزان بیماری 100S طی دو سال اجرای آزمایش، در برابر بیماری حساسیت بالایی داشت، سایر لاین‌های آزمایشی با نمایش حداکثر بیماری متغیر از 60MS تا 90S، در مقایسه با شاهد حساس دارای حساسیت کمتری در برابر بیماری بودند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده وجود ژن‌های مقاومت گیاه کامل در این لاین‌ها باشد. شایان ذکر است که در بررسی حاضر به‌خاطر اینکه داده‌های گلخانه‌ای سه ژنوتیپ آزمایشی S-94-1 (شاهد تجاری چمران)، S-94-17 و S-95-1 (شاهد تجاری چمران) کامل نبود امکان توجیه و تفسیر آنها وجود نداشت. در هر حال، حداکثر بیماری مشاهده شده روی رقم چمران در مرحله گیاه کامل در سال‌های ۹۵ و ۹۶ به ترتیب 50MS و 60MRMS و میزان بیماری مشاهده شده روی لاین آزمایشی S-94-17 در دو سال مذکور به ترتیب 40MS و 80MS بود (جدول‌های ۲ و ۳).

### سپاسگزاری

از دکتر رامین روح‌پرور استادیار بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر فراهم نمودن ایزوله‌های قارچی به همراه اطلاعات آنها، مهندس علی ناظری و مهندس فرنو ملک‌پور به ترتیب رییس و کارشناس ایستگاه تحقیقات کشاورزی کلاردشت به‌خاطر کمک در اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای در آن ایستگاه و خانم مهندس زهره حسن‌بیات و مهندس اسمعیل ابراهیمی میمند کارشناسان بخش تحقیقات غلات به‌خاطر کمک در اجرای آزمایش‌های گلخانه‌ای در کرج سپاسگزاری می‌شود. هزینه‌های اجرای این تحقیق از محل اعتبارات پروژه مصوب شماره ۹۴۲۶۳-۰۳-۰۳-۲ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تأمین شده است.

al., 2017; Omrani et al., 2018; Safavi & Malihipour, 2018; Malihipour et al., 2020; Omrani & Roohparvar, 2020; Omrani et al., 2020; Safavi & Malihipour, 2020; Saremirad et al., 2021). با توجه به اهمیت کشت گندم در بخش بزرگی از اقلیم گرم جنوب کشور، سابقه همه‌گیری زنگ سیاه و خسارت ناشی از آن در این اقلیم در گذشته و خطر بالقوه بیماری در این بخش از کشور، بررسی‌های مربوط به مقاومت ارقام و لاین‌های آزمایشی نسبت به زنگ سیاه بخشی از برنامه به‌نژادی اصلاح گندم این اقلیم بوده و تلاش می‌شود براساس داده‌های به‌دست آمده از چنین بررسی‌هایی، ارقام گندمی که برای کشت در این اقلیم معرفی می‌شوند، از مقاومت کافی در برابر بیماری برخوردار باشند.

### References

- Admassu, B., Lind, V., Friedt, W., & Ordon, F. (2009). Virulence analysis of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* populations in Ethiopia with special consideration of Ug99. *Plant Pathology*, 58, 362-369.
- Afshari, F. (2012). Genetics of pathogenicity of wheat stem rust pathogen (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*) and reaction of wheat genotypes to the disease. *Iranina Journal of Plant Protection Science*, 43, 357-365 (In Farsi with English summary).
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5<sup>th</sup> ed.). Elsevier Academic Press, Burlington, MA. 922 pp.
- Esfandiari, E. (1947). Cereal rusts in Iran. *Journal of Entomology and Phytopathology*, 4: 67-76 (In Farsi with English summary).
- Bamdadian, A., & Torabi, M. (1978). Epidemiology of wheat stem rust in southern areas of Iran in 1976. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 14, 14-19 (In Farsi with English abstract).
- Esmailzadeh Moghaddam, M., Abedini Esfahlani, M., Nikzad, A. R., Akbari Moghaddam, H., Tabib Ghaffari, S. M., Lotfali Aeineh, Gh. A., Jalal Kamali, M. R., Afshari, F., Vahabzadeh, M., Roohparvar, R., Zakeri, A., Dalvand, M., Naderi, A., Bahari, M., Sayahfar, M., Tabatabaei, N., Kia, Sh., Akbari, A., Sofi, A. A., & Yasaei, M. (2014). Chamran 2, a new bread wheat Ccultivar, with acceptable tolerance to yellow and leaf rust and high bread making quality for cultivation under irrigated conditions in southern warm and dry zone of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 3, 117-126 (In Farsi with English summary).
- Esmailzadeh Moghaddam, M., Khodarahmi, M., Pour-Shabazi, A., Akbari Moghaddam, H., Sayahfar, M., Tahmasebi, S., Aeineh, Gh. L., Amir-Bkhtiar, N., Afshari, F., Dalvand,

- M., Zakeri, A. K., Tabatabaei, N. A., Roohparvar, R., & Kia, S. (2017). Mehrehgan, A new bread wheat cultivar, resistant to yellow, leaf and stem rust and high bread making quality for cultivation in agricultural systems in southern warm and dry zone of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 6, 71-77 (In Farsi with English summary).
- Fetch, T., Zegeye, T., Park, R. F., Hodson, D., & Wanyera, R. (2016). Detection of wheat stem rust races TTHSK and PTKTK in the Ug99 race group in Kenya in 2014. *Plant Disease*, 100, 1495-1495.
- Hafeez, A. N., Arora, S., Ghosh, S., Gilbert, D., Bowden, R. L., & Wulff, B. B. H. (2021). Creation and judicious application of a wheat resistance gene atlas. *Molecular Plant*, 14, 1053-1070. DOI: 10.1016/j.molp.2021.05.014.
- Jin, Y., Szabo, L. J., Pretorius, Z. A., Singh, R. P., Ward, R., & Fetch, T. (2008). Detection of virulence to resistance gene *Sr24* within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease*, 92, 923-926.
- Kumar, K., Jan, I., Saripalli, G., Sharma, P. K., Mir, R. R., Balyan, H. S., & Gupta, P. K. (2022). An update on resistance genes and their use in the development of leaf rust resistant cultivars in wheat. *Frontiers in Genetics*, 13. DOI: 10.3389/fgene.2022.816057.
- Malihipour, A., Ebrahimi-Meymand, E., & Mostafavi, K. (2020). Investigation on effectiveness of wheat stem rust resistance genes and the latest response of wheat genotypes from the cold agro-climatic zone of Iran to the disease. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 56, 69-97 (In Farsi with English summary). DOI: 10.22034/ijpp.2020.43624.
- McDonald, B. A., & Linde, C. (2002). The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*, 124, 163-180.
- McIntosh, R. A., Dubcovsky, J., Rogers, J., Morris, C., & Xia, X. C. (2017). Catalogue of gene symbols for wheat. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>.
- McIntosh, R. A., Wellings, C. R., & Park, R. F. (1995). *Wheat Rusts: An Atlas of Resistance Genes*. CSIRO Publications, Victoria, Australia. 200 pp.
- Mojerlou, Sh., Safaei, N., Abasi Moghadam, A., & Shamasbakhsh, M. (2012). Evaluation of some Iranian wheat landraces resistance against stem rust disease at seedling stage in the greenhouse. *Journal of Plant Protection*, 35, 69-82 (In Farsi with English summary).
- Nasrollahi, M. (1998). Virulence factors of stem rust and responses of some advanced wheat genotypes to isolates of the pathogen at seedling stage. M.Sc. thesis. Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran (In Farsi with English summary).
- Nazari, K., & Mafi, M. (2013). Physiological races of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Iran and evaluation of seedling resistance to stem rust in Iranian wheat cultivars. *Phytopathologia Mediterranea*, 52, 110-122.
- Nazari, K., Mafi, M., Yahyaoui, A., Singh, R. P., & Park, R. F. (2009). Detection of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) race TTKSK (Ug99) in Iran. *Plant Disease*, 93, 317.
- Newcomb, M., Olivera, P. D., Rouse, M. N., Szabo, L. J., Johnson, J., Gale, S., Luster, D. G., Wanyera, R., Macharia, G., Bhavani, S., Hodson, D., Patpour, M., Hovmoller, M. S., Fetch, T., & Jin, Y. (2016). Kenyan isolates of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* from 2008 to

2014: Virulence to *SrTmp* in the Ug99 race group and implications for breeding programs. *Phytopathology*, 106, 729-736.

Olivera, P., Newcomb, M., Szabo, L. J., Rouse, M., Johnson, J., Gale, S., Luster, D. G., Hodson, D., Cox, J. A., Burgin, L., Hort, M., Gilligan, C. A., Patpour, M., Justesen, A. F., Hovmøller, M. S., Woldeab, G., Hailu, E., Hundie, B., Tadesse, K., Pumphrey, M., Singh, R. P., & Jin, Y. (2015). Phenotypic and genotypic characterization of race TKTTF of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* that caused a wheat stem rust epidemic in southern Ethiopia in 2013-14. *Phytopathology*, 105, 917-928. DOI: 10.1094/phyto-11-14-0302-fi.

Omrani, A. (2018). Inheritance of resistance to stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in bread wheat, and identification of resistance sources using phenotypic and molecular data. Ph.D. thesis. University of Tabriz, Tabriz, Iran. 184 pp (In Farsi with English abstract).

Omrani, A., & Roohparvar, R. (2020). Identification of resistance sources to TTKSK and TTKTK (Ug99 race group) of stem rust pathogen in some synthetic hexaploid wheat genotypes. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 56, 237-252 (In Farsi with English summary).

Omrani, A., Aharizad, S., Roohparvar, R., Khodarahmi, M., & Toorchi, M. (2017). Identification of stem and leaf rust resistance genes in some promising wheat lines using molecular markers. *Crop Biotechnology*, 15-25 (In Farsi with English summary).

Omrani, A., Aharizad, S., Roohparvar, R., Khodarahmi, M., & Toorchi, M. (2018). Virulence factors of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) isolates and identification of resistance sources in CIMMYT wheat synthetic genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 10, 84-93 (In Farsi with English summary).

Omrani, A., Khodarahmi, M., & Roohparvar, R. (2020). Investigation of seedling resistance of CIMMYT wheat germplasm to *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* races. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 9, 75-87 (In Farsi with English summary).

Patpour, M. (2013). Study on genetic and virulence diversity of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* populations in Iran and stem rust resistance genes in wheat. Ph.D. thesis. National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran. 165 pp (In Farsi with English abstract).

Patpour, M., Nazari, K., Alavi, S. M., & Mousavi, A. (2014a). Detection of resistance sources to Iranian prevalent stem rust races in commercial wheat cultivars. *Seed and Plant Improvement Journal*, 30, 133-154 (In Farsi with English summary).

Patpour, M., Nazari, K., Ogbonnaya, F., Alavi, S.M., & Mousavi, A. (2014b). Phenotypic and molecular characterization of resistance to stem rust in wheat cultivars and advanced breeding lines from Iran and Syria. *Crop Breeding Journal*, 4, 1-14.

Pretorius, Z. A., Singh, R. P., Wagoire, W. W., & Payne, T. S. (2000). Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene Sr31 in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda. *Plant Disease*, 84, 203.

Roelfs, A. P. & Martens, J. W. (1988). An international system of nomenclature for *P. graminis* f. sp. *tritici*. *Phytopathology*, 78, 526-533.

Roelfs, A. P., Singh, R. P., & Saari, E.E. (1992). *Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. Mexico, D.F. CIMMYT. 81 pp.



Saari, E. E., & Prescott, M. (1985). World distribution in relation to economic losses. In: A. P. Roelfs & W. R. Bushnell (Eds.), *The Cereal Rusts, Vol. II: Diseases, Distribution, Epidemiology, and Control* (pp. 259-298). Academic Press, Orlando, FL.

Safavi, S. A., & Malhipour, A. (2018). Effective and ineffective resistance genes and reaction of promising wheat lines to stem rust in Ardabil. *Journal of Crop Protection*, 7, 415-427.

Safavi, S. A., & Malhipour, A. (2020). Partial resistance of some wheat cultivars and candidate lines against stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*). *Plant Protection*, 43, 31-52. (In Farsi with English summary).

Saremirad, A., Bihamta, M. R., Malhipour, A., Mostafavi, Kh., & Alipour, H. (2021). Evaluation of resistance of some Iranian spring bread wheat cultivars to stem rust disease at seedling stage. *Seed and Plant*, 36, 383-401 (In Farsi with English summary).

Shank, R. (1994). Wheat stem rust and drought effects on Bale agricultural production and future prospects. Report on February 17–28 assessment. In: United Nations Emergencies Unit for Ethiopia. Addis Ababa, Ethiopia. [http://www.africa.upenn.edu/eue\\_web/Bale\\_mar.txt](http://www.africa.upenn.edu/eue_web/Bale_mar.txt).

Sharif, Gh., Bamdadian, A., & Daneshpajoh, B. (1970). Physiological races of wheat stem rust in Iran (1965-1970). *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, 6, 73-100 (In Farsi with English abstract).

Singh, R. P., Hodson, D. P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Bhavani, S., Njau, P., Herrera-Foessel, S., Singh, P. K., Singh, S., & Govindan, V. (2011). The emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is a threat to world wheat production. *Annual Review of Phytopathology*, 49, 465-481.

Singh, R. P., Hodson, D. P., Huerta-Espino, J., Jin, Y., Njau, P., Wanyera, R., Herrera-Foessel, S. A & Ward, R. W. (2008). Will stem rust destroy the world's wheat crop? *Advances in Agronomy*, 98, 272-309.

Singh, R. P., Hodson, D. P., Jin, Y., Lagudah, E. S., Ayliffe, M. A., Bhavani, S., Rouse, M. N., Pretorius, Z. A., Szabo, L. J., Huerta-Espino, J., Basnet, B. R., Lan, C., & Hovmøller, M. S. (2015). Emergence and Spread of New Races of Wheat Stem Rust Fungus: Continued Threat to Food Security and Prospects of Genetic Control. *Phytopathology*, 105, 872-884.

Stakman, E. C., Stewart, D. M., & Loegering, W. Q. (1962). Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. Agricultural Research Service E617. United States Department of Agriculture, Washington DC., USA.

Wanyera, R., Kinyua, M. G., Jin, Y., & Singh, R. P. (2006). The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, with virulence on *Sr31* in wheat in Eastern Africa. *Plant Disease*, 90, 113.



© 2023 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



## Reaction of the south warm agro-climate zone elite wheat lines of Iran to stem rust at seedling and adult-plant stages

A. Malhipour<sup>1\*</sup>, M. Esmailzadeh Moghaddam<sup>2</sup>

1. **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Cereal Research Department, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), AREEO, Karaj, Alborz Province, Iran (a.malhipour@areeo.ac.ir)
2. Professor, Cereal Research Department, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), AREEO, Karaj, Alborz Province, Iran

Received: 15 January 2023

Accepted: 18 April 2023

### Abstract

#### Background and Objectives

Wheat stem rust, caused by *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*, which has caused heavy damage to wheat in the past, is a potential threat to the production of this crop. Considering the history of this disease in the south warm agro-climate zone of Iran and the possibility of the disease epidemics if the environmental conditions are provided, the examination of wheat cultivars and breeding lines to stem rust is a part of the south warm wheat breeding program at Cereal Research Department, Seed and Plant Improvement Institute (SPII). In this way, it is tried to increase the resistance of wheat cultivars that are going to be introduced in this zone.

#### Materials and Methods

The present study was carried out to determine the reaction of 56 elite wheat lines of the south warm breeding program including 28 lines obtained from the program in 2015 (named ERWYT-S-94) and 28 other lines from 2016 (named ERWYT-S-95) to stem rust at seedling and adult-plant stages. Investigating the seedling stage resistance was carried out by determining the reaction of experimental lines to three common races of Kelardasht, Mazandaran, and one Ug99 race collected from Shavour, Khouzestan in the greenhouse in Karaj. Investigating the adult-plant resistance was carried out under artificial inoculations in the field in Kelardasht during two cropping years of 2015-16 and 2016-2017 for the ERWYT-S-94 materials and two cropping years of 2016-2017 and 2017-2018 for the ERWYT-S-95 materials.

#### Results and Discussion

Based on the results of the present study, the line S-94-25, being resistant to four races of *P. graminis* f.sp. *tritici* at seedling stage, showed high resistance to stem rust at adult-plant stage so that the maximum disease rate of 20MR was observed for this line during the two years of experiment. The line S-94-16 also showed high resistance against two races of Kelardasht at seedling stage, and the disease rate at adult-plant stage was a maximum of 20MR. In addition, the line S-94-22 having resistance to three races from Kelardasht and the line S-94-27 with resistance against two races from Kelardasht and the race collected from Shavour at seedling stage, were less susceptible to the disease at adult-plant stage with a maximum disease rate of 30MS. Furthermore, the line S-95-22 with resistance to

two races of Kelardasht and the Shavor race and the line S-95-12 with resistance to one race of Kelardasht and the Shavour race at seedling stage, showed less susceptibility to the disease at adult-plant stage with the maximum disease of 40MRMS. Due to importance of wheat stem rust in the south warm agro-climate zone, it is necessary to transfer disease resistance genes to new wheat lines and introduce disease resistant cultivars in this climate.

***Keywords: epidemics, Puccinia graminis f.sp. tritici, breeding, resistance, susceptibility.***

Associate editor: S.A. Dadrezaei (Ph.D)

**Citation:** Malhipour, A. & Esmailzadeh Moghaddam, M. (2023). Reaction of the south warm agro-climate zone elite wheat lines of Iran to stem rust at seedling and adult-plant stages. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 46(1), 87-103. <https://doi.org/10.22055/ppr.2023.42776.1674>