بررسی وضعیت بیماری‌زایی عامل بیماری زنگ زرد گندم (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) و عکس‌العمل ارقام تجاری گندم در برابر بیماری در دهه اخیر در استان فارس

عبدالکریم ذاکری[1*]، محسن یاسایی[2]، فرزاد افشاری[3]، ساسان رجایی[4] و احمدرضا نیکزاد[5]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۹)

چکیده

بررسی سالانه مقاومت ارقام تجاری گندم نسبت به بیماری زنگ زرد پس از معرفی و کشت گسترده آنها حائز اهمیت فراوان می‌باشد. مواد مورد بررسی در این تحقیق شامل ارقام گندم افتراقی (دارای ژن یا ژن‌های مقاومت مشخص به‌زنگ زرد گندم) و ۲۴ رقم گندم نان و سه رقم گندم دوروم مورد کاشت در دو دهه اخیر در استان فارس به‌همراه گندم رقم بولانی به‌عنوان شاهد حساس به زنگ زرد بودند. این تحقیق طی سال‌های زراعی ۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳ در مزارع انتخابی شش منطقه از استان فارس شامل زرقان، مرودشت، فسا، ممسنی، داراب و اقلید و طی سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۸۳ در دو خزانه زنگ زرد ایستگاه زرقان و حومه ممسنی انجام شد. نتایج نشان داد که طی ده سال اخیر یا قبل از آن مقاومت ۱۲ رقم از ارقام تجاری گندم شامل چمران، شیرودی، استار، داراب ۲، فلات، شیراز، کویر، شهریار، زرین، الموت، الوند و بهار نسبت به زنگ زرد شکسته شده است. برعکس، رقم یاواروس و ارقام جدید زارع، میهن، سیروان، چمران ۲، افق، بهرنگ و شبرنگ، غالباً واکنش نیمه‌مقاومت تا حدواسط را نشان داده‌اند. همچنین ارقام سیوند، پارسی، پیشگام، مرودشت و افلاک عکس-العمل‌های نیمه‌مقاومت تا نیمه‌حساسیت داشته‌اند. رقم پیشتاز واکنش نیمه‌حساسیت تا اخیراً مقاومت را در مناطق مختلف فارس نشان داده است. به طرز جالبی، رقم نیک نژاد از بدو معرفی تاکنون از واکنش مصونیت تا مقاومت برخوردار بوده است. بروز تغییرات در مقاومت برخی از ارقام تجاری ممکن است از تغییر در نژادهای زنگ زرد گندم دردهه اخیر ناشی شده باشد. در دهه اخیر براساس واکنش ارقام گندم افتراقی نسبت به زنگ زرد، غالباً برای ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr17*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* بیماری‌زایی وجود داشته است. تحقیق حاضر بر لزوم بررسی سالیانه واکنش ارقام تجاری گندم نسبت به زنگ زرد و آگاهی از فاکتورهای بیماری‌زایی عامل بیماری در استان فارس تاکید دارد. این اطلاعات نه‌تنها در اعلام هشدار به‌موقع جهت جایگزینی ارقام حساس و به‌کارگیری راهکارهای موثر در مدیریت بیماری و کاهش خسارت کاربرد دارد، بلکه امکان به‌کارگیری ژنوتیپ‌های مقاوم را در برنامه‌های اصلاحی کوتاه و بلندمدت گندم فراهم می‌نماید.

کلیدواژه: گندم، زنگ زرد، واکنش (عکس‌العمل)، مقاومت، حساسیت ، بیماری‌زایی، نژاد، پاتوتیپ

---

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zakeriabd@yahoo.com

۱ و ۲- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳- استاد بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۴- مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۵- مربی پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

Surveying virulence of the causal agent of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) and determining reaction of commercial wheat cultivars over the past decade in Fars, Iran

A. Zakeri[1], M. Yassaie[2], F. Afshari[3], S. Rajaee[4], and A.R. Nikzad[5]

(Received: 29.12.2014; Accepted: 10.11.2015)

Abstract

Annual survey for monitoring of reaction of commercial wheat cultivars to stripe rust disease is very important after their introduction and extensive cultivation. The host materials surveyed included the standard differential cultivars for stripe rust along with 24 and three respectively commercial bread and durum wheat cultivars. This study was accomplished in selected wheat fields of six regions of Fars province including Zarghan, Marvdashat, Fassa, Mammassani, Darab and Eghlid during 2003- 2005 and in two stripe rust nurseries in Zarghan and Mammassani during 2003- 2013. The results showed that the resistance of 12 cultivars including Chamran, Shirodi, Shiraz, Darab 2, Falat, Star, kavir, Zarin, Shahriar, Alvand, Alemot and Bahar was overcome by stripe rust during or before the last decade. Yavarous and several recently introduced cultivars including Zareh, Mihan, Siravan, Chamran 2, Ophogh, Behrang and Shabrang have conferred moderately to intermediate resistance reaction to the disease. The cultivars Sivand, Parsi, Pishgham, Marvdasht and Aflak showed a range of moderately resistance to moderately susceptible reaction. The response of Pishtaz varied from moderately susceptible to resistance. Nicknejad has shown to have high level of resistance since its long time introduction. Decrease or changes in the resistance of some of the cultivars can be attributed to changes in stripe rust races, weather conditions and environmental factors. In this regard among the differential cultivars, virulence was almost present for *Yr2*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr17*, *Yr25*, *Yr26*, *Yr27*, *YrA* and *YrSU*. Current research indicates that annual survey on responses of commercial wheat cultivars to stripe rust together with monitoring of pathogen virulence factors in Fars province are very necessary. These information not only can effectively aid in giving on-time warning to replace susceptible cultivars and to use effective control measures to reduce the loss of the disease, but also can play an important role in short and long time wheat breeding programs.

Keywords: Wheat, Stripe rust, Response (Reaction), Resistance, Susceptibility, Virulence, Race, Pathotype

* Corresponding author's E-mail: zakeriabd@yahoo.com

1 and 2. Assist. Prof. and 4 and 5, Instructors of Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran

3. Prof., Cereal Research Dept., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهمترین محصول زراعی از نظر اقتصادی و اشتغال‌زایی در استان فارس می‌باشد. طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۲ سطح زیر کشت گندم آبی در این استان بین ۳۵۰-۲۷۰ هزار هکتار متغیر بوده است (گزارش‌های منتشر نشده سازمان جهاد کشاورزی استان فارس). از بین ارقام تجاری گندم نان و دوروم معرفی شده در ایران (Jalal Kamali *et al.* 2012, Nikzad *et al.* 2014) که در دهه اخیر در اقلیم‌های مختلف استان کشت شده‌اند، بیشترین میزان کشت (حدود ۶۵-۵۵٪) را ارقام چمران و شیرودی در دو اقلیم معتدل و نیمه گرم تا گرم داشته‌اند. مابقی سطح زیر کشت به سایر ارقام از قبیل مرودشت، پیشتاز، سیوند، پارسی، سیروان، چمران ۲ و افق و دوروم شبرنگ در اقلیم معتدل، زرین، الوند، پیشگام، زارع و میهن دراقلیم سرد و افلاک، سیروان، چمران ۲ و دوروم‌های یاواروس و بهرنگ و شبرنگ در اقلیم نیمه‌گرم تا گرم اختصاص یافته است. ارقامی از قبیل نیک نژاد، شیراز، داراب ۲، فلات، استار، شهریار، بهار، کویر و الموت که به‌صورت پراکنده و در تعداد معدودی از مزارع استان کشت می‌شوند، در دست جایگزینی و خروج از برنامه تکثیر بذر قرار گرفته‌اند (گزارش‌های منتشر نشده سازمان جهاد کشاورزی استان فارس). زنگ زرد (نواری) گندم که توسط قارچ *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks. ایجاد می‌شود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم در بسیاری از مناطق دنیا و از جمله ایران محسوب می‌شود (Chen 2005, McIntosh *et al.* 1995, Torabi *et al.* 1995). خسارت ناشی از بیماری زنگ زرد در گندم می‌تواند تا ۵۰٪ محصول و در همه‌گیری‌های شدید و وجود رقم حساس تا ۱۰۰٪ ازمحصول را دربر گیرد (Roelfs *et al.* 1992). در ایران در برخی از سال‌ها که شرایط جوی برای همه‌گیری زنگ زرد فراهم می‌گردد، این بیماری موجب خسارت اقتصادی به محصول ارقام حساس گندم می‌شود. بر اساس گزارش ترابی و همکاران (Torabi *et al.* 1995) میزان خسارت ناشی از همه‌گیری زنگ زرد گندم طی سال زراعی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ که در بسیاری از مناطق کشور روی رقم فلات حادث گردید معادل ۱/۵ میلیون تن یا ۱۵٪ کل گندم تولیدی آن سال بود. در دو دهه اخیر نیز همه‌گیری‌های موضعی، متوسط تا نسبتاً گسترده این بیماری در برخی از سال‌های زراعی که شرایط جوی و محیطی برای توسعه بیماری فراهم گشت همراه با ظهور نژادهای جدید زنگ زرد موجب خسارت اقتصادی و شکسته شدن مقاومت تعداد قابل توجهی از ارقام تجاری گندم از قبیل چمران و شیرودی در فارس و سایر مناطق ایران شده است (Afshari *et al.* 2003, 2014, Zakeri 2007). از سایر مناطق دنیا نیز گزارش‌های متعددی از ایجاد خسارت اقتصادی به محصول گندم ناشی از وقوع همه‌گیری‌های زنگ زرد در دنیا ارائه شده است (Bahri *et al.* 2011, Chen 2005, Chen *et al.* 2004, Ezzahiri *et al.* 2009, McIntosh *et al.* 1995, Morgounov *et al.* 2005, Saari & Prescott 1985, Singh *et al.* 2004, Wellings 2011). به‌طور مثال بر اساس گزارش ساری و پری‌اسکات (Saari & Prescott 1985) بروز چندین همه‌گیری زنگ زرد در کشورهای آسیایی و آفریقایی از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۵ موجب خسارت‌هایی از ۵ تا ۳۰ درصد محصول روی ارقام تجاری گندم شد. بروز همه‌گیری شدید زنگ زرد در ۱۱ استان چین در سال ۲۰۰۲ که موجب تحت تاثیر قرار دادن مقدار $۶/۶ \times ۱۰^{۶}$ هکتار از مزارع گندم شد، سبب خسارتی معادل $۱/۳ \times ۱۰^{۶}$ تن از محصول گندم گردید (Wan *et al.* 2004). همچنین برآورد کاهش محصول ناشی از بروز همه‌گیری این بیماری در ۱۲

ایالت شمالی و جنوبی مرکزی آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳، به ترتیب معادل ۱۱۹۸۴۸۰، ۵۲۴۰۴۹۸، ۱۰۵۶۶۸۷ و ۱۱۷۴۶۴۰۱ تن گندم بود (Chen 2005, Chen *et al.* 2004).

استفاده از ارقام مقاوم و متحمل به‌عنوان بهترین روش کنترل بیماری زنگ‌های گندم از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی محسوب می‌شود. یکی از اهداف مهم کلیه مؤسسات اصلاح گندم در دنیا تهیه ارقام پر محصول، دارای سازگاری قابل قبول به تنش‌های محیطی و برخوردار از مقاومت پایدار (durable resistance) به بیماری‌ها به‌خصوص زنگ‌ها می‌باشد (McIntosh & Brown 1997, Rajaram *et al.* 1988, 1996). از نظر بروز مرحله مقاومت دو نوع مقاومت گیاهچه‌ای (seedling or all stages resistance) که غالباً از نوع اختصاصی نژاد (race specific) بوده و مقاومت گیاه کامل (adult plant resistance) که برخی اختصاصی‌نژاد و برخی دیگر غیر اختصاصی‌نژاد (race non-specific) می‌باشند، در ارقام گندم نسبت به زنگ زرد مشخص شده است (Johnson 1988, 1992, McIntosh 1992, McIntosh & Brown 1997, Wellings *et al.* 2000). محققین مقاومت‌های اختصاصی‌نژاد را مترادف با مقاومت عمودی یا کیفی و مقاومت‌های غیر اختصاصی‌نژاد را مترادف با مقاومت افقی یا کمی تعبیر نموده‌اند (Dyck & Kerber 1985, McIntosh & Watson 1982, Parlevliet 1985).

تا سال ۲۰۱۴ میلادی ۵۶ ژن مقاومت به زنگ زرد از نوع گیاهچه‌ای و گیاه کامل در ارقام مختلف گندم در دنیا شناسایی و رسماً نامگذاری شده و بیش از ۴۰ ژن مقاومت دیگر نیز به‌طور غیر رسمی نامگذاری شده است. شایان ذکر است که اکثر ژن‌های مقاومت مذکور از نوع گیاهچه‌ای می‌باشند (Chen 2005, Chen *et al.* 2013, Lan *et al.* 2014, McIntosh *et al.* 1995, 2010, 2013, Sui *et al.* 2009). بیماریزایی یا پرآزاری (virulence) برای اغلب ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای و تعدادی از ژن‌های مقاومت گیاه کامل نسبت به زنگ زرد در دنیا (McIntosh *et al.* 1995, Sharma-Poudyal *et al.* 2013, Wellings, 2007, Wellings *et al.* 2000, 2009) و از جمله در ایران (Afshari 2008, Afshari *et al.* 2003, 2012, 2014, Zakeri 2007, Zakeri *et al.* 2014) شناخته شده است.

زنگ زرد گندم دارای نژادهای متعددی در مناطق گندم خیز دنیا از جمله ایران می‌باشد (Afshari 2008, Chen 2005, Roelfs *et al.* 1992, Sharma-Poudyal *et al.* 2013, Stubbs 1985). بر اساس یافته‌های تحقیقاتی طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳، تعداد ۲۷ پاتوتیپ از میان نمونه‌های زنگ زرد جمع‌آوری شده از مزارع گندم سراسر ایران بر اساس سیستم پیشنهادی جانسون و همکاران (Johnson *et al.* 1972) که توسط ولینگز و مک‌اینتاش (Wellings & McIntosh 1990) اصلاح شده است، تشخیص داده شد (Afshari 2008). در این ارتباط پاتوتیپ‌های 134E130 A+، 134E142 A+، 6E22 A+، 6E130 A+، 6E134 A+، 6E142 A+، 6E158 A+، 6E6 A+ و 6E6 A+ دارای بیشترین فراوانی بودند (Afshari 2008). نتایج حاصل از آزمایش بیماریزایی پاتوتیپ‌های فوق در شرایط کنترل شده گلخانه نشان داد که بیماریزایی برای ژنوتیپ‌های با ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr8*، *Yr9*، *Yr24*، *Yr25*، *YrA*، *YrSD*، *YrSP*، *Yr3N*، *Yr2+*، *Yr6+*، *Yr7+*، *Yr9+* و *Yr32+* وجود دارد و برای ژنوتیپ‌های با ژن‌های مقاومت *Yr1*، *Yr3V*، *Yr4*، *Yr5*، *Yr10* و *YrSD* وجود ندارد (Afshari 2008). همچنین در مرحله گیاه کامل در مزرعه، بیماریزایی برای ژنوتیپ‌های حامل ژن‌های مقاومت Heines kolben (*Yr2, Yr6*)، Lee (*Yr7*)، Kalyansona (*Yr2*)، Federation 4/Kavkas (*Yr9*)، Suwan92/Omar (*YrSU*)، Avocet R (*YrA*)، TP1295 (*Yr25*)،

Yr6/6*Avocet S، *Yr7*/6*Avocet S و *Yr9*/6*Avocet S مشاهده شد و برای ژنوتیپ‌های حامل ژن‌های مقاومت *Yr1*، *Yr3V*، *Yr3N*، *Yr4*، *Yr5*، *Yr8*، *Yr10*، *Yr18*، *Yr24*، *Yr32*، *YrSP*، *YrSD* و *YrSU* مشاهده نشد (Afshari 2008). در مطالعات سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۹، علاوه بر ژن‌های مقاومتی که بیماری‌زایی برای آنها وجود داشت، برای ژنوتیپ‌های با ژن‌های مقاومت (*Yr27*) Selkirk، *Yr24*/6*Avocet S، *Yr26*/6*Avocet S و *Yr27*/6*Avocet S نیز بیماری‌زایی از بعضی از مناطق ایران گزارش شد (Afshari *et al.* 2012). بر اساس تحقیقات انجام شده، بیماری‌زایی برای ژن مقاومت *Yr27* که در رقم چمران (Attila 5) وجود دارد از ایران (Afshari *et al.* 2003) و برخی از کشورهای منطقه (Singh *et a*l. 2004) گزارش شد. در این ارتباط جدایه زنگ زرد جمع آوری شده از ارسنجان استان فارس که نژاد +166E138A تشخیص داده شد با ایجاد بیماری‌زایی بر روی ژن *Yr27* (*YrSk*) با توجه به فرمول بیماری‌زایی آن شباهت زیادی به نژاد گزارش شده در کشور یمن داشت (Afshari *et al.* 2003). این نژاد که ابتدا به شکل پراکنده روی رقم چمران در برخی از مزارع گندم استان‌های فارس و کرمانشاه مشاهده شد (Afshari *et al.* 2003)، بعداً در تمامی نواحی استان فارس و استان‌های همجوار ظاهر شده و منجر به شکسته شدن مقاومت ارقام چمران، شیرودی و غیره گردید (Afshari 2008, Afshari *et al.* 2014, Zakeri 2007, Zakeri *et al.* 2014).

ظهور پاتوتیپ‌های جدید زنگ زرد که از میان جمعیت‌های عامل بیماری ایجاد می‌شوند، از مناطق مختلف دنیا گزارش شده است. در استرالیا تعداد ۱۵ پاتوتیپ زنگ زرد که برخی از آنها دارای بیماری‌زایی روی ژن‌های مقاومت به‌کار گرفته شده بودند، در ۱۰ سال نخست حضور بیماری در آن کشور که از سال ۱۹۷۹ میلادی شروع شده بود گزارش گردید (Wellings & McIntosh 1990). سه سال بعد از آن نیز تعداد ۱۱ پاتوتیپ گزارش شد که از بین آنها سه پاتوتیپ غالب و فراگیر شامل +104E137 A، 104 E137 A- و +108 E141 A بودند (Park & Wellings 1992, Wellings 2007, Wellings *et al.* 2000). در سال ۲۰۰۲ میلادی پاتوتیپ جدیدی به‌نام +134 E16 A که منشاء خارجی داشت واز نظر فنوتیپی مشابه پاتوتیپ‌های جداه شده در سال ۲۰۰۰ از آمریکا و شمال اروپا بود، در غرب استرالیا ظاهر شد (Wellings 2007). از پاتوتیپ فوق دو پاتوتیپ +150 E16 A و +*Yr17*, 134 E16 A+ با آرایش بیماریزایی متفاوت که از سال ۲۰۰۳ به بعد در بسیاری از مناطق گندم‌کاری استرالیا در جمعیت زنگ زرد غالبیت داشته و موجب خسارت قابل توجه اقتصادی در مزارع گندم شده‌اند، بوجود آمدند (Wellings 2007). در تحقیقات دیگری از میان ۲۳۵ جدایه زنگ زرد جمع‌آوری شده از کشورهای الجزایر، استرالیا، کانادا، شیلی، چین، مجارستان، کنیا، نپال، پاکستان، روسیه، اسپانیا، ترکیه و ازبکستان به‌ترتیب تعداد ۱۲۹ و ۱۶۹ آرایش بیماری‌زایی روی ۲۰ لاین تک‌ژنی و ۲۰ ژنوتیپ گندم افتراقی زنگ زرد در آمریکا گزارش گردید (Sharma-Poudyal *et al.* 2013). در این ارتباط بیماری‌زایی روی ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr8*، *Yr9*، *Yr17*، *Yr25*، *Yr28*، *Yr31*، *YrA*، Lemhi (*Yr21*)، Fielder (*Yr6*, *Yr20*)، Produra، Druchamp (*Yr3a*, *YrD*, *YrDru*)، (*YrPr1*, *YrPr2*)، Tres (*YrTr1*, *YrTr2*)، *YrUkn*، *YrExp2*، (*YrTye*) Tyee، Stephens (*Yr3a*, *YrS*, *YrSte*)، Paha (*YrPa1*, *YrPa2*, *YrPa3*)، Clement (*Yr9*, *YrCle*)، Compair (*Yr8*, *Yr19*) و Express (*YrExp1*, *YrExp2*) از کلیه کشورهای ذکر شده گزارش شد (Sharma-Poudyal *et al.*

2013). گرچه فراوانی فاکتورهای بیماری‌زایی بین کشورهای فوق متفاوت بود ولی اکثر آنها دارای هویت و خصوصیات نسبتاً یکسان بودند. بیماری‌زایی روی ژن‌های مقاومت *Yr10*، *Yr24*، *Yr32* و *YrSP* در حد پائین بود و هیچکدام از جدایه‌ها از کشورهای فوق روی ژن‌های مقاومت *Yr5*، *Yr15* و (*Yr10, YrMor*) Moro بیماری‌زایی نداشتند (Sharma-Poudyal *et al.* 2013).

با وجود فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده، بدلیل تغییرات ژنتیکی در زنگ‌ها، عدم تنوع ژنتیکی و پهنه‌بندی صحیح ارقام در یک منطقه، عدم اجرای اصول صحیح زراعی و استفاده از ارقام تک ژنی در سطح وسیع آن هم با مقاومت از نوع مرحله گیاهچه‌ای و فاقد خصوصیات پایداری منجر به بروز نژادهای جدید و مخرب و متعاقب آن شکسته شدن مقاومت و کاهش طول عمر مفید بعضی از ارقام در ایران شده است. هدف از مطالعات اخیر بررسی تغییرات و وضعیت بیماری‌زایی عامل بیماری زنگ زرد و عکس‌العمل ارقام تجاری مختلف گندم نان و دوروم نسبت به آن در یک دهه اخیر در استان فارس به منظور تدوین برنامه‌ریزی‌های مؤثر در جایگزینی ارقام حساس شده با ارقام مقاوم، تاکید برضرورت برقراری برنامه پهنه‌بندی ارقام و ارائه تدابیر لازم جهت کنترل مطلوب بیماری در این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مواد مورد مطالعه در این تحقیق شامل ارقام افتراقی زنگ زرد گندم متشکل از ارقام استاندارد اروپایی، بین‌المللی و تکمیلی که توسط جانسون و همکاران (Johnson *et al.* 1972) تعیین شده است و ۲۴ رقم گندم نان مورد کاشت در دو دهه اخیر در سطح استان فارس شامل ارقام چمران، شیرودی، مرودشت، شیراز، داراب ۲، فلات، استار، شهریار، الموت، افلاک، پیشتاز، کویر، زرین، الوند، نیک‌نژاد، بهار، سیوند، پارسی، پیشگام، زارع، میهن، سیروان، چمران ۲ و افق و سه رقم گندم دوروم بهرنگ، شبرنگ و یاواروس به همراه گندم رقم بولانی به‌عنوان شاهد حساس به زنگ زرد بودند.

مطالعات منطقه‌ای

این مطالعات برای تعدای از ارقام شامل چمران، مرودشت، شیراز، استار، داراب ۲، فلات، نیک نژاد، کویر، کراس عدل، پیشتاز، شهریار، زرین و الموت صورت گرفت. با توجه به خصوصیات سه اقلیم (سرد، معتدل و نیمه‌گرم تا گرم) فارس، ارقام در یک الی پنج منطقه از شش منطقه زرقان، مرودشت، فسا، ممسنی، داراب و اقلید طی دو سال متوالی زراعی ۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳ کشت شدند. عملیات خاک‌ورزی و کاشت (شخم، دیسک، تسطیح زمین، افزودن کودهای شیمیایی فسفاته و ازته به خاک قبل از کاشت، تهیه بستر مناسب و کاشت بذر به میزان ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و نیز عملیات داشت و مراقبت‌های زراعی (آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و افزایش کود سرک (غالباً نیترات آمونیوم) به خاک) مطابق عرف هر منطقه صورت گرفت. نواحی زنگ خیز برای ارقام با توجه به اقلیم‌های مختلف فارس از بین مناطق فوق و نیز بر اساس سوابق و اطلاعات گذشته از بیماری در استان در نظر گرفته شد. به مجرد مشاهده شروع آلودگی زنگ زرد، در هر منطقه چهار مزرعه و از هر مزرعه سطحی حدود یک هکتار برای هر رقم که در لیست ارقام تحت کشت آن منطقه بود انتخاب گردید. در هر مزرعه پنج کادر (یک کادر در مرکز و بقیه در چهار

گوشه مزرعه) به ابعاد یک متر مربع تعیین گردید. از عکس‌العمل ارقام به بیماری با توجه به درصد پوشش آلودگی (شدت بیماری) و تیپ آلودگی به ترتیب با استفاده از روش اصلاحی مقیاس کاب (The Modified Cobb's Scale) گزارش شده توسط پیترسون و همکاران (Peterson *et al.* 1948) و روش رولفز و همکاران (Roelfs *et al.* 1992) از هنگامی‌که تیپ و شدت آلودگی روی برگ پرچم رقم شاهد حساس به 100S رسیده بود در سه نوبت به فاصله ۷ تا ۱۰ روز یادداشت برداری به‌عمل آمد. بالاترین تیپ آلودگی و شدت آلودگی در کادرهای تعیین شده در هر مزرعه به عنوان نماینده واکنش رقم به بیماری در نظر گرفته شد. اطلاعات بدست آمده از وضعیت مقاومت ارقام فوق نسبت به بیماری در مناطق مختلف در طول سال‌های اجرای طرح ارزیابی و مقایسه گردید.

مطالعات ایستگاهی

این مطالعات در خزانه‌های زنگ زرد ایستگاه تحقیقاتی زرقان طی ۱۰ سال (سال‌های ۹۲-۱۳۸۳) و حومه ممسنی طی دو سال (سال‌های ۸۴-۱۳۸۳) انجام شد. در این ارتباط پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر مناسب برای بذر، هر کدام از ارقام افتراقی (دارای ژن یا ژن‌های مقاومت مشخص نسبت به زنگ زرد) و ارقام تجاری گندم و رقم شاهد حساس (بولانی) در ۲ خط یک متری (خطوط روی پشته‌هایی به عرض ۳۰ سانتیمتر و با احتساب عرض جوی و پشته ۶۰ سانتیمتر) در خزانه کشت شدند. در چهار اطراف خزانه از رقم حساس بولانی در دو خط جهت اشاعه و توسعه بیماری به داخل خزانه کشت گردید. تلقیح مصنوعی بیماری (اسپورپاشی) در هر دو خزانه در سه نوبت (اواخر زمستان تا اوایل بهار هر سال زراعی) با استفاده از اسپورهای جدایه‌های قارچ عامل بیماری جمع آوری شده از مزارع مناطق زرقان و مرودشت که توسط واحد پاتولوژی بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر با استفاده از روش Johnson *et al* (1972) و اقتباس از آن به‌وسیله افشاری (Afshari, 2008) در شرایط کنترل شده گلخانه تعیین نژاد گردید، صورت گرفت. شایان ذکر است که تلقیح مصنوعی بیماری در خزانه پس از غروب آفتاب با مخلوط نمودن یوریدوسپورهای جدایه زنگ و پودر تالک به‌نسبت حجمی ۱ به ۵ در کلیه سال‌های تحقیق انجام گردید. در هر دو خزانه زرقان و ممسنی جهت تامین رطوبت کافی برای استقرار و توسعه بیماری، فواصل نوبت‌های آبیاری که به‌صورت شیاری (فارویی) انجام می‌گرفت، کاهش داده شد. یادداشت برداری از عکس‌العمل ارقام فوق نسبت به بیماری از هنگامی‌که تیپ و شدت آلودگی روی برگ پرچم رقم شاهد حساس به 100S رسیده بود در سه نوبت به فاصله ۷ تا ۱۰ روز به روش مندرج در قسمت قبل صورت گرفت. میزان مقاومت یا حساسیت هر رقم و تغییرات آن در طول سال‌های اجرای طرح با ملاحظه تیپ و شدت آلودگی به بیماری ارزیابی ومقایسه گردید.

نتایج و بحث

آزمایشات منطقه‌ای

نتایج عکس‌العمل ارقام تجاری گندم نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاه کامل در مزارع مختلف استان فارس طی سال‌های زراعی ۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳ در جدول ۱ خلاصه شده است. در برخی از مزارع مورد تحقیق شرایط جوی و محیطی در هیچ‌یک از دو سال اجرای آزمایش برای ظهور و توسعه بیماری فراهم نگردید. بر این اساس

جدول۱- عکس‌العمل ارقام تجاری گندم نسبت‌به زنگ زرد در مرحله گیاه کامل در مزارع مختلف استان فارس طی سال‌های زراعی ۸۳-۱۳۸۲ و ۸٤-۱۳۸۳

Table 1- Responses of commercial wheat cultivars to stripe rust at adult plant stage in fields of several regions of Fars province during 2003-2004 and 2004-2005

منطقه Location	رقم Cultivar		مزارع انتخابی Selected fields							
			سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ Growing season 2003-2004				سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ Growing season 2004-2005			
			1f	2	3	4	1	2	3	4
			S* & IT	S & IT	S & IT	S & IT	S & IT	S & IT	S & IT	S & IT
مرودشت Marvdasht	چمران	Chamran	70S	60S	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	80S	70MS
	مرودشت	Marvdasht	20MR	N.O.	N.O.	10MR	10MR	N.O.	N.O.	20MR
	شیراز	Shiraz	N.O.	30MR	40MS	N.O.	N.O.	N.O.	50MS	50MR
	استار	Star	20MR	N.O.	N.O.	15MR	70MS	N.O.	N.O.	60MS
	داراب ۲	Darab 2	60MS	N.O.	70MS	N.O.	50MS	N.O.	70MS	N.O.
	فلات	Falat	N.O.	90S	80S	N.O.	N.O.	80S	90S	N.O.
	نیک‌نژاد	Nicknejad	R	R	R	R	R	R	R	R
	کویر	Kavir	N.O.	50MS	N.O.	50MS	70MS	N.O.	N.O.	N.O.
	کراس عدل	Cross Adl	N.O.	50MS	40MS	N.O.	40MS	N.O.	N.O.	60MS
	پیشتاز	Pishtaz	40MS	N.O.	30MS	N.O.	N.O.	70MS-S	70MS	N.O.
زرقان Zarghan	چمران	Chamran	70S	N.O.	N.O.	70S	N.O.	70MS-S	N.O.	80MS-S
	مرودشت	Marvdasht	20MR	10MR	N.O.	N.O.	N.O.	10MR	10MR	N.O.
	شیراز	Shiraz	40MR	N.O.	N.O.	40M	40MR	40MS	N.O.	N.O.
	استار	Star	N.O.	N.O.	10MR	10MR	50MS	N.O.	80MS	N.O.
	داراب ۲	Darab 2	N.O.	70MS	60MS	N.O.	70MR	70MS	N.O.	60MS
	فلات	Falat	70S	N.O.	N.O.	90S	N.O.	80S	90S	N.O.
	نیک‌نژاد	Nicknejad	N.O.	R	R	N.O.	R	N.O.	R	N.O.
	کویر	Kavir	50MS	N.O.	60MS	N.O.	N.O.	80MS	60MS	N.O.
	کراس عدل	Cross Adl	N.O.	N.O.	40MS	N.O.	10MS	20MS	N.O.	N.O.
	پیشتاز	Pishtaz	40MS	N.O.	N.O.	30MS	N.O.	70MS	N.O.	80MS-S
ممسنی Mammassani	چمران	Chamran	N.O.	70S	N.O.	70MS	60S	70S	N.O.	N.O.
	فلات	Falat	N.O.	100S	90S	N.O.	N.O.	80S	100S	70S
اقلید Eghlid	شهریار	Shahriar	50S	70S	N.O.	N.O.	70S	N.O.	N.O.	N.O.
	زرین	Zarin	60S	N.O.	60S	N.O.	N.O.	N.O.	70S	60S
	الموت	Alemmot	80S	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	80S	50S
فسا Fassa	چمران	Chamran	N.O.	70S	N.O.	80S	60S	N.O.	80S	N.O.
	فلات	Falat	N.O.	N.O.	80S	70S	80S	100S	N.O.	N.O.
	استار	Star	10MR	10MR	N.O.	N.O.	N.O.	50MS	70MS	N.O.
داراب Darab	چمران	Chamran	-	-	-	-	80MS-S	N.O.	80S	70MS-S
	استار	Star	-	-	-	-	70MS-S	60MS-S	N.O.	N.O.
	داراب۲	Darab 2	-	-	-	-	N.O.	80MS-S	N.O.	70MS
	کویر	Kavir	-	-	-	-	80MS-S	N.O.	N.O.	N.O.

S* & IT: Severity and Infection type (شدت و تیپ آلودگی); **N.O. :** Not observed (بیماری مشاهده نگردید); **- :** یادداشت‌برداری

مزرعه انتخابی **:** f ، صورت نگرفت

بیماری زنگ زرد در بعضی از مزارع انتخابی ظاهر نشد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱، گرچه عکس‌العمل هر رقم نسبت به زنگ زرد در برخی از مزارع انتخابی و مناطق مورد مطالعه اندکی متفاوت بود ولی در اکثر مزارع و مناطق واکنش آن‌ها تا حد زیادی مشابه بود. بر این اساس رقم چمران در اکثر مزارع دارای واکنش حساسیت بوده و حداکثر بیماری روی آن 80S مشاهده شد. ارقام فلات، زرین، شهریار و الموت در تمام مزارعی که زنگ زرد در آن‌ها مشاهده شد دارای واکنش حساسیت بوده و حداکثر بیماری مشاهده شده روی آن‌ها به‌ترتیب 100S، 70S، 70S و 80S بود. ارقام استار، داراب ۲ و کویر در اکثر مزارع واکنش نیمه‌حساسیت تا حساسیت داشتند و حداکثر بیماری روی آن‌ها به‌ترتیب 70MS-S، 80MS-S و 80MS-S بود. ارقام شیراز و پیشتاز نیز اکثراً دارای واکنش نیمه‌حساسیت بوده و حداکثر بیماری روی آنها به‌ترتیب 50MS و 80MS بود. رقم نیک‌نژاد در تمام مزارع و مناطق مورد مطالعه دارای واکنش مقاومت (R) بود.

آزمایشات ایستگاهی

نتایج عکس‌العمل ارقام گندم نان و دوروم نسبت به زنگ زرد در یک دهه زمانی در خزانه‌های زنگ زرد زرقان و ممسنی در جدول ۲ منعکس شده است. در سال‌های۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۱ به‌دلیل خشکسالی و شرایط جوی نامساعد، بیماری در خزانه زنگ زرد زرقان ظاهر نگردید. بر اساس نتایج حاصله، عکس‌العمل برخی از ارقام شامل چمران، فلات، شهریار، زرین، الموت و کویر که غالباً به‌صورت نیمه‌حساسیت تا حساسیت نسبت به زنگ زرد بود در طول سال‌های اجرای طرح تقریباً مشابه یا با اندکی تغییرات قابل مشاهده بود. برخی از ارقام آزمایشی شامل بهار، سیوند، پارسی، زارع، میهن و افق دارای واکنش‌های مقاومت بالاتری در سال‌های نخست پس از معرفی نسبت به بیماری بودند ولی در سال‌های بعد از میزان مقاومت آن‌ها نسبت به بیماری کاسته شد به‌نحوی که مقاومت رقم بهار به طور کامل شکسته شد. نتایج حاصل از خزانه‌های زنگ زرد و تلفیق آن‌ها با نتایج مطالعات مزرعه‌ای در مناطق مختلف فارس نشان می‌دهد که مقاومت ۱۲ رقم از ارقام تجاری گندم شامل چمران، شیرودی، استار، داراب ۲، فلات، شیراز، کویر، شهریار، زرین، الموت، الوند و بهار نسبت به زنگ زرد طی ده سال اخیر یا قبل از آن شکسته شده است و اخیراً گستره‌ای از واکنش نیمه‌حساسیت تا حساسیت با درجه آلودگی بالا را از خود نشان داده‌اند. رقم چمران در هر دو سال مورد تحقیق در مزارع مختلف استان و در سال‌های بعدی در مطالعات ایستگاهی در خزانه زنگ زرد دارای تیپ آلودگی نیمه‌حساسیت تا حساسیت و با درصد آلودگی نسبتاً بالا (۱۰۰-۷۰٪) نسبت به بیماری بود. این رقم به‌همراه رقم شیرودی حدود ۶۵-۵۵٪ از سطح زیر کشت گندم استان فارس را در سال‌های اخیر به خود اختصاص داده بودند که این امر ممکن است یکی از دلایل افزایش جمعیت پاتوتیپ‌های قوی و بیماری‌زا مانند 166E138 A+ بر روی آن‌ها که فقط حامل یک ژن مقاومت اختصاصی نژاد گیاهچه‌ای به‌نام *Yr27* هستند، باشد. شکسته شدن مقاومت گندم رقم فلات در ایران که دارای ژن مقامت گیاهچه‌ای *Yr9* می‌باشد (Torabi *et al.* 1995) و تعدادی از ارقام گندم در سایر مناطق دنیا (Chen 2005, Johnson 1988, 1992, Singh *et al.* 2004, Wan *et al.* 2004, Wellings *et al.* 2000) نیز به داشتن مقاومت تک‌ژنی از نوع اختصاصی نژاد، عدم تنوع ژنتیکی ارقام و گسترده بودن کشت آنها در یک منطقه وسیع، ظهور پاتوتیپ‌های جدید با قدرت تهاجمی زیاد و فراهم شدن شرایط جوی و

جدول ۲- عکس‌العمل گروهی از ارقام تجاری گندم نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاه کامل در خزانه‌های زنگ زرد ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی زرقان وممسنی استان فارس طی سال‌های ۱۳۹۲- ۱۳۸۳

Table 2- Responses of a group of commercial wheat cultivars to stripe rust at adult plant stage in yellow rust nurseries of Zarghan and Mammassani stations of Fars province during 2004- 2013

رقم Cultivar		شجره Pedigree	سال معرفی Released year	سال زراعی Growing season								
				۱۳۸۳		۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۲
				زرقان Zar[a].	ممسنی Mam.	ممسنی Mam.			زرقان Zar.			
چمران	Chamran	Attila.(CM85836-50Y-OM-OY-3M-OY)	۱۳۷۶	60MSS	80MSS	80MSS	60MSS	70MS	20MR	80MS	80S	100S
شیرودی	Shirodi	Attila.(CM85836-4Y-OM-OY-8M-OY-OPZ)	۱۳۷۶	–	-	-	60MSS	70MS	20MR	50MS	80S	90MSS
مرودشت	Marvdasht	HD2172/Bloudon//Azd	۱۳۷۸	5MR	10MR	10MR	20MS	20MR	60M	80S	30MR	30MR
شیراز	Shiraz	GV/D630//AlD"S"/3/Azd	۱۳۸۱	5MR	5MR	40MS	100S	70MS	40MR	80MS	100S	100S
داراب ۲	Darab 2	Maya"s"/Nac	۱۳۷۴	80MS	80S	70MSS	30MS	60MS	40MR	60MS	80MS	90S
فلات	Falat	Kvz/Buho"s"//Kal/Bb=Seri82	۱۳۶۹	80S	60S	90S	100MS	90MS	80S	80S	80S	100S
استار	Star	LFN/SDY//PVN		20MR	50MR	70MSS	0	70S	70S	70S	90MS	80S
افلاک	Aflak	HD160/5/Tob/ Cno / 23854 /3/ Nai60//Tit/ Son64 /4/LR/ Son64	۱۳۸۹	-	-	-	60MR[b]	0	40MR	10MS	50MR	60MR
پیشتاز	Pishtaz	Alvand//Aldan/Ias58	۱۳۸۱	30MS	R	70MS	30MR	30MR	10R	20MR	0	10R
کویر	Kavir	Stm/3/Kal//V534/Jit716	۱۳۷۶	70MSS	30MR	80MSS	40MS	70S	80S	80S	80MSS	90S
زرین	Zarin	PK15841	۱۳۷۴	60S	40MR	60S	100S	50MS	10MS	60MS	100S	100S
شهریار	Shahriar	Kvz/Ti71/3/Maga"s"//Bb/Inia/4/Karaj2/5/Anza/3/Pi/Nor//Mgs	۱۳۸۱	80S	80S	80S	80MR	100S	100S	90S	90S	100S
الوند	Alvand	CF1770/1-27-6275	۱۳۷۴	-	-	-	40MR	40M	70S	60S	80MS	90S
الموت	Alemmot	Pi/Ndr//Hys/ Kavz/Ti71/3/Maya"s"//Bb/Inia/4/Kj2/5/Anza/3/	۱۳۷۴	90S	90MSS	90MSS	40MR	90S	90S	80S	90S	-
نیک نژاد	Nicknejad	F134-71/Crow"S"	۱۳۷۴	R	R	R	0	20R	10R	0	0	10R
بهار	Bahar	ICW-0008-013AP-300L-3AP-300L-0AP	۱۳۸۶	-	-	0	30MR	20MR	30MR	80MS	90S	100S
سیوند	Sivand	Kauz "s"/Azadi	۱۳۸۸	-	-	-	-	5MR	10MR	60MS	50M	40M
پارسی	Parsi	Dove"s"/Buc"s"//2*Darab	۱۳۸۸	-	-	-	-	5R	10MR	30MS	40MS	40MR
پیشگام	Pishgham	Bkt/90-Zhong87 (sister line with Mihan)	۱۳۸۷	-	-	-	-	-	5R	60MS	60MS	30M
زارع	Zare	130L1.11//F35.70/Mo73/4 /Ymh/Tob//Mcd/3/Lira	۱۳۸۹	-	-	-	-	20MR	5MR	0	50MR	50MR

ادامهٔ جدول ۲

Table 2- Continued.

رقم Cultivar		شجره Pedigree	سال معرفی Released year	سال زراعی Growing season								
				۱۳۸۳		۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۲
				زرقان Zar[a].	ممسنی Mam.	ممسنی Mam.			زرقان Zar.			
میهن	Mihan	Bkt/90-Zhong87 (sister line with Pishgam)	۱۳۸۹	-	-	-	-	-	5R	5MR	30MR	30M
سیروان	Siravan	Prl/2*Pastor	۱۳۹۰	-	-	-	-	-	5R	40MS	0	30M
چمران ۲	Chamran 2	Attila50Y//Attila/Bacanora	۱۳۹۲	-	-	-	-	40MS	10MR	50MS	10MR	20MR
افق	Ophogh	F-gy54/Attila	۱۳۹۱	-	-	-	-	-	20MR	10MR	40MS	40MR
بهرنگ	Behrang	Zhong Zuo/2*Green-3	۱۳۸۸	-	-	-	-	-	5MR	10MR	30MR	40MR
یاواروس	Yavarros	Maya"s"/Nac	۱۳۷۵	-	-	-	-	-	30MR	20MS	5MR	30M
شبرنگ	Shabrang	SORA/2*PLATA12,CD96587-G-1M-030Y-040PAP-040YRL-4H-1Y-0B	۱۳۹۳						5MR	10MR	10MR	20MR
بولانی	Bolani	-		80S	90S	100S	100S	100S	100S	100S	100S	100S

[a]:Zar.= Zarghan and Mam. = Mammassani

[b]: نتایجی که قبل از معرفی برخی از ارقام ارائه شده است، مربوط به سال‌هایی است که رقم به‌صورت لاین امیدبخش یا لاین در دست معرفی بوده است، - : رقم یا لاین امیدبخش برای کشت در دسترس نبود،

محیطی مناسب نسبت داده شده است. در این ارتباط شکسته شدن مقاومت ارقامی نظیر چمران و شیرودی در ایران با توصیف فوق مطابقت دارد.

تجربیات سال‌های گذشته نشان می‌دهد که تکیه بر مقاومت‌های تک ژنی از نوع اختصاصی نژاد بدون مشخص نمودن ساختار ژنتیکی ارقامی از گندم که برای معرفی آماده می‌شوند، روش مناسبی برای کنترل بیماری زنگ زرد نمی‌باشد. لذا برنامه‌های اصلاحی این محصول را باید به‌گونه‌ای طراحی کرد که اولاً در ارقام تولیدی علاوه بر خصوصیات زراعی مطلوب، ترکیبی از دو یا سه ژن مقاومت مرحله گیاه کامل با اثرات افزایشی (additive effects) مقاومت وجود داشته باشد (McIntosh & Brown 1997, Ma & Sing, 1996, Sing & Rajaram 1994) و ثانیاً از وابستگی زیاد به ژن‌های مقاومتی نظیر *Yr27* که در ایران (Afshari 2008, Afshari *et al.* 2014, Zakeri 2007, Zakeri *et al.* 2014) و کشورهای همجوار از قبیل هندوستان، پاکستان، سوریه، یمن و ترکیه (McDonald *et al.* 2004, Singh *et a*l. 2004) مقاومت خود را از دست داده و بی‌اثرشده است اجتناب نمود. همچنین رعایت تنوع ژنتیکی، پهنه‌بندی و تعادل در سطح زیر کشت ارقام و به‌کارگیری اصول صحیح زراعی همراه با بررسی سالیانه تغییرات عامل بیماری می‌توانند در افزایش طول عمر ارقام نسبت به بیماری زنگ و ثبات تولید گندم نقش ارزنده‌ای ایفا نمایند (Johnson 1988, McIntosh & Brown 1997, Wellings & McIntosh 1990, Wellings *et al.* 2000). دست‌یابی به این هدف مستلزم داشتن تفکر و بینش صحیح در ایجاد مقاومت پایدار در ارقام گندم از بدو دورگ‌گیری‌ها تا انتهای مرحله تولید و معرفی رقم می‌باشد. اگر چه در سال‌های اخیر سطح زیر کشت ارقامی مانند استار، داراب ۲، فلات، شیراز، کویر، شهریار و بهار به دلیل حساسیت بالای آن‌ها نسبت به زنگ زرد در استان فارس بسیار محدود شده است ولی این موضوع در مورد رقم چمران به دلایل زیر متفاوت می‌باشد. این رقم علی‌رغم اینکه در سال‌های اخیر نسبت به زنگ زرد کاملاً حساس شده است به دلیل زود رسی و نیاز کمتر به آبیاری و امکان اجرای دو کشت در سال (گندم–ذرت) با استقبال زیادی از طرف کشاورزان مناطق معتدل، نیمه‌گرم تا گرم استان همراه می‌باشد. بر اساس نتایج تحقیقات حاضر، ارقام شیراز و بهار به‌ترتیب پنج و دو سال پس از معرفی با ظهور نژادهای جدیدی از زنگ زرد حساس شدند. ارقام گندم زارع، میهن، سیروان، چمران ۲، افق و ارقام دوروم بهرنگ و شبرنگ که اخیراً نام‌گذاری و معرفی شده‌اند و نیز گندم دوروم قدیمی‌تر یاواروس غالباً واکنش نیمه‌مقاومت تا حدواسط از خود نشان دادند. ارقام سیوند، پارسی، پیشگام، مرودشت و افلاک در گستره‌ای از عکس‌العمل نیمه‌مقاومت تا نیمه‌حساسیت قرار داشته‌اند. شدت بیماری در این ارقام بستگی به مساعد شدن شرایط جوی برای همه‌گیری بیماری و گستردگی کشت ارقام حساس یا نیمه حساس در منطقه داشته است. شایان ذکر است که به‌دلیل تغییرات زنگ زرد، گستردگی کشت ارقام حساس، و عدم رعایت اصول صحیح زراعی، ممکن است ارقام مورد کاشت نتوانند سطح قابل قبولی از مقاومت به زنگ زرد را بروز دهند. در چنین شرایطی ممکن است بتوان باانجام مبارزه شیمیایی روی چنین ارقامی اقدام به کنترل بیماری نمود. رقم پیشتاز بسته به نژاد زنگ زرد و شرایط جوی دارای واکنش نیمه حساسیت تا نیمه مقاومت و اخیراً واکنش مقاومت در مناطق مختلف فارس بوده است. رقم نیک نژاد نیز از بدو معرفی تا کنون در کلیه مناطق گندم‌کاری استان فارس و نیز در تحقیق حاضر به طور مداوم از واکنش مصونیت تا مقاومت برخوردار بوده است. از میان ارقام

فوق سه رقم زارع، میهن و پیشگام با توجه به واکنش نیمه مقاومت خود ممکن است در اقلیم سرد استان جایگزین-های مناسبی به جای ارقام حساس شده زرین، الوند، الموت و شهریار باشند. همچنین با توجه به خسارت‌های احتمالی زنگ زرد در سال‌های آتی، برنامه جایگزینی رقم چمران، شیرودی و سایر ارقام حساس با ارقام مقاوم و نیمه مقاوم از قبیل سیروان، پیشتاز، پارسی، مرودشت و افق و ارقام جدید معرفی شده نظیر بهاران و نارین و دوروم بهرنگ جهت مناطق معتدل و رقم سیروان و ارقام جدید معرفی شده نظیر مهرگان، نارین و شوش و نیز ارقام دوروم یاواروس و شبرنگ جهت مناطق نیمه گرم تا گرم استان، در صورت عدم تغییر مقاومتشان نسبت به زنگ زرد ضرورت اساسی دارد. رقم نیک‌نژاد علی‌رغم داشتن مقاومت بالا و طولانی مدت به زنگ زرد به دلیل داشتن صفات نامطلوب زراعی از قبیل ریزش دانه در هنگام برداشت، مورد استقبال کشاورزان قرار نگرفته است، با این وجود از مقاومت آن در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور تولید ارقام مقاوم جدید استفاده می‌شود. اگرچه مطالعه وراثت مقاومت به زنگ زرد در تعدادی از ارقام تجاری گندم نشان داده است که اکثر آن‌ها دارای یک الی دو ژن مقاومت که حداقل یکی از آن‌ها از نوع مقاومت گیاهچه‌ای می‌باشند (Afshari 2006, Afshari 2012, Zakeri *et al.* 2014)، با این وجود رعایت تنوع ژنتیکی ارقام در مناطق مختلف احتمال خطر ظهور پاتوتیپ‌های جدید زنگ زرد و شکسته شدن مقاومت ارقام را کاهش می‌دهد.

تغییرات در مقاومت برخی از ارقام تجاری حاکی از تغییر نژادهای زنگ زرد گندم با توجه به گستردگی کشت ارقام حساس در منطقه، شرایط جوی و محیطی مساعد برای ظهور و توسعه بیماری در بعضی از مناطق و برخی از سال‌ها در دهه اخیر بوده است. اگرچه نژادهای ذکرشده (جدول ۴) از زنگ زرد ممکن است در برگیرنده جمعیت و کلیه نژادهای زنگ زرد استان نباشند ولی نماینگر نژادهای غالب استان در دهه اخیر می‌باشند. علاوه بر متاثرشدن خزانه زنگ زرد از تلقیح مصنوعی در توسعه بیماری و شکل‌گیری همه‌گیری، احتمال داده می‌شود خزانه‌های مذکور در هر سال زراعی تحت تاثیر جمعیت (های) زنگ زرد مناطق اطراف نیز قرار گرفته باشند. به‌نظر می‌رسد یک الی دو جمعیت غالب از بیماری در هر سال زراعی ژن یا ژن‌های مقاومت مورد مطالعه را از حیث بیماری‌زایی یا عدم بیماری‌زایی تحت تاثیر قرار داده باشند.

عکس‌العمل ارقام گندم افتراقی و لاین‌های ایزوژنیک زنگ زرد گندم در خزانه‌های زنگ زرد زرقان و ممسنی طی سال‌های تحقیق در جدول ۳ منعکس شده است. در این ارتباط در میان ارقام افتراقی و لاین‌های ایزوژنیک در مرحله گیاه کامل در مزرعه غالباً برای ژنوتیپ‌هایی با ژن-های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr17*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* بیماری‌زایی وجود داشته است. در سال‌های اخیر با توجه به گستردگی کشت ارقام چمران و شیرودی در استان فارس که دارای ژن مقاومت *Yr27* هستند، بیشترین فراوانی بیماری‌زایی در مزارع گندم برای ارقام مذکور مشاهده شده است. حساسیت سایر ارقام تجاری گندم نسبت به زنگ زرد در استان فارس نیز نشان دهنده بروز نژادهای جدید و بیماری‌زا و نیز فراهم شدن عوامل جوی و محیطی می‌باشد. احتمال دارد ارقام مذکور دارای ژن یا ژن‌های مقاومتی در زمره ژن‌های مقاومت شناخته شده و یا توصیف نشده‌ای که تاکنون در دنیا گزارش شده است باشند که بیماری‌زایی برای آنها در فارس و سایر مناطق ایران در دهه اخیر ایجاد شده است.

آرایش بیماری‌زایی و غیربیماری‌زایی پاتوتیپ‌های زنگ زرد در جدول ۴ منعکس شده است. همانطور که مشاهده

جدول ۳- عکس العمل ارقام افتراقی و لاین‌های ایزوژنیک گندم نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاه کامل در خزانه‌های زنگ زرد ایستگاه-های تحقیقات کشاورزی زرقان و ممسنی استان فارس طی سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۸۳

Table 3. Responses of differential cultivars and near-isogenic lines of wheat to stripe rust at the adult plant stage in Zarghan and Mammassani stations of Fars province during 2004- 2013

شماره No.	رقم/ لاین Cultivar/line	ژن(های) مقاومت Resistance gene(s)	سال زراعی Growing season								
			۱۳۸۳		۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۲
			زرقان	ممسنی	ممسنی	زرقان					
1	Chinese	*Yr1*	R	0	0	0	0	70MS	10MR	70MS	90MS
2	Lee	*Yr7*	80S	90S	70S	80MSS	90S	80S	80S	70S	90S
3	Heines Kolben	*Yr2*	70S	80S	80S	80MS	100S	90S	80S	70S	100S
4	Vilmorin 23	*Yr3*	R	R	R	0	0	5R	5R	40M	10R
5	Moro	*Yr10*	10R	R	5R	0	5R	5R	5MR	5R	20MR
6	Strubs Dikkoff	*YrSD*	0	10R	0	30MS	5R	5R	5R	5R	5R
7	Suwon92/Omar	*YrSU*	0	10R	10R	80S	90S	20MR	40MS	80S	70S
8	Clement	*Yr2,Yr9+*	R	R	R	30MS	0	30MR	5MR	0	10R
9	Hybrid 46	*Yr4*	0	0	30R	0	0	10R	0	10R	10R
10	Reichersberg 42	*Yr7, +*	10MR	20MR	10MR	30MS	5R	50MR	5R	5R	10R
11	Heines Peko	*Yr2, Yr6, +*	-	-	-	60MS	20MR	60MR	50MR	20MR	10MR
12	Nord Desprez	*YrND*	-	-	-	20R	10R	5MR	5R	10MR	10R
13	Compair	*Yr8*	0	0	0	40MR	10R	5R	5R	10R	30MR
14	Carstens V	*YrCV*	R	R	R	0	0	5R	5R	0	5R
15	Spalding Prolific	*YrSP*	0	0	0	0	0	0	5R	5R	5R
16	Heines VII	*Yr2,+*	-	-	-	20R	5R	30MR	30MR	5R	10R
17	Federation*4/Kavkaz	*Yr9*	90S	80S	90S	100S	90S	90S	100S	70S	100S
18	Federation	Non	90S	80S	100S	100S	90S	90S	100S	80S	100S
19	Anza	*YrA,Yr18*	50MS	60MS	60M	60MS	60MS	70M	-	-	-
20	Avocet R	*Yr A*	80S	90S	80S	100S	100S	100S	90S	100S	100S
21	Avocet S	Non	80S	80S	90S	100S	100S	100S	100S	100S	100S
22	Kalyansona	*Yr2*	60S	50S	70S	100S	70S	90S	80S	70S	60MS
23	*Triticum spelta* Var. *alba*	*Yr5*	0	0	0	10R	0	5R	0	0	10R
24	Trident	*Yr17*	-	-	-	100S	-	-	30MR	40MS	40MS
25	Jupateco 73 R	*Yr 18*	60MS	50M	50MS	80MS	-	-	30MR	30MS	60MS
26	Jupateco 73 S	Non	80S	80S	70S	100S	-	-	60S	70S	90S
27	Meering + *Yr24*	*Yr24*	10R	20R	30R	30R	100S	5MR	-	-	-
28	Hugenoot	*Yr25*	-	-	-	-	-	-	80S	10MR	80MSS
29	Selkirk	*Yr27*	-	-	-	-	-	-	30MR	70S	100S
30	*Yr1*/6*Avocet S	*Yr1*	0	0	0	0	0	0	20MS	0-40MS	30MSS
31	*Yr6*/6*Avocet S	*Yr6*	100S	80S	70S	60S	100S	90S	100S	90S	100S
32	*Yr5*/6*Avocet S	*Yr5*	20R	R	R	R	0	5R	0	20R	0
33	*Yr7*/6*Avocet S	*Yr7*	90S	90S	90S	60S	100S	90S	100S	100S	100S
34	*Yr8*/6*Avocet S	*Yr8*	10R	10MR	0	30MR	20MR	20MR	50MR	60MR	5MR
35	*Yr9*/6*Avocet S	*Yr9*	90S	90S	90S	100S	100S	90S	100S	100S	100S
36	*Yr10*/6*Avocet S	*Yr10*	0	0	0	0	0	5R	0	0	0
37	*Yr11*/6*Avocet S	*Yr11*	-	-	-	100S	80MS	60M	-	-	-
38	*Yr15*/6*Avocet S	*Yr15*	0	0	30R	0	0	0	0	0	0
39	*Yr17*/6*Avocet S	*Yr 17*	10MR	20MR	0	100S	20MR	50S	70S	90S	100S
40	*Yr18*/6*Avocet S	*Yr18*	70MS	50MS	70MS	60MS	40M	30MR	80MS	70MS	80MS
41	*Yr24*/6*Avocet S	*Yr24*	-	-	-	-	-	-	40MR	20MR	60MR
42	*Yr26*/6*Avocet S	*Yr26*	-	-	-	-	-	-	60MS	80S	70MS
43	*Yr27*/6*Avocet S	*Yr27*	-	-	-	-	-	-	60MS	90S	100S
44	*Yr32*/6*Avocet S	*Yr32*	-	-	-	-	-	-	30MR	5R	20MR
45	*YrSK*/6*Avocet S	*Yr27*	70S	100S	80S	100MSS	100S	60S	-	-	-
46	*YrSP*/6*Avocet S	*YrSP*	-	-	-	0	0	30MR	0	0	0
47	Bolani	None	100S	100S	100S	100S	100S	100S	100S	100S	100S

آلودگی زنگ زرد با تیپ حساس و شدت آلودگی بیش از 50S روی برگ پرچم ملاک بیماری‌زایی محسوب شده است و کمتر از 50S و کلیه تیپ‌های آلودگی دیگر (0, R, MR, M, MS) ملاک غیر بیماری‌زایی می‌باشد.

- : بذور لاین یا رقم افتراقی جهت کاشت در دسترس نبود. None : فاقد ژن مقاومت به زنگ زرد گندم می‌باشد.

تذکر: در سال‌های زراعی ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۱ به‌دلیل شرایط جوی و محیطی نامساعد، بیماری در زرقان مشاهده نگردید.

جدول ٤- آرایش بیماری‌زایی و غیر بیماری‌زایی پاتوتیپ (های) زنگ زرد روی ژن‌های مقاومت ارقام افتراقی گندم در مرحله گیاه کامل در مزرعه به استناد جدول ۳ طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۳

Table 4- Virulence and avirulence patterns of wheat yellow rust pathotypes on resistance gene (s) of wheat differential lines/cultivars at the adult plant stage correspond to Table 3 during 2004- 2013

سال و منطقه Year and location		پاتوتیپ (ها) Pathotype (s)	ژن‌های مقاومت Resistance genes	
			وجود بیماری‌زایی Virulence	عدم بیماری‌زایی Avirulence
زرقان ۱۳۸۳	Zar*. 2004	4E4A+, 166E138A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr27, YrA,*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, Yr5, Yr17,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
ممسنی ۱۳۸۳	Mam. 2004	166E138A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, , Yr27, YrA,*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, Yr5, Yr17,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۸۴	Zar. 2005	166E138A+, 6E6A+	NO	NO
ممسنی ۱۳۸۴	Mam. 2005	166E138A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr27, YrA*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, Yr5, Yr17,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۸۵	Zar. 2006	166E138A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17, Yr27, YrA, YrSU*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, YR5,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۸۶	Zar. 2007	38E10A+, 166E6A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr24, Yr27, YrA, YrSU*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, Yr5, Yr17,Yr18, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۸۷	Zar. 2008	-	NO	NO
زرقان ۱۳۸۸	Zar. 2009	134E22A+, 6E130A+	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17, Yr27, YrA*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, Yr5,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۸۹	Zar. 2010	66E0A+, *Yr27*	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17, Yr25, YrA*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, YR5,Yr18, Yr24, Yr25, Yr26, Yr27, Yr32*
زرقان ۱۳۹۰	Zar. 2011	166E150A+ 134E158A+, *Yr27*	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17,Yr26, Yr27,YrSU, YrA*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, YR5,Yr18, Yr24, Yr25, Yr32*
زرقان ۱۳۹۱	Zar. 2012	-	NO	NO
زرقان ۱۳۹۲	Zar. 2013	6E174A+, *Yr27*	*Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17,Yr25, Yr27,YrSU, YrA*	*Yr1, Yr3, Yr10, Yr15, YrSD, YrSU, Yr4, YrND, Yr8, YrCV, YrSP, YR5,Yr18. Yr24, Yr26, Yr32*

NO: به دلیل خشکسالی و فراهم نشدن شرایط جوی و محیطی مسائد، بیماری مشاهده نشد.

-: به‌دلیل عدم مشاهده بیماری در مزارع منطقه، پاتوتیپ زنگ زرد حاصل نگردید.

لازم به تذکر است که برای ترکیبات ژن‌های مقاومت شامل (*YrA,+Yr18*)، (*Yr2,+*)، (*Yr2,+ Yr6, +*)، (*Yr7, +*) و (*Yr2,+ Yr9,+*) طی سال-های آزمایش بیماری‌زایی مشاهده نشد.

*: Zar.= Zarghan, Mam.= Mammassani

می‌شود در سه سال متوالی ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ پاتوتیپ غالب و قدرتمند یکسانی وجود داشته است، ولی پس از آن تغییراتی در فرمول بیماری‌زایی و غیر بیماری‌زایی پاتوتیپ‌های زنگ زرد در استان فارس مشاهده می‌شود.

محققین ایجاد و ظهور نژادهای قوی، مهاجم و جدید زنگ زرد را ناشی از مکانیزم‌های موتاسیون، نوترکیبی غیر جنسی و مهاجرت دانسته‌اند (Chen 2005, McIntosh *et al.* 1995, Sharma-Poudyal *et al.* 2013). البته مساعد شدن شرایط جوی و محیطی، عدم اجرای اصول صحیح زراعی (از قبیل تاریخ کاشت نامناسب، افراط در آبیاری، تراکم زیاد بذر و افراط در مصرف کودهای ازته)، گستردگی و وسعت کشت ارقام حساس در یک منطقه وسیع وعدم اجرای پهنه‌بندی و تنوع ژنتیکی ارقام در مناطق مختلف می‌توانند کمک شایانی در شکل‌گیری، استقرار سریع و غالب شدن نژادهای قوی و مهاجم در یک منطقه وسیع گندم‌کاری ایفا نمایند. با توصیف فوق شکسته شدن مقاومت ارقام تجاری گندم نسبت به زنگ زرد به‌خصوص آنهایی که دارای مقاومت‌های اختصاصی نژاد می‌باشند، به دلایل فوق در کشور ایران میسر گشته که متعاقب آن خسارت قابل توجه اقتصادی به محصول گندم در مناطق مختلف می‌باشد.

گرچه تفاوت‌هایی در گستره بیماری‌زایی و غیربیماری‌زایی پاتوتیپ‌های زنگ زرد در طول تحقیقات حاضر مشاهده می‌شود، با این وجود بنظر می‌رسد همگی دارای وجوه مشترکی از نظر قدرت بیماری‌زایی و غیر بیماری‌زایی روی ژن‌های مقاومت مورد مطالعه باشند. با در نظر گرفتن نتایج منعکس شده در جداول ۳ و۴ اگرچه بیماری‌زایی برای ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای از قبیل *Yr3*، *Yr4*، *Yr5*، *Yr8*، *Yr10*، *Yr15*، *YrCV* (*Yr32*)، *YrSP*، *YrND* و *YrSD* طی سال‌های تحقیق مشاهده نشد اما تا کنون در برنامه‌های اصلاحی از ژن‌های مقاومت مذکور به منظور انتقال به ارقام تجاری استفاده نشده است. به‌کارگیری برخی از این ژن‌ها در ترکیب با سایر ژن‌های مقاومت موثر به زنگ زرد در برنامه‌های اصلاحی گندم مثمر ثمر می‌باشد. همچنین برای ترکیبات ژنی مقاومت شامل (*YrA,+Y*)، (*r18+Yr2,+*)، (*Yr2,+ Yr6, +*)، (*Yr7, +*) و (*Yr2,+ Yr9,+*) طی سال‌های آزمایش، بیماری‌زایی مشاهده نشد، در صورتیکه به استثناء ژن مقاومت *Yr18* برای سایر ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9* و *YrA* در حالت غیر ترکیب و منفرد در کلیه سال‌های آزمایش بیماری‌زایی وجود داشت. به‌نظر می‌رسد ژن یا ژن‌های مقاومت موثری در ترکیبات فوق وجود دارد که سبب القاء مقامت در آنها به زنگ زرد شده باشد. استفاده از نشانگرهای ملکولی برای ردیابی و انتقال ترکیبات ژنی مذکور به ارقام تجاری نیز حائز اهمیت می‌باشد. اگرچه بیماریزایی برای ژن‌های مقاومتی نظیر *Yr24* و *Yr26* در برخی از سال‌های تحقیق مشاهده نشد، با این وجود به‌دلیل عدم پایداری آنها نسبت به زنگ زرد، به‌کارگیری آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی قابل توصیه نمی‌باشد. متاسفانه ژن مقاومت *Yr1* که از گذشته و در تحقیق حاضر همواره واکنش مقاومت در خزانه زنگ زرد از خود نشان می‌داد، در یادداشت‌برداری‌های سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در خزانه زنگ زرد ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان دارای واکنش نیمه‌حساسیت تا حساسیت بود (مشاهدات مزرعه‌ای نگارنده اول). با توجه به این رویداد، کاربرد ژن مقاومت مذکور در برنامه‌های به‌نژادی فاقد ارزش می‌باشد. استفاده از ژن مقاومت مرحله گیاه کامل *Yr18* به‌صورت منفرد در یک رقم با توجه به داشتن واکنش نیمه‌حساسیت و فقدان مقاومت قابل قبول تجاری آن، قابل توصیه در ایران نمی‌باشد ولی به دلیل پایداری آن در خیلی از مناطق دنیا، ترکیب آن با سایر ژن‌های مقاومت موثر به زنگ زرد ارزشمند بوده و سبب افزایش مقاومت ارقام گندم به زنگ زرد می‌گردد (McIntosh & Brown 1997, Sing & Rajaram 1992, 1994, Rajaram *et al.* 1996, Zakeri 2002). همچنین استفاده از سایر ژن‌های

مقاومت مرحله گیاه کامل نظیر *Yr29*، *Yr30*، *Yr34*، *Yr36*، *Yr46* و *Yr54* در حالت ترکیب با ژن‌های مقاومت موثری که برای آنها بیماری‌زایی پیدا نشده است، سبب افزایش مقاومت و پایداری آن به زنگ زرد می‌شود (Chen 2005, Lan *et al.* 2014). بدون شک جستجوی دائمی در یافتن ژن‌های مقاومت جدید مرحله گیاه کامل و استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی با هدف تقویت منابع ژنتیکی مقاومت و افزایش تنوع ژنتیکی نسبت به زنگ زرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Johnson 1992, McIntosh & Brown 1997, Rajaram *et al.* 1988, 1996).

علی‌رغم حساس شدن تعداد قابل توجهی از ارقام گندم در استان فارس به زنگ زرد و نیز با وجود اینکه پاتوتیپ-های جدید و قوی آن می‌توانند برخی از ارقام گندم را در سال‌های آتی مورد تهدید قرار دهند و همه ساله در قسمتی از مزارع استان شیوع یافته و منجر به خسارت اقتصادی شوند، با این وجود رعایت عواملی از قبیل لزوم اجرای پهنه‌بندی و استفاده از تنوع ژنتیکی ارقام مقاوم ومتحمل در مناطق مختلف، ارتقاء مدیریت مزرعه، رعایت اصول صحیح زراعی (تراکم مناسب بوته در واحد سطح، خودداری از مصرف بیش از حد مورد لزوم کودهای ازته و خودداری از آبیاری بیش از حد نیاز گیاه)، تقویت شبکهٔ‌مراقبت به‌منظور پیش‌آگاهی موثر و ارائه توصیه‌های فنی و ضروری به کشاورزان و در صورت لزوم مبارزه شیمیایی به موقع با قارچ‌کش‌های مؤثر همراه با ارتقاء کیفیت سمپاشی‌ها می‌توانند تأثیر بسزایی در روند افزایش و ثبات تولید گندم در استان فارس داشته باشند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات و همکاری‌های ارزنده آقایان محمد جواد مینو، عبدالرضا قشقایی، نگهدار وزیری علمدارلو و شکراله دهشور در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس و خانم‌ها زهره بیات و معصومه طلایی در واحد پاتولوژی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Afshari F. 2006. Inheritance of resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in some cultivars and promising lines of wheat. Seed and Plant 22: 489-501. (in Farsi with English Summary).

Afshari F. 2008. Prevalent pathtypes of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 67-78.

Afshari F. 2012. Inheritance of resistance to stripe rust in a group of advanced wheat lines. Final report of research project. Seed and Plant Improvement Institute. 8 p. (in Farsi with English Summary).

Afshari F., Torabi M. and Malihipour A. 2003. Appearance of a new race of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Iran. Seed and Plant 19: 543-546. (in Farsi with English Summary).

Afshari F., Zakeri A., Dehghan M. A., Chaichi M., Hoshiar R., Saffavi S. A., Hassanpour Hosni M., Dalvand M., Ebrahimnejad S., Atta Hossaini M., Shabazi K., Ahmadi G. and Nabati A. 2012. Virulence survey of *Puccinia striiformis*, the causal agent of wheat yellow rust by trap nursery during 2010-2012. Final report of research project. Seed and Plant Improvement Institute. 12 p. (in Farsi with English Summary).

Afshari F., Nazari k., Aghaei M., Najafian G., Esmaeilzadeh M., Yazdansepas A., Khodarahmei M., Amini A., Roohparvar R., Hashamei M. and Malihipour A. 2014. The wheat stripe rust pathogen in Iran and achievement of resistant wheat cultivars over the last 10 years. p. 5. In: Proceedings of the Second International Wheat Stripe Rust Symposium, Izmir, Turkey. (Abs.).

Bahri B., Shah S. J. A., Hussain S., Leconte M., Enjalbert J. and de Val- lavieille-Pope C. 2011. Genetic diversity of the wheat yellow rust population in Pakistan and its relationship with host resistance. Plant Pathology 60: 649-660.

Chen X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 27: 314-337.

Chen X. M., Milus E. A., Long D. L. and Jackson L. F. 2004. Impact of wheat stripe rust and races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States. pp. 22-27. In: Proceedings of the Eleventh International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. European and Mediterranean Cereal Rust Foundation, Wageningen, The Netherlands.

Chen S. S., Chen G. Y., Yang C., Wei Y. M., Wu W. X., He Y. J., Liu Y. X., Li W., Pu Z. E., Lan X. J. and Zheng Y. L. 2013. Identification and mapping of a stripe rust resistance gene in spring wheat germplasm HRMSN-81 from CIMMYT. Crop and Pasture Science 64: 1-8.

Dyck P. L. and Kerber E. R. 1985. Resistance of the race-specific. pp. 469-500. In: A. P. Roelfs and W. R. Bushnell, (Eds.), The Cereal Rusts. Vol. 2, Diseases, Distribution, Epidemiology and Control. Academic Press, Orlando, Florida.

Ezzahiri B., Yahyaovi A. and Hovmøller M. 2009. An analysis of the 2009 epidemic of yellow rust on wheat in Morocco. pp. 267-272. In: Proceedings of the Forth Regional Yellow Rust Conference in the Central and West Asia and North Africa (CWANA) Region. Antalya, Turkey.

Jalal Kamali M. R., Najafi Mirak T. and Asadi H. 2012. Wheat: Research and Development Strategies in Iran. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. 227 p.

Johnson R. 1988. Durable resistance to yellow (stripe) rust in wheat and its implications in plant breeding. pp. 63-75. In: N. W. Simmonds and S. Rajaram (Eds.), Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat. CIMMYT, Mexico. 154 p.

Johnson R. 1992. Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance, with examples from wheat. Euphytica 63: 3-22.

Johnson R., Stubbs R., Fuchs E. and Chamberlain N. 1972. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. Transaction British Mycological Society 58: 475-480.

Lan C., Rosewarne G. M., Singh R. P., Herrer-Foessel S. A., Huerta-Espino J., Basnet B. R., Zhang Y. and Yang E. 2014. QTL characterization of resistance to leaf rust and stripe rust in the spring wheat line Francolin 1. Molecular Breeding 34(3): 789-803.

Ma H. and Singh R. P. 1996. Contribution of adult plant resistance genes *Yr18* in protecting wheat from yellow rust. Plant Disease 81: 66-69.

McDonald B., McIntosh R. A., Wellings C. R., Singh R. P. and Nelson J. C. 2004. Cytogenetical studies in wheat XIX. Location and linkage studies on gene *Yr27* for resistance to stripe (yellow) rust. Euphytica 136: 239–248.

McIntosh R. A. 1992. Pre-emptive breeding to control wheat rusts. Euphytica 63: 103-113.

McIntosh R. A. and Watson I. A. 1982. Genetics of host-pathogen interactions in rusts. pp. 121-149. In: K. J. Scott and A. K. Chakraborty (Eds.), The Rust Fungi, Academic Press, London.

McIntosh R. A. and Brown G. N. 1997. Anticipatory breeding for resistance to rust diseases in wheat. Annual Review of Phytopathology 35: 311-326.

McIntosh R. A., Wellings C. R. and Park R. F. 1995. Wheat Rusts: An Atlas of Resistance Genes. CSIRO Publication, Victoria, Australia. 200 p.

McIntosh R. A., Dubcovsk J., Rogres W. J., Morris C., Appels R. and Xiax C. 2010. Catalogue of gene symbols for wheat. Annual Wheat Newsletter 56: 273-282.

McIntosh R. A., Dubcovsk J., Rogres W. J., Morris C., Appels R. and Xiax C. 2013. Catalogue of gene symbols for wheat. http://www.maswheat.ucdavis/edu/CGSW/ 2013-2014 supplement.

Morgounov A., Braun H. J., Ketata H. and Paroda R. 2005. International cooperation for winter wheat improvement in central Asia: results and perspectives. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 137-142.

Nikzad A. R., Dastfal M. and Sarikhani Khorrami S. 2014. Suitable Cultivars and Lines of Bread Wheat, Durum Wheat, Barley and Triticale for Cultivation in Fars Province. Technical Bulletin. Seed and Plant Improvement

Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Iran. 53 p. (in Farsi).
Park R. F. and Wellings C. R. 1992. Pathogenic specialization of wheat rusts in Australia and New Zealand in 1988 and 1989. Australasian Plant Pathology 21: 61-69.
Parlevliet J. E. 1985. Resistance of the non-race-specific type. pp. 501-525. In: A. P. Roelfs and W. R. Bushnell (Eds.), The Cereal Rusts, Vol. 2. Disease, Distribution, Epidemiology and Control. Academic Press: Orlando, New York, London.
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 Research Section C 26: 496-500.
Rajaram S., Singh R. P. and Torres E. 1988. Current CIMMYT approaches in breeding wheat for Rust Resistance. pp. 101-118. In: N.W. Simmonds and S. Rajaram (Eds.), Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat. CIMMYT, Mexico. 154 p.
Rajaram S., Singh R. P. and Van Ginkel M. 1996. Approaches to breed wheat for wide adaptation, rust resistance and drought. pp. 2-30. In: Proceedings of the Eight Assembly Wheat Breeding Society of Australia. The Australian National University, Canberra, ACT. 422 p.
Roelfs A. P., Singh R. P. and Saari E. E. 1992. Rust Disease of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT Mexico. 81 p.
Saari E. E. and Perscott J. M. 1985. World distribution in relation to economic losses. pp. 259-298. In: A. P. Roelfs and W. R. Bushnell (Eds.), The Cereal Rusts, Vol. 2. Academic Press, Orlando, Florida, USA.
Singh R. P. and Rajaram S. 1992. Genetics of adult-plant resistance of leaf rust in 'Frontana' and three CIMMYT wheats. Genome 35: 24-31.
Singh R. P. and Rajaram S. 1994. Genetics of adult- plant resistance to stripe rust in ten bread wheats. Euphytica 72:1-7.
Singh R. P., William H. M., Huerta-Espino J. and Rosewarne G. 2004. Wheat rust in Asia: meeting the challenges with old and new technologies. New Directions for a Diverse Planet. pp. 590-790. In: Proceedings of the Forth International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.
Sharma-Poudyal D., Chen X. M., Wan A. M., Zhan G. M., Kang Z. S., Cao S. Q., Jin S. L., Morgounov A., Akin B., Mert Z., Shah S. J. A., Bux H., Ashraf M., Sharma R. C., Madariaga R., Puri K. D., Wellings C. R., Xi K. Q., Wanyera R., Manninger K., Ganzalez M. I., Koyda M., Sanin S. and Patzek L. J. 2013. Virulence characterization of international collections of the wheat stripe rust pathogen, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Plant Disease 97:379-386.
Stubbs R.W. 1985. Stripe Rust. pp. 61-101. In: A.P. Roelfs and W. R. Bushnell (Eds.), The Cereal Rusts. Vol. 2. Academic Press, Orlando, Florida, USA.
Sui X. X., Wang M. N. and Chen X. M. 2009. Molecular mapping of a stripe rust resistance gene in spring wheat cultivar Zak. Phytopathology 99:1209-1215.
Torabi M., Mardoukhi V., Nazari K., Afshari F., Forootan A. R., Ramai M.A., Golzar H. and Kashani A.S. 1995. Effectiveness of wheat yellow rust resistance genes in different parts of Iran. Cereal Rust and Powdery Mildews Bulletin 23: 9-22.
Wan A. M., Zhao Z.H., Chen X. M., He Z. H., Jin S. L., Jia Q. Z., Yao G., Yang J. X., Wang B. T., Li G. B., Bi Y. Q. and Yuan Z. Y. 2004. Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China in 2002. Plant Disease 88: 896- 904.
Wellings C. R. 2007. *Puccinia striiformis* in Australia: A review of the incursion, evolution and adaptation of stripe rust in the period 1979-2006. Australian Journal of Agricultural Research 58: 567-575.
Wellings C. R., 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. Euphytica 179: 129-141.
Wellings C. R. and McIntosh R. A. 1990. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Australia: pathogenic changes during the first 10 years. Plant Pathology 39: 316-325.
Wellings C. R., Singh R. P., McIntosh R. A. and Yahyaoui A. 2000. The assessment and significance of pathogenic variability in *Puccinia striiformis* in breeding for resistance to stripe (yellow) rust: Australian and international studies. pp. 134-143. In: Proceedings of the Eleventh Regional Wheat Workshop for Eastern, Central and Southern Africa. Addis Ababa, Ethiopia.
Wellings C. R., Singh R. P., Yahyaoui A., Nazari K. and McIntosh R. A. 2009. The development and application

of near-isogenic lines for monitoring cereal rust pathogens. pp. 77-87. In: R. A. McIntosh (Ed.), Borlaug Global Rust Initiative. Technical workshop. Obregon, Sonora, Mexico.

Zakeri A. 2002. Genetic Analyses of Rust Resistance in Wheat. PhD. Thesis, the University of Sydney, Plant Breeding Institute, Cobbitty, NSW, Australia. 220 p.

Zakeri A. 2007. Resistance Evaluation of some of the current commercial wheat cultivars to stripe and leaf rusts in several areas of Fars province. Final Report of Research Project. Fars Agricultural and Natural Resources Research Center. 35 pp. (in Farsi with English Summary).

Zakeri A., Afshari F., Rajaee S., Yassaie M., Nikzad A. R. and Hassani F. 2014. Inheritance of resistance to stripe rust in several commercial cultivars and selected elite genotypes of wheat from Fars province. Iranian Journal of Plant Pathology 50: 163-174. (in Farsi with English Summary).