دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
سال سوم/ شماره سوم/ ۱۳۹۲ (۲۰۹-۱۹۷)

مقاومت غیر اختصاص- نژادی در تعدادی از لاین‌های امید بخش گندم نسبت به بیماری زنگ زرد

صفرعلی صفوی[1*] و جاوید محمدزاده[2]

۱ و ۲- به ترتیب استادیار پژوهش و محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۶)

چکیده

بیماری زنگ زرد گندم با عامل *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici*، یکی از خسارت‌زاترین بیماری‌های گندم در ایران به شمار می‌رود. مقاومت میزبانی به ویژه مقاومت غیر اختصاص– نژادی (Race- nonspecific)، اقتصادی‌ترین روش مدیریت زنگ زرد است. اگرچه طول عمر ژن‌های مقاومت اختصاص– نژادی (Race-specific) با ترکیب ژن‌های مقاومت موثر می‌تواند طولانی شود. روش جایگزین، به‌کارگیری ارقامی است که دارای مقاومت غیراختصاص- نژادی بر اساس ترکیب ژن‌های دارای مقاومت تدریجی (Slow rusting) و یا کوچک اثر است. به منظور ارزیابی مقاومت غیراختصاص- نژادی در این پژوهش، واکنش گیاهچه‌ها و گیاهان کامل ۲۲ لاین امید بخش گندم همراه با شاهد حساس ارزیابی شدند. واکنش گیاهچه‌ای در شرایط گلخانه‌ای با استفاده از نژاد 6E150A+,Yr27 و واکنش گیاه کامل با اندازه‌گیری شدت نهایی بیماری (FRS) و ضریب آلودگی (CI) تحت شرایط آلودگی طبیعی با دو بار آلودگی مصنوعی ارزیابی شد. آلودگی مصنوعی با مایه‌زنی اینوکلوم زنگ زرد که دارای ویرولانس روی ژن‌های *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* بود، انجام شد. آزمایش مزرعه‌ای بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که لاین‌های S-90-1، S-90-14، S-90-16، S-90-17، S-90-20، S-90-21 و S-90-22 همراه با شاهد حساس بیشترین مقدار FRS و CI را داشتند. لاین‌های S-90-2، S-90-3، S-90-4، S-90-9، S-90-11، S-90-13 و S-90-18 در مرحله گیاهچه‌ای حساس و در مرحله گیاه کامل مقادیر پایین FRS و CI را نشان دادند. بنابراین، این لاین‌ها بر اساس نتایج این پژوهش و اطلاعات شجره‌ای آن‌ها، دارای درجات متفاوتی از مقاومت تدریجی (مقاومت غیر اختصاص- نژادی یا پایدار) بودند. بقیه لاین‌ها که در مرحله گیاه کامل و گیاهچه‌ای مقادیر پایین آلودگی را نشان دادند، به عنوان لاین‌های نیمه مقاوم یا مقاوم انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: پوکسینیا استریفورمیس، گندم، مقاومت پایدار، مقاومت تدریجی، مقاومت غیر اختصاص- نژادی

[*] نویسنده مسئول: safaralisafavi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

زنگ زرد گندم با عامل بیماری‌زایی قارچ *Puccinia striiformis* Westend. f.sp. *tritici* Eriksson یکی از بیماری‌های مهم گندم در سراسر جهان به شمار می‌رود (Line, 2002). اهمیت زنگ زرد به دلیل توانایی پاتوژن در جهش و مکانیسم مهاجرت آسان آن در مسافت‌های طولانی به دلیل هوازاد بودن است (Singh *et al.*, 2005). در بیشتر نواحی گندم خیز دنیا کاهش عملکرد ناشی از زنگ زرد بین ۱۰ الی ۷۰ درصد تخمین زده می‌شود (Chen, 2005). این بیماری در کشورهای آسیای مرکزی از اواخر ۱۹۹۰ و اوایل ۲۰۰۰ بیماری غالب محسوب می‌شود و در سال ۲۰۰۰-۱۹۹۹ باعث کاهش ۲۰ الی ۴۰ درصد محصول گندم شد (Morgonov *et al.*, 2004). در صورت ظهور زودهنگام بیماری و ادامه آن در طی فصل رشد و به شرط کشت ارقام حساس می‌تواند تا ۱۰۰ درصد نیز خسارت بزند (Afzal *et al.*, 2007). در ترکیه در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۸ خسارت این بیماری روی رقم Gerek 79 به ترتیب ۲۶/۵ و ۵۰ درصد برآورده شده است (Braun and Sarri, 1992). در کشور سوریه نیز در طی ۱۰ سال گذشته همه گیری‌های متعدد زنگ زرد گزارش شده است که شدیدترین آن مربوط به سال ۱۹۹۸ بوده است. این بیماری در سال ۱۹۹۴، ۳۰ درصد کل محصول این کشور را که عمدتاً با کشت ارقام Seri 82 و Mexipak تأمین می‌شد، از بین برد (Mamluk *et al.*, 1989; Mamluk and El-Naimi, 1992). ارزش کنترل بیماری زنگ زرد گندم در کشور استرالیا نیز حدود ۱۳۹ میلیون دلار استرالیا تخمین زده شده است (Brennan and Murray, 1988). در طی دهه‌های گذشته چندین اپیدمی از بیماری در بیشتر نواحی گندم خیز ایران نیز گزارش شده است که به عنوان مثال در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۵ به ترتیب باعث کاهش عملکرد ۱/۵ و ۱ میلیون تن از محصول گندم شد (Torabi *et al.*, 1995).

تا قبل از سال ۲۰۱۰، مطالعات زیادی برای شناسائی میزبان واسط در چرخه زندگی زنگ زرد انجام شده بود و در هیچ‌کدام از این مطالعات میزبان واسطی برای زنگ زرد شناسائی نشد تا اینکه جین و همکاران (Jin *et al.*, 2010) برای اولین بار بیان کردند چرخه جنسی قارچ *P. striiformis* بر روی گیاه زرشک اتفاق می‌افتد و این گیاه نقش اساسی در تولید ترکیبات جدید بیماری‌زایی این قارچ دارد.

امروزه کنترل بیماری زنگ زرد با قارچ کش‌های جدید و موثری مانند تیلت (Tilt)، کوادریس (Quadris)، استراتقو (Stratego)، هدلاین (Headline) و کویلت (Quilt) امکان پذیر شده است (Chen, 2005). با وجود این، کشت ارقام مقاوم موثرترین، اقتصادی‌ترین و از لحاظ محیطی سالم‌ترین روش کنترل بیماری است (Line and Chen 1995). دو نوع مقاومت کمی و کیفی در چندین پاتوسیستم زنگ- غلات گزارش شده است (Sandoval-Islas *et al.*, 2007). بکارگیری ژن‌های مقاومت کیفی (اختصاص- نژادی) کنترل موثر و کاملی در برابر بیماری فراهم می‌کند (Shah et al., 2010). اما این نوع مقاومت که به تشخیص اختصاصی بین فراورده ژن مقاومت میزبان (*R*) و فراورده ژن غیر بیماریزائی پاتوژن (*Avr*) بستگی دارد، از تئوری ژن برای ژن (Flor, 1956) پیروی می‌کند. این نوع مقاومت پایدار نبوده و به زودی شکسته می‌شود (Boyd, 2005). برخلاف مقاومت کیفی، مقاومت کمی (غیر اختصاص- نژادی) اساس چند ژنی داشته و اغلب به عنوان مقاومت تدریجی و یا مقاومت نسبی تعریف شده (Parlevliet, 1979) و مقاومت پایداری است (Herrera-Fossel *et al.*, 2007).

تقریباً ۵۳ ژن مقاومت *Yr* برای مقاومت به زنگ زرد گندم شناسائی و بکار گرفته شده‌اند (de Vallavieille-Pope *et al.* 2012). با وجود این، بیشتر این ژن‌ها اختصاص- نژادی بوده و در کنترل جمعیت‌های پاتوژن در نتیجه ظهور نژادهای جدید غیر موثر خواهند شد. میانگین طول عمر ژن‌های مقاومت اختصاص نژادی در سطح جهانی ۵ سال برآورد می‌شود (Kilpatric, 1975). برای مثال، ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr3*، *Yr4*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9* و *YrA* به طور وسیعی در برنامه‌های به نژادی سیمیت (CIMMYT) بکار گرفته شده‌اند (Badebo *et al.*, 1990). اما، هیچ یک از این ژن‌ها در سطح جهانی موثر نیستند (Broers et al., 1996; Sharma-Poudyal *et al.*, 2013). دو نوع از مقاومت کمی، یعنی مقاومت تدریجی و مقاومت گیاه کامل در درجه حرارت بالا (High Temperature Adult Plant = HTAP) به طور وسیعی

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی شده‌اند (Line, 2002). در بسیاری از پاتوسیستم-های زنگ-غلات، مفاهیم کمی مقاومت ارقام تشریح شده و مقادیر آن در مرحله گیاه کامل با اندازه گیری شدت بیماری در مرحله مشخصی از رشد گیاه، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، نرخ آلودگی ظاهری و متوسط ضریب آلودگی برآورد می‌شوند (Broers *et al*., 1996; Pathan and Park, 2006). محققین مختلفی با استفاده از این پارامترها مقادیر کمی مقاومت ارقام و لاین‌ها را در سطح مزرعه مشخص کرده‌اند (Sandoval-Islas *et al*., 2007; Ali *et al*., 2009b; Shah *et al*., 2010; Safavi and Afshari, 2012). در بررسی‌های این محققین پیوستگی بالای پارامترهای شدت نهایی بیماری، ضریب آلودگی و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با یکدیگر مشخص شده است .

در زمینه ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های گندم نسبت به زنگ زرد از سال‌ها پیش تاکنون تحقیقات متعددی در ایران انجام گرفته است. سعیدی و همکاران (Saidi *et al*., 1998) در ارزیابی مقاومت ۳۸ لاین و رقم پیشرفته نسبت به ۳ نژاد زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای از اجزای مقاومت یادداشت برداری نمودند که بر این اساس اغلب لاین‌ها مقاومت خوبی نسبت به نژادهای مورد استفاده نشان دادند. این ارقام از نظر تیپ آلودگی و دوره نهان آلودگی تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و تعدادی از این لاین‌ها مقاومت بالایی را نسبت به این ۳ نژاد که از نظر ویرولانس متفاوت بودند نشان دادند. در تحقیق دیگری مقاومت کمی ۲۹ لاین امیدبخش گندم اقلیم سرد با اندازه گیری پارامترهای مختلف تحت شرایط آلودگی مصنوعی و طبیعی در اردبیل بررسی شد و مشخص شد که لاین‌های C-86-1، C-86-2، C-87-1 و C-87-3 همراه با شاهد حساس بیشترین مقدار FRS و CI را داشتند. لاین‌های C-86-3، C-86-9، C-87-2، C-87-6، C-87-8، C-87-11 و C-87-18 در مرحله گیاهچه‌ای حساس و در مرحله گیاه کامل مقادیر پایین آلودگی نشان دادند و به عنوان لاین‌های دارای مقاومت Slow rusting انتخاب شدند (Safavi and Afshari, 2012).

دوام مقاومت به زنگ‌های غلات به شناسائی و استفاده از منابع مقاومت پایدار و یا استفاده از منابع مقاومت جدید در ترکیب با ژن‌های مقاومت مؤثر بستگی دارد (Bariana and McIntosh, 1995). در این راستا پژوهش حاضر نیز به منظور تعیین میزان مقاومت ۲۲ لاین امیدبخش گندم انجام شد تا منابع مقاومت جدید به منابع مقاومت قبلی افزوده شوند و در صورت دارا بودن صفات مطلوب دیگر و مقاومت پایدار احتمالاً معرفی خواهند شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی واکنش گیاهچه‌ای ۲۲ لاین امیدبخش دریافتی از موسسه تحقیقات اصلاح بذر کرج (جدول ۱)، که دارای خصوصیات مطلوب زراعی بودند، همراه با شاهد حساس (بولانی) در این پژوهش استفاده شدند. واکنش گیاهچه‌ای در گلخانه بخش غلات کرج بررسی شد. برای این منظور هر لاین در گلدانی (۵ بذر در هر گلدان) که حاوی ترکیب خاک، پیت ماس و شن به نسبت‌های ۷ : ۵ : ۵ بود، کاشته شدند. ده روز بعد از کاشت گلدان‌ها مایه-زنی با نژاد 6E150A+,Yr27 از طریق اسپورپاشی گیاهچه‌ها با مخلوط اسپور با پودر تالک (به نسبت ۱ به ۴) انجام شد. گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اتاق تاریک در ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند سپس به گلخانه با درجه حرارت ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنائی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. بعد از ۱۷-۱۴ روز از مایه زنی، واکنش گیاهچه‌ای بر اساس معیار ۹-۰ به روش لاین و کیوم (Line and Qayoum, 1992) یادداشت برداری شد. در این روش تیپ‌های آلودگی ۷ یا بیشتر به عنوان حساس و تیپ‌های آلودگی ۶-۴ متوسط و تیپ‌های آلودگی کمتر از ۴ به عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند.

بررسی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل (واقع در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب غربی جاده اردبیل-خلخال با طول جغرافیای ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۹ متر) به اجرا در آمد.

هر کدام از لاین‌ها به میزان ده گرم روی دو خط یک متری با فاصله ۳۰ سانتی متر از همدیگر روی یک پشته کاشته شدند و بعد از هر پنج رقم و نیز در کل حاشیه آزمایش روی دو خط یک متری (یک پشته) رقم حساس بولانی کشت شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد و در طول فصل زراعی عملیات داشت شامل آبیاری غرقابی (یک بار در فصل پاییز

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات شجره‌ای لاین‌های گندم مورد مطالعه برای ارزیابی مقاومت غیر اختصاص- نژادی طی سال ۹۱-۱۳۹۰

Table 1. Pedigree of studied wheat lines for evaluating of race-nonspecific resistance during 2011-2012

ردیف No.	لاین Line	شجره/ والدین Pedigree/Parents
1	S-90-1	Chamran
2	S-90-2	Pishtaz/3/Emu"s"/Tjb84-1543//1-27-7876/Cndr"s"
3	S-90-3	Pishtaz//Falat/Barakat
4	S-90-4	Bow"s"/Vee"s"//1-60-3/3/Cocoraque 75/4/Chamran
5	S-90-5	IR/FR
6	S-90-6	Alborz/5/K62909/4/Cno//K58/Tob/3/Wa/5/Chen/Aeg.sq (Taus)//BCN Y3/6/Alborz/5/K6290
7	S-90-7	Alborz/5/K62909/4/Cno//K58/Tob/3/Wa/5/Chen/Aeg.sq (Taus)//BCN Y3/6/Alvand//Aldan"s
8	S-90-8	HUBARA-1/GOUMRIA-8
9	S-90-9	PRL/2*PASTOR
10	S-90-10	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR
11	S-90-11	PRL/2*PASTOR/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18
12	S-90-12	PBW343/HUITES/4/YAR/AE.SQUARROSA (783)//MILAN/3/BAV92
13	S-90-13	WHEAR/SOKOLL
14	S-90-14	Bloyka/M-70-4//Pishtaz
15	S-90-15	Bolani//V.8187/Arvand-1
16	S-90-16	V.8187/Arvand-1/3/Vee"s"/Nac//1-66-22
17	S-90-17	SHARP/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/5/VEE/LIRA//BOW/3/BCN/4/KAUZ
18	S-90-18	CHIL/PRL//BAV92/3/MILAN/KAUZ
19	S-90-19	Mina/Molan//Atrak
20	S-90-20	NSP88/Siren//Shiroodi
21	S-90-21	NSP88/Siren//Shiroodi
22	S-90-22	Star"s"/3/W181/Kauz//Skauz/4/Kauz*2/Opata//Kauz
23	Check	Bolani

و ۶ بار در فصل بهار با فاصله هر ده روز یک‌بار)، آبیاری مه‌پاش، وجین علف‌های هرز، کودپاشی و یک‌بار اسپورپاشی انجام گرفت. عملیات تلقیح مصنوعی خزانه در فاصله بین زمان ساقه‌دهی تا قبل از ظهور برگ پرچم (Gs 36) با مخلوط اسپور زنگ زرد (که در فصل زراعی سال قبل جمع‌آوری و در یخچال نگهداری شده بودند) و پودر تالک به کمک گردپاش و در هنگام غروب انجام شد. آلودگی مصنوعی با مایه زنی اینوکلوم زنگ زرد که دارای ویرولانس بر روی ژن‌های *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* بود، انجام شد. یادداشت برداری از شدت بیماری زنگ زرد در دو نوبت و به فاصله هر ۷ روز یک‌بار از زمان ظهور برگ پرچم (Gs47) تا مرحله گل‌دهی (Gs69) بر اساس مقیاس اصلاح شده کاب پیشنهادی پترسون و همکاران (Peterson *et al*., 1948) انجام شد. همچنین از واکنش گیاه (تیپ آلودگی) بر اساس روش رولفز و همکاران (Roelfs *et al*., 1992) یادداشت برداری شد. سپس داده‌های مربوط به شدت بیماری و عکس‌العمل میزبان با هم ترکیب شده و از ترکیب آن‌ها ضریب آلودگی محاسبه شد. ضریب آلودگی از ضرب شدت بیماری در ثابت مربوط به عکس‌العمل میزبان (immume=0.0, R=0.2, MR=0.4, M=0.6, MS=0.8, S=1) به دست آمد (Stubbs *et al*., 1986).

داده‌های به دست آمده از ضریب آلودگی و شدت نهایی بیماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین میزان آلودگی لاین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها نیز بر اساس ضریب فاصله اقلیدسی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی واکنش گیاهچه‌ای نشان داد که از ۲۲ لاین بررسی شده، ۱۲ لاین دارای واکنش حساسیت (با تیپ آلودگی ۹-۷) در مرحله گیاهچه‌ای هستند (جدول ۳). لاین‌های S-90-6، S-90-7، S-90-12، S-90-17، S-90-19، S-90-20، S-90-21 و S-90-22 دارای واکنش متوسط (با تیپ آلودگی ۶-۴) و لاین‌های S-90-5، S-90-8، S-90-10 واکنش مقاومت نشان دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- تجزیه واریانس ضریب آلودگی و شدت نهایی بیماری در لاین‌های امیدبخش گندم نسبت به بیماری زنگ زرد

Table 2. Variance analysis of final rust severity and coefficient of infection in promising wheat lines to yellow rust

منابع تغییرات Source of Variation	درجهٔ آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
		شدت نهایی بیماری Final Rust Severity	ضریب آلودگی Coefficient of Infection
Replication (تکرار)	2	63.82 ^{ns}	204.56 ^{ns}
Genotype (ژنوتیپ)	22	1696.65**	1810.98**
Error (خطای آزمایش)	44	57.159	83.344
CV% (ضریب تغییرات)	-	21.3	32.6

^{ns} و **: به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

^{ns} and **: Non-Significant and significant differences at P= 0.01, respectively.

جدول ۳- واکنش‌های گیاهچه‌ای و گیاه کامل، مقایسه میانگین مقادیر ضریب آلودگی و شدت نهایی بیماری در تعدادی از لاین‌های امید بخش گندم نسبت به زنگ زرد طی سال ۹۱-۱۳۹۰

Table 3. Seedling and adult plant reactions mean comparison for coefficient of infection and final rust severity in promising wheat lines to yellow rust in Ardabil during 2011-2012

ردیف No.	لاین‌ها Lines	تیپ آلودگی گیاهچه‌ای Seedling Infection Type	تیپ آلودگی گیاه کامل Adult plant Infection Type	مقایسه میانگین مقادیر ضریب آلودگی و شدت نهایی بیماری Mean comparison for coefficient of infection and final rust severity	
				شدت نهائی بیماری Final Rust Severity (FRS)	ضریب آلودگی Coefficient of Infection(CI)
1	S-90-1	7	MSS	50 cd	36.7 def
2	S-90-2	7	MS	26.7 fgh	17.3 ghijk
3	S-90-3	7	MS	30 fg	18 ghijk
4	S-90-4	7	MR	13.3 hij	6.7 ijk
5	S-90-5	0	R	1 j	0.26 k
6	S-90-6	6	MR	16.7 ghi	8 hijk
7	S-90-7	6	M	26.7 fgh	14 hijk
8	S-90-8	0	MSS	46.7 cde	40 de
9	S-90-9	8	RMR	7.3 ij	4.1 jk
10	S-90-10	0	M	13.3 hij	6.7 ijk
11	S-90-11	8	MR	16.7 ghi	10.7 hijk
12	S-90-12	5	M	16.7 ghi	8.7 hijk
13	S-90-13	8	MR	13.3 hij	5.3 jk
14	S-90-14	8	S	70 b	67.3 b
15	S-90-15	7	M	33.3 ef	20.7 fghij
16	S-90-16	7	S	66.7 b	60.7 bc
17	S-90-17	6	S	60 bc	49.3 cd
18	S-90-18	7	MS	30 fg	24 efghi
19	S-90-19	6	MS	36.7 def	25.3 efgh
20	S-90-20	5	MSS	40 def	32.7 defg
21	S-90-21	4	MSS	50 cd	42 d
22	S-90-22	6	MSS	50 cd	44.3 d
23	Check	7	S	100 a	100 a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not statistically significant at 5% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir

با مشاهده میزان آلودگی شاهد حساس در شرایط مزرعه ای در سال ۱۳۹۱ ملاحظه شد که آلودگی بسیار خوبی در خزانه مستقر شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای ضریب آلودگی (CI) و شدت نهایی بیماری (FRS) بیانگر تفاوت معنی‌دار بین لاین‌ها در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین ضریب آلودگی و شدت بیماری لاین‌ها مشخص شد که علاوه بر رقم حساس (با بیشترین مقدار FRS و CI)، از ۲۲ لاین بررسی شده، لاین‌های S-90-1، S-90-14، S-90-16، S-90-17، S-90-20، S-90-21 و S-90-22 بیشترین مقدار FRS و CI را داشتند (جدول ۳). لاین‌های S-90-2، S-90-3، S-90-4، S-90-9، S-90-11، S-90-13، S-90-15 و S-90-18 در مرحله گیاهچه‌ای حساس و در مرحله گیاه کامل مقادیر پایین FRS و CI نشان دادند. بقیه لاین‌ها در مرحله گیاه کامل و گیاهچه‌ای مقادیر پایین آلودگی نشان دادند.

لاین‌های S-90-14، S-90-16 و S-90-17 همراه با شاهد حساس هم در مرحله گیاهچه‌ای و هم در مرحله گیاه کامل حساس می‌باشند ولی لاین S-90-5 در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل واکنش مقاومت نشان می‌دهد (جدول ۳). لاین‌های S-90-8، S-90-20 و S-90-21 در مرحله گیاهچه‌ای مقاوم یا نیمه مقاوم ولی در مرحله گیاه کامل واکنش نیمه حساس تا حساس (MSS) نشان می‌دهند. لاین‌های S-90-2، S-90-3، S-90-4، S-90-9، S-90-11، S-90-13، S-90-15 و S-90-18 در مرحله گیاهچه‌ای واکنش حساس ولی در مرحله گیاه کامل واکنش نیمه مقاوم یا نیمه حساس و یا نیمه مقاوم تا نیمه حساس (M) نشان می‌دهند.

از آنجا که تصمیم گیری در خصوص تمایز ژنوتیپ‌ها برای میزان آلودگی بر اساس مقایسه میانگین‌ها کاملاً واضح نبود، با استفاده از تجزیه خوشه ای لاین‌ها گروه بندی شدند که نتایج نشان داد لاین‌های امید بخش در سه گروه اصلی قرار می‌گیرند (شکل ۱). گروه اصلی اول شامل فقط یک رقم خیلی حساس (بولانی) بود. گروه اصلی دوم شامل دو زیر گروه بود که با توجه به اطلاعات جدول ۳ زیر گروه اول شامل لاین‌های S-90-1، S-90-8، S-90-20، S-90-21 و S-90-22 بودند که واکنش نیمه حساس تا حساس (MSS) و زیر گروه دوم شامل لاین‌های S-90-14، S-90-16، S-90-17 بودند که واکنش حساسیت (S) نشان دادند. گروه اصلی سوم هم دو زیر گروه فرعی داشت: زیر گروه اول شامل لاین‌های S-90-6، S-90-12، S-90-11، S-90-4، S-90-13، S-90-10، S-90-9 و S-90-5 **که** واکنش مقاوم (R)، نیمه مقاوم (MR) و یا متوسط (M) و زیر گروه دوم شامل S-90-2، S-90-3، S-90-7، S-90-15، S-90-18 و S-90-19 که واکنش متوسط (M) یا نیمه حساس (MS) نشان دادند.

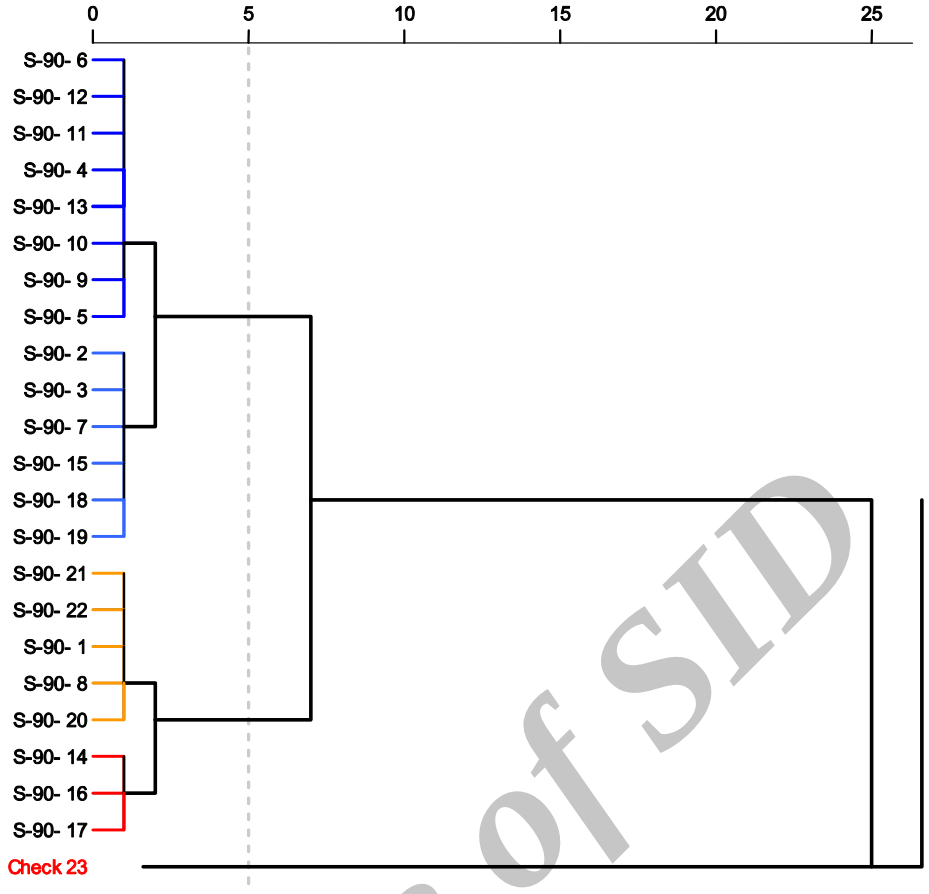
روش مقایسه ضریب آلودگی به علت همبستگی با کاهش محصول در اثر آلودگی به زنگ‌های غلات به عنوان یکی از روش‌های مناسب ارزیابی ذکر شده است (McIntosh *et al* ., 1995). با وجود این، در این بررسی برای مقایسه لاین‌ها علاوه بر استفاده از معیار ضریب آلودگی از شدت نهایی بیماری نیز استفاده شده است. به منظور قضاوت در خصوص مقاومت غیر اختصاص - نژادی لاین‌های مورد بررسی، واکنش گیاهچه‌ای نیز تحت شرایط گلخانه ای بررسی شد.

در بررسی‌های متعددی پیوستگی بالای ضریب آلودگی و شدت نهایی بیماری با سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (Area Under Disease Progress Curve=AUDPC) ثابت شده است Sandoval-Islas *et al*., 2007; Ali *et al*., 2007; Shah *et al*., 2010; Safavi and Afshari, 2012). سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) معیار کمی از کل مقاومت بوده و تمام مؤلفه‌های مقاومت نظیر فراوانی آلودگی، دوره نهان آلودگی، اندازه اودیوم ر اسپورزائی را در یک سطح مشخص می‌سازد (Milus and Line, 1986).

لاین یا لاین‌هایی که در این بررسی آلودگی جزئی داشته و یا اصلاً آلودگی نداشتند احتمال دارد مقاومت این لاین‌ها به علت ژن‌های مقاومت اختصاص – نژادی بوده و یا به دلیل اثر افزایشی چند ژن مقاومت بزرگ اثر بوده است که به صورت اختصاص – نژادی عمل می‌کنند (Johnson, 1988). با توجه به تجربه سال‌های قبل، لاین‌هایی که دارای ژن‌های مقاومت اختصاص- نژادی باشند احتمال شکست آن‌ها در اثر تغییر ویرولانس عامل بیماری بالا خواهد بود (Nazari *et al*., 2000b). بنابراین در انتخاب چنین لاین‌های باید دقت نمود تا در صورت وجود ژن‌های مقاومت دیگر (به ویژه مقاومت پایدار) آن‌ها را به عنوان منبع مقاوم معرفی کرد. برای اثبات وجود

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- گروه بندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس مقادیر ضریب آلودگی، شدت بیماری و واکنش گیاهچه‌ای نسبت به بیماری زنگ زرد با استفاده از تجزیه خوشه‌ای

Figure 1. Classification of wheat genotypes based on coefficient of infection, final rust severity and seedling reaction to yellow rust using cluster analysis

ژن‌های دیگر به آزمایشات دقیق تجزیه ژنتیکی و یا استفاده از نشانگرهای مولکولی نیاز خواهد بود.

لاین‌هایی که آلودگی متوسط (با واکنش‌های MR، MSو M) دارند احتمال اینکه چنین لاین‌هایی دارای ژن‌های کوچک اثر بوده و به صورت افزایشی عمل کنند بالا است (El-Naimi *et al.*, 2001; Nazari *et al.*, 2000b; Singh *et al.*, 2005). در این لاین‌ها احتمال وجود ژن‌های کنترل کننده مقاومت تدریجی و ژن‌های مقاومت گیاه کامل در درجه حرارت بالا (HTAP) زیاد است. از آنجا که این نوع مقاومت‌ها به دلیل اثر افزایشی ژن‌ها مدت زمان زیادی دوام می‌آورند (Shultz *et al.*, 1992; Dehghani and Moghaddam, 2004)، بنابراین بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرند. همان طوری که در مورد لاین‌های کاملاً مقاوم نیز اشاره شد، برای اثبات وجود ژن‌های مقاومت HTAP (High Temperature Adult Plant Resistance) و مقاومت تدریجی آزمایش‌های تجزیه ژنتیکی دقیق و یا استفاده از نشانگرهای مولکولی ضروری است.

لاین‌هایی که آلودگی بالایی (ضریب آلودگی بیشتر از ۲۰) دارند برای انتخاب به عنوان منبع مقاومت و معرفی توصیه نمی‌شوند (Nazari *et al.*, 2000b; Ali *et al.*, 2009a).

لاین‌های S-90-18، S-90-10 و S-90-11 که در شجره آن‌ها رقم Kauz وجود دارد دارای ژن *Yr9* می‌باشند (McIntosh *et al.*, 1995). از بین این لاین‌ها فقط لاین S-90-18 با وجود غیر موثر بودن ژن *Yr9* نسبت به نژاد یا نژادهای اردبیل (Safavi *et al.*, 2013)، در مرحله گیاه کامل واکنش نیمه حساس نشان داد. این حالت بیانگر وجود ژن‌های مقاومت دیگری در این لاین است. به عبارت دیگر، در بقیه لاین‌ها ژن‌های موثر دیگری

Archive of SID

www.SID.ir

وجود ندارند و یا بسیار کم اثر هستند که واکنش آن‌ها به صورت حساس ظاهر شده است. در شجره لاین S-90-16 رقم Nacozari وجود دارد (جدول ۱). رقم مذکور به دلیل دارا بودن ژن‌های مقاومت *Yr18* و *Lr34* که به ترتیب مسئول مقاومت تدریجی نسبت به زنگ زرد و زنگ قهوه‌ای هستند (Singh *et al*., 2005) و نیز ژن Bdv_1 که نسبت به ویروس کوتولگی زرد جو مقاوم است (Singh *et al*., 1993)، دارای اهمیت است. بنابراین لاین‌های دارنده رقم مذکور بایستی مورد توجه باشند زیرا ژن‌های یاد شده با یکدیگر (Singh *et al*., 1993) و با نکروز نوک برگ پیوستگی دارند (Singh, 1992). لاین S-90-16 با وجود داشتن ژن مقاومت تدریجی، واکنش حساسیت نشان داد این حالت بیانگر این است که تعداد ژن مقاومت در این لاین کافی نیست و به عنوان منبع مقاومت معرفی نمی‌شود.

در شجره لاین‌های S-90-9، S-90-10 و S-90-11 رقم Pastor به کار رفته است (جدول ۱) این رقم به علت ترکیب ژن‌های *Lr10*، *Lr23* و *Lr3* همراه با یک ژن مقاومت نسبی دارای مقاومت مطلوبی برای زنگ قهوه‌ای و به علت دارا بودن ژن اختصاص- نژادی *Yr31* و دو ژن غیر اختصاص- نژادی *Yr29* و *Yr30* دارای مقاومت نسبی در برابر زنگ زرد می‌باشند (Singh *et al*., 2003). ژن *Yr30*نیز با ژن *Sr2* پیوستگی دارد که تنها ژن دارای مقاومت پایدار نسبت به زنگ سیاه است (Chen, 2005; Singh *et al*., 2011). بنابراین لاین‌های مذکور می‌توانند در صورت دارا بودن صفات مطلوب زراعی به عنوان منبع مقاومت انتخاب شده و یا مستقیماً برای معرفی کاندیدا شوند.

در شجره لاین‌های S-90-6 و S-90-7 رقم البرز به کار رفته است (جدول ۱). این رقم در شجره خود دارای رقم Frontana است که دارای ژن‌های مقاومت غیر اختصاص- نژادی نسبت به زنگ قهوه‌ای و زرد است (Singh, 2005)، رقم Frontana دارای ژن *Lr34* و دو یا سه ژن دیگر مقاومت گیاه کامل نسبت به زنگ قهوه ای است. با توجه به واکنش گیاهچه‌ای و داشتن ژن‌های مقاومت غیر اختصاص–نژادی، دو لاین S-90-6 و S-90-7 می‌توانند به عنوان لاین‌های دارنده مقاومت نسبتاً پایدار برای زنگ زرد و قهوه ای در نظر گرفته شوند.

لاین S-90-4، S-90-20 و S-90-21 به ترتیب به علت دارا بودن رقم چمران و شیرودی در شجره خود دارای ژن‌های مقاومت تدریجی یا گیاه کامل هستند. در شجره رقم چمران و شیرودی رقم Attila بکار رفته است که دارای دو ژن مقاومت نسبت به زنگ قهوه ای و سه ژن مقاومت نسبت به زنگ زرد است (Singh, 2005) . با وجود این، فقط لاین S-90-4 سطح مطلوبی از مقاومت پایدار را دارا است. این حالت می‌تواند بیانگر این واقعیت باشد که علاوه بر ژن‌های فوق، ژن‌های دیگری در مقاومت لاین S-90-4 دخیل هستند بنابراین این لاین دارای مقاومت پایدارتری در برابر بیماری خواهد بود. از طرف دیگر بر اساس نتایج سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2011) تجمیع ۵-۴ ژن مقاومت غیر اختصاصی- نژادی در یک گیاه باعث پایداری مقاومت رقم در برابر تغییرات پاتوژن بوده و به زودی شکسته نمی‌شود.

با توجه به پتانسیل بالای عامل بیماری در ایجاد نژادهای جدید به دلیل مهاجرت آسان در مسافت‌های طولانی، انتشار وسیع، موتاسیون و فشار انتخابی میزبان روی پاتوژن (Hovmoller, 2001; Ben Yehuda *et al*., 2004; Wan and Chen, 2012) و احتمالاً نقش زرشک به عنوان میزبان واسط (Jin, 2011) توصیه می‌شود که در انتخاب مواد و معرفی آن‌ها بر مقاومت پایدار تاکید شود که مقاومت تدریجی و مقاومت HTAP از این نوع مقاومت می‌باشند. در مقاومت HTAP بسته به دمای محیط واکنش گیاه متفاوت است بطوریکه در بررسی شولتز و لاین (Shultz and Line, 1992) مشخص شده است که گیاهان بالغ نسبت به زنگ زرد در چرخه حرارتی روزانه ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد مقاوم و در چرخه حرارتی روزانه ۲۱-۶ درجه سانتی‌گراد حساس می‌باشند. همچنین ارقام مختلف در حرارت‌های مختلف درجات متفاوتی از مقاومت HTAP را نشان می‌دهند.

بروز حساسیت در تعداد زیادی از ارقام جدید و آن هم پس از مدت کوتاهی بعد از توسعه کشت نشان دهنده وجود ژن‌های مقاومت اختصاص – نژادی در این ارقام است (Nazari *et al*., 2000a). علاوه بر این تکیه بر مقاومت کامل و بدون هر گونه آلودگی و یا آلودگی کم و با تیپ آلودگی مقاوم (R) در انتخاب ارقام تاکیدی بر نحوه انتخاب ژن‌های مقاومت اختصاصی نسبت به نژاد بوده است این موضوع به خوبی در شناسنامه معرفی اکثر ارقام

Archive of SID

www.SID.ir

معرفی شده پس از اپیدمی سال ۱۳۷۲ مشهود است (Nazari *et al*., 2000a).

بنابراین تکیه بر مقاومت پایدار مهم‌ترین دغدغه به نژادگران است. زیرا ارقام دارای این مقاومت‌ها علیرغم تغییرات ویرولانس عامل بیماری چندین سال دوام آورده و پایدار مانده‌اند. به عنوان مثال رقم Luke را می‌توان نام برد که از زمان معرفی آن در سال ۱۹۷۰ در آمریکا تا به حال مقاومت قابل قبولی در برابر زنگ زرد از خود نشان داده است و دلیل این امر به علت مقاومت HTAP است (Chen, 2005). این نوع مقاومت که در مرحله گیاه کامل و در چرخه حرارتی ۳۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد ظاهر می‌شود، به دلیل اینکه توسط چند ژن کنترل می‌شود و این ژن‌ها اثرات جزئی داشته اما به صورت افزایش عمل می‌کنند، بنابراین از حالت پایداری برخوردار خواهد بود (Millus and Line, 1986).

برای تولید ارقام مقاوم پایدار نسبت به زنگ زرد بهتر است در کنار استفاده از ژن‌های مقاومت موثر در مرحله گیاهچه‌ای از ژن‌های مقاومت غیر اختصاص-نژادی (مقاومت گیاه کامل) استفاده شود. از جمله ژن‌های مقاومت اختصاص- نژادی (گیاهچه‌ای) می‌توان به ژن‌های مقاومت *Yr5* و *Yr15* اشاره کرد که علاوه بر ایران (Safavi *et al*., 2013)، تقریباً در تمام نقاط جهان موثر هستند (Sharma-Poudyal *et al*., 2013) و تا به حال بیماریزائی برای این ژن‌ها گزارش نشده است. از ژن‌های مقاومت غیر اختصاص- نژادی می‌توان به ژن‌های *Yr18*، *Yr30*، *Yr29*، *Yr36*، *YrA1-A8* و *Yrns-B1* اشاره کرد (Chen, 2005). برخی از این ژن‌ها در شجره ارقام و لاین‌های اصلاح شده وجود دارند، اما برای پایداری مقاومت بهتر است چهار تا پنج ژن از این ژن‌ها با یکدیگر تجمیع شوند تا مقاومت نزدیک به مصون ایجاد شود (Singh *et al*., 2011). امروزه برای برخی از این ژن‌ها از جمله ژن‌های *Yr18*، *Yr36* (Chen, 2005; Randhawa *et al*., 2012)، *Yr5*، *Yr15*، *Yrns-B1* و *YrA7* (Chen, 2005) نشانگرهای مولکولی نیز پیدا شده و کار انتخاب را آسان‌تر کرده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که لاین‌های مورد مطالعه واکنش‌های متنوعی نسبت به زنگ زرد نشان دادند که از کاملاً مقاوم تا حساس متغیر بود. بیشتر لاین‌های ارزیابی شده تحت شرایط آلودگی بالا واکنش خوبی (نیمه مقاوم تا نیمه حساس) نسبت به بیماری نشان دادند. در بین لاین‌های بررسی شده تیپ‌های مقاومت از نوع مقاومت کامل و مقاومت تدریجی (غیر اختصاص- نژادی) مشاهده شد. لاین‌های S-90-2، S-90-3، S-90-4، S-90-9، S-90-11، S-90-13 و S-90-18 بر اساس نتایج این تحقیق و اطلاعات شجره‌ای آن‌ها به نظر می‌رسد درجات متفاوتی از مقاومت غیر اختصاص-نژادی (پایدار) نسبت به بیماری برخوردار باشند. در صورت جمع شدن ۵-۴ ژن مقاومت غیر اختصاص-نژادی، مقاومت لاین‌ها نزدیک به مقاومت کامل یا مصون خواهد بود. برای اثبات وجود ژن‌های مقاومت استفاده از نشانگرهای مولکولی کار را آسان‌تر کرده است. در انتخاب نهایی لاین‌های مقاوم علاوه بر تاکید بر مقاومت پایدار نسبت به زنگ زرد، بهتر است مقاومت پایدار نسبت به زنگ قهوه ای و زنگ سیاه نیز مد نظر قرار گیرد تا ارقام از تولید پایداری برخوردار باشند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل در جهت فراهم آوردن تسهیلات اجرای این پروژه تشکر و قدردانی کنند.

References

Afzal, S. N., Haque, M. I., Ahmedani, M. S., Bashir, S. and Rattu, A. R. 2007. Assessment of yield losses caused by *Puccinia striiformis* triggering strip rust in the most common wheat varieties. **Pakistan Journal of Botany** 39: 2127-2134.

Ali, S., Shah, S. J. A. and Ibrahim, M. 2007. Assessment of wheat breeding lines for slow yellow rusting (*Puccinia striiformis* West. *tritici*). **Pakistan Journal of Biological Sciences** 10: 3440-3444.

Archive of SID

www.SID.ir

Ali, S., Shah, S. J. A. and Rahman, H. 2009a. Multi-location variability in Pakistan for partial resistance in wheat to *Puccinia striiform*is f. sp. *tritici*. **Phytopathologia Mediterrania** 48: 269-278.

Ali, S., Shah, S. J. A., Khalil, I. H., Rahman, H., Maqbool, K. and Ullah, W. **2009b**. Partial resistance to yellow rust in introduced winter wheat germplasm at the north of Pakistan. **Australian Journal of Crop Science** 3: 37-43.

Badebo, A., Stubbs, R. W., Van Ginkel, M. and Gebeyehu, G. 1990. Identification of resistance genes to *Puccinia striiformis* in seedlings of Ethiopian and CIMMYT bread wheat varieties and lines. **Netherlands Journal of Plant Pathology** 96: 199-210.

Bariana, H. S. and McIntosh, R. A. 1995. Genetics of adult plant resistance in four Australian and the French cultivar Hybrid de Bersee. **Plant Breeding** 114: 485-491.

Ben Yehuda, P., Eilam, T., Manisterski, J., Shimoni, A. and Akster, Y. 2004. Leaf rust on *Aegilops speltoides* caused by a new forma specialis of *Puccinia triticina*. **Phytopathology** 94: 94-101.

Boyd, L. A. 2005. Centenary review: Can robigus defeat an old enemy? Yellow rust of wheat. **The Journal of Agricultural Sciences** 143: 233-243.

Braun, H. I. and Saari, E. E. 1992. An assessment of the potential of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* to cause yield losses in wheat on the Anatolian plateau of Turkey. Proceeding of 8th European and Mediterranean Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. September 8-10, Wheihenstephen, Germany. pp:121-123.

Brennan, J. P., and Murray, G. M. 1988. Australian wheat diseases: Assessing their economic importance. **Agricultural Science New Series** 1: 26-35.

Broers, L. H. M., Cuesta-Subias, X. and Lopez-Atilano, R. M. 1996. Field assessment of quantitative resistance to yellow rust in ten spring bread wheat cultivars. **Euphytica** 90: 9-16.

Chen, X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on wheat. **Canadian Journal of Plant Pathology** 27: 314-337.

De Vallavieille-Pope C., Ali, S., Leconte M., Enjalbert, J., Delos, M. and Rouzet, J. 2012. Virulence dynamics and regional structuring of *Puccinia striformis* f. sp. *tritici* in France between 1984 and 2009. **Plant Disease** 96: 131-140.

Dehghani, H. and Moghaddam, M. 2004. Genetic analysis of latent period of stripe rust in wheat seedlings. **Journal of Phytopathology** 122: 325-330.

El-Naimi, M., Yahyaoui, A., Ketata, H., Abdalah, O., Nachit, M. and Hakim, S. 2001. Screening for yellow rust resistance in bread and durum wheat. Proceeding of First Regional Yellow Rust Conference for Central, West Asia and North Africa. May 8-14, Karaj, Iran. pp: 117-121.

Flor, H. H. 1956. The complementary genetic systems in flax and flax rust. **Advanced Genetics** 8: 29-54.

Herrera-Fossel, S. A., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Crossa, J., Djurle, A. and Yuen, J. 2007. Evaluation of slow rusting resistance components to leaf rust in CIMMYT durum wheats. **Euphytica** 155: 361-369.

Hovmoller, M. S. 2001. Disease severity and pathothype dynamics of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark. **Plant Pathology** 50: 181-189.

Jin, Y. 2011. Role of *Berberis* spp. as alternate hosts in generating new races of *Puccinia graminis* and *P. striiformis*. **Euphytica** 179: 105-108.

Jin, Y., Szabo, L. J. and Carson, M. 2010. Century-old mystery of Puccinia striiformis life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. **Phytopathology** 100: 432-435.

Johnson, R. 1988. Durable resistance to yellow (stripe) rust in wheat and its implications in plant breeding. In: Simmonds, N. W. and Rajaram, S. (Eds.). Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat, D. F. CIMMYT, Mexico. pp: 63-75.

Kilpatrick, R. A. 1975. New cultivars and longevity of rust resistance, 1971-1975. USA Agriculture Research Service North-East Reg. ARS-NE, NE-64.

Line, R. F. 2002. Stripe rust of wheat and barley in North America: A retrospective historical review. **Annual Review of Phytopathology** 40: 75-118.

Archive of SID

www.SID.ir

Line, R. and Qayoum, A. 1992. Virulence, aggressiveness, evolution, and distribution of races of *Puccinia striiformis* (the cause of stripe rust of wheat) in North America, 1968-87. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin No. 1788. 44 pp.

Line, R. F. and Chen, X. M. 1995. Success in breeding for and managing durable resistance to wheat rusts. **Plant Disease** 79: 1254-1255.

Mamluk, O. F. and EL-Naimi, M. 1992. Occurrence and virulence of wheat yellow rust in Syria Proceedings of 8th European and Mediterranean Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. September 8-10, Wheihenstephen, Germany. pp: 115-117.

Mamluk, O. F., Haware, M. P., Makouk, K. M. and Hanounil, S. B. 1989. Occurrence, losses and control of important cereal and legume diseases in West and North Africa. Proceeding of 22nd International Symposium of Tropical Agriculture Research. August 25-27, 1988, Kyoto, Japan. pp.131-140

McIntosh, R. A., Wellings, C. R., and Park, R. F. 1995. Wheat rusts: An atlas of resistance genes. Csiro, Australia. pp: 200.

Milus, E. A. and Line, R. F. 1986. Gene action for inheritance of durable, high– temperature, adult plant resistance to stripe rust in wheat. **Phytopathology** 76: 435-441.

Morgounov, A., Yessimbekova, M., Rsaliev, S., Baboev, S., Mumindjanov, H. and Djunusova, M. 2004. High-yielding winter wheat varieties resistant to yellow and leaf rust in Central of Asia. Proceeding of 11th International Cereal Rusts and Powdery Mildew Conference. August 22-27, John Innes Centre, Norwich, UK. European and Mediterranean Cereal Rust Foundation, Wageningen, Netherlands. Cereal Rusts and Powdery Mildew Bulletin, Abstract A2.52.

Nazari, K., Torabi, M., Dehghan, M. A., Aghnom, R., Ahmadian-Moghaddam, M. S. and Fallah, H. 2000a. Pathogenicity of *Puccinia striiformis* and reactions of improved cultivars and advanced lines of wheat to yellow rust in Northern Provinces of Iran. **Seed and Plant** 16: 393-424. (In Persian).

Nazari, K., Torabi, M., Hassanpour-Hosnei, M., Kashani, A., Hoshyar, R. and Ahmadian-Moghaddam, M. S. 2000b. Evaluation of resistance to yellow rust in advanced wheat lines suitable for dryland areas at seedling and adult-plant stages. **Seed and Plant** 16: 252-262. (In Persian).

Parlevliet, J. E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology** 17: 203-222.

Pathan, A. K. and Park, R. F. 2006. Evaluation of seedling and adult plant resistance to leaf rust in European wheat cultivars. **Euphytica** 149: 327-342.

Peterson, R. F., Campbell, A. B. and Hannah, A. E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. **Canadian Journal of Research** 26: 496-500.

Randhawa, H., Puchalski, B. J., Frick, M., Goyal, A., Despins, T., Graf, R. J., Laroche, A. and Gaudet, D. A. 2012. Stripe rust resistance among western Canadian spring wheat and triticale varieties. **Canadian Journal of Plant Science** 92: 713-722.

Roelfs, A. P., Singh, R. P. and Saari, E. E. 1992. Rust diseases of wheat: Concepts and methods of diseases management. D. F. CIMMYT, Mexico. pp: 81.

Safavi, S. A., Afshari, F. and Yazdansepas, A. 2013. Effective and ineffective resistance genes to wheat yellow rust during six years monitoring in Ardabil. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 46: 774-780.

Safavi, S. A., Ahari, A.B., Afshari, F. and Arzanlou, M. 2010. Slow rusting resistance in 19 promising wheat lines to yellow rust in Ardabil, Iran. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 13: 240-244.

Safavi, S. A., and Afshari, F. 2012. Quantitative resistance of some elite wheat lines to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 45:740-749.

Saidi, A., Nazari, K. and Torabi, M. 1998. Seedling resistance to yellow rust in current Iranian bread wheat. Proceeding of 9th International Wheat Genetics Symposium, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. pp: 308-310.

Archive of SID

www.SID.ir

Sandoval-Islas, J. S., Broers, L. H. M., Mora-Aguilera, G., Parlevliet, J. E., Osada, K. S. and Vivar, H. E. 2007. Quatitative resistance and its components in 16 barley cultivars to yellow rust, *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*. **Euphytica** 153: 295-308.

Schultz, T. R. and Line, R. F. 1992. High–temperature, adult plant resistances to wheat stripe rust and effects on yield components. **Agronomy Journal** 84: 170-175.

Shah, S. J. A., Muhmmad, M. and Hussain, S. 2010. Phenotypic and molecular characterization of wheat for slow rusting resistance against *Puccinia striiform*is Westend. f. sp. *tritici*. **Journal of Phytopathology** 158: 393-402.

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., Xi, K. Q., Wanyera, R., Manninger, K., González, 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.

Singh, R. P. 1992. Association between gene *Lr34* for leaf rust resistance and leaf tip necrosis in wheat. **Crop Science** 32: 874-878.

Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Bhavani, S., Herrera-Foessel S. A., Singh D., Singh, P. K., Velu, G., Mason, R. E., Jin, Y., Njau, P. and Crossa, J. 2011. Race non-specific resistance to rust diseases in CIMMYT spring wheats. **Euphytica** 179: 175–186.

Singh, R. P., Huerta-Espino, J. and William, H. M. 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 29: 121-127.

Singh, R. P., Burnett, P. A., Albarran, M. and Rajaram, S. 1993. Bdv1: A gene for tolerance to barley dwarf virus in bread wheat. **Crop Science** 33: 231-234.

Singh, R. P., William, H. M,, Huerta-Espino, J. and Crosby, M. 2003. Identification and mapping of gene *Yr31* for resistance to stripe rust in *Triticum aestivum* cv. Pastor. Proceeding of 10th International Wheat Genetics Symposium. Instituto Sperimentale per la Cerealicoltura, Rome, Italy. pp: 411–413.

Stubbs, R. W., Prescott, J. M., Saari, E. E. and Dubin, H. J. 1986. Cereal disease methodology manual. CIMMYT, Mexico. pp: 46.

Torabi, M., Madoukhi, 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 Rusts and Powdery Mildews Bulletin** 23: 9-12.

Wan, A. M. and Chen, X. M. 2012. Virulence, frequency and distribution of races of *Puccinia striiform*is f. sp. *tritici* and *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* identified in the United States in 2008 and 2009. **Plant Disease** 96: 67-74.

Archive of SID

www.SID.ir

Race non-specific resistance to yellow rust in some promising wheat lines

Safar Ali Safavi[1*] and Javid Mohammadzadeh[2]

1 and 2. Research Assist. Prof. and Researcher, respectively, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardabil

(Received: April 22, 2013- Accepted: October 28, 2013)

Yellow (stripe) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* is one of the most damaging diseases of wheat in Iran. Host resistance, especially race- nonspecific resistance, is the most economical way to manage wheat stripe rust. Although the life of effective race –specific resistance genes can be prolonged by using gene combinations, an alternative approach is to deploy varieties that possess race- nonspecific resistance based on combinations minor, slow rusting genes. In order to evaluate race-nonspecific resistance, seedling and adult plant reactions of 22 promising wheat lines along with susceptible check were evaluated to yellow rust. The seedling reaction was evaluated in greenhouse by using race 6E150A+, Yr27. Adult plant resistance was also evaluated by measuring of final rust severity (FRS) and coefficient of infection (CI) under natural infection conditions with two times artificial inoculations. Artificial inoculation was carried out by yellow rust inoculum having virulent genes against *Yr2*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr22*, *Yr23*, *Yr24*, *Yr25*, *Yr26*, *Yr27*, *YrA*, and *YrSU*. Field evaluation was conducted based on randomized complete block design with three replications during 2011-2012 cropping season at Ardabil Agricultural Research Station (Iran). Results showed that lines S-90-1, S-90-14, S-90-16, S-90-17, S-90-20, S-90-21 and S-90-22 along with susceptible check (Bolani) had the highest values of FRS and CI. The lines S-90-2, S-90-3, S-90-4, S-90-9, S-90-11, S-90-13 and S-90-18 were susceptible at the seedling stage and had low values of FRS and CI at the adult plant stage. Consequently, these lines have different levels of slow rusting resistance (race-nonspecific or durable resistance) based on the results of this investigation and their pedigree information. The remaining lines that had low level infection at the seedling and adult plant stages were selected as moderately resistant or resistant lines.

Keywords: Durable resistance, *Puccinia striiformis*, Race non-specific resistance, Slow rusting resistance, Wheat

*Corresponding author: safaralisafavi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir