Iranian Journal of Plant Protection Science
Vol 48, No 1, Spring & Summer 2017 (69-78)
DOI: 10.22059/ijpps.2017.210135.1006720

دانش گیاهپزشکی ایران
دورۀ ۴۸، شمارۀ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶ (ص ۷۸-۶۹)

بررسی مقاومت به بیماری زنگ زرد در رگه‌های دابل‌هاپلویید گندم نسبت به نژاد پرآزار +98E150A

رضا بزرگی‌پور[1*]، غلامعباس آینه[2]، طیبه بخشی[3]، علی عمران[4]، محسن سرهنگی[5] و آزاده ایرانژاد[6]
۱. دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲. مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۳. دانشجوی دکتری، گروه بیوتکنولوژی و به نژادی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
٤. دانشجوی دکتری، رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
۵. کارشناس آزمایشگاه ژنتیک، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
٦. کارشناس آزمایشگاه کشت بافت، موسسه بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/٤/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱٦)

چکیده

زنگ زرد *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*، از مهم‌ترین و زیانبارترین بیماری در زراعت گندم است که پراکندگی گسترده‌ای در سراسر جهان داشته و در اغلب مناطق کشور نیز وجود دارد. در سال‌های همه‌گیری می‌تواند آسیب بسیار زیادی به محصول گندم وارد کند. تولید رقم‌های مقاوم مؤثرترین روش کنترل در مقابل نژادهای زنگ زرد است. در این پژوهش از یک نژاد پرآزار زنگ زرد که از منطقۀ ساری گردآوری‌شده و بر پایۀ واکنش‌های رقم‌های افتراقی، 198E150A+, *Yr27* نام‌گذاری شده بود، برای ارزیابی مقاومت ٦٤ رگۀ (لاین) دابل‌هاپلویید ناشی از روش حذف کروموزومی تلاقی گندم و ذرت به همراه شاهدهای حساس (بولانی و موروکو) و مقاوم (مروارید، پارسی و سیوند) گندم در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. گیاهچه‌ها در مرحلۀ دو برگی، با نژاد یادشده مایه‌زنی شدند. اجزای مقاومت شامل، تیپ آلودگی (Infection type)، دورۀ نهان (Latent period)، اندازۀ جوش‌ها (Pustule size) و تراکم جوش‌ها (Pustule density) در شرایط گلخانه اندازه‌گیری شد. تجزیۀ واریانس برای همۀ صفات، تفاوت بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد. همچنین نتایج نشان داد، بین صفات اندازه‌گیری شده همبستگی شدید وجود دارد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، شمار ۲۱ رگه از ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای واکنش مقاومت و دیگر رگه‌ها واکنش‌هایی از نیمه مقاوم تا حساس نسبت به زنگ زرد داشتند. رگه‌های مقاوم می‌توانند به‌عنوان منابع مقاومت جدید در مرحلۀ گیاهچه نسبت به بیماری زنگ زرد استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: رقم‌های افتراقی، رگۀ دبل هاپلویید، زنگ زرد، مقاومت.

Study on resistance to hot race (198E150A+) of yellow rust disease in wheat doubled haploid lines

Reza Bozorgipour[1*], Gholamabass Aeene[2], Tayebeh Bakhshi[3] Ali Omrani[4], Mohsen Sarhangi[5] and Azadehirannejad[6]
1. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Instructor, Agricultural and Natural resources Research Center of Khozestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz , Iran
3. Ph.D. Candidate, Biotechnology and Breeding Department, Agriculture college, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran
4. Ph.D. Candidate, Plant Breeding Department, Agriculture college, University of Tabriz, Tabriz, Iran
5. Genetics laboratory technician, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
6. Tissue culture laboratory technician, Agricultural Biotechnology Research Institute Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Received: Jul. 3, 2016 - Accepted: Mar. 6, 2017)

ABSTRACT

Yellow or stripe rust, *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*, the most damaging wheat disease that has been widely distributed around the world including most parts of our country. Yellow rust can cause heavy damage during the epidemic to wheat production. Producing new resistant varieties is the most effective way to control yellow rust disease. In this study, hot race of yellow rust which was collected from Sari and according to reactions standard and differential varieties, 198E150A+, *Yr* 27 was named to evaluate the resistance of 64 doubled haploid lines, produced by chromosome elimination method crosses between wheat and maize along with resistant (Morvarid, Parsi and Sivand) and susceptible (Bolani and Morocco) control varieties in form of completely randomized design. To assess the resistance of doubled haploid lines of wheat, the first or second leaves of the seedling grown in the greenhouse were inoculated with spores of pathogen. Resistance was measured by infection type, latent period, pustule size and density. The analysis of variance showed a significant difference among the genotypes. The results indicated that there is a high correlation between the measured traits. Besides the result of data analysis indicated that 21 DH lines were the most highly resistant lines and other lines were semi-resistant to highly susceptible. These lines can be used as resistance resources relative to pathogen in improvement wheat programs.

Keywords: Differential varieties, doubled haploid line, resistance, yellow rust.

* Corresponding author E-mail: r_bozorgi2007@yahoo.com

مقدمه

تلاقی بین‌گونه‌ای یک روش با ارزش در ژنتیک گیاهی و برنامه‌های عملی اصلاح نباتات است. در یک چند از این تلاقی‌ها، ناسازگاری کروموزم‌ها منجر به حذف شدن کروموزم‌های پایهٔ نر در آغاز نمو جنین می‌شود که پس از نجات جنین و انتقال آن به محیط کشت مصنوعی، گیاهچهٔ هاپلویید به‌دست می‌آید. این سامانه نخستین بار در جو توسط Kasha & Kao (1970) تلاقی *Hordeum vulgar* × *Hordeum bulbosum* گزارش شد. پس از آن با استفاده از همین روش (بولبوزوم) در گندم نان نیز در سال ۱۹۸۶ هاپلویید تولید شد (Sitch & Snape, 1986). Laurie & Bennet (1986, 1987) ایجاد هاپلویید گندم را به‌وسیلهٔ تلاقی با ذرت گزارش کردند. امروزه بهترین روش تولید هاپلویید گندم روش تلاقی با ذرت است. روش‌های دیگر مانند کشت پرچم و روش بولبوزوم معایبی دارند که مهم‌ترین آن‌ها وابستگی ژنوتیپی است، ولی در این روش عیب‌های این‌چنینی وجود ندارد. پس از تولید گیاهچه‌های هاپلویید با استفاده از کلشی‌سین می‌توان رگه (لاین)های دابل‌هاپلویید تولید کرد. تولید رقم از روش دابل‌هاپلویید افزون بر کارایی گزینش، سبب سرعت بخشیدن به برنامه‌های اصلاحی نیز می‌شود (Snape, 1989). در گیاهان خودگشن سامانهٔ دابل هاپلوییدی می‌تواند به‌طور مستقیم برای تولید رقم‌های جدید استفاده شود، زیرا هر رگهٔ دابل‌هاپلویید تولیدشده ممکن است قابلیت تبدیل‌شدن به یک رقم جدید را داشته باشد (Bakhtiar *et al*., 2006). بنابراین داشتن مقاومت به بیماری‌های مهم در رگه‌های دابل‌هاپلویید گندم تولیدشده اهمیت بسیار بالایی دارد. یکی از این بیماری‌ها که اهمیت بسزایی از نظر ایجاد آسیب و زیان در گندمزارها دارد و رگه‌های تولیدی بایستی از این نظر ارزیابی شوند، زنگ زرد است.

زنگ زرد با عامل قارچی *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* یکی از مهم‌ترین و آسیب‌زاترین بیماری گندم در سراسر جهان است (Sharma *et al*., 2013). این بیماری در اوایل بهار هنگامی‌که هوا خنک و رطوبت در گندمزار بالاست روی ژنوتیپ‌های حساس گندم مستقر می‌شود. آسیب‌رسانی زنگ تحت تأثیر اثر متقابل بین عامل بیماری، میزبان و محیط است (Roelfs *et al*., 1992).

بیماری زنگ زرد مهم‌ترین بیماری گندم در مناطق غرب و مرکز آسیا، افریقای جنوبی و شمالی، چین، جنوب امریکا، استرالیا و اروپای شمالی است (Saari & Prescott, 1985). زنگ زرد هرچند سال یک‌بار در مناطق یادشده به‌صورت همه‌گیری در آمده، به‌عنوان‌مثال در آسیای مرکزی همه‌گیری زنگ زرد پنج بار از سال ۱۹۹۹ تاکنون گزارش شده است (Ziyaev *et al*., 2011). بررسی‌ها نشان می‌دهد، جدایه‌های جدید زنگ زرد باعث همه‌گیری‌های پی‌درپی و با شدت بیشتر در مناطق مرکزی و غرب آسیا از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ شده است. در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ شیوع شدید بیماری زنگ زرد در نواحی مرکزی و غرب آسیا و در نواحی جنوبی آفریقا اتفاق افتاد (Hodson & Nazari, 2010). در سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ در چین، استرالیا در سال ۲۰۰۳ و ایالات‌متحده در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰، همه‌گیری‌های شدیدی را پشت سر گذاشتند (Chen, 2005; Wellings, 2011).

کشور ایران یکی از کانون‌های مهم شیوع زنگ زرد است. همه‌گیری زنگ زرد در ایران در سال‌های مختلف رخ داده که در برخی سال‌ها میزان آسیب‌رسانی زنگ زرد بر عملکرد گندم بسیار گسترده بوده است (Torabi *et al*., 1995).

روش اصلی مبارزه با زنگ زرد استفاده از رقم‌های مقاوم است و مستلزم این کار شناسایی ژن‌های مقاومت موجود در منابع مختلف و کسب اطلاعات دقیق از ساختار ژنتیکی بیمارگر است. بر پایهٔ یافته‌هایی در این زمینه نسبت به انتخاب و انتقال ژن‌های مؤثر به ژنوتیپ‌های مختلف برای مناطق گردآوری جدایه‌های زنگ زرد می‌توان اقدام کرد (Kolmer *et al*., 2013).

تا سال ۲۰۱۲ شمار ۱۵۰ ژن مقاومت برای زنگ‌ها (زرد، سیاه و قهوه‌ای) معرفی و شماری از آن‌ها استفاده شده است. منشأ بسیاری از این ژن‌های مقاومت، خویشاوندهای وحشی گندم است که در

بیشتر مواقع این ژن‌ها، مقاومت اختصاص به یک نژاد خاص ایجاد می‌کنند (McIntosh *et al*., 2012).

دگرگونی‌های اقتصادی ناشی از آسیب و زیان‌رسانی همه‌گیری زنگ زرد سبب شده هر ساله بررسی‌های گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف ارزیابی میزبان و شناسایی عامل‌های بیماری‌زایی نژادها صورت بگیرد. Safavi *et al*. (2012) بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ در استان اردبیل به شناسایی عامل‌های بیماری‌زایی و تعیین ژن‌های مقاومت مؤثر نسبت به بیماری زنگ زرد در سال‌های یادشده پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد، ژن‌های مقاومت Yr1، $Yr2^{+}$، Yr3V، Yr3a، Yr4a، Yr4، Yr5، $Yr7^{+}$ ، Yr10، Yr15، Yr16، YrCV، YrSD، YrND مقاومت مؤثر داشتند و ژن‌های Yr2، Yr6، Yr7، Yr9، Yr17، Yr20، Yr21، Yr22، Yr23، Yr24، Yr25، Yr26، Yr27، YrA برای ایجاد مقاومت به زنگ زرد غیر مؤثر بودند.

در پژوهشی Bakhtiar *et al*. (2010) ۱۸۹ رگهٔ دابل هاپلویید تولیدشده از روش حذف کروموزومی تلاقی گندم و ذرت را نسبت به زنگ زرد در دو مرحلهٔ گیاهچه‌ای و گیاه کامل بررسی کرده و درمجموع ۴۰ رگه را به‌عنوان منابع مقاومت در مراحل گیاهچه‌ای و گیاه کامل معرفی کردند.

در ارزیابی جمعیت رگه‌های دابل‌هاپلویید به‌دست‌آمده از تلاقی رقم‌های بهارهٔ اوتان (Otan) با واکنش مقاومت و تیریتهآ (Tiritea) دارای حساسیت به زنگ زرد نژاد 106E139A+، ارزیابی داده‌های ناشی از جداسازی متجاوز نشان داد که هر دو والد در ایجاد مقاومت رگه‌های دابل هاپلویید مؤثر بودند (Imtiaz *et al*., 2001).

Moradi *et al*. (2009) در پژوهشی اجزای مقاومت که شامل تیپ آلودگی، دورهٔ کمون، تراکم جوش و اندازهٔ جوش بود را در یک جمعیت دابل هاپلویید نسبت به زنگ زرد نژاد 166E134A+ اندازه‌گیری کرده و اختلاف معنی‌داری از نظر اجزای مقاومت در بین جمعت دابل هاپلویید را گزارش کردند.

در یک بررسی دیگر Bakhtiar *et al*. (2015) در آغاز دو جدایهٔ زنگ زرد که از مناطق کرج و کرمانشاه گردآوری‌شده بود تعیین نژاد و به ترتیب 7E158A+ و 110E158A+ نام‌گذاری کردند و آنگاه واکنش ۱۵۰ رگهٔ دابل‌هاپلویید گندم تولیدشده از روش حذف کروموزومی تلاقی گندم و ذرت را نسبت به دو جدایهٔ یادشده بررسی و گزارش کردند که ۲۸ رگه در هر دو مرحلهٔ گیاهچه‌ای و گیاه کامل نسبت به جدایهٔ کرج واکنش مقاومت نشان دادند.

رقم‌های اصلاح‌شده دارای صفات مطلوب زراعی و مقاوم به بیماری‌ها به‌ویژه زنگ‌ها باعث افزایش تولید کل محصول گندم می‌شود. این تحقیق به‌منظور بررسی مقاومت رگه‌های دابل‌هاپلویید گندم تولیدشده از راه تلاقی با ذرت به همراه شاهد حساس و مقاوم در مرحلهٔ گیاهچه‌ای نسبت به بیماری زنگ زرد بود تا در صورت وجود منابع مقاومت جدید معرفی‌شده و امید است در برنامه‌های اصلاحی رقم‌های مقاوم استفاده شود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سه ژنوتیپ گندم DH-29 (INIA//SW89/MILAN/SHA7//SHIROODI)، DH-30 (3064/STAR/3/MILAN/SHA7) و DH-32 (NANJING8201/KAUZ//MILAN/SHA7) به‌عنوان والد ماده و از سه ژنوتیپ H1، 403 و BC572 ذرت (*Zea mays*) به‌عنوان والد پدری استفاده شد. از جمعیت‌های دابل‌هاپلویید به‌دست‌آمده از روش حذف کروموزومی تلاقی گندم و ذرت تولیدشده در بخش بیوتکنولوژی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج، مقاومت ۶۴ رگهٔ دابل هاپلویید به همراه ژنوتیپ‌های شاهد حساس (بولانی و موروکو) و مقاوم (مروارید و پارسی و سیوند) گندم در قالب طرح کامل تصادفی متعادل با سه تکرار نسبت به نژاد پرآزار زنگ زرد ارزیابی شد.

گیاهان ذرت و گندم در گلخانه رشد داده شدند و همهٔ تلاقی‌ها در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. اخته کردن و گرده‌افشانی بنابر روش Laurie & Bennet (1986) انجام شد. ۲۴ ساعت پس از گرده‌افشانی، محلول ۱۰ mg/lit، 2,4-D به درون ساقه تزریق و همچنین یک قطره از همان محلول درون هر گلچه

چکانده شد. ۱۶ تا ۱۸ روز پس از گرده‌افشانی، جنین‌ها در شرایط سترون، جداشده و در محیط پایهٔ MS یا B5 که با ۲۰ گرم ساکارز و ۸ گرم آگار تکمیل شده بود کشت شدند. پس از ۱۵ الی ۲۰ روز هنگامی گیاهچه‌ها به‌اندازهٔ کافی رشد کردند به گلدان‌های کوچک با ترکیب خاکی ماسه ریز و پیت‌ماس به نسبت ۱:۱ انتقال داده شدند. گیاهچه‌های هاپلویید در مرحلهٔ سه تا چهار پنجه‌ای با محلول کلشیسین ۰/۰۵ درصد تیمار شدند. بدین ترتیب که گیاهچه‌ها را در این مرحله از خاک خارج کرده و بی‌درنگ ریشهٔ آن‌ها با آب شسته شد تا خاک از ریشه جدا شود، پس از آن ریشه‌ها با قیچی بریده شدند تا همگی به طول ۲ تا ۴ سانتی‌متر برسند. ریشه و طوقهٔ گیاهان یادشده در یک محلول حاوی ۰/۰۵ گرم کلشی‌سین، ۱/۵ میلی‌لیتر DMSO (دی متیل سولفوکسید) و یک قطره از مادهٔ تر کننده Tween 20 در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. گیاهچه‌ها در دمای ۲۵-۲۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۵/۵ ساعت در محلول کلشی‌سین ماندند. پس از تیمار گیاهان، ریشه‌ها به مدت یک الی دو ساعت در معرض آب شیر قرار گرفتند تا مواد شیمیایی کامل از ریشه‌ها جدا شوند، سپس گیاهان دوباره به گلدان‌ها منتقل شدند. گیاهچه‌های تیمارشده پس از بهاره‌سازی (Vernalization) به مدت ۶ هفته در گلخانه قرارگرفته و بذرهای آن‌ها برداشت شد.

برای ارزیابی مقاومت رگه‌های دابل‌هاپلویید تولیدشده به بیماری زنگ زرد نیاز به یک نژاد با بیماری‌زایی بالا بود. نژاد مورد استفاده در این تحقیق 198E150A+ بود که از منطقهٔ ساری گردآوری‌شده بود. نام‌گذاری این نژاد توسط واحد پاتولوژی بخش تحقیقات غلات مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر انجام شد. برای آزمون مقاومت گیاهچه‌ای، اسپورهای زنگ زرد در آغاز روی رقم حساس بولانی در گلخانه افزایش شدند. به‌منظور مایه‌زنی مواد آزمایشی، اسپورها به کمک دستگاه مکنده از روی رقم حساس بولانی گردآوری و بی‌درنگ استفاده شدند. پس از جوانه‌زنی بذرهای ژنوتیپ‌های دابل هاپلویید و انتقال به خاک، هنگامی‌که برگ اول گیاهچه‌ها به رشد کامل رسیدند و برگ دوم در حال ظاهر شدن بود مرحلهٔ ۱۲ در مقیاس Zadoks *et al.* (1974)، با مخلوطی از یوردینیوسپور نژاد یادشده و روغن صنعتی سالترول ۱۷۰ مایه‌زنی شدند. سپس با آب مقطر گیاهچه‌های مایه‌زنی شده به‌منظور جوانه‌زنی و نفوذ قارچ عامل بیماری زنگ زرد از راه شکاف‌های روزنه برگ‌های گیاهچه‌ها مه‌پاشی شد. گیاهچه‌ها با درپوش پلاستیکی پوشانده شدند، تا از نشستن اسپور دیگر نژادها در گلخانه و همچنین از تبخیر بیش‌ازحد رطوبت جلوگیری شود. پس از مایه‌زنی به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی با دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی در حد اشباع (۱۰۰ درصد) قرار گرفتند. سپس به گلخانه با دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس منتقل شد. اجزای مقاومت اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: دورهٔ نهان، تیپ آلودگی، تراکم جوش‌ها و اندازهٔ جوش‌ها. برای اندازه‌گیری دورهٔ نهان (مدت‌زمان بین مایه‌زنی تا ظهور نخستین جوش‌های زنگ روی برگ‌ها) برای روزهای مختلف از حلقه‌های پلاستیکی رنگی متفاوت استفاده شد. این کار تا ۱۸ روز پس از مایه‌زنی ادامه یافت. پس از گذشت ۲۰ روز از مایه‌زنی تیپ آلودگی ژنوتیپ‌ها بر پایهٔ مقیاس ۰ تا ۹ روش Mc Neal *et al.* (1971) تعیین شد. برای گیاهانی که هیچ جوشی روی برگ‌های آن‌ها مشاهده نشد، عدد ۲۰ که روز یادداشت‌برداری بود انتخاب شد. به‌منظور اندازه‌گیری تراکم و اندازهٔ جوش‌ها، ۲۰ روز پس از مایه‌زنی، برگ‌های آلوده با قیچی بریده و به مدت ۴۸ ساعت برای تثبیت و بی‌رنگ شدن در محلول لاکتوفنول قرار داده شدند. اندازهٔ جوش‌ها به کمک میکرومتر صفحه‌ای نصب‌شده روی عدسی چشمی میکروسکوپ با درشت‌نمایی ۱۰ ×۴ با اندازه‌گیری طول و عرض و مساحت آن‌ها انجام شد.

مساحت = ¼π × عرض × طول

برای تراکم جوش‌ها نیز قطعه‌های برگی روی لام و زیر بینو کولر قرار داده شده و شمار آن‌ها در ده زمینه دید بینوکولر شمارش شدند و سپس شمار جوش‌ها در واحد سطح (سانتی‌متر مربع) محاسبه شد. برای تجزیهٔ واریانس طرح آزمایشی، از نرم‌افزار SAS و برای تجزیهٔ خوشه‌ای (کلاستر) از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس رگه‌های دابل هاپلویید

نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس همهٔ صفات در جدول ۱ ارائه شده است. تجزیهٔ واریانس برای همهٔ اجزای مقاومت، تفاوت بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد. معنی‌دار شدن تأثیر ژنوتیپ نشان داد، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات تیپ آلودگی، دورهٔ کمون، اندازه و تراکم جوش متفاوت هستند به عبارتی تنوع ژنتیکی دارند. صفات دورهٔ کمون و تراکم و اندازهٔ جوش‌ها به‌طور طبیعی ویژگی‌های صفات کمی (پیوسته) را دارند. ژنوتیپ‌ها از نظر تیپ آلودگی نیز مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهند که حالت پیوسته برای صفت را به وجود می‌آورد و می‌توان این صفت را نیز یک صفت کمی در نظر گرفت. به‌طورکلی تیپ‌های آلودگی ۰ تا ۲ به‌عنوان واکنش مقاومت، تیپ‌های آلودگی ۳ تا ۶ نیمه مقاوم تا نیمه حساس و تیپ‌های آلودگی ۷ تا ۹ به‌عنوان واکنش حساسیت در نظر گرفته شد (Mc Neal *et al*., 1971). در جدول۲، مقادیر مربوط به صفات تیپ آلودگی، دورهٔ کمون یا نهان، اندازه و تراکم جوش‌ها همراه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای صفات مختلف در رگه‌های آزمون‌شده ارائه شده است. بر پایهٔ مقایسه میانگین می‌توان ژنوتیپ‌های مقاوم را تعیین کرد. در جدول ۳ درصد فراوانی رگه‌ها برای تیپ‌های آلودگی قرار گرفته در هر یک از محدوده‌های تیپ آلودگی گیاهچه‌ای ۰ تا ۲، ۳ تا ۶ و ۷ تا ۹ نسبت به نژاد منطقهٔ ساری ارائه شده است. در محدودهٔ ۰ تا ۲، ۳۵ درصد رگه‌ها و در محدودهٔ ۳ تا ۶، ۱۰ درصد و در محدوده ۷ تا ۹، ۵۵ درصد رگه‌ها قرار گرفتند.

تجزیهٔ همبستگی (جدول ۴) نشان داد، رابطهٔ معنی‌دار یا به‌عبارت‌دیگر همبستگی شدید بین همهٔ صفات وجود دارد. بنا بر نتایج، بین صفت دورهٔ کمون یا نهان با صفات تیپ آلودگی، اندازهٔ جوش و تراکم جوش همبستگی منفی بسیار معنی‌دار وجود دارد. و بین تیپ آلودگی، اندازهٔ جوش و تراکم جوش همبستگی مثبت بسیار زیاد مشاهده شد. Omrani *et al*. (2014) و همچنین Moradi *et al*. (2009)، نیز نتایج همسانی را در آزمایش‌های متفاوت گلخانه‌ای گزارش کردند. بر پایهٔ آزمایش‌های Broers & Lopez-Atilano (1993) دورهٔ کمون طولانی همبستگی بالایی با طول کوتاه نوارهای زنگ و شدت آلودگی کمتر در گندمزار دارد. بنابراین هر چقدر دورهٔ کمون طولانی‌تر باشد امکان حضور ژن‌های مقاومت در آن رگه‌ها بیشتر است. همین امر از ظهور سریع نشانه‌های زنگ زرد روی میزبان جلوگیری می‌کند. تغییرپذیری مشاهده‌شده در مورد دورهٔ کمون افزون بر تأثیر ژنوتیپ در نتیجهٔ شرایط محیط آزمایش نیز می‌تواند باشد. ما و سینگ (Ma & singh, 1996) چندین ژنوتیپ گندم را در مراحل مختلف رشد و مکان‌های مختلف بررسی کردند و نشان دادند، دورهٔ کمون افزون بر رقم و مرحلهٔ رشدی، تحت تأثیر شرایط محیطی گلخانه نیز قرار می‌گیرد.

نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای

ازآنجاکه تصمیم‌گیری درزمینهٔ تمایز ژنوتیپ‌ها برای میزان مقاومت بر پایهٔ مقایسهٔ میانگین کامل آشکار نبوده و به‌منظور اندازه‌گیری و تعیین فاصله‌های ژنتیکی، دوری یا نزدیکی، خویشاوندی یا نبود خویشاوندی و نیز الگوپذیری تنوع ژنتیکی در اجزا مقاومت به زنگ زرد از روش دسته‌بندی خوشه‌ای استفاده شد (شکل ۱). در این آزمایش، رگه‌های آزمون شده بر پایهٔ چهار صفت دورهٔ کمون، تیپ آلودگی، اندازه و تراکم جوش‌ها به روش UPGMA در خوشه‌های مختلف قرار گرفتند. همهٔ رگه‌ها به ۳ گروه اصلی دسته‌بندی شدند. رگه‌های مقاوم شامل رگه‌های ۶، ۷، ۸، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۲، ۳۴، ۳۷، ۴۱، ۴۲، ۵۶، ۵۹ و ۶۰ به همراه شاهدهای مقاوم (سیوند، پارسی و مروارید) در بالا، رگه‌های نیمه مقاوم تا نیمه حساس شامل رگه‌های ۲۱، ۲۶، ۳۱، ۳۶، ۳۸، ۴۴ و ۵۴ در پایین و رگه‌های حساس که شامل رگه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۳، ۳۵، ۳۹، ۴۰، ۴۳، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۵، ۵۸، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶ به همراه شاهدهای حساس (بولانی و موروکو) در قسمت میانهٔ نمودار شجره‌ای (دندروگرام) قرار دارند. رگه‌های ۱، ۲، ۳،

۳۹، ۴۵، ۴۷، ۴۹، ۵۲، ۵۳، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۶۱، ۶۳، ۶۴ و ۶۵ نسبت به نژاد منطقهٔ ساری نژاد 198E150A+ نخستین جوش‌ها ۱۰ روز پس از مایه‌زنی مشاهده شد، که این عدد کمترین دورهٔ نهان بین رگه‌های آزمایشی بود. دورهٔ کمون رگه‌های ۴، ۵، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۲۰، ۲۷، ۳۳، ۳۵، ۴۰، ۴۳، ۴۸، ۵۰، ۵۱، ۶۲ و ۶۶ یازده روز، رگهٔ شماره ۱۵، ۱۷، ۲۵ و ۴۶ دوازده روز بود و دیگر رگه‌ها دورهٔ نهان ۱۵ تا ۲۵ روز داشتند که جز رگه‌های با مقاومت کامل بودند. رگه‌هایی که آلودگی جزئی داشته و یا به‌کلی آلودگی نداشتند احتمال دارد مقاومت این رگه‌ها به علت ژن‌های اختصاص- نژادی بوده و یا به دلیل اثر افزایشی چند ژن مقاومت بزرگ اثر بوده است که به‌صورت اختصاص- نژادی عمل می‌کند (Johnson, 1988). از مشخصات اصلی به‌کارگیری ژن‌های مقاومت اختصاص- نژادی کنترل مؤثر و کاملی در برابر بیماری فراهم می‌کنند.

بایستی این نکته را در نظر گرفت که رگه‌هایی که ژن‌های مقاومت اختصاص- نژادی داشته باشند احتمال شکست آن‌ها در اثر تغییر ویرولانس عامل بیماری خواهد بود (Shah *et al*., 2010). رگه‌های ۵، ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۳، ۳۵، ۴۰، ۴۳، ۴۶، ۴۸، ۵۰، ۵۱ و ۶۲ نسبت به نژاد منطقهٔ ساری تیپ آلودگی ۷ و در رگهٔ ۳، ۱۰، ۱۲، ۳۹، ۵۲، ۵۵، ۵۷، ۶۱، ۶۳ و ۶۴، تیپ آلودگی ۸ و در رگهٔ شماره ۱، ۲، ۴۵، ۴۷، ۴۹، ۵۸ و ۶۵، تیپ آلودگی ۹ و در دیگر رگه‌ها کمتر از ۶ دارند که بر پایهٔ مقیاس Mc Neal *et al.* (1971) جز رگه‌های مقاوم تا نیمه مقاوم به شمار می‌آیند.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس طرح کامل تصادفی متعادل برای صفات مختلف نسبت به نژاد 198E150A+

Table 1. Analysis of variance of balanced completely randomized design for different traits to race 198E150A+

S.O.V	df	Mean of Squares			
		Latent period	Infection type	Pustule size	Pustule density
Genotype	68	40.46**	109.67**	15.11**	13.19**
Error	138	1.02	0.46	0.64	0.82

**: Significantly difference at α=0.01 probability level. **: وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

از نظر اندازهٔ جوش رگه‌های ۱، ۳، ۱۷، ۳۹، ۴۵، ۴۷، ۴۹، ۵۰، ۵۳، ۵۸، ۶۱، ۶۳ و ۶۴ بزرگ‌ترین جوش‌ها را تولید کردند. از نظر تراکم جوش رگهٔ ۴۳، ۴۵ و ۵۲ دارای بیشترین تراکم جوش و برابر ۵/۱ و ۵/۲ جوش در ۱ سانتی‌مترمربع بود. با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده مشخص شد با افزایش شمار جوش‌ها در واحد سطح، اندازهٔ آن‌ها کاهش می‌یابد و با کاهش شمار جوش‌ها در واحد سطح، اندازهٔ آن‌ها افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

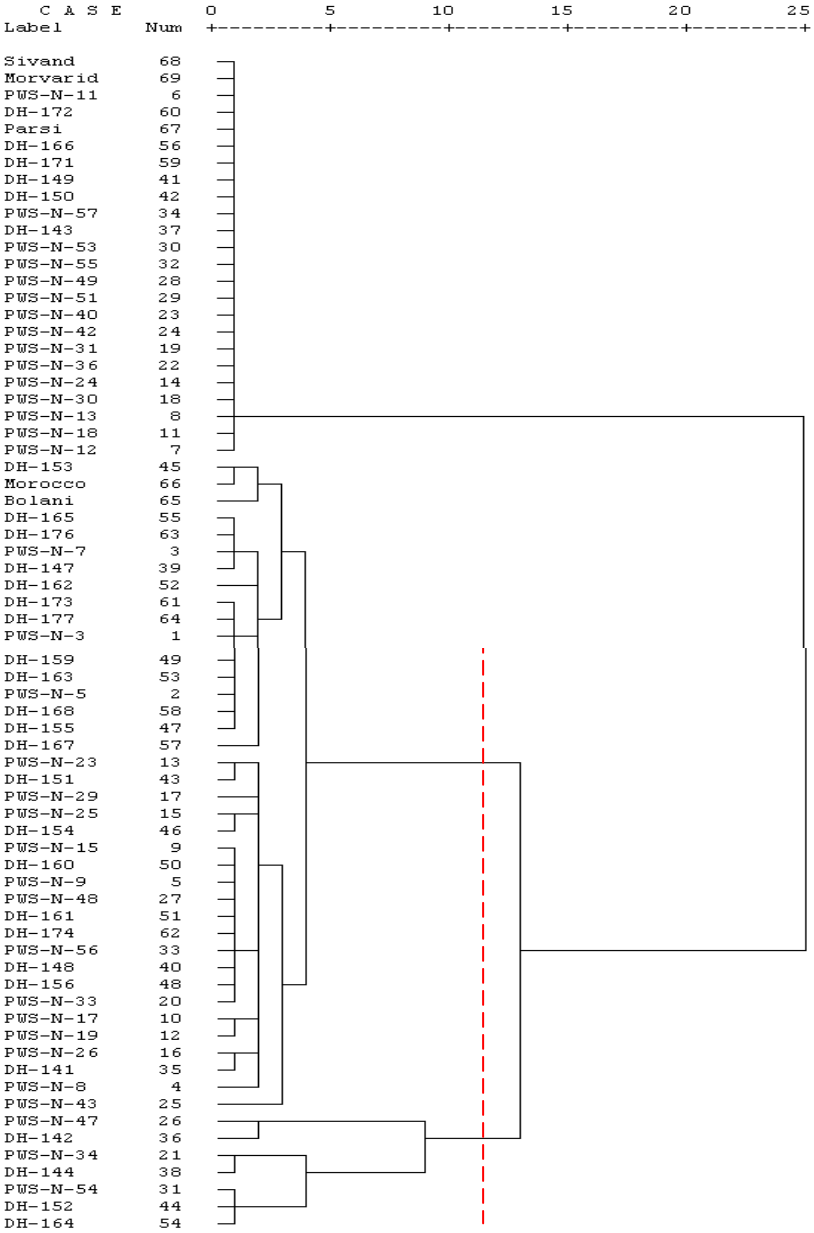
روش تلاقی گندم و ذرت، روش بسیار مؤثر و با بازدهی بالا برای تولید هاپلویید و دابل‌هاپلویید گندم است. این روش می‌تواند به‌خوبی به‌جای کشت میکروسپور یا بساک به‌کار رود (Inagaki, 1997; Matzk & Mahn, 1994). به‌هرحال، این روش می‌تواند با تولید رگه‌های دابل‌هاپلویید در برنامه‌های کاربردی اصلاح برای مقاومت به بیماری‌ها استفاده شود.

استفاده از جدایه‌های مختلف یک بیمارگر در ارزیابی مقاومت رقم‌های و رگه‌های گندم در شرایط کنترل‌شده در مرحلهٔ گیاهچه‌ای می‌تواند تا حدودی به تشخیص ژن‌های مقاومت در مرحلهٔ گیاهچه‌ای موجود در رقم‌های و رگه‌های مقاوم منجر شود. در این پژوهش با استفاده از روش تلاقی گندم و ذرت، رگه‌هایی تولید شدند که با ارزیابی مقاومت به زنگ زرد در مرحلهٔ گیاهچه‌ای رگه‌های مقاوم به این بیماری انتخاب شدند. رگه‌های مقاوم در این تحقیق ژن‌های مقاومت مؤثر از نوع گیاهچه دارند و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاح برای مقاومت به زنگ زرد استفاده کرد. رگه‌های دابل‌هاپلویید بایستی در مرحلهٔ گیاه کامل نیز در مزرعه نسبت به بیماری زنگ زرد ارزیابی شوند تا از وجود مقاومت در مرحله گیاه کامل در رگه‌های تولیدشده مطلع شویم.

جدول ۲. آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای صفات مختلف در رگه‌های آزمون‌شده در شرایط گلخانه نسبت به نژاد 198E150A+ زنگ زرد گندم

Table 2. Comparison of different traits in doubled haploid wheat lines in greenhouse conditions to race 198E150A+

No.	Line	Infection type	Latent period	Pustule size	Pustule density
1	PWS-N-3	9 A	10 H	5.3 ABCD	4.4 CDEFGHI
2	PWS-N-5	9 A	10 H	4.9 BCDEFGH	4.2 DEFGHI
3	PWS-N-7	8.6 AB	10.3 GH	5.2 ABCDE	4.6 BCDEFG
4	PWS-N-8	7 C	11 EFGH	4.7 BCDEFGHI	4 CDEFGHI
5	PWS-N-9	7.3 C	11.6 EF	4 IJ	3.7 IJ
6	PWS-N-11	0 G	20 A	0 M	0 N
7	PWS-N-12	0 G	20A	0 M	0 N
8	PWS-N-13	0 G	20A	0 M	0 N
9	PWS-N-15	7.3 C	11.6 EF	4 IJ	3.8 HIJ
10	PWS-N-17	8 ABC	11 EFGH	4.6 CDEFGHI	4.5 BCDEFGHI
11	PWS-N-18	0 G	20 A	0 M	0 N
12	PWS-N-19	8 ABC	11 EFGH	4 IJ	4.4 CDEFGHI
13	PWS-N-23	7.3 C	11.6 EF	4.6 CDEFGHI	4.6 BCDEFGH
14	PWS-N-24	0 G	20 A	0 M	0 N
15	PWS-N-25	7 C	12 E	4.1 GHIJ	4 FGHI
16	PWS-N-26	7.6 BC	11.3 EFG	4.7 BCDEFGHI	3.9 HIJ
17	PWS-N-29	7 C	12 E	5.1 BCDEFG	4.6 BCDEFGH
18	PWS-N-30	0 G	20 A	0 M	0 N
19	PWS-N-31	0 G	20 A	0 M	0 N
20	PWS-N-33	7.3 C	11.6 EF	4.3 EFGHIJ	4 FGHI
21	PWS-N-34	4.3 C	16.6 C	2.6 K	2.2 L
22	PWS-N-36	0 G	20 A	0 M	0 N
23	PWS-N-40	0 G	20A	0 M	0 N
24	PWS-N-42	0 G	20 A	0 M	0 N
25	PWS-N-43	7 C	12 E	3.5 J	3.1 JK
26	PWS-N-47	2.3 F	17.3 B	1.3 L	0.7 N
27	PWS-N-48	7.3 C	11.6 EF	3.8 IJ	3.9 GHIJ
28	PWS-N-49	0 G	20 A	0 M	0 N
29	PWS-N-51	0 G	20A	0 M	0 N
30	PWS-N-53	0 G	20 A	0 M	0 N
31	PWS-N-54	6 D	15 D	2.7 K	2.5 KL
32	PWS-N-55	0 G	20 A	0 M	0 N
33	PWS-N-56	7.3 C	11.6 EF	3.6 J	4.1 EFGHI
34	PWS-N-57	0 G	20 A	0 M	0 N
35	DH-141	7.6 BC	11.3 EFG	4.6 BCDEFGHI	4.4 CDEFGHI
36	DH-142	2 F	17.8B	1.1 L	0.7 M
37	DH-143	0 G	20 A	0 M	0 N
38	DH-144	4.6 E	16.3 E	2.4 K	2.4 KL
39	DH-147	8.3 AB	10.6 FGH	5.2 BCDEFG	4.9 BCDE
40	DH-148	7.6 BC	11.3 EFG	4.2 FGHIJ	3.9 GHI
41	DH-149	0 G	20 A	0 M	0 N
42	DH-150	0 G	20 A	0 M	0 N
43	DH-151	7.3 C	11.6 EF	4.4 DEFGHIJ	5.1 BCD
44	DH-152	6 D	15 D	2.2 K	2.4 KL
45	DH-153	9 A	10 H	5.4 ABC	5.3 B
46	DH-154	7 C	12 E	4 IJ	4.3 DEFGHI
47	DH-155	9 A	10 H	5 .2 ABCDE	4.4 CDEFGHI
48	DH-156	7.6 BC	11.3 EFG	4.2 FGHIJ	4.1 DEFGHI
49	DH-159	9 A	10 H	5.4 ABC	4.4 CDEFGHI
50	DH-160	7.3 C	11.6 EF	4 HIJ	3.8 HIJ
51	DH-161	7.3 C	11.6 EF	3.8 IJ	3.9 GHI
52	DH-162	8.6 AB	10.3 GH	4.6 CDEFGHI	5.2 BC
53	DH-163	9 A	10 H	5.5 AB	4.6 BCDEFG
54	DH-164	5.6 D	15.3 D	2.5 K	2.4 KL
55	DH-165	8.6 AB	10.3 GH	5.2 ABCDE	4.8 BCDEFG
56	DH-166	0 G	25 A	0 M	0 N
57	DH-167	8.6 AB	10 .3 GH	4.6 CDEFGHI	4.1 DEFGHI
58	DH-168	9 A	10 H	5.1 BCDEF	4.1 EFGHI
59	DH-171	0 G	20A	0 M	0 N
60	DH-172	0 G	20A	0 M	0 N
61	DH-173	8.6 AB	10.3 GH	5.1 BCDEF	4.1 EFGHI
62	DH-174	7.3 C	11.6 EF	3.9 IJ	4.1 EFGHI
63	DH-176	8.6 AB	10.3 GH	5.2ABCDE	4.8 BCDEF
64	DH-177	8.6 AB	10.3 GH	5.5 AB	4.3 DEFGHI
65	Bolani	9 A	10 H	6 A	5.5 A
66	Morocco	8ABC	11EFGH	5.2 BCDEF	4.3CDEFGH
67	Parsi	0	20A	0	0
68	Sivand	0	20A	0	0
69	Morvarid	0	20A	0	0



شکل ۱. نمودار شجره‌ای رگه‌های دبل‌دهاپلوئید بر پایهٔ مقاومت به نژاد 198E150A+

Figure 1. Dendrogram of wheat doubled haploid lines based on their resistance to race 198E150A+

جدول ۳. فراوانی تیپ آلودگی رگه‌های دابل هاپلویید نسبت به نژاد198E150A+

Table 3. Frequency of infection types of doubled haploid to race 198E150A+

Race	Frequency of infection type of genotypes (%)		
	0-2	3-6	7-9
198E150A+	45	10	55

0-2 = Complete resistance 3-6= Semi resistance and Semi susceptibility 7-9= Susceptibility

جدول ۴. ضریب همبستگی بین اجزای مقاومت اندازه‌گیری‌شده

Table 4. Correlation coefficients between resistance components measured

Race	Correlation coefficients			
198E150A+	Infection types	Latent period	Pustule size	Pustule density
Infection types	-	-0.99	0.98	0.98
Latent period		-	-0.98	-0.97
Pustule size			-	0.97

رگه‌هایی که مقاومت مؤثر در مرحلهٔ گیاهچه و گیاه کامل داشته باشند و یا حتی واکنش نیمه‌مقاوم در مرحلهٔ گیاه کامل داشته باشند می‌توانند به‌طور چشم‌گیر آسیب بیماری زنگ زرد را کاهش دهند. در پژوهش‌های چندی دیده شده است، ژنوتیپ‌هایی که در مرحلهٔ گیاهچه حساس هستند می‌توانند درجه‌های مختلفی از مقاومت گیاه کامل را داشته باشند (McIntosh *et al*., 1995).

سپاسگزاری

تمامی مراحل این پژوهش در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بخش غلات واحدهای هاپلوییدی و پاتولوژی در قالب طرح مصوب ۸۳۰۷-۱۱-۱۲۰۰۰۰-۱۰۰-۱ انجام گردید. از تمامی عزیزانی که در اجرای این پژوهش نهایت همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Bakhtiar, F., Bozorgipour, R. & Shahabi, S. (2006). Production of doubled haploid lines of wheat using detached tillering method in cross between wheat and maize, and evaluation of some agronomic characters. *Seed and Plant Improvement Journal*, 22(3), 351-367. (in Farsi)
2. Bakhtiar, F., Afshari, F., Seraj-Azari, M., Ebrahimnejad, Sh., Soghi, H. A., Bozorgipour, R. & Shahabi, S. (2010). Responses of some Doubled Haploid Lines of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Yellow Rust and Fusarium Head Blight and Evaluation of some Agronomic Traits. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25-1, 171-182. (in Farsi)
3. Bakhtiar, F., Farshadfar, E.A., Aghaee, M., Afshari, F. & Ghazvini, H. A. (2015). Evaluation of resistance to stripe rust in doubled haploid lines of bread wheat. Seed and Plant Improvement Journal, 31(1), 679-698. (in Farsi)
4. Broers, L. H. M. & Lopez-Atilano, R. M. (1993). Components of adult resistance in bread wheat to stripe rust. In: Proceding of *the 6th international congress of plant pathology*. pp 85.
5. Chen, X. M. (2005). Epidemiology and control of stripe rust *(Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) on wheat. *Plant Pathology*, 27, 314-337.
6. Hodson, D. & Nazari, K. (2010). *Stripe or yellow rust in central and west Asia and North Africa*. Borlaug Global Rust Initiative, Newsroom, Rust in the news. www.BGRI.org
7. Imtiaz, M., Ahmad, M., Cromey, M. G., Hampton, J. G. & McNeil1, D. (2001). Molecular mapping of durable stripe rust (*Puccinia striiformis* West.) resistance gene(s) in wheat. *Agronomy (New Zealand)*, 31, 281-286.
8. Inagaki, M. (1997). Technical advances in wheat haploid production using ultra-wide crosses. *Jircas Journal*, 4, 51-62.
9. Kasha, K. J. & Kao, K. N. (1970). High frequency of haploid production in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Nature*, 225, 874-876
10. Kolmer, J. A., Mert, Z., Akan, K., Demir, L., Unsal, R., Sermet, C., Keser, M., Akin, B. & Morgounov, A. I. (2013). Virulence of *Puccinia triticina* in Turkey and leaf rust resistance in Turkish wheat cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 135, 703-716.
11. Laurie, D. A. & Bennet, M. D. (1986). Wheat × maize hybridization. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 28, 313-316.
12. Laurie, D. A. & Bennet, M. D. (1987). The effect of cross ability loci Kr1 and Kr2 on fertilization frequency in hexaploid wheat × maize crosses. *Theoretical Applied Genetics*, 73, 403-409.
13. Ma, H. & Singh, R. P. (1996). Expression of adult-plant resistance to stripe rust at different growth stage of wheat. *Plant Disease*, 80, 375-379.
14. Matzk, F. & Mahn, A. (1994). Improvement techniques for haploid production in wheat using chromosome elimination. *Plant Breeding*, 113, 125-129.
15. McIntosh, R. A., Wellings, C. R. & Park, R. F. (1995*). Wheat rusts: An atlas of resistance genes*. Csiro, Australia. pp 200.
16. McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Devos, K. M., Dubcovsky, J., Rogers, J. & Appels, R. (2012). *Catalogue of gene symbols for wheat*. Supplement. KOMUGI Integrated Wheat Science Database. Available on line: http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes /symbolclasslist. jsp.
17. Mc Neal, F. H., Konzak, C. F., Smith, E. P., Tale, W. S. & Russell, T. S. (1971). *A uniform system for recording and processing cereal research data*. U. S. Department of Agricultural Research Service, Article, ARS, PP: 34-121.
18. Moradi, P., Haghnazarib, B. A., Bozorgipour, R. & Sharmad, D. B. (2009). Development of yellow rust resistant doubled haploid lines of wheat through wheat maize. *Crosses International Journal of Plant Production*, 3(3), 77-88.

19. Omrani, A., Khodarahmi, M. & Afshari, F. (2014). Reaction of some wheat cultivars and breeding lines to Puccinia striiformis f. sp. tritici hot races in Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(9), 1136-1145.
20. Roelfs, A. P., Singh, R. P. & Saari, E. E. (1992). *Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Mexico, DF: CIMMYT. pp 81.
21. Saari, E. E. & Prescott, J. M. (1985). World distribution in relation to economic loss. pp. 259 -289. *In:* Roelfs, A.P., Bushnell, W.R (ed). *The cereal rusts*. Vol. 2: Diseases, distribution, epidemiology and control. Academic Press, Orlando, FL., USA.
22. Safavi, S. A. & Afshari, F. (2012). Quantitative resistance of some Elite wheat lines to Puccinia striiformis f. sp. tritici. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(6), 740-749.
23. Sharma, R. C., Rajaram, S., Alikulov, S., Ziyaev, Z., Hazratkulova, S., Khodarahami, M., Nazeri, S. M., Belen, S., Khalikulov, Z. & Mosaad, M. (2013). Improved winter wheat genotypes for Central and West Asia. *Euphytica*, 190, 19-31.
24. Schultz, T. R. & Line, R. F. (1992). High–temperature, adult plant resistances to wheat stripe rust and effects on yield components. *Agronomy Journal*, 84, 170-175.
25. Singh, R. P., Huerta-Espino, J. & 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.
26. Sitch, L. A. & Snape, J. W. (1986). Factors affecting haploid l production in wheat (*Triticum aestivum*). *Theoretical Applied Genetics*, 70, 309-314.
27. Snape, J. W. (1989). Doubled haploid breeding. Theoretical basis and practical application. PP. 19-31. In: Mujeeb-kazi, A and L. A. Stich, (eds). *Review of Advances in Plant Biotechnology*, 1985-1988. CIMMYT. Mexico.
28. Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forootan, A. R., Ramai, M. A., Golzar, H. & Kashani, A. (1995). Effectiveness of wheat yellow rust resistance genes in different parts of Iran. *Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin*, 23, 9-12.
29. Wellings, C. R. (2011). Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. Euphytica, 179, 129-141.
30. Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-21.
31. Ziyaev, Z. M., Sharma, R. C., Nazari, K., Morgounov, A. L., Amanov, A. A., Ziyadullaev, Z. F., Khalikulov, Z. I. & Alikulov, S. M. (2011). Improving wheat stripe rust resistance in Central Asia and the Caucasus. *Euphytica*, 179, 197-207.