مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۴، سال ۱۳۹۴

ارزیابی مقاومت به بیماری زنگ زرد در لاین‌های دابل هاپلویید گندم نان

Evaluation of Resistance to Stripe Rust in Doubled Haploid Lines of Bread Wheat

فرشاد بختیار[۱]، عزت‌اله فرشادفر[۲]، مصطفی آقائی سربرزه[۳]، فرزاد افشاری[۴] و حبیب‌الله قزوینی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه

۳، ۴ و ۵- به ترتیب استاد، استاد و دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۷/۲۳

چکیده

بختیار، ف.، فرشادفر، ع.، آقائی سربرزه، م.، افشاری، ف. و قزوینی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی مقاومت به بیماری زنگ زرد در لاین‌های دابل هاپلویید گندم نان. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱: ۶۹۸- ۶۷۹. 10.22092/spij.2017.111284**

در این تحقیق فاکتورهای بیماری‌زایی دو جدایه زنگ زرد جمع‌آوری شده از مناطق کرج و کرمانشاه با استفاده از ارقام افتراقی تعیین شدند و برای ژن‌های *Yr*2,2^{+},6,6^{+},7,7^{+},8,9,17,18,25,26,27,32,A,DN در هر دو جدایه بیماری‌زایی مشاهد شد. واکنش ۱۵۰ لاین دابل هاپلویید گندم به همراه والدین و ارقام شاهد نسبت به بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) در مراحل گیاهچه و گیاه کامل با استفاده از دو صفت ضریب آلودگی و تیپ آلودگی در قالب طرح آگمنت مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که تفاوت بین ارقام شاهد برای صفات ضریب آلودگی و تیپ آلودگی نسبت به هر دو نژاد کرج (7E158A^{+},*Yr*27) و کرمانشاه (110E158A^{+},*Yr*27) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward)، لاین‌های دابل هاپلویید بر اساس صفات ضریب آلودگی و تیپ آلودگی نسبت به هر دو نژاد زنگ زرد به دو گروه حساس و متحمل تفکیک شدند. در مجموع ۲۸ لاین در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل نسبت به جدایه کرج واکنش مقاومت نشان دادند که به احتمال زیاد علاوه بر ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای دارای یک یا چند ژن کوچک اثر مرحله گیاه کامل هستند.

واژه‌های کلیدی: گندم، زنگ زرد، لاین دابل هاپلویید، تیپ آلودگی، ضریب آلودگی.

نویسنده مسئول: e_farshadfar@yahoo.com تلفن: ۰۸۳۳۸۳۳۰۱۱۱

مقدمه

گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی ایران و جهان، از دیرباز نقش مهمی در تامین معاش و ادامه حیات انسان بر عهده داشته است. در طول تاریخ زنگ‌های غلات همواره موجب بروز خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی شده‌اند و وقوع همه‌گیری‌های زنگ در ارقام زراعی، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در توسعه تمدن بشر داشته است (Carefoot and Sprott, 1967؛ Large, 1940؛ Roelfs *et al*., 1992)

عامل بیماری زنگ زرد (*Puccinia striiformis*) تعداد زیادی از اعضای زیر خانواده‌های Eragrostoidea و Festocoidea را آلوده می‌کند که اصلی‌ترین آن‌ها جنس‌های Hordeum، Secale، Elymus، Bromus، Aegilops و گونه‌هایی از جنس Triticum هستند (Samborski and Dyck, 1982). خسارت حاصل از بیماری زنگ تحت تاثیر اثر متقابل بین عامل بیماری‌زا، میزبان و محیط در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی رخ می‌دهد. میزان خسارت های‌حاصل از سه بیماری مهم زنگ سیاه، (*Puccinia graminis* f.sp *tritici*) زنگ قهوه‌ای (*Puccinia triticina*) و زنگ زرد گندم در نقاط مختلف دنیا نشان‌دهنده گستردگی مناطق بروز همه‌گیری این بیماری‌ها در نواحی خاصی از جهان است، به طوری که زنگ زرد در مناطق غرب آسیا، آفریقای جنوبی، چین، جنوب آمریکا و اروپای شمالی اهمیت بیشتری دارد. زنگ قهوه‌ای موجب بروز خسارت‌های بسیار مهمی در جنوب و جنوب شرقی آسیا، شمال آفریقا، و جنوب آمریکا می‌شود و زنگ سیاه در شمال آمریکا، استرالیا، شمال و جنوب آفریقا و مناطق وسیعی از اروپا مهم است (Saari and Prescott, 1985).

در طی دهه‌های گذشته بیماری زنگ زرد به صورت همه‌گیر در نقاط مختلف جهان از جمله پرتغال، اسپانیا، مصر، ایتالیا، استرالیا و نیوزلند بروز کرده است (Knott, 1989). در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۶۱ خسارت ناشی از همه‌گیری زنگ زرد در شمال غرب آمریکا، حدود ۲۵ تا ۷۵ درصد کل محصول برآورد شد (Hart and Becker, 1939). همه‌گیری بیماری زنگ زرد از سال ۱۹۹۰ به دفعات در ایران رخ داده است، در این همه‌گیری‌ها، ارقام مقاوم فلات، قدس و نوید که عملکرد و سطح زیر کشت بالاتری داشتند، مقاومت خود را از دست دادند (Tsomin *et al.,* 1990). میزان خسارت ناشی از همه‌گیری بیماری زنگ زرد در سال ۱۹۹۴ بالغ بر ۱/۵ میلیون تن (بیش از ۱۵٪ پتانسیل کل تولید گندم کشور) برآورد شد (Torabi *et al*., 1995).

روش اصلی مبارزه با زنگ‌های غلات استفاده از ارقام مقاوم است (Johnson, 1981) و پیش نیاز استفاده از ژن‌های مقاومت به بیماری در برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام مقاوم و

شناسایی ژن‌های مقاومت موجود در منابع مختلف است. برای اطلاع از موثر بودن ژن‌ها باید از ساختار ژنتیکی بیمارگر شناخت کافی وجود داشته باشد و سپس نسبت به انتخاب و انتقال ژن مورد نظر به ارقام مناطق مختلف اقدام شود (Dadrezaei and Nazari, 2015). تا سال ۲۰۱۲ وجود بیش از ۱۵۰ ژن مقاومت به سه زنگ قهوه‌ای سیاه و زرد درگندم و یا گرامینه‌هایی که با گندم خوشاوندی دارند تایید شده است (McIntosh *et al*., 2012). در رابطه با استفاده از ژن‌های مقاومت به بیماری زنگ با منشاء خویشاوندان وحشی گندم باید به این نکته توجه کرد که اکثر این ژن‌ها دارای مقاومت اختصاصی به یک نژاد خاص، با واکنش فوق حساسیت هستند در نتیجه باید دقت لازم را به منظور انتخاب نتاج برتر در نظر گرفت (Navabi *et al*., 2004).

تعداد کمی از ارقام شامل Carstens VI، Juliana، Desprez–Capelle ، Manella و Wilhelmina به مدت چندین سال مقاومت خود را نسبت به بیماری زنگ زرد حفظ کرده‌اند اما در بسیاری موارد مشاهده شده که حتی قبل از این‌که رقم مقاوم جایگزین ارقام قبلی شود، مقاومت خود را از دست داده است (Samborski and Dyck, 1982). در اکثر موارد شکسته شدن مقاومت به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی از دانش بیماری‌زایی در جمعیت بیمارگر (جهش و نوترکیبی)، و کامل نبودن دستور العمل‌های برنامه‌های به‌نژادی برای شناسایی و گزینش لاین‌های مقاوم بوده است (Roelfs, 1984).

ماسر (Macer, 1972) بیماری زنگ زرد را در مناطق سرد تر یوگسلاوی، مصر، ترکیه و ایران مهم دانسته است. او همچنین به برخی از سازش‌های محیطی پاتوتیپ‌های موجود در این مناطق به دماهای بالاتر اشاره کرده است. با توجه به تغییر شرایط اقلیمی و امکان سازگاری عامل بیماری زنگ زرد با این تغییرات، امکان ظهور نژادهای مقاوم به دمای بالا و رطوبت پایین محیط وجود دارد. در این صورت ممکن است حوزه فعالیت عامل بیماری در عرض‌های جغرافیایی افزایش یابد و در آینده شاهد بروز همه‌گیری‌های شدید و ایجاد خسارت در مناطقی که قبلاً سابقه بیماری وجود نداشته است باشیم (Hodson, 2011).

تحولات اقتصادی و اجتماعی حاصل از خسارت همه‌گیری زنگ‌های غلات، اثر بارزی در جهت گیری فعالیت‌های تحقیقاتی به سمت این بیماری داشته است به طوری که همه ساله تحقیقات گسترده‌ای روی بیماری زنگ زرد و میزبان آن انجام می‌شود به عنوان مثال خدارحمی و همکاران (Khodarahmi *et al*., 2009) در ارزیابی والدین و نتاج F_1 شش ژنوتیپ گندم نسبت به نژاد $^{+}$134E134A درمرحله گیاهچه‌ای در گلخانه در یک تلاقی دی‌الل یک طرفه مشاهده کردند که برای هر چهار صفت دوره کمون، تیپ آلودگی، اندازه جوش و تراکم جوش‌ها مدل افزایشی غالبیت مناسب است و والد

MV17 دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برای هر چهار صفت مورد مطالعه بود.

در تحقیق انجام شده توسط وان و چن (Wan and Chen, 2011) روی ۳۳۶ نمونه برگ آلوده به بیماری زنگ زرد جمع‌آوری شده از ۲۴ ایستگاه تحقیقاتی در ایالات متحده امریکا در مجموع ۶۰ نژاد زنگ زرد شناسایی شد که بیشترین فراوانی بیماری‌زایی روی گیاهان دارای ژن‌های *Yr*27، *Yr*43، *Yr*44، *Yr*26، *YrTr*1، *YrExp*2، *Yr*17، *Yr*9، *Yr*8، *Yr*7، *Yr*6 و *Yr*2 وجود داشت.

در تحقیق انجام شده طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۸ از ۱۰۴ جدایه مورد بررسی در گلخانه ۴۱ نژاد شناسایی شد. نژادهای $6E6A^+$، $6E10A^+$ و $6E0A^+$ غالب بودند. نژاد $0E0A^+$ نسبت به دو نژاد $166E158A^+$ و $134E158A^+$ با بیماری‌زایی روی یازده ژن شناخته شده، از قدرت تجاجمی کمتری برخوردار بود. در این بررسی روی گیاهان دارای ژن‌های *Yr*1، *Yr*2، *Yr*4، *Yr*6، *Yr*7، *Yr*8، *Yr*9، *Yr*10، *Yr*25، *Yr*27، *YrSU*، *YrSD*، *YrND*، *Yr*3، $Yr2^+$، $Yr6^+$، $Yr9^+$، $Yr7^+$، *YrCV* و *YrA* بیماری‌زایی مشاهده شد. اکثر جدایه‌های مورد بررسی در این آزمایش با فراوانی بیش از ۷۰ درصد روی گیاهان دارای ژن‌های *Yr*2، *Yr*7، *Yr*9 و *YrA* بیماری‌زایی نشان دادند و روی گیاهان دارای ژن‌های *Yr*3، *Yr*5 و *YrSP* بیماری‌زایی مشاهده نشد. در آزمایش گلخانه‌ای فراوانی بیماری‌زایی روی گیاهان دارای ژن‌های *Yr*1، *Yr*4، *Yr*10، (32+) *YrCV* و *YrSD* کمتر از هفت درصد، و فراوانی بیماری‌زایی برای سایر ژن‌ها بین هشت تا ۱۰۰ درصد بود (Afshari,. 2013).

معینی و همکارن (Moieni *et al*., 1997) لاین‌های دابل هاپلویید به‌دست آمده از کشت پرچم رقم قدس (حساس) و لاین شماره ۹۱۰۶ (مقاوم) و F_1های حاصل از آن‌ها را نسبت به هشت نژاد زنگ زرد در مرحله گیاهچه مورد بررسی قرار دادند، رقم قدس نسبت به سه نژاد حساس بود ولی سه لاین دابل هاپلویید حاصل از آن نسبت به این سه نژاد مقاوم بودند. همچنین پنج لاین دابل هاپلویید حاصل از لاین شماره ۹۱۰۶ و شش لاین دالدهاپلویید حاصل از گیاهان F_1 نسبت به تمام نژادها مقاومت نشان دادند.

سهم قابل توجهی از افزایش میزان تولید گندم کشور، مرهون ارقام اصلاح شده دارای صفات زراعی مطلوب و مقاوم به بیماری است در این راستا، تحقیق حاضر به منظور تعیین مقاومت ۱۵۰ لاین دابل هاپلویید گندم به همراه والدین و ارقام شاهد پارسی، میهن و بولانی در دو مرحله گیاهچه و گیاه کامل انجام شد تا در صورت شناسایی لاین‌های داری مقاومت موثر نسبت به نژادهای مورد بررسی، از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام مقاوم به بیماری‌های گندم استفاده شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق

شامل ۱۵۰ لاین دابل هاپلویید گندم (۷۵ لاین از جمعیت DH-26: Ghods*3/Mv17، ۴۵ لاین از جمعیت DH-27: Flanders/3*Ghods و ۳۰ لاین از جمعیت DH-28: Hybridebersee/*3Ghods) به همراه والدین و ارقام شاهد پارسی، میهن و بولانی بود. لاین‌های دابل هاپلویید با استفاده از روش کشت ساقه‌های بریده شده در تلاقی گندم و ذرت (Bakhtiar *et al.*, 2006) تهیه شدند. در این بررسی واکنش لاین‌های دابل هاپلویید،والدین و ارقام شاهد نسبت به دو نژاد عامل بیماری زنگ زرد از مناطق کرج (7E158A$^+$,*Yr*27) در مراحل گیاهچه‌ای و گیاه کامل و کرمانشاه (110E158A$^+$,*Yr*27) در مرحله گیاهچه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. از نرم‌افزارهای Excel نسخه ۲۰۰۷ برای رسم جدول‌ها و نمودارها، SPSS نسخه ۱۶ برای انجام تجزیه کلاستر و برنامه SAS نسخه ۹/۱ برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد.

بررسی واکنش لاین‌های دابل هاپلویید گندم در مرحله گیاه کامل

به منظور بررسی مقاومت مرحله گیاه کامل APR (Adult Plant Resistance)، در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ تعداد ۱۵۰ لاین دابل هاپلویید تولید شده به همراه ارقام شاهد پارسی، میهن، قدس، هیبریدبرسی، MV17 و بولانی (حساس به بیماری زنگ زرد) در قالب طرح آگمنت شامل ۱۵۰ لاین دابل هاپلوئید، شش شاهد، پنج بلوک و ۳۶ ژنوتیپ در هر بلوک، مجموعاً ۱۸۰ ژنوتیپ در مزرعه تحقیقاتی بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. لازم به ذکر است با توجه به عدم وجود مقدار بذر مورد نیاز از والد فلاندرز این رقم در آزمایش انجام شده در قالب طرح آگمنت ارزیابی نشد ولی در سال زراعی بعد با دریافت بذر درخواستی از کشور استرالیا، نسبت به بیماری زنگ زرد در شرایط مزرعه و گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار بذر بر اساس وزن هزار دانه و تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع محاسبه و هر لاین/رقم در دو خط یک متری، با فاصله خطوط ۳۰ سانتی متر روی یک پشته کاشته شد. استقرار عامل بیماری زنگ زرد روی لاین‌های مورد بررسی به صورت مصنوعی انجام شد و به منظور ایجاد شرایط مناسب برای گسترش عامل بیماری سعی شد تا با انجام آبیاری سطحی رطوبت نسبی مورد نیاز تامین شود. پس از استقرار عامل بیماری نسبت به انجام یادداشت برداری تیپ آلودگی و شدت آلودگی با استفاده از مقیاس تغییر یافته Cubb (Peterson *et al.*, 1948) همزمان با مراحل سنبله‌دهی تا پر شدن دانه روی برگ پرچم اقدام شد.

به منظور کمی کردن یادداشت برداری مرحله گیاه بالغ، تیپ و شدت آلودگی به یک متغیر کمی به نام ضریب آلودگی

CI (Coefficient of infection) تبدیل شد. ضریب آلودگی، حاصل ضرب درصد شدت آلودگی (۰ تا ۱۰۰) و ضریب مربوط به واکنش میزبان، بر اساس روش اصلاح شده Cubb به شرح جدول ۱ بود.

جدول ۱- تیپ آلودگی و ضرایب مورد استفاده در روش تغییر یافته Cubb برای محاسبه ضریب آلودگی

Table 1. Infection type and coefficients in modified Cobb scale for calculation of coefficient of infection

Infection type	تیپ آلودگی	VR	R	MR	LM	M	X	HM	MS	S	VS
Coefficient	ضریب	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	1	1

VR: Very Resistant; R: Resistant; MR: Moderately Resistant; LM: Light Moderate; M: Moderate; X: Heterogeneous; HM: High Moderate; MS: Moderately Susceptible; S: Susceptible; VS: Very Susceptible.

تعیین نژاد و فاکتورهای بیماری‌زائی جدایه‌های زنگ زرد

برای بررسی واکنش لاین‌های دابل هاپلویید گندم نسبت به بیماری زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط گلخانه از دو جدایه نمونه‌برداری شده از مزرعه بخش تحقیقات غلات کرج با کد (۱۰-۹۳) و مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه با کد (۹۹-۹۳) استفاده شد. تعیین نژاد و نام‌گذاری جدایه‌های زنگ زرد در گلخانه و با استفاده از روش جانسون انجام و همکاران (Johnson *et al.*, 1972) انجام شد. برای ایجاد آلودگی مصنوعی، دو جدایه مورد نظر به طور جداگانه تکثیر شدند. بعد از به‌دست آوردن مقدار کافی اسپور، مایه‌زنی به روش پودرپاشی روی ارقام افتراقی انجام شد. پس از ۱۷ الی ۱۹ روز، یادداشت‌برداری از واکنش گیاهچه‌ای ارقام افتراقی به روش پیشنهادی مک نیل و همکاران (McNeal *et al.*, 1971) انجام شد.

تکثیر اسپور نژادهای زنگ زرد

برای تکثیر اسپور، از رقم حساس بولانی استفاده شد. ابتدا بذر رقم بولانی در گلدان‌های حاوی مخلوط خاک، ماسه و خاک برگ استریل کاشته شد و پس از رشد کامل برگ اول، بوته‌ها با اسپور مخلوط شده با پودر تالک (به نسبت ۱ به۴) اسپورپاشی شدند. پس از مایه‌زنی، گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ ٪ در تاریکی مطلق نگهداری و سپس به گلخانه با شرایط دمای ۲±۱۸ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. به منظور مایه‌زنی لاین‌های دابل هاپلویید، اسپورهای تولید شده با استفاده از دستگاه مکنده از روی رقم بولانی جمع‌آوری و بلافاصله مورد استفاده قرار گرفتند. برای نگهداری کوتاه مدت (یک الی دو روز) اسپورهای جمع‌آوری شده

در داخل دسیکاتور و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

بررسی واکنش مرحله گیاهچه‌ای لاین‌های دابل هاپلویید گندم در شرایط گلخانه

بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای لاین‌های دابل هاپلویید در سال ۱۳۹۳ در گلخانه زنگ زرد واحد بیماری‌های غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. در این آزمایش واکنش لاین‌های دابل هاپلویید گندم به همراه والدین و ارقام شاهد در قالب طرح آگمنت نسبت به دو جدایه تعیین نژاد شده از مناطق کرج و کرمانشاه انجام شد.

به منظور تعیین تیپ آلودگی ابتدا بیست بذر از هر یک از ارقام و لاین‌های مورد بررسی در تشتک پتری کاشته شد و در انکوباتور با دمای ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس پانزده بذر جوانه زده به گلدان‌های کوچک حاوی مخلوط خاک، پیت ماس و خاک مزرعه (به نسبت ۲:۱) منتقل شدند و در گلخانه با درجه حرارت ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. مایه‌زنی در مرحله ۱۲ از مقیاس زادوکس (Zadoks *et al*., 1974) انجام شد در این مرحله رشد برگ اول کامل و برگ دوم تازه تشکیل شده بود. بعد از ظهور کامل برگ اول، گیاهچه‌ها به اتاق مایه‌زنی منتقل شدند و پس از اسپری با آب مقطر حاوی روغن توین ۲۰ نسبت به اسپورپاشی یکنواخت آن‌ها با استفاده از اسپور مخلوط شده با پودر تالک (به نسبت ۱ به ۴) اقدام شد. بعد از اسپورپاشی دوباره روی برگ‌ها با آب اسپری شد و روی گلدان‌ها با سرپوش شفاف پوشانده شد. به منظور جوانه‌زنی اسپور قارچ عامل بیماری، گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط تاریکی کامل و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت اشباع (بیش از ۹۵٪) قرار گرفتند و سپس گلدان‌ها به داخل گلخانه‌ای با رطوبت ۶۰ تا ۷۰ درصد و دمای ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد با نور ۱۶۰۰۰ لوکس و طول روز ۱۶ ساعت منتقل و به مدت بیست روز در این شرایط نگه‌داری شدند.

یاداشت برداری از تعیین تیپ آلودگی

تیپ آلودگی اثر متقابل بین میزبان و عامل بیماری است که هم می‌تواند برای توصیف مقاومت و هم برای نشان دادن بیماری‌زایی عامل بیماری مورد استفاده قرار گیرد. تیپ آلودگی تحت تاثیر شرایط محیطی، سن میزبان، تراکم اسپور و زمان ارزیابی گیاه قرار می‌گیرد و با کاهش تیپ آلودگی میزان مقاومت افزایش می‌یابد (Roelfs *et al*., 1992).

پس از ۱۸ تا ۲۰ روز از مایه‌زنی، تیپ آلودگی و درجه آلودگی ارقام و لاین‌های دابل هاپلویید مورد بررسی با استفاده از روش مک نیل (McNeal *et al*., 1971) تعیین شد. در این روش بر اساس مشاهده مستقیم وضعیت آلودگی برگ‌ها به هر گیاهچه نمره‌ای بین صفر تا ۹ داده می‌شود، به طوری که نمرات ۲-۰ نشاندهنده مقاومت، ۶-۳ نیمه مقاوم تا نیمه

نشان‌دهنده مقاومت، ۶-۳ نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۹-۷ نشان‌دهنده حساسیت است.

در این آزمایش هر دو نژاد به طور جداگانه و در شرایط کاملاً یکسان روی گیاهچه‌های ژنوتیپ‌های مورد بررسی مایه زنی شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نام‌گذاری جدایه‌های زنگ زرد

با توجه به ارزش‌های تعیین شده برای هر کدام از ارقام استاندارد بر اساس روش جانسون و همکاران (Johnson *et al*., 1972) به ترتیب نژاد منطقه کرج *Yr27*, $7E158A^+$ و نژاد منطقه کرمانشاه *Yr27*, $110E158A^+$ تعیین شد. مشخصات هر یک از جدایه‌ها و فرمول بیماری‌زایی / غیر بیماری‌زایی برای ژن‌های مقاومت زنگ زرد در جدول ۲ ارائه شده است. الگوی بیماری‌زایی برای برخی از ژن‌ها در جدایه‌ها متفاوت بود که این امر بیانگر متفاوت بودن جدایه‌های مورد استفاده بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده در گیاهان دارای ژن‌های *Yr*2, 2^+, 6, 6^+, 7, 7^+, 8, 9, 17, 18, 25, 26, 27, 32, A, DN و درهر دو جدایه مورد مطالعه بیماری‌زایی مشاهده شد و در گیاهان حامل ژن‌های *Yr*4, 5, 19, 15, 24, CV, SP در هیچ کدام از جدایه‌ها بیماری‌زایی مشاهده نشد. در مطالعات انجام شده توسط افشاری (Afshari, 2004) و افشاری (۲۰۱۱) روی زنگ زرد نیز برای ژن‌های *Yr1*، *Yr3*، *Yr4*، *Yr5*، *Yr10*، *Yr15*، *Yr24* و *YrCV* بیماری‌زایی گزارش نشده است.

زنگ زرد مهم‌ترین بیماری گندم در مناطق مرکزی و غربی آسیا و شمال آفریقا است. با گذشت زمان ترکیب جمعیت *Puccinia striiformis* تغییر می‌کند، این امر می‌تواند مهم‌ترین مسأله در برنامه‌های به‌نژادی باشد. اکثر ژن‌های مقاومت موجود در ارقام تحت کاشت در منطقه آسیای مرکزی و شمال آفریقا شامل *Yr*18 و *Yr*27 در مقابل نژادهای رایج زنگ زرد منطقه بی‌اثر هستند (Singh *et al*., 2004)

ژن *Yr*27 از ژن‌های مقاومت مرحله گیاهچه‌ای است که در اکثر ارقام گندم ایرانی مانند اترک وجود دارد و اکنون به یک ژن بی‌اثر تبدیل شده است (Afshari, 2004). بیماری‌زایی برای این ژن در اغلب مناطق شمال، شمال غرب، شمال شرق، جنوب، جنوب غرب، و مرکز ایران مشاهده شده است. ارقام گندم نان مثل فلات در ایران، مکزی‌پاک (Mexipak) در سوریه و گریک (Gereck) در ترکیه که حاوی ژن *Yr*9 بودند در اوایل معرفی نسبت به جمعیت‌های رایج زنگ زرد این مناطق مقاوم بودند. در طی چند سال نژادهای بیماریزا برای این ژن ظاهر و ژن مقاومت *Yr*9 موجود در این ارقام بی‌اثر شد (Yahyaoui *et al*., 2004؛ Torabi *et al*., 1995).

جدول ۲- فرمول بیماری‌زایی / غیر بیماری‌زایی جدایه‌های *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* و نژادهای شناسائی برای آن‌ها در گلخانه

Table 2. Avirulence / virulence formula of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* isolates and races determined for them in greenhouse

Isolate	جدایه	پاتوتیپ (نژاد) Pathotype (race)	فرمول بیماری‌زایی / غیربیماری‌زایی Avirulence/virulence formula
Karaj	کرج	7E158A$^+$,*Yr*27	*Yr3,4,5,9$^+$,10,15,24,CV,SD,SP,SU/ Yr1,2,2$^+$,6,6$^+$,7,7$^+$,8,9,17,18,25,26,27,32,A,DN*
Kermanshah	کرمانشاه	110E158A$^+$,*Yr*27	*Yr1,4,5,10,9$^+$,15,24,CV,SP/ Yr2,2$^+$,3,6,6$^+$,7,7$^+$,8,9,17,18,25,26,27,32,A,DN,SD,SU*

ارزیابی مقاومت به بیماری زنگ زرد در لاین‌های دابل‌هاپلوئید گندم در مزرعه و گلخانه

پس از استقرار عامل بیماری، در مزرعه یادداشت‌برداری از تیپ آلودگی لاین‌های دابل هاپلویید و شاهدهای آزمایش نسبت به نژاد کرج و ارزیابی مقاومت گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گلخانه با استفاده از صفت تیپ آلودگی انجام شد. در مرحله گیاهچه‌ای ۱۵۶ ژنوتیپ مورد آزمایش نسبت به هر دو نژاد زنگ زرد مورد ارزیابی قرار گرفتند

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها مشخص شد که تفاوت بین ارقام شاهد برای صفات ضریب آلودگی در مرحله گیاه کامل و تیپ آلودگی در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به دو نژاد 7E158A$^+$,*Yr*27 و 110E158A$^+$,*Yr*27 در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است).

نتایج بررسی واکنش جمعیت‌های دابل هاپلویید در مرحله گیاه کامل و مرحله گیاهچه نسبت به دو نژاد کرج و کرمانشاه بر اساس تعداد و درصد گیاهان در گروه‌های مقاوم تا حساس در جدول ۳ ارائه شده است.

لاین‌های جمعیت DH-26: Ghods*3/Mv17

در ارزیابی واکنش مرحله گیاه کامل از ۷۵ لاین مورد بررسی از جمعیت DH-26 نسبت به نژاد کرج (7E158A$^+$,*Yr*27)، ۲۲ لاین (۲۹/۳۳ درصد) مقاوم و ۵۳ لاین (۷۰/۶۶ درصد) حساس تشخیص داده شدند. از ۲۲ لاین مقاوم در مرحله گیاه کامل تنها دو لاین علی‌رغم نشان دادن واکنش حساسیت در مرحله گیاهچه نسبت به هر دو نژاد مورد بررسی، دارای مقاومت مرحله گیاه کامل بودند که انتظار می‌رود دارای ژن‌های تحمل به بیماری مرحله گیاه کامل باشند. این پدیده بیان می‌کند که لاین‌های دارای مقاومت مراحل گیاهچه و گیاه کامل دارای تظاهر مقاومت مرحله گیاهچه هستند و احتمالاً مقاومت مرحله گیاه کامل آن‌ها توسط مقاومت مرحله گیاهچه پوشیده می‌شود. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای، نسبت به نژاد کرج، ۵۲ لاین (۶۹/۳۳ درصد) دارای تیپ

جدول ۳- تعداد و درصد لاین‌ها در جمعیت‌های دابل هاپلویید گندم بر اساس تیپ آلودگی آن‌هادر مراحل گیاه کامل (MS-S و O-MR) و گیاهچه (0-9) نسبت به دو نژاد7E158A^{+},*Yr*27 و 110E158A^{+},*Yr*27 زنگ زرد

Table 3. Number and precentage of lines in wheat doubled haploid populations based on their infection type at seedling (0-9) and adult plant stages (O-MR and MS-S) against two races 7E158A^{+},*Yr*27 and 110E158A^{+},*Yr*27 of yellow rust

جمعیت دابل هاپلوئید Doubled haploid population			نژاد Race 7E158A^{+},*Yr*27						گیاهچه Race 110E158A^{+},*Yr*27	
			گیاه کامل Adult		گیاهچه Seedling				گیاهچه Seedling	
			0-MR	MS-S	0-2	3-6	7-9	0-2	3-6	7-9
DH-26	Number	تعداد	22.00	53.00	14.00	9.00	52.00	19.00	3.00	53.00
	Precentage	درصد	29.33	70.66	18.66	12.00	69.33	25.33	4.00	70.66
DH-27	Number	تعداد	34.00	11.00	11.00	8.00	26.00	7.00	6.00	32.00
	Precentage	درصد	75.55	24.44	24.44	17.77	57.78	15.55	13.33	71.11
DH-28	Number	تعداد	21.00	9.00	10.00	5.00	15.00	4.00	1.00	25.00
	Precentage	درصد	70.00	30.00	33.33	16.66	50.00	13.33	3.33	83.33
Total	Number	تعداد	77.00	73.00	35.00	22.00	93.00	30.00	10.00	110.00
	Precentage	درصد	51.33	48.67	23.33	14.67	62.00	20.00	6.67	73.33

آلودگی حساس ، ۹ لاین (۱۲ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۱۴ لاین (۱۸/۶۶درصد) دارای تیپ آلودگی مقاوم بودند. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای این جمعیت نسبت به نژاد کرمانشاه (110E158A^{+},*Yr*27)، ۵۳ لاین (۷۰/۶۶ درصد) دارای تیپ آلودگی حساس، ۳ لاین (۴ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۱۹ لاین (۲۵/۳۳ درصد) دارای تیپ مقاوم بودند. در این جمعیت ۹ لاین در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل نسبت به جدایه کرج واکنش مقاومت نشان دادند .بروز این واکنش‌ها بیانگر آن است که امکان دارد علاوه بر ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یک یا چند ژن کوچک اثر مرحله گیاه کامل نیز در این لاین‌ها وجود داشته باشد (جدول ۴).

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود برخی از لاین‌ها در مرحله گیاهچه واکنش مقاومت، و در مرحله گیاه کامل واکنش حساسیت نشان داده‌اند، این پدیده می‌تواند به علت استفاده از ترکیبی از نژادهای زنگ زرد در اسپورپاشی مزرعه باشد، علاوه بر این امکان ایجاد آلودگی‌های ثانویه با نژادهای دیگر نیز در مزرعه وجود دارد. در حالی که در گلخانه لاین‌ها تنها نسبت به یک نژاد خاص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

لاین‌های دابل هاپلویید این جمعیت با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward) بر اساس دو صفت ضریب آلودگی و تیپ آلودگی برای دو نژاد 7E158A^{+},*Yr*27 و 110E158A^{+},*Yr*27به دو گروه مقاوم و حساس تقسیم شدند (شکل ۱). در این گروه بندی ارقام

جدول ۴- تیپ آلودگی مرحله گیاهچه‌ای و واکنش مرحله گیاه کامل تعدادی از لاین‌های دابل هاپلویید گندم جمعیت DH-26 در مقابل دو نژاد $7E158A^{+}$,*Yr27* و $110E158A^{+}$,*Yr27* زنگ زرد

Table 4. Seedling infection type and adult plant response of some wheat doubled haploid lines of DH-26 population against races $7E158A^{+}$, *Yr27* and $110E158A^{+}$, *Yr27* of yellow rust

Entry No.	DH Code	Race $7E158A^{+}$,*Yr27* نژاد		Race $110E158A^{+}$,*Yr27* نژاد
		Adult	Seedling	Seedling
1	DH-26-1	20M	7	7
2	DH-26-6	10MR	0;CN	7
3	DH-26-16	90S	0	0
4	DH-26-21	20M	0	0
5	DH-26-24	20M	0	0
6	DH-26-25	90S	0	0
7	DH-26-26	90S	2C	2
8	DH-26-28	5MR	0	0
9	DH-26-34	30M	0	7
10	DH-26-38	100S	0	0
11	DH-26-43	20MR	0	7
12	DH-26-75	5R	0	0
13	DH-26-79	5R	7	7
14	DH-26-90	20MR	0C	7
15	DH-26-91	40M	0C	7

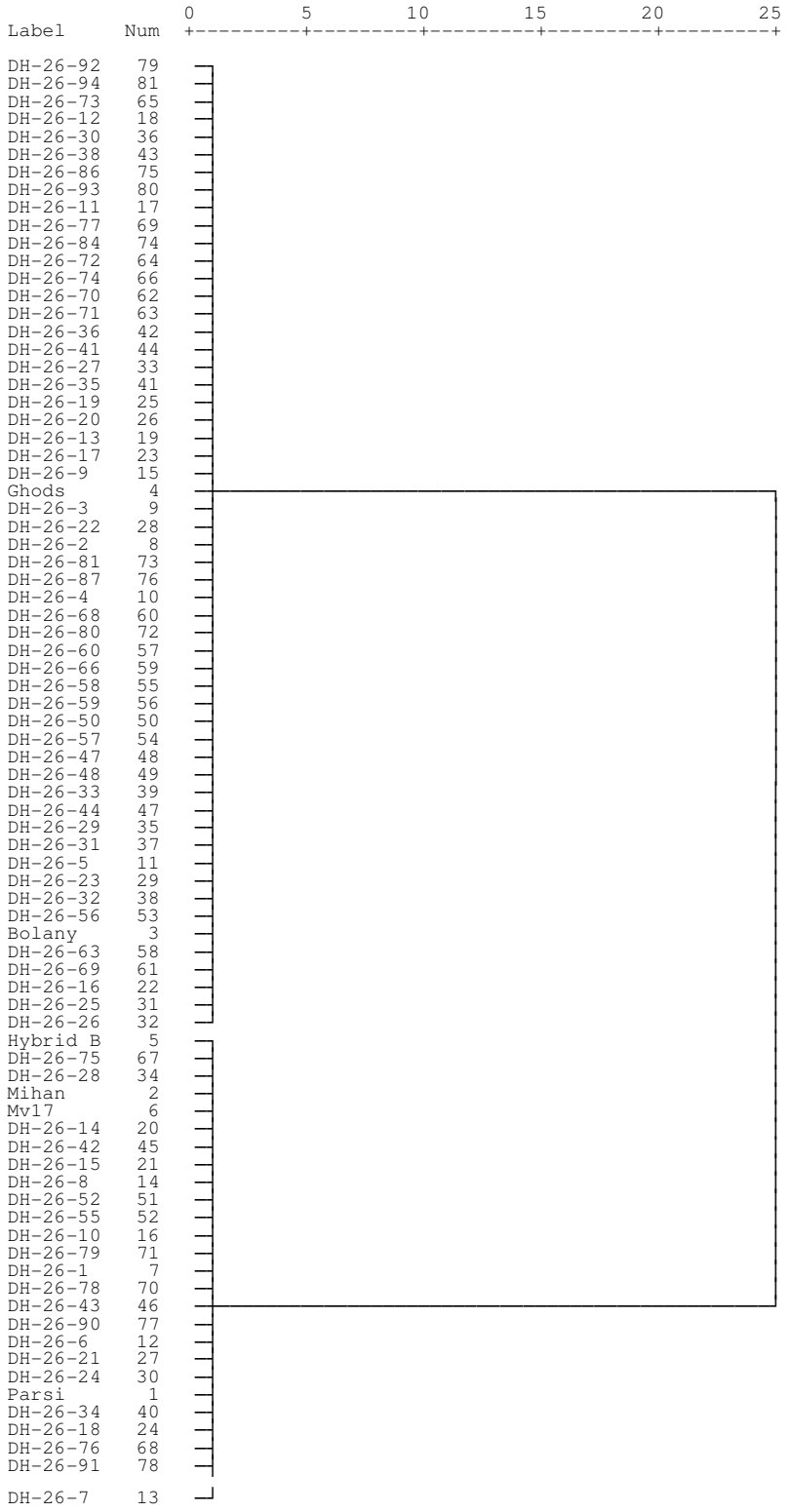
0: Immune; C: Chlorosis; N: Necrosis; M: Moderate; R: Resistant; MR: Moderately Resistant; MS: Moderatly Susceptible; S: Susceptible.

هیبریدبرسی، میهن،MV17 و پارسی در گروه لاین‌های مقاوم و ارقام قدس و بولانی در گروه لاین‌های حساس قرارگرفتند.

لاین‌های جمعیت

DH-27: Flanders/3*Ghods

در بررسی مقاومت مرحله گیاه کامل در جمعیت DH-27 نسبت به نژاد کرج ($7E158A^{+}$,*Yr27*) از ۴۵ لاین مورد بررسی ۳۴ لاین (۷۵/۵۵ درصد) مقاوم و ۱۱ لاین (۲۴/۴۴ درصد) حساس بودند. از ۳۴ لاین مقاوم در مرحله گیاه کامل شش لاین علی‌رغم نشان دادن واکنش حساسیت در مرحله گیاهچه نسبت به هر دو نژاد مورد بررسی، دارای مقاومت مرحله گیاه کامل بودند که انتظار می‌رود دارای ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل باشند. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای، نسبت به نژاد کرج، ۲۶ لاین (۵۷/۷۸ درصد) دارای تیپ آلودگی حساس، ۸ لاین (۱۷/۷۷ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۱۱ لاین (۲۴/۴۴ درصد)دارای تیپ مقاوم بودند. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای این جمعیت نسبت به نژاد کرمانشاه ($110E158A^{+}$,*Yr27*)، ۳۲ لاین (۷۱/۱۱ درصد) دارای تیپ آلودگی حساس، ۶ لاین (۱۳/۳۳ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۷ لاین (۱۵/۵۵ درصد) دارای تیپ آلودگی مقاوم بودند. در این جمعیت یازده لاین در هر دو



شکل ۱-گروه‌بندی لاین‌های جمعیت DH-26 بر اساس صفات تیپ آلودگی و ضریب آلودگی نسبت به نژادهای 110E158A^{+},*Yr*27 و 7E158A^{+},*Yr*27 زنگ زرد با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward)

Fig. 1. Classification of doubled haploid lines in DH-26 population based on infection type and coefficient of infection against races 110E158A^{+}, *Yr27* and 7E158A^{+}, *Yr27* of yellow rust using Ward's method of cluster analysis

مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل نسبت به نژاد کرج واکنش مقاومت نشان دادند که به احتمال زیاد دارای ژن‌های مقاومت از نوع گیاهچه‌ای هستند(جدول ۵).

جدول ۵- تیپ آلودگی مرحله گیاهچه‌ای و واکنش مرحله گیاه کامل تعدادی از لاین‌های دابل هاپلویید گندم جمعیت DH-27 در مقابل دو نژاد 7E158A$^+$,*Yr27* و 110E158A$^+$,*Yr27* زنگ زرد

Table 5. Seedling infection type and adult plant response of some wheat doubled haploid lines of DH-27 population against races 7E158A$^+$, *Yr27* and 110E158A$^+$, *Yr27* of yellow rust

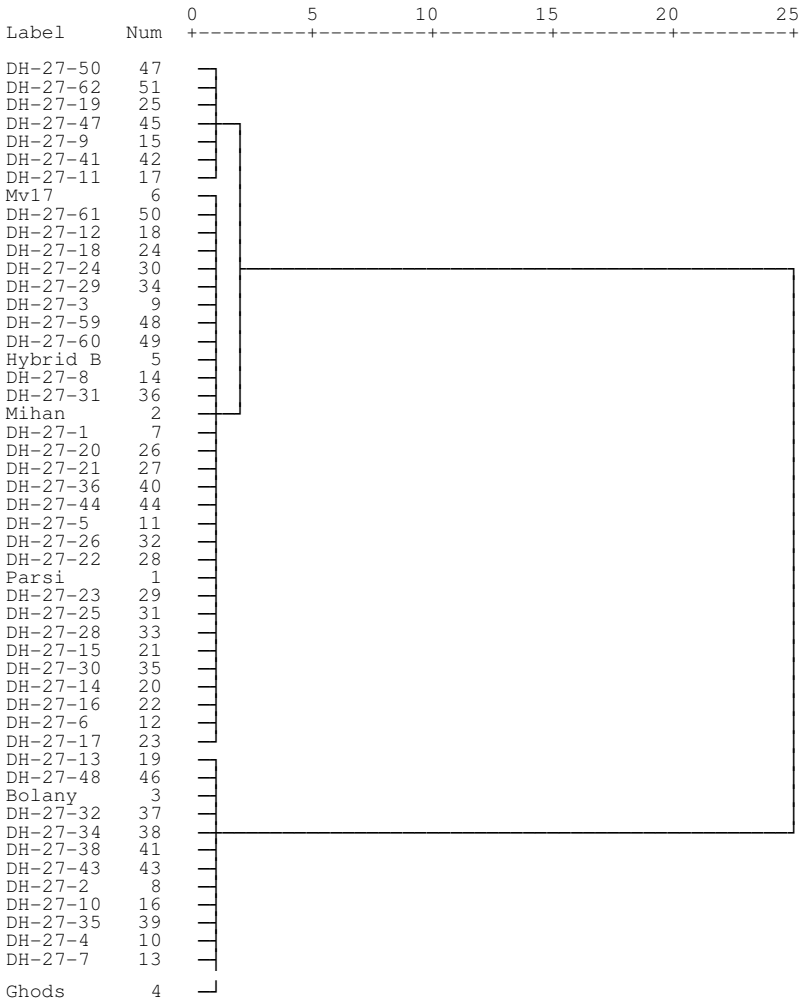
		Race 7E158A$^+$,*Yr27* نژاد		Race 110E158A$^+$,*Yr27* نژاد
Entry No.	DH-Code	Adult	Seedling	Seedling
1	DH-27-1	5R	7	7
2	DH-27-3	10R	0C	4
3	DH-27-6	20MR	0	7
4	DH-27-8	5R	0C	0CN
5	DH-27-15	20MR	7	7
6	DH-27-17	30MR	0CN	7
7	DH-27-18	20MR	0C	0C
8	DH-27-24	5R	0C	3
9	DH-27-25	20MR	7	7
10	DH-27-26	20R	7	7
11	DH-27-28	20MR	7	7
12	DH-27-29	5R	0C	4
13	DH-27-31	5R	0C	0C
14	DH-27-36	5R	7	7
15	DH-27-44	5R	6	5
16	DH-27-59	5R	0	0
17	DH-27-60	5R	0C	0C
18	DH-27-61	20R	0	0C

0: Immune; C: Chlorosis; N: Necrosis; M: Moderate; R: Resistant; MR: Moderately Resistant; MS: Moderatly Susceptible; S: Susceptible.

لاین‌های دابل هاپلویید این جمعیت با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward) بر اساس دو صفت ضریب آلودگی و تیپ آلودگی برای دو نژاد 7E158A$^+$,*Yr27* و 110E158A$^+$,*Yr27* به دو گروه مقاوم و حساس تقسیم شدند (شکل ۲). در این گروه بندی ارقام هیبریدبرسی، میهن،MV17 و پارسی در گروه لاین‌های مقاوم و ارقام قدس و بولانی در گروه لاین‌های حساس قرارگرفتند.

لاین‌های جمعیت DH-28: Hybridebersee/*3Ghods

بر اساس نتایج جدول ۳ در جمعیت DH-28 از ۳۰ لاین مورد بررسی در مرحله گیاه کامل ۲۱ لاین (۷۰ درصد) مقاوم و ۹ لاین (۳۰ درصد) حساس تشخیص داده شدند. از ۲۱ لاین مقاوم در مرحله گیاه کامل تنها ۳ لاین علی‌رغم نشان دادن واکنش حساسیت در مرحله گیاهچه نسبت به هر دو نژاد مورد بررسی، دارای مقاومت مرحله گیاه کامل بودند که



شکل ۲-گروه بندی لاین‌های جمعیت DH-27 بر اساس صفات تیپ آلودگی و ضریب آلودگی نسبت به نژادهای 110E158A$^+$,*Yr*27 و 7E158A$^+$,*Yr*27 زنگ زرد با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward)

Fig. 2. Classification of doubled haploid lines in DH-27 population based on infection type and Coefficient of infection against races 110E158A$^+$,*Yr*27 and 7E158A$^+$,*Yr*27 of yellow rust using Ward's method of cluster analysis

انتظار می‌رود دارای ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل باشند. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای، نسبت به نژاد کرج (7E158A$^+$,*Yr*27)، ۱۵ لاین (۱۰درصد) دارای تیپ آلودگی حساس، ۵ لاین (۱۶/۶۶ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۱۰ لاین (۳۳/۳۳ درصد) دارای تیپ مقاوم بودند. در بررسی مقاومت مرحله گیاهچه‌ای این جمعیت نسبت به نژاد کرمانشاه (110E158A$^+$,*Yr*27)، ۲۵ لاین (۸۳/۳۳ درصد) دارای تیپ آلودگی حساس، یک لاین (۳/۳۳ درصد) تیپ آلودگی نیمه مقاوم تا نیمه حساس و ۴ لاین (۱۳/۳۳ درصد) دارای تیپ آلودگی مقاوم بودند. در این

جمعیت ۸ لاین در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل نسبت به نژاد کرج واکنش مقاومت نشان دادند که به احتمال زیاد ممکن است علاوه بر ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای یک یا چند ژن کوچک اثر مرحله گیاه کامل نیز در این لاین‌ها وجود داشته باشد (جدول ۶).

جدول ۶- تیپ آلودگی مرحله گیاهچه‌ای و واکنش مرحله گیاه کامل تعدادی از لاین‌های دابل هاپلویید گندم جمعیت DH-28 در مقابل دو نژاد 7E158A$^+$,*Yr*27 و 110E158A$^+$,*Yr*27 زنگ زرد

Table 6. Seedling infection type and adult plant response of some wheat doubled haploid lines of DH-28 population against races 7E158A$^+$, *Yr27* and 110E158A$^+$, *Yr27* of yellow rust

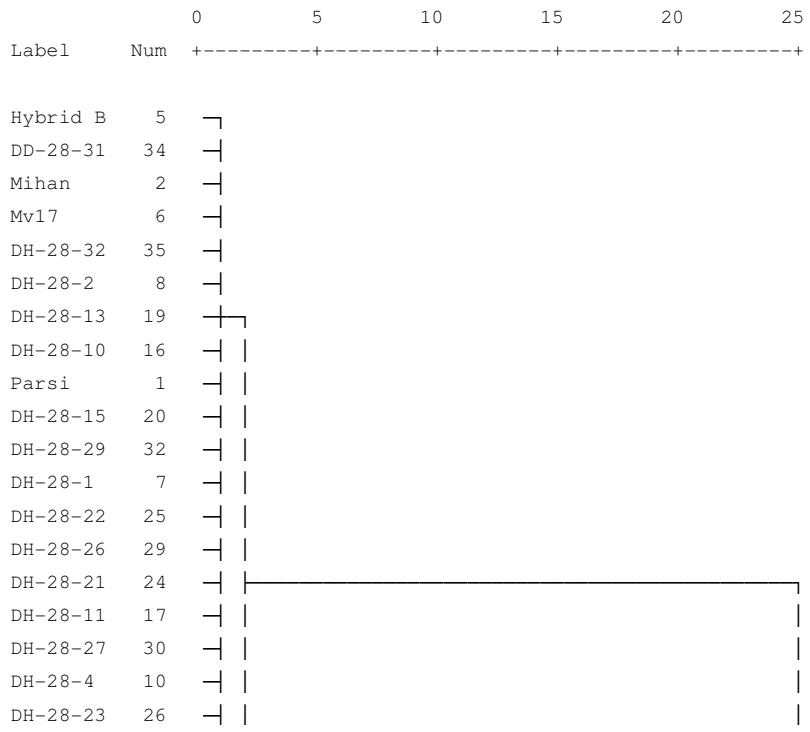
		نژاد Race 7E158A$^+$,*Yr*27		نژاد Race 110E158A$^+$,*Yr*27
Enlry No.	DH-Code	Adult	Seedling	Seedling
1	DH-28-2	20MR	0C	7
2	DH-28-4	20MR	0C	7
3	DH-28-9	40MS	0C	7
4	DH-28-10	20MS	0C	7
5	DH-28-11	5MR	0	7
6	DH-28-13	20M	0C	7
7	DH-28-21	10MR	7	7
8	DH-28-22	10MR	7	7
9	DH-28-23	20MR	0	7
10	DH-28-24	40M	0C	7
11	DH-28-29	20MR	7	7
12	DH-28-31	5R	0	0C

0: Immune; C: Chlorosis; N: Necrosis; M: Moderate; R: Resistant; MR: Moderately Resistant; MS: Moderatly Susceptible; S: Susceptible.

لاین‌های دابل هاپلویید این جمعیت با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward) بر اساس دو صفت ضریب آلودگی و تیپ آلودگی برای دو نژاد 7E158A$^+$,*Yr*27 و 110E158A$^+$,*Yr*27به دو گروه مقاوم و حساس تقسیم شدند (شکل ۳). در این گروه بندی ارقام هیبریدبرسی، میهن،MV17 و پارسی در گروه لاین‌های مقاوم و ارقام قدس و بولانی در گروه لاین‌های حساس قرارگرفتند.

در بررسی جمعیت لاین‌های دابل هاپلویید حاصل از تلاقی ارقام بهاره اوتان (Otan) با واکنش مقاومت پایدار، و تیریته‌آ (Tiritea) با واکنش حساسیت، نسبت به نژاد 106E139A$^+$، ارزیابی داده‌های حاصل از تفکیک متجاوز نشان داد که هر دو والد در ایجاد مقاومت مرحله گیاه کامل لاین‌های دابل هاپلویید موثر بوده‌اند (Imtiaz *et al*., 2001).

مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2009) صفات تیپ آلودگی، دوره کمون، اندازه پاستول، و تراکم پاستول را نسبت به نژاد غالب زنگ زرد منطقه شمال غرب ایران (166E134A$^+$) در یک جمعیت دابل هاپلویید مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجزیه واریانس صفات فوق در ۵۱ لاین مورد بررسی، والدین



شکل ۳-گروه‌بندی لاین‌های جمعیت DH-28 بر اساس صفات تیپ آلودگی و ضریب آلودگی نسبت به نژادهای 110E158A^{+},*Yr*27 و 7E158A^{+},*Yr*27 زنگ زرد با استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward)

Fig. 3. Classification of doubled haploid lines in DH-28 population based on infection type and Coefficient of infection against races 110E158A^{+},*Yr*27 and 7E158A^{+},*Yr*27 of yellow rust using Ward's method of cluster analysis

(MV17 و فلات) و رقم شاهد بولانی در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که بین لاین‌های دابل هاپلویید نسبت به کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت

در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ در تحقیق انجام شده با همکاری مرکز تحقیقات بین‌المللی CIMMYT در ایستگاه‌های تحقیقاتی تولوکا (Toluca) در کشور مکزیک و نجورو (Njoro) در کشور کنیا یک جمعیت دابل هاپلویید به همراه والدین نسبت به بیماری‌های زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه مورد بررسی قرار گرفت. واکنش لاین‌های دابل هاپلویید نسبت به بیماری زنگ زرد، در مزرعه و در مرحله گل‌دهی ارزیابی شد. در تولوکا شدت بیماری رقم ساچم (Sachem) نسبت به رقم استرانگ فیلد (Strongfield) کمتر و پاسخ لاین‌های دابل هاپلویید نسبت به شدت بیماری پیوسته و با شیب ملایم بود. در نیجور تیپ آلودگی رقم ساچم مقاوم و تیپ آلودگی رقم استرانگ فیلد حساس تشخیص داده شد و لاین‌های دابل هاپلویید اغلب به صورت حساس و مقاوم تفرق یافته بودند. برخی از لاین‌های دابل هاپلویید در مقایسه با هر دو والد دارای مقاومت بیشتری نسبت به بیماری‌های

زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه بودند (Singh *et al*., 2013).

در سال‌های گذشته از بررسی داده‌های حاصل از بیماری‌زایی جمعیت نژادهای عامل بیماری زنگ زرد، اطلاعات قابل توجهی به دست آمده است که در پیش‌برد برنامه های به‌نژادی موثر بوده‌اند. به هر حال استفاده از ژن‌های مقاومت مرحله گیاهچه‌ای با ترکیبی از ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل می‌تواند به عنوان یک راه‌کار موثر در کنترل بیماری زنگ زرد در ایران مورد استفاده قرار گیرد، همچنین با استفاده از روش به‌نژادی هاپلوییدی ضمن کوتاه کردن مدت زمان برنامه به‌نژادی و افزایش کارائی انتخاب در مراحل اولیه، می‌توان با ایجاد آلودگی مصنوعی در گلخانه و مزرعه نسبت به انتخاب لاین‌های مقاوم اقدام کرد.

References

Afshari, F. 2004. Identification of wheat yellow (stripe) rust pathotypes in Iran. Proceedings of the Second Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa, 22-26 March, Islamabad, Pakistan. page 34.

Afshari, F. 2011. Status of wheat stripe rust disease in Iran during 2009-2010. International Wheat Stripe Rust Symposium, 18-21 April, ICARDA, Aleppo, Syria. page 1.

Afshari, F. 2013. Race analysis of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Iran. Archives of Phytopathology and Plant Protection 46 (15): 1785-1796.

Bakhtiar, F., Bozorgipour, R., and 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 Persian).

Carefoot, G. L., and Sprott, E. R. 1967. Famine on the Wind, Man's Battle Against Plant Disease. Rand McNally and Co., USA.

Dadrezaie, S. T., and Nazari, K. 2015. Detection of wheat rust resistance genes in some Iranian wheat genotypes by molecular markers. Seed and Plant Improvement Journal 31-1: 163-187 (in Persian).

Hart, H., and Becker, H. 1939. Beitrage zur Frage des Zwischenwirtes für *Puccinia glumarum.* Zeitschrift fÜr Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 49: 559-566.

Hodson, D. P. 2011. Shifting boundaries: challenges for rust monitoring. Euphytica 179: 93-104.

Johnson, R. 1981. Durable resistance definition of genetic control and attainment in plant breeding. Phytopathology 71(8): 567-568.

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

Imtiaz, M., Ahmad, M., Cromey, M. G., Hampton, J. G., and McNeil1, D. 2001. Molecular mapping of durable stripe rust (*Puccinia striiformis* West.) resistance gene(s) in wheat Agronomy (New Zealand) 31: 281-286.

Khodarahmi, M., Jalal Kamali, M. R., and Afshari, F. 2009. Diallel analysis of yellow rust resistance components in wheat genotypes. Proceedings of the 12th International Cereal Rust and Powdery Mildews Conference, Antalia, Turkey. page 154.

Knott, D. R. 1989. The Wheat Rust, Breeding for Resistance. Monographs on Theoretical and Applied Genetics 12. Springer-Verlag. Berlin, Heridelberg, Germany. 201 pp.

Large, E. C. 1940. The Advance of the Fungi. Jonathon Cape, London, UK.

Macer, R. C. F. 1972. The resistance of cereals to yellow rust and its exploitation by plant breeding. Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences 181: 281-301.

McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Devos, K. M., Dubcovsky, J., Rogers, J., and Appels, R. 2012. Catalogue of gene symbols for wheat. 2012. Supplement. KOMUGI Integrated Wheat Science Database. Available on line: http://www.shigen.nig.ac.jp /wheat/komugi/genes /symbolclasslist. jsp.

McNeal, F. H., Konzak, C. F., Smith, E. P., Tate, W. S., and Russell, T. S. 1971. A Uniform System for Recording and Processing Cereal Research Data. Agricultural Research Service Bulletin No. 34-121. United States Department of Agriculture, Washington D. C., USA.

Moieni, A., De Vallavieille-Pope, C., and Sarrafi., A. 1997. Potential use of double haploid lines for the screening of resistance to yellow rust *Puccinia striiformis,* in hexaploid wheat. Plant Breeding 116: 595-597.

Moradi, P., Haghnazarib, B. A., Bozorgipour, R., and 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.

Navabi, A., Singh, R. P., Tewari, J. P., and Briggs, K. G. 2004. Inheritance of high levels of adult-plant resistance to stripe rust in Wave wheat genotypes. Crop Science 44: 1156-1162.

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.

Roelfs, A. P. 1984. Race specificity and methods of study. pp. 131-164. In: Roelfs, A. P., and Bushnell, W. R. (eds.) The Cereal Rusts, Vol. I: Origins, Specificity, Structure, and Physiology. Academic Press, Orlando, Florida, USA.

Roelfs, A. P., Singh, R. P., and Saari, E. E. 1992. Rust Disease of Wheat: Concepts and Method of Disease Management. Mexico, D.F., CIMMYT, Mexico. 81pp.

Saari, E. E., and Prescott, J. M. 1985. World distribution in relation to economic loss. pp. 259–289. In: Roelfs, A. P., and Bushnell, W. R. (ed.) The Cereal Rusts. Vol. 2: Diseases, Distribution, Epidemiology and Control. Academic Press, Orlando, FL., USA.

Samborski, D. J., and Dyck, P. L. 1982. Enhancement of resistance to *Puccinia recondita* by interactions of resistance genes in wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 4: 152-156.

Singh, A., Pandey, M. P., Singh, A. K., Knox, R. E., Ammar, K., Clarke, J. M., Clarke, F. R., Singh, R. P., Pozniak, C. J., DePauw, R. M., and McCallum, B. D. 2013. Identification and mapping of leaf, stem and stripe rust resistance quantitative trait loci and their interactions in durum wheat. Molecular Breeding 31: 405-418.

Singh, R. P., Duveiller, E., and Huerta-Espino, J. 2004. Virulence to yellow rust resistance gene *Yr*27: a new threat to stable wheat productions in Asia. Proceedings of the Second Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa, 22-26 March, Islamabad, Pakistan:. pp. 16-17.

Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forootan, A. R., Rami, 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 Mildows Bulletin 23: 9-12.

Tsomin, Y., Wenhue, S., and Kequan, S. 1990. Monosomic analyses for stripe rust and leaf rust resistance genes in winter wheat varieties Luqiyu and Yantar. Euphytica 48: 83-86.

Wan, A. M., and Chen, X. M. 2011. Races and virulences of *Puccinia striiformis* in the United States in 2011. BGRI Technical Workshop, University of Minnesota, USA. Page 165.

Yahyaoui, A., Singh, R. P., and Wellings, C. R. 2004. Yellow rust in CWANA: status, approaches, and management. Proceedings of the Second Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa, 22-26 March, Islamabad, Pakistan. page 18.

Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.