آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۶، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۷

ارزیابی تحمل به بیماری زنگ قهوه‌ای در ژنوتیپ‌های منتخب گندم نان*

سید طه دادرضائی[۱]✉، سید نصرت اله طباطبایی[۱]، ایرج لک زاده[۱]، احمد جعفرنژاد[۲]، فرزاد افشاری[۳] و زهره حسن بیات[۳]

۱- به ترتیب استادیار، کارشناس ارشد و مربی پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران؛ ۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نیشابور، ایران؛ ۳- به ترتیب استاد و کارشناس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۶؛ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۷)

چکیده

تحمل به بیماری، توانایی تولید محصول خوب توسط گیاه است حتی در شرایطی که به بیمارگر آلوده شده باشد. گیاهان متحمل در واقع به بیمارگر حساس هستند ولی توسط آن از بین نرفته و عموما آسیب اندکی می‌بینند. در این پژوهش برای ارزیابی و تعیین میزان تحمل تعدادی از ارقام منتخب گندم نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای گندم ۲۰ ژنوتیپ در طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ بررسی شدند. اثر زنگ قهوه‌ای در اهواز بر عملکرد محصول گندم در دو شرایط بیماری شدید (تنش) و در شرایط حفاظت شده از بیماری (عدم تنش) بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین درصد کاهش عملکرد کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به زنگ قهوه‌ای ۲۵/۲٪ بود. در این پژوهش دامنه خسارت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به زنگ قهوه‌ای از ٦ الی ٤٦ درصد متغیر بود. کمترین تغییرات عملکرد محصول نسبت به این بیماری به ترتیب مربوط به ارقام شیرودی، افلاک، سیروان، شیراز، اینیا و افق با کاهش بین ٦ الی ١٦ درصد بود که به ترتیب ارقام مذکور نسبت به زنگ قهوه‌ای بیشترین پایداری عملکرد را داشتند. بر اساس همین محاسبات بیشترین تغییرات عملکردی با حدود ۳۰ الی ۵۰٪ کاهش محصول به ترتیب متعلق به ارقام بولانی، نیشابور، توس، الوند، روشن، استار، شهریار و ویرینک بود که بیشترین خسارت و کمترین پایداری عملکرد را نسبت به این بیماری داشتند. در بین ارقام حساس به زنگ قهوه‌ای ارقام افق و بهار به ترتیب با ١٦/٥٢٪ و ٢١/٨٪کاهش عملکرد کمترین کاهش را داشتند و متحمل‌ترین ارقام این گروه بودند.

واژه‌های کلیدی: تحمل به بیماری، زنگ قهوه‌ای، کاهش عملکرد، گندم.

Evaluation of tolerance to leaf rust disease in some selected bread wheat genotypes

S. T. DADREZAEI✉[1], N. TABATABAI[1], I. LAKZADEH[1], A. JAFARNEZHAD[2], F. AFSHARI[3] and Z. HASSAN BAYAT[3]

1. Assistant Professor; Researcher & Research Assistant; Respectively; Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran; 2. Assistant Professor; Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Neyshabur, Iran; 3. Professor & Technician; Respectively; Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

Tolerance to diseases is, the plant's ability to produce good yield even when the plant is infected by pathogen. In fact tolerant plants are susceptible to the pathogen but not destroyed by pathogens and generally little damage is caused on the plant. In this study, the tolerance of 20 wheat genotypes was evaluated against leaf rust. The effect of leaf rust on yield was evaluated in severe disease (stress) conditions and in protected from disease conditions (the controls) in Ahvaz area. The mean percentage of yield reduction caused by leaf rust was 25.2% over all genotypes. The range of yield loss was varied from 7 to 46 percent. The lowest yield loss due to the leaf rust, ranged from 6 to 16% in Shirodei, Aflak, Sirvan, Shiraz, Inia and Ofogh cultivars indicating their highest yield stability to leaf rust. Based on these data, the highest yield loss ranged from 30 to 50% in Bolany, Neyshabur, Toos, Alvand, Roshan, Star, Shahriar and Veerynak cultivars with the lowest yield stability. The cultivars Kavir, Shahriar, Roshan, Toos, Veerynak, Bahar, Bolany, Alvand and Ofogh were susceptible to leaf rust. Ofogh and Bahar with 16.52% and 21.8% yield loss respectively, were the most tolerant cultivars of this group.

Key words: Leaf rust, Loss of yield, Tolerance to disease, Wheat.

✉ **Corresponding author: tahareza2000@yahoo.com**

*این مقاله بر اساس بخشی از نتایج بدست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی به شماره ۹۲۲٦۷-۰۳-٤۳-۰ موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد.

مقدمه

زنگ‌ها همواره به عنوان بیمارهای مهم گندم، دارای خسارت اقتصادی قابل توجهی در سطح جهان بوده‌اند. زنگ برگ (Leaf rust) یا قهوه‌ای گندم (Brown rust) که توسط قارچ *Puccinia triticina* Eriks ایجاد می‌شود از مهم‌ترین بیماری‌های گندم می‌باشد. در ایران این بیماری از نظر اهمیت پس از بیماری زنگ زرد قرار دارد ولی در استان خوزستان اهمیت آن بیشتر از زنگ زرد است در سال‌هایی که به صورت همه‌گیر ظاهر شده باعث کاهش چشمگیر محصول در مناطق جنوب، غرب و شمال کشور می‌گردد. دانه‌های گندم مبتلا به بیماری چروکیده، کوچک و نامرغوب بوده و در اثر حمله بیماری وزن محصول تا ۹۰٪ کاهش می‌یابد. زنگ قهوه‌ای خصوصاً در سال‌هایی که ارقام بومی و حساس مانند شعله و اروند در خوزستان کشت می‌شد بشدت گسترش می‌یافت و در برخی مزارع محصولی برداشت نمی‌گردید (Torabi *et al*., 2001; Torabi *et al*., 2003; Dadrezaei and Aslahi, 2004; Dadrezaei *et al*., 2012). اکنون زنگ قهوه‌ای به عنوان یک بیمارگر بسیار مهم در کاهش تولید محصول جهانی گندم شناخته شده است که باعث کاهش چشمگیر محصول در مناطق جغرافیایی وسیعی از دنیا می‌شود. کاهش محصول گندم در اثر آلودگی به زنگ قهوه‌ای معمولا در اثر کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد (Kolmer, 2005; Marasas *et al*., 2004; Roelfs *et al*., 1992; Huerta-Espino, 2011). خسارت این بیماری از مناطق مختلف دنیا گزارش شده است. همه ساله این بیماری در اواخر فصل رویش گندم در مزارع ظاهر شده، باعث کاهش نسبی محصول می‌شود. وقتی که بیماری قبل از مرحله گلدهی به گندم حمله نماید خسارت چشمگیری به محصول وارد می‌نماید.

تحمل به بیماری، توانایی تولید محصول خوب توسط گیاه است حتی در شرایطی که به بیمارگر آلوده شده باشد. تحمل نتیجه فعالیت و ویژگی‌های وراثتی گیاه میزبان است که ضمن اجازه دادن به بیمارگر برای رشد و تکثیر در میزبان یا غیر فعال نمودن ترشحات محرک یا مضر بیمارگر، اثرات آن را خنثی نموده و محصول خوبی تولید می‌کند. گیاهان متحمل در واقع به بیمارگر حساس هستند ولی توسط آن از بین نرفته و عموماً آسیب اندکی می‌بینند. در حالی که هدف مقاومت کاهش رشد بیمارگر در داخل گیاه می‌باشد. تحمل عواقب و پیامدهای ناشی از صدمات بیمارگر را محدود می‌کند. تحمل خسارت و آسیب بیمارگر در تولید محصول گیاه را کاهش می‌دهد. این آسیب به طور معمول از مقایسه کاهش عملکرد گیاهان آلوده و گیاه شاهد فاقد آلودگی بدست می‌آید.

زنگ قهوه‌ای باعث کاهش جدی تولید سالانه محصول گندم تقریباً در تمام مناطق تولید گندم ایالات متحده آمریکا می‌گردد. از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰٤، خسارت زنگ قهوه‌ای در آمریکا بالغ بر سه میلیون تن، به ارزش ۳۵۰ میلیون دلار تخمین زده شد (Appel *et al*., 2009). در سال ۲۰۰۷ زنگ قهوه‌ای باعث کاهش ۱٤٪ محصول در گندم‌های زمستانه کانزانس شد که تولید محصول گندم امریکا را تحت تاثیر خود قرار داد. در ارقام حساس میزان خسارت بیش از ۵۰٪ برآورد شده است (Ordonez *et al*., 2010). در مناطق با شرایط آب و هوایی مناسب توسعه زنگ قهوه‌ای همانند جنوب آمریکای لاتین (آرژانتین، شیلی، اروگوئه، پارگوئه و برزیل)، اگر قارچکش استفاده نشود کاهش عملکرد بالقوه می‌تواند بیش از ۵۰٪ بالغ گردد.

کاهش بیماری با توسعه ارقام مقاوم گندم و ژرم پلاسم‌هایی که در آن‌ها از مقاومت اختصاصی استفاده شده صورت می‌گیرد. این قبیل ارقام سرانجام با ایجاد نژاد جدید، مقاومت آنها معمولاً شکسته شده و در نهایت حفاظت ناپایداری ایجاد می‌کنند. عدم پایداری طولانی مدت ارقام دارای مقاومت به نژاد اختصاصی و ناپایداری مقاومت این ارقام در برابر نژادهای جدید زنگ باعث ناپایداری عملکرد گندم در کشور می‌گردند.

توانایی ارقام در تحمل به شدت آلودگی بالای زنگ بدون کاهش شدید محصول سبب یک نوع حفاظت پایدار

کاهش محصول در برابر بیماری‌ها می‌شود، چرا که فشاری به عنوان گزینش طبیعی در جمعیت بیمارگر ایجاد نمی‌کند (Caldwell *et al*., 1958)، هر چند گزارش‌های معدودی در ارتباط با تحمل به زنگ در غلات وجود دارد تحمل به بیماری قدمت زیادی دارد، Cobb (1894) واژه rust-enduring را برای توصیف یک تیپ از گندم (که هرچند آلوده به زنگ‌ها شده بودند اما عملکرد خوبی داشتند) بکار برد. نامبرده همچنین توضیح داد که این گونه گندم‌ها بسیار نادر می‌باشند. بولی و پریچارد (Bolley and Pritchard, 1906) پیشنهاد دادند که با گزینش ارقام با وزن هزار دانه بالا در شرایط شدید زنگ می‌توان ارقام متحمل به زنگ را انتخاب نمود. در بررسی Martinez *et al*. (2012) تحمل رقم Amilcar در آلودگی قبل از ظهور برگ پرچم نسبت به زنگ قهوه‌ای تنها ۳۶ درصد از عملکرد را از دست داد در حالی که شاهد حساس حدود ۶۰ درصد از عملکرد را از دست داد. در مقابل، تحمل رقم Avispa[1] بعد از ظهور برگ پرچم تنها ۲۳ درصد از عملکرد را از دست داد در حالی که شاهد حساس در حدود ۵۰ درصد،این نتایج نشان داد که کنترل ژنتیکی متفاوتی از تحمل در هر دو رقم وجود دارد. تلاقی بین دو رقم (با ترکیب آلل مطلوب در هر دو رقم) ممکن است منجر به افزایش سطح تحمل شود (Martinez *et al*., 2012).

مطالعات تحمل به زنگ قهوه‌ای تحت شرایط کنترل شده در گلخانه با استفاده از ده رقم گندم نان نسبت به نژادهای ۷۶ و ۸۲ توسط Roberts *et al*. (1984) پس از همه‌گیری شدید و یکنواخت بیماری انجام شد. مقایسه اثر زنگ قهوه‌ای روی عملکرد دانه، تعداد و وزن دانه نشان داد که بیشترین کاهش میانگین کل ۵۶ درصد و مربوط به آلودگی‌های قبل از به سنبله رفتن می‌باشد. متوسط کاهش عملکرد نیز حدود ۱۵ درصد و مربوط به آلودگی‌های بعد از به سنبله رفتن می‌باشد. رقم Fulhard متحمل‌ترین رقم و سطح بالایی از حفاظت در برابر کاهش و آسیب عملکرد در برابر زنگ را داشت. تحمل رقم Kanqueen، اگر چه کمتر از رقم Fulhard بود اما تحمل مناسبی نشان داد. رقم Butler خصوصاً وقتی که پس از به سنبله رفتن آلوده شود متحمل بوده اما زمانی که قبل از سنبله رفتن باشد متحمل به بیماری نمی‌باشد. برعکس رقم Seneca فقط در زمان قبل از سنبله رفتن متحمل بود و در زمان پس از سنبله رفتن متحمل به بیماری نبود. در این مطالعات این فرضیه تقویت شد که تحمل نسبی ارقام در آلودگی‌های زمان گیاه کامل نسبت به آلودگی‌های زمان پنجه‌زنی متفاوت می‌باشد (Roberts *et al*., 1984).

عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش‌های محیطی وجود دارد به عنوان معیار مهم در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است. تا کنون روش‌های متعددی برای ارزیابی پایداری عملکرد ارقام گیاهی در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی ارائه شده‌اند. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی متضاد (تنش و بدون تنش) و گزینش ژنوتیپ‌هایی که به هر دو محیط سازگار باشند، هدف اصلی این گونه پژوهش‌ها بوده است (Clarke *et al*., 1992; Ehdaie *et al*., 1988).

فیشر و مارور (Fisher and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI[1]) را برای اولین بار معرفی کردند که فقط می‌تواند گیاهان با عملکرد بالا در محیط تنش آبی را انتخاب کند و ژنوتیپ‌های انتخابی تظاهر خوبی در محیط بدون تنش نخواهند داشت و این ایرادی بود که بر آن وارد شد. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص‌های میانگین هندسی GMP[2] و شاخص تحمل به تنش STI[3] را که می‌تواند ژنوتیپ‌های متحمل و پرعملکرد تحت دو شرایط محیط متمایز کنند را معرفی کرد. با توجه به مساله بیماری و حساس شدن ارقام موجود، پژوهش‌های لازم به منظور شناخت ارقام متحمل و درک ساز و کارهای تحمل به بیماری در کشور ضروری است. تحقیق روی میزان تحمل ارقام به زنگ در

۱- شاخص حساسیت به تنش = SSI = Stress Susceptibility Index

۲- شاخص تحمل به تنش = STI = Stress Tolerance Index

۳- میانگین هندسی بهره‌وری= GMP = Geometric Mean Productivity

ایـران وجـود نـدارد. تحمـل بـه بیمـاری مـی‌توانـد یکـی از ویژگی‌های مهم برای هر ژنوتیپ باشد و تعیین تحمـل نسـبی هر ژنوتیپ به زنگ‌ها امری ضروری است. اگر بتوان این گونه ارقام متحمل حساس و پرپتانسیل را جایگزین ارقـام حسـاس به عنوان والد گیرنده ژن‌های مقاومت در تلاقی‌های اصـلاحی نمود می‌توان برای مناطقی که احتمال همه‌گیری‌های شدید در اثر جهش و یا ورود بیمـارگرهـای جدیـد و امکـان شکسـتن مقاومت وجود دارد با اطمینان بیشتری به کشـت ارقـام مـورد نظر اقدام نمود. همچنین در نواحی گسترده‌ای از کشور گنـدم در معرض تنش‌های غیر زنده می‌باشد و برای این مناطق ارقام متحمل به تنش محیطی وجود دارد اما به دلیل حسـاس بـودن به بیماری زنگ ممکن است از چرخه تولید حـذف شـوند در صورتی که این ارقام ممکن است به بیماری متحمل باشند.

در این پژوهش میزان تحمل ژنوتیپ‌های گندم در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان (اهـواز) کـه بـه زنـگ قهـوه‌ای آلـوده مـی‌شـوند، بررسـی شـد. شناسـایی ژنوتیـپ‌هـای پرپتانسـیل متحمـل بـه بیمـاری و معرفـی متحمل‌ترین رقم با هـدف کـاربرد آن‌هـا در اصـلاح گنـدم و بررسی شاخص‌های کارآمد برای غربالگری تحمل به بیمـاری از جمله اهداف اجرای این پژوهش بود.

روش بررسی

در این پژوهش برای ارزیابی و تعیین میزان تحمل ارقـام نسبت به آلودگی زنـگ قهـوه‌ای گنـدم ۲۰ ژنوتیـپ سـیروان، استار، افلاک، چمران۲، کویر، شهریار، روشن، توس، ویریناک، بهار، شیراز، الوند، افق، سیستان، چمـران، بـم، اینیـا، نیشـابور، شیرودی و بولانی بررسی شدند (ایـن ژنوتیـپ‌هـا، ارقـام پـر پتانسیل و بـا ویژگـی‌هـای بسـیار مطلـوب ماننـد تحمـل بـه تنش‌های غیر زنده همانند گرما و شوری بوده که غالبا به زنگ قهوه‌ای و یا زرد حسـاس مـی‌باشـند). اثـر زنـگ قهـوه‌ای بـر عملکرد محصـول گنـدم در دو شـرایط بیمـاری شـدید و در شرایط حفاظت شده (با استفاده از سم قـارچکش) از بیمـاری روی این ژنوتیپ‌ها بررسی شد. هر ژنوتیپ در ٦ خط به طول ٦ متر و فاصله ۲۰ سانتی متر و تـراکم بـذر ٤۰۰ بـذر در متـر مربع در قالب طرح بلوک کامل تصادفی بـا سـه تکـرار در دو شرایط بیماری و بدون بیماری در اهـواز بـه مـدت سـه سـال ارزیابی شد. سال اول تکثیر بذر و بررسی مقدماتی ژنوتیپ‌هـا و سال دوم و سوم اجرای آزمایش فوق الـذکر در نظـر گرفتـه شد.

ایـن پـژوهش در ایسـتگاه گلسـتان اهـواز در مزرعـه‌ی آزمایشی اجرا شد. در این پژوهش مایـه‌زنـی بیمـاری قبـل از ظهور برگ پرچم انجام شد و تیمار بدون مایه‌زنی با قارچکش محافظت گردید و به عنوان شاهد در نظـر گرفتـه شـد. بـرای حفاظت تیمارهای شاهد از قـارچکش پروپیکونـازول بـا نـام تجاری تیلت و فرمولاسـیون EC 25% بـه میـزان نـیم لیتـر در هکتار قبل از ظهور جوش زنـگ قهـوه‌ای اسـتفاده شـد و بـه فاصله سه هفته یکبار سمپاشی تکـرار شـد. در شـرایط ایجـاد بیماری دور تا دور آزمایش به پهنـای دو و طـول ٦ متـر رقـم حساس بولانی کشت شد. در شرایط حفاظـت از بیمـاری بـه همین ترتیب دور تا دور آزمـایش حفاظـت از بیمـاری، رقـم مقاوم کرخه کشت گردید. مایه‌زنـی مصـنوعی، بـا اسـتفاده از جدایه‌های زنگ منطقه (بصورت مخلـوطی از اسـپور زنـگ و پودر تالک به نسبت یک به ده) به کمک گرد پـاش دسـتی در هوای آرام و در غروب انجام گردید. در هنگـام اسـپور پاشـی دور تا دور کرت توسط یک پلاستیک به ارتفاع یک و نیم متر محصور شد. کلیه عملیات زراعی اعـم از تهیـه زمـین، تـامین نیازهای کودی و آبی و مبارزه با علف‌های هرز براساس عرف منطقه و توصیه‌های فنی انجام شد. یادداشت‌برداری از شـدت بیماری از برگ پرچم و پس از یکنـواختی در ظهـور بیمـاری روی رقم حساس هـر ده روز یکبـار از طریـق تعیـین درصـد پوشش آلوده سطح بـرگ (۱۰۰-۰) بـر اسـاس روش اصـلاح شده کوب (Peterson *et al*., 1948) و به صورت تیـپ آلـودگی بر اساس روش Roelfs *et al*. (1992) به شرح ذیل انجام شد:

O= مصون: بدون هیچگونه علائم.

R= مقاوم: ظهور لکه‌های نواری نکروتیک و کلروتیک، بدون ظهور اسپور، یا جوش‌های ریز و پراکنده.

MR= نیمه مقاوم: ظهور جوش‌های کوچک زنگ که بوسیله لکه‌های نکروتیک احاطه شده‌اند.

MS= نیمه‌حساس: ظهور جوش‌هایی به اندازه متوسط، بدون لکه نکروتیک، گاهی همراه با لکه‌های کلروتیک.

S= حساس: وجود جوش‌های بزرگ زنگ به مقدار فراوان و بدون لکه‌های کلروتیک، گاهی همراه با این لکه‌ها.

میانگین شدت بیماری در مزرعه با در نظر گرفتن شدت بیماری در همه کرت ارزیابی شد. ژنوتیپ‌ها بر اساس شدت آلودگی به سه گروه آلودگی با شدت بالا (شدت ٦٠S و بالاتر)، آلودگی با شدت متوسط (٤٠S و کمتر از ٦٠S) و آلودگی با شدت پایین (کمتر از ٤٠S) تقسیم شدند. در زمان برداشت عملکرد دانه هر کرت و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. پس از برداشت ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای تحمل به تنش بیماری انجام شد. بدین منظور با استفاده از میانگین عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بیماری (تنش) و بدون بیماری (بدون تنش) شاخص های تحمل به تنش بیماری (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، درصد تغییرات عملکرد هر رقم (PYV) و شدت تنش (SI) در ارقام به شرح ذیل محاسبه شد:

SSI = Stress Susceptibility Index $=\frac{1-(Ys/Yp)}{1-(s/p)}$ (Fisher and Maurer, 1978)

STI = Stress Tolerance Index $=\frac{Ys\times Yp}{p^2}$ (Fernandez, 1992)

TOL= Tolerance Index = $Yp - Ys$ (Rosiellev and Hamblin, 1981)

MP = Mean Productivity$=\frac{Yp+Ys}{2}$ (Rosiellev and Hamblin, 1981)

GMP = Geometric Mean Productivity $=\sqrt{Yp \times Ys}$ (Fernandez,1992)

YSI = Yield Stability Index = $\frac{Ys}{Yp}$ (Bouslama and Schapaugh, 1984)

YI = Yield Index = $\frac{Ys}{s}$ (Gavuzzi *et al*., 1997)

PYV = Percentage yield variations of each cultivar $=\left[\frac{(Yp-Ys)}{Yp}\right]\times 100$ (درصد خسارت)

SI =Stress Intensity=$[1-(s/p)]$ (Fisher and Maurer, 1978)

در این روابط Ys و Yp به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بیماری (تنش) و بدون بیماری (بدون تنش) و p و s به ترتیب میانگین عملکرد دانه کل ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون بیماری و در شرایط بیماری می باشد. تجزیه واریانس ساده در هر سال و در پایان سال دوم تجزیه واریانس مرکب روی صفات کمی انجام شد.

نتیجه و بحث

مشخصات و واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به زنگ قهوه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است. در اهواز همه‌گیری شدید و یکنواخت زنگ قهوه‌ای در مزرعه آزمایشی غلات ایجاد گردید. مدت استقرار و زمان فعالیت زنگ قهوه‌ای در حدود ٦٠ روز و همزمان با ظهور سنبله همراه بود. بدین ترتیب ژنوتیپ‌های مورد بررسی در پروژه تحمل نسبت به زنگ قهوه‌ای هم به لحاظ شدت و هم به لحاظ مدت فعالیت عامل بیماری و هم یکنواختی بیماری در شرایط بسیار مطلوب همه‌گیری قرار گرفتند و مقاومت و تحمل ارقام به این بیماری در شرایط حداکثری فعالیت بیماری ارزیابی گردید.

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بین عملکرد دانه در تکرارهای مختلف تیمار آلوده و فاقد آلودگی از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی داری (در سطح یک درصد) وجود داشت. عملکرد دانه تحت تأثیر متقابل عدم آلودگی و آلودگی و رقم نیز تفاوت بسیار معنی داری نشان داد.

از معنی‌دار بودن تفاوت عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سال‌های مختلف اجرای آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت ناشی از اثر سال فقط در واریانس سال اثر داشته و در واریانس تیمار تغییری بوجود نیاورده است.

میانگین شدت تنش (SI) دو ساله زنگ قهوه‌ای ۰/۲۵۲٤ محاسبه شد. همچنین بر اساس نتایج دو ساله شاخص‌های

تنش، کمترین تغییرات عملکرد محصول نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای به ترتیب مربوط به ارقام شیرودی، افلاک، سیروان، شیراز، اینیا و افق با درصد کاهش بین ٦ الی ١٦/٥ درصد بود که به ترتیب ارقام مذکور نسبت به زنگ قهوه‌ای در اهواز بیشترین پایداری عملکرد را داشتند (جدول ٥).

بر اساس همین محاسبات بیشترین تغییرات عملکردی با حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد کاهش محصول به ترتیب ارقام بولانی، نیشابور، توس، الوند، روشن، استار، شهریار و ویریناک بیشترین خسارت و کمترین پایداری عملکرد را نسبت به زنگ قهوه‌ای داشتند. در مجموع میانگین درصد کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال نسبت به زنگ قهوه‌ای در اهواز ٢٥/٢٤ درصد برآورد گردید (جدول٥).

بر اساس شدت آلودگی به بیماری زنگ قهوه‌ای، ژنوتیپ‌ها در سه گروه ذیل قرار گرفتند:

ارقام با شدت بالای آلودگی (شدت ٦٠S و بالاتر): ارقام کویر، شهریار، روشن، توس، ویریناک، بهار، بولانی، الوند و افق در سه تکرار با متوسط آلودگی بالای ٦٠S در این گروه قرار داشتند. ارقام افق و بهار به ترتیب با ١٦/٥٢٪ و ٢١/٨٪ کاهش عملکرد کمترین کاهش را داشتند و متحمل‌ترین ارقام این گروه بودند.

از نظر میانگین عملکرد ارقام در دو محیط بیماری و بدون بیماری در مدت دو سال زراعی رقم افق با میانگین عملکرد ٣٨٩٤.٤ کیلو در هکتار در رتبه اول و بهار با عملکرد ٣٧٩٩ کیلو در هکتار پس از افلاک در رتبه سوم میانگین عملکرد در دو محیط قرار گرفتند (جدول ٣). رقم افلاک در این آزمایش در گروه ارقام مقاوم قرار داشت. وزن هزار دانه رقم افق نسبت به زنگ قهوه‌ای کمتر از ١٢٪ و رقم بهار کمتر از ١٧٪ کاهش نشان دادند.

بولانی با ٤٦ درصد و نیشابور و توس با ٤١ درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد بیشترین کاهش عملکرد را نسبت به این بیماری داشتند.

ارقام با شدت متوسط آلودگی (٤٠S و کمتر از ٦٠S): متوسط آلودگی هفت رقم سیستان، چمران، بم، اینیا، نیشابور، شیرودی و شیراز در سه تکرار بالاتر از ٤٠S و کمتر از ٦٠S یادداشت گردید. شیرودی با ٥/٩١٪، شیراز با ٨/١٨٪، اینیا با ١٢/٥٩٪، سیستان با ٢٠/٥٪ و چمران با ٢٣/١٤٪ کاهش عملکرد به ترتیب ارقام متحمل‌تری نسبت به نیشابور که بالغ بر ٤٠٪ خسارت و کاهش عملکرد داشت بودند. نیشابور پس از بولانی بالاترین درصد خسارت را داشت. نیشابور از لحاظ میزان کاهش در هر سال، با کاهش سالیانه ١٨٦٢ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان خسارت را دارا بود. شیرودی با کاهش سالیانه حدود ١٨٠ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان کاهش عملکرد دانه را در شرایط آلودگی به زنگ قهوه‌ای داشت. وزن هزار دانه ارقام اینیا و شیرودی ١٠/٤ درصد و چمران ١٢/٣ درصد نسبت به شرایط عدم آلودگی کاهش نشان دادند. از نظر عملکرد دانه در محیط بیماری ارقام شیراز با ٣٠٩٣ کیلوگرم، سیستان با ٣٠١٤ کیلوگرم، اینیا با ٢٩٧٤ کیلوگرم در هکتار و چمران با ٢٩٣٥ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند (جدول ٤).

جدول ١- واکنش ژنوتیپ‌های گندم نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای در ایستگاه اهواز در سال‌های زراعی ١٣٩٤-١٣٩٣ و ١٣٩٥-١٣٩٤

Table 1. Wheat genotyp reactions to leaf rust in 2015 to 2016 in Ahvaz station

	Wheat genotypes	2015	Wheat genotypes	2016
1	Neyshabur	50S	Neyshabur	50S
2	Kavir	80S	Kavir	90S
3	Shirodei	10MS	Shirodei	50S
4	Shiraz	40MS	Shiraz	50S
5	Shahriar	80S	Shahriar	70S
6	Sistan	40MS	Sistan	50S
7	Sirvan	0	Sirvan	30S
8	Star	TMS	Star	5MS
9	Aflak	5MS	Aflak	20R
10	Roshan	60S	Roshan	90S
11	Chamran	30MS	Chamran	50S
12	Toos	70S	Toos	60S
13	Veerynak	60S	Veerynak	70S
14	Bahar	30MS	Bahar	60S
15	Bolany	80S	Bolany	80S
16	Bam	50S	Bam	50S
17	Inia	30S	Inia	50MS
18	Alvand	60MS	Alvand	60S
19	Ofogh	30S	Ofogh	70S
20	Chamran 2	10MS	Chamran 2	20MS

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش و عدم تنش بیماری زنگ قهوه‌ای (۹۵-۱۳۹۳)

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield in non-stress and stress of leaf rust condition (2015 to 2016)

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	میانگین مربعات Mean Square
Year	سال	1	22503862.84	22503862.84**
Stress	محیط (مکان)	1	62384226.34	62384226.34**
YS	مکان×سال	1	8144218.84	8144218.84**
Rep(YS)	تکرار درون سال و مکان	8	1916803.03	239600.38**
Genotype	ژنوتیپ	19	27525069.55	1448687.87**
YG	ژنوتیپ×سال	19	19722392.41	1038020.65**
SG	ژنوتیپ×مکان	19	13250524.25	697396.01**
YSG	ژنوتیپ×مکان×سال	19	5660097.75	297899.88**
Error	خطا	152	18340270.30	120659.67
Total		239	179447465.3	

** معنی‌دار در سطح ۱٪ ** Significant at 1%؛ CV=11.08%

جدول ۳- مقایسه میانگین دو ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در هر دو شرایط غیر بیمار و بیمار زنگ قهوه‌ای (سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳)

Table 3. Mean comparison grain yield of wheat genotypes in both condition under non-stress and stress of leaf rust (2015 to 2016 cropping seasons)

ردیف NO	ژنوتیپ های گندم Wheat genotypes	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (tha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight(g)
1	Ofogh	3894.4a	33hi
2	Aflak	3845.1ab	38c
3	Bahar	3798.9abc	35fg
4	Alvand	3738.1abcd	34gh
5	Star	3708.3abcd	42b
6	Neyshabur	3619.6abcd	37cde
7	Sirvan	3593.9abcd	43a
8	Veerynak	3535.6abcd	34ghi
9	Sistan	3482.1abcde	38cd
10	Chamran	3377.1abcde	38cd
11	Chamran 2	3334.6abcde	37cde
12	Bam	3283.3bcde	35fg
13	Toos	3276.1bcde	29j
14	Shiraz	3230.9cdef9	33hi
15	Inia	3187.8defg	34ghi
16	Kavir	3187.6defg	32i
17	Shahriar	3150.6defg	29j
18	Shirodei	2947.0efg	37de
19	Bolany	2713.9fg	29j
20	Roshan	2665.2G	36EF

جدول ٤- میانگین دو ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط غیر بیمار و بیمار زنگ قهوه‌ای (سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳)

Table 4. Mean comparison grain yield of wheat genotypes in both condition under non-stress and stress of leaf rust (2015 to 2016 cropping seasons)

غیر بیمار without leaf rust			بیمار under leaf rust		
ژنوتیپ های گندم Wheat genotypes	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (tha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 grain weight(g)	ژنوتیپ های گندم Wheat genotypes	میانگین عملکرد دانه Mean grain yield (tha^{-1})	وزن هزار دانه 1000grain weight(g)
Alvand	4631.0	38.4	Aflak	3706.9	38.4
Neyshabur	4550.8	41.7	Ofogh	3543.7	31.1
Star	4397.9	43.9	Sirvan	3448.8	40.5
Bahar	4263.5	38.1	Bahar	3334.3	31.7
Ofogh	4245.1	35.3	Shiraz	3093.1	28.9
Veerynak	4153.4	37.4	Sistan	3084.4	33.5
Toos	4110.7	32.6	Star	3018.7	39.4
Aflak	3983.4	38.0	Inia	2973.6	32
Sistan	3879.8	42.4	Chamran	2935.3	35.3
Chamran 2	3828.2	39.7	Veerynak	2917.9	30.4
Chamran	3819.0	40.3	Shirodei	2857.2	34.6
Bam	3752.1	39.8	Alvand	2845.2	29.6
Sirvan	3738.9	46.0	Chamran 2	2841.0	34.7
Shahriar	3724.6	32.1	Bam	2814.5	30.1
Kavir	3697.8	36.0	Neyshabur	2688.4	33
Bolany	3525.0	35.1	Kavir	2677.4	28.9
Inia	3402.0	35.7	Shahriar	2576.5	25.5
Shiraz	3368.7	36.3	Toos	2441.6	25.5
Roshan	3221.7	40.2	Roshan	2108.8	32.1
Shirodei	3036.8	38.6	Bolany	1902.9	23.1

جدول ٥- میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در هر دو شرایط بیماری زنگ قهوه‌ای و بدون بیماری و شاخص‌های حساسیت و تحمل به آن‌ها (سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳)

Table 5. Mean grain yield of wheat genotypes in both condition under non-stress and stress of leaf rust and their susceptibility and tolerance indices (2015 to 2016 cropping seasons)

	Wheat genotypes	Stress indexes under disease condition							
		SSI	TOL	STI	MP	GMP	YSI	YI	PYV
1	**Shirodei**	0.23	179.61	0.58	2946.97	2945.60	0.94	0.99	5.9145
2	**Aflak**	0.27	276.50	0.99	3845.14	3842.65	0.93	1.28	6.9413
3	**Sirvan**	0.31	290.11	0.86	3593.89	3590.96	0.92	1.19	7.7592
4	**Shiraz**	0.32	275.67	0.70	3230.89	3227.95	0.92	1.07	8.1831
5	**Inia**	0.50	428.44	0.68	3187.78	3180.57	0.87	1.03	12.594
6	**Ofogh**	0.65	701.39	1.01	3894.36	3878.54	0.83	1.23	16.522
7	**Sistan**	0.81	795.39	0.80	3482.14	3459.35	0.79	1.07	20.501
8	**Bahar**	0.86	929.25	0.95	3798.88	3770.35	0.78	1.15	21.795
9	**Chamran**	0.92	883.72	0.75	3377.14	3348.11	0.77	1.02	23.14
10	**Bam**	0.99	937.61	0.71	3283.31	3249.66	0.75	0.97	24.989
11	**Chamran 2**	1.02	987.22	0.73	3334.61	3297.87	0.74	0.98	25.788
12	**Kavir**	1.09	1020.39	0.66	3187.64	3146.54	0.72	0.93	27.594
13	**Veerynak**	1.18	1235.50	0.81	3535.64	3481.25	0.70	1.01	29.747
14	**Shahriar**	1.22	1148.11	0.64	3150.56	3097.82	0.69	0.89	30.825
15	**Star**	1.24	1379.28	0.89	3708.31	3643.61	0.69	1.04	31.362
16	**Roshan**	1.37	1112.89	0.45	2665.22	2606.49	0.65	0.73	34.544
17	**Alvand**	1.53	1785.78	0.88	3738.11	3629.91	0.61	0.98	38.561
18	**Toos**	1.61	1669.17	0.67	3276.14	3168.05	0.59	0.84	40.605
19	**Neyshabur**	1.62	1862.39	0.82	3619.64	3497.81	0.59	0.93	40.924
20	**Bolany**	1.82	1622.11	0.45	2713.94	2589.92	0.54	0.66	46.017

شاخص SSI = Stress Susceptibility Index =شاخص حساسیت به تنش ; TOL = Tolerance Index = شاخص تحمل ; STI = Stress Tolerance Index= شاخص میانگین بهره‌وری =GMP = Geometric Mean Productivity ; میانگین هندسی بهره‌وری= YSI = Yield ; تحمل به تنش MP = Mean Productivity= درصد تغییرات = PYV = Percentage yield variations of each cultivar ; شاخص عملکرد = YI = Yield Index ; شاخص پایداری عملکرد = Stability Index عملکرد هر رقم

ارقام با شدت پایین آلودگی (کمتر از ٤٠S): ارقام سیروان، استار، افلاک و چمران۲ با آلودگی کمتر از ٤٠S کمترین شدت آلودگی و بالاترین واکنش مقاومت را نشان دادند. رقم افلاک حدود ٦/٩٤٪، سیروان ۷/۷٦٪، چمران۲ ۲۵/۸٪ و استار ۳۱/٤٪ کاهش عملکرد داشتند. این ارقام در شرایط بیماری به ترتیب ۳۷۰۷، ۳٤٤۹، ۲۸٤۱ و ۳۰۱۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد داشتند (جدول ٤). وزن هزار دانه ارقام استار، سیروان و چمران ۲ در شرایط آلودگی به بیماری به ترتیب ۱۰/۳، ۱۲ و ۱۲/٤ درصد نسبت به شرایط عدم آلودگی کاهش نشان داد ولی وزن هزار دانه رقم افلاک در همین شرایط کاهشی نشان نداد. استار از نظر تیپ واکنش به زنگ قهوه‌ای مقاوم‌ترین واکنش را نشان داد اما از نظر درصد کاهش عملکرد بیشترین درصد کاهش عملکرد را در گروه ارقام مقاوم داشت و در بین ارقام مورد مطالعه پس از رقم حساس روشن استار با ۳۱/٤٪ کاهش عملکرد در رتبه ششم قرار داشت (جدول ۵).

نکته قابل توجه در نتایج اجرای آزمایش ثبات نسبی عملکرد دانه رقم سیروان در هر دو سال اجرای آزمایش و در هر دو شرایط عدم آلودگی و آلودگی می‌باشد (جدول ٤). بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان رقم سیروان را به عنوان رقمی پر پتانسیل با سازگاری بالا نسبت به شرایط تنش و عدم تنش بیماری زنگ قهوه‌ای دانست. رقم سیروان بیشترین وزن هزاردانه را در هر دو شرایط عدم آلودگی و آلودگی داشته است ولی تفاوت وزن هزار دانه این رقم در دو شرایط عدم آلودگی و آلودگی معنی دار بود. در بین ارقام مورد بررسی فقط تفاوت وزن هزار دانه رقم افلاک در دو شرایط عدم آلودگی و آلودگی معنی دار نبود بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این رقم وضعیت بیماری کمترین تأثیر را بر عملکرد دانه از طریق وزن هزار دانه دارد.

زنگ‌ها مهم‌ترین عامل تنش زنده گندم در مقیاس جهانی هستند. این تنش زنده باعث کاهش عملکرد گندم بویژه در شرایط همه‌گیری می‌شود. این تنش ناشی از عوامل بیولوژیک بیشترین تاثیر را روی صفات عملکرد محصول داشته است. خسارت سنگین زنگ‌ها تاریخچه طولانی دارد و همواره به عنوان بیمارهای مهم گندم، دارای خسارت اقتصادی قابل توجهی در سطح جهان بوده‌اند. به عنوان مثال در همه‌گیری سال ۷۲-۷۱ میزان خسارت زنگ زرد در ایران حدود ۱/۵ میلیون تن کاهش تولید برآورد شده بود. استفاده از ارقام مقاوم مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش کنترل زنگ‌ها است. اما بدلیل تغییر پذیری عوامل بیماری‌زای زنگ‌ها و توانایی ایجاد نژادهای جدید، ژنوتیپ‌های پر پتانسیلی که پس از سال‌ها تلاش و تحقیق به عنوان ارقام مقاوم معرفی می‌شوند عموما در عرصه کشت پس از مدتی مقاومت آن‌ها به زنگ‌ها شکسته شده و در صورت مساعد بودن شرایط محیط به دلیل قدرت تکثیر و تولید مثل سریع زنگ‌ها باعث همه‌گیری گسترده بیماری می‌شوند و تولید محصول دچار خسارت و ناپایداری خواهد شد. لذا برای حفاظت از عملکرد و ژرپلاسم‌های با ارزش کشور باید راهبرد حذف و نگه‌داری ارقام تجاری به گونه‌ای اعمال گردد که تنها به ارقامی اجازه ادامه کشت داده شود که به بیماری متحمل باشند به همین دلیل نیاز است که ارقام متحمل به بیماری، شناسایی و نگه داشته شوند و ارقام حساس که خسارت شدیدی به آن‌ها وارد می‌شود از گردونه کشت و تولید خارج گردند تا پایداری عملکرد در شرایط همه‌گیری زنگ حفظ شود. عدم مبارزه با زنگ‌ها در زمان مناسب باعث خسارت قابل توجهی به محصول می‌شود. در چنین شرایطی تحمل گزینه مناسبی در مدیریت بیماری در صورت شکسته شدن مقاومت می‌باشد که از خسارت سنگین به محصول و کاهش شدید تولید و ناپایداری بالای عملکرد جلوگیری می‌کند.

هدف اصلی در انتخاب گیاهان متحمل به بیماری نیز تولید بالا و پایداری عملکرد در شرایط بیماری می‌باشد. وجود ارقام با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش به بیماری در این پژوهش نشان داد که شناسایی این ارقام و معرفی و توسعه آن باعث پایداری عملکرد در مناطق پر خطر بیماری

خواهد شد.

تحمل به بیماری علاوه بر اینکه یک راه بسیار مناسب برای جلوگیری از حذف ارقام پر پتانسیلی که مقاومت آن‌ها به دلیل استفاده از تک ژن‌های مقاومت شکسته شده می‌باشد. مشکل ایجاد و تولید سریع نژادهای جدید زنگ‌ها را که در شرایط رقابت در محیط‌های زنده و طبیعی همواره در طبیعت بین گندم و عامل زنگ در چرخه boom and bust cycle وجود دارد را نیز ارقام متحمل با اجازه رشد طبیعی و عادی به همه نژادهای بیمارگر فشار جهش‌ها بر جمعیت این عوامل را کاهش می‌دهد، لذا باعث حفظ تعادل طبیعی شده و در نتیجه، از ظهور نژاد بیماری‌زای جدید نیز جلوگیری می‌نماید.

در بررسی تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش‌ها با درک صحیح از تعامل بین بیمارگر، میزبان و محیط می‌توان برای بیماری زنگ نیز شاخص مناسبی از میان شاخص‌های تنش انتخاب نموده و رتبه بندی تحمل به بیماری ارقام را انجام داد. شاخص حساسیت به تنش SSI در مقایسه با سایر شاخص‌ها برای غربال و شناسایی ژنوتیپ‌های حساس به بیماری مناسب‌تر است. هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد پایداری عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش بیشتر خواهد بود اما این شاخص نمی‌تواند نشانگر عملکرد بالا در شرایط بدون تنش (ظرفیت بالای عملکردی) باشد زیرا این شاخص و همچنین شاخص TOL دو شاخصی هستند که تاثیر پذیری کمی از میزان عملکرد بهینه دارند و بیشتر از میزان عملکرد گیاه در شرایط تنش تاثیر پذیرفته‌اند. شاخص حساسیت به تنش (SSI) و درصد تغییرات عملکرد هر رقم (PYV) می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای انتخاب ارقام متحمل به زنگ در مناطق پر خطر زنگ زرد مانند مناطق شمال و دشت مغان باشند اما شاخص تحمل به تنش STI در مقایسه با سایر شاخص‌ها، شاخص مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌ها با عملکرد مطلوب در دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. این شاخص برای مناطق کم خطرتر زنگ نیز مانند مناطق مرکزی و مناطق نیمه خشک کشور مناسب‌تراست. ارقام مقاوم گندم از تکثیر زنگ و گسترش و شدت خسارت در منطقه می‌کاهند و عموما خود دچار خسارت ناچیز می‌شوند اما ممکن است ارقام مقاوم و یا نیمه مقاوم و حتی نیمه حساس با وجود مقاومت کامل و یا مقاومت نسبی دچار خسارت قابل توجهی شوند (به عنوان مثال رقم استار و چمران۲ در مقابل زنگ قهوه‌ای) اما چون روی هم رفته خسارت آن‌ها از ارقام حساس کمتر بوده و گسترش زنگ‌ها و شدت آن را کاهش می‌دهند و از ایجاد همه‌گیری بیماری جلوگیری می‌کنند وجود آن‌ها در منطقه مفید می‌باشد. برای حفظ پایداری عملکرد و مدیریت بیماری باید روی ارقام حساس متمرکز بود. ارقام حساسی که عملکرد آن‌ها شدیدا تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش شدید داشتند را حذف و ارقامی که عملکرد آن‌ها کمتر تحت تاثیر بیماری بودند و عملکرد قابل قبولی داشتند را برای استمرار کشت در منطقه نگه داری کرد و بهره برداری نمود تا ارقام مناسبتر جایگزین شوند. ژنوتیپ‌های متحمل ژنوتیپ‌های هستند که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش نسبت به میانگین افت عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کمتر باشد. بر این اساس ژنوتیپ‌های که در این آزمایش افت عملکرد آن‌ها در شرایط تنش زنگ قهوه‌ای از ۲۵٪ کمتر بود متحمل به زنگ قهوه‌ای هستند.

بر اساس معیار SSI می‌توان تحمل ژنوتیپ‌ها را بر اساس پایداری عملکرد، رتبه بندی کرد. به این منظور از راهبرد گزینش بر اساس مقادیر عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش استفاده می‌شود. به منظور شناسایی و کنار گذاشتن ژنوتیپ‌های حساس به تنش از میان ژنوتیپ‌های متحمل میزان آستانه کمی شاخص SSI را تعیین می‌کنیم. بدین ترتیب عمل می‌شود که میزان SSI معیار را از رابطه (شدت تنش − ۱) بدست آورده (جدول ۵) و ژنوتیپ‌های دارای مقدار SSI مساوی یا بیشتر از SSI معیار در شرایط آزمایش را حساس به بیماری در نظر گرفته و از میان ژنوتیپ‌های موجود حذف می‌گردد.

بر اساس SSI معیار (۰/۷۵= شدت تنش - ۱) در نتایج

دو ساله اهواز نسبت به زنگ قهوه‌ای (جدول ۵) ارقام شیرودی، افلاک، سیروان، شیراز، اینیا و افق که SSI معیار آن‌ها کمتر از ۰/۷۵ بود انتخاب و بقیه حذف شدند. در این میان ارقام حساس افق و اینیا به عنوان ارقام متحمل به زنگ قهوه‌ای در خزانه تلاقی ارقام معرفی می‌شوند. تا جایگزین ارقام حساس به عنوان والد گیرنده ژن‌های مقاومت در تلاقی‌های اصلاحی شوند، با استفاده از این ارقام در خزانه تلاقی در صورت شکسته شدن مقاومت به دلیل تحمل این ارقام میزان خسارت کاهش یافته و پایداری عملکرد در شرایط همه‌گیر شدن بیماری تامین می‌گردد.

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان با کمی اغماض، رقم بهار و سیستان را برای تحمل به زنگ قهوه‌ای به خزانه تلاقی اضافه کرد.

References

APPEL, J. A., E. DEWOLF, W. W. BOCKUS and T. TODD, 2009. Preliminary 2009 Kansas wheat disease loss estimates. Kansas : Kansas cooperative plant disease survey report.

BOLLEY, H. L. and F. J. PRITCHARD, 1906. Rust problems: Facts, observations and thecries; possible means of control. North Dakota Agricultural Experment Station. Bulletin 69.

BOUSLAMA, M. and W. T. SCHAPAUGH, 1984. Stress tolerance in soybean. Part I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.

CALDWELL, R. M., J. F. SCHAFER, L. E. COMPTON, and F. L. PATTERSON, 1958. Tolerance to cereal leaf rusts. Science, 128(3326): 714-715.

CLARKE, J. M., R. M. DEPAUW and T. F. TOWNLEYSMITH, 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32: 723-728.

COBB, N. A. 1894. Contributions to an economic knowledge of the Australian rusts (Uredinae). The Agricultural Gazette of New South Wales, 3:181-212 and 5:239-252.

DADREZAEI, S. T., E. MOHAMMADI GOLTAPPEH, F. AFSHARI and K. NAZARI, 2012. Pathotypes and physiologic races of *Puccinia triticina* Erik's. The causal agent of wheat leaf rust and their distribution in Iran in 2009 and 2010. Seed and Plant Improvement Journal, 28-1:685-715 (in Persian with English summary).

DADREZAIE, S. T. and R. ASLAHI, 2004. Evaluation of resistance in some wheat cultivars and advanced lines to Leaf Rust, Yellow Rust and Septoria Leaf Blotch in Khuzestan province. Proceedings of the 16^{the} Iranian plant protection congress Volume 2: Plant Diseases and Weeds 28 August -1 September 2004. University of Tabriz.

EHDAIE, B., J. G. WAINS and A. E. HALL, 1988. Differential response of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop Science, 28: 838-842.

FERNANDEZ, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Water Stress. Taiwan, 1992. pp: 257-270. In: Kuo, C.G. (ed.).

FISHER, R. A. and R. MAURER, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

GAVUZZI, P., F. RIZZA, M. PALUMBO, R. G. CAMPALINE, G. L. RICCIARDI and B. BRGHI, 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77 (4): 523-531.

HUERTA-ESPINO, J., R. P. SINGH, S. GERMA´N, B. D. MCCALLUM, R. F. PARK, W. Q. CHEN, S. C. BHARDWAJ and H. GOYEAU, 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. Euphytica, 179:143–160.

KOLMER, J. A. 2005. Tracking wheat rust on a continental scale. Current Opinion in Plant Biology, 8: 441–449.

MARASAS, C. N., M. SMALE and R. P. SINGH, 2004. The Economic Impact in Developing Countries of Leaf Rust Resistance Breeding in CIMMYT related Spring Bread Wheat. CIMMYT, Mexico D.F.

MARTINEZ, F., A. CASTILLA and L. BARRIO, 2012. Tolerance to leaf rust (*Puccinia triticina*) in durum Wheat. 13-16 Jun. 11th International Congress of Spanish Association animal reproduction. Cordoba.

ORDONEZ, M. E., S. E. GERMÁN and J. A. KOLMER, 2010. Genetic differentiation with in the *Puccinia triticina* population in South America and comparison with the North American population suggests common ancestry and inter continental migration. Phytopathology, 100: 376-383.

PETERSON, R. F., A. B. CAMPBELL and A. E. HANNAH, 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. Canadian Journal of Research, 26: 496-500.

ROBERTS, J. J., L. T. HENDRICKS and F. L. PATTERSON, 1984. Tolerance to leaf rust in susceptible wheat cultivars. Phytopathology, 74:349-351.

ROELFS, A. P., R. P. SINGH and E. E. SAARI, 1992. Rust Disease of wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT. Mexico.

ROSIELLE, A. and J. HAMBLIN, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 943-946.

TORABI, M., V. MARDOUKHI, A. FROUTAN, M. A. RAMAEI, S. T. DADREZAEI, H AKBARI MOGHADDAM, S. RAJAEI and H. AZIMI, 2003. Virulence genes of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, the causal gent of wheat leaf rust in some regions of Iran during 1995-1999. Seed and Plant, 18: 432-449 (in Persian with English summary).

TORABI, M., K. NAZARI and F. AFSHARI, 2001. Genetic of pathogenicity of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici,* the causal gent of leaf rust of wheat. Iranian Journal of Agricultural Science, 32: 625-635 (in Persian with English summary).