



دانشگاه گرجان و منابع طبیعی گرجان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸

۸۹-۱۰۲

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.15001.2355

## ارزیابی مقاومت به زنگ قهوه‌ای در مرحله گیاه بالغ در تعدادی از ارقام گندم نان

مریم ابراهیمیان<sup>۱</sup>، \*علی اصغر نصراله‌نژاد قمی<sup>۲</sup>، خلیل زینلی‌نژاد<sup>۳</sup> و سیده ساناز رضانپور<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

<sup>۲</sup> استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

<sup>۳</sup> دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۳

### چکیده

**سابقه و هدف:** از جمله بیماری‌های قارچی مهم گندم در سراسر جهان سه زنگ سیاه، زرد و قهوه‌ای هستند که باعث کاهش شدید عملکرد آن می‌شوند. زنگ قهوه‌ای با عامل *Puccinia triticina* Eriks. یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های گندم در سطح جهان از جمله ایران می‌باشد، که علاوه بر کاهش عملکرد دانه، باعث افت کیفی آن نیز می‌گردد. هدف از این پژوهش ارزیابی تعدادی از ارقام گندم نان براساس صفات و شاخص‌های مقاومت به زنگ قهوه‌ای با توجه به عملکرد گندم در مرحله گیاه بالغ بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش ۴۱ رقم گندم نان همراه با رقم حساس بولانی تحت شرایط تنش و عدم تنش بیماری، در ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله گرگان (استان گلستان) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط عدم تنش (با استفاده از قارچ‌کش) و تنش (بدون قارچ‌کش)، همراه با سیستم مه‌پاش و رقم حساس برای گسترش بیماری) مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مرتبط با مقاومت شامل تیپ‌آلودگی و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در محیط تنش و صفات زراعی شامل طول سنبله، تعداد سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه در هر دو محیط مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام مورد بررسی تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه تحت‌تأثیر بیماری زنگ قهوه‌ای قرار گرفتند. تیپ آلودگی و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری ( $r=0/98$ ) داشتند. درصد کاهش در تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های مرتبط با مقاومت (تیپ آلودگی و AUDPC) نشان دادند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در چهار گروه دسته‌بندی شدند. در گروه مقاوم، ژنوتیپ‌های ATRI 3856 و اترک؛ در گروه نیمه‌مقاوم، ژنوتیپ‌های فرونتانا، ATRI 9717، Gimaza، اروم، IRA9، ATRI 3315، نوید، زارع، 01C0204936، مروارید، احسان و گنبد؛ در گروه نیمه‌حساس ژنوتیپ‌های TRI 15593، ATRI 15657، یاوروس، ATRI 537، ATRI 525، SATC 6W، ATRI 527، ATRI 23666 و تاجن قرار گرفتند. سایر ژنوتیپ‌ها نیز با آلودگی بالا در گروه حساس قرار داشتند. بر اساس منابع ژنوتیپ‌های گروه نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس می‌توانند

\* مسئول مکاتبه: ali1346nn@yahoo.com

برای افزایش مقاومت به بیماری در تلاقی‌ها معرفی کردند. نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص AUDPC، درصد کاهش در تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های ATRI 9717، اروم، IRA9، زارع، مروارید و احسان را به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با مقاومت بالا و کاهش عملکرد پایین از سایر ژنوتیپ‌ها در گروه نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس جدا کرد.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود ژنوتیپ‌های ATRI 3856 و اترک که دارای آلودگی جزئی بودند احتمال دارد دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی باشند. بنابراین به‌علت احتمال شکسته شدن مقاومت در زمان کوتاه‌تر، در استفاده از چنین ارقامی باید دقت بیشتری نمود. ژنوتیپ‌های اروم، IRA9، زارع، ATRI 9717، مروارید و احسان که در گروه نیمه‌مقاوم بودند و تا حدودی به بیماری اجازه فعالیت دادند، به‌نظر می‌رسد دارای مقاومت حد متوسط با کاهش عملکرد پایین باشند. بر این اساس می‌توان آن‌ها را به‌عنوان منبع ژنتیکی مقاوم جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی و یا جهت استفاده کشاورزان معرفی کرد.

**واژه‌های کلیدی:** درصد کاهش عملکرد، زنگ قهوه‌ای، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری

#### مقدمه

مقاومت گیاه میزبان و شرایط محیطی متفاوت است (۱۵ و ۳۴). هتزلر و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند این بیماری باعث کاهش عملکرد به‌میزان ۷۹ تا ۸۷ درصد شد (۱۲). کلمر و لیو (۲۰۰۱) نشان دادند این بیماری می‌تواند عملکرد دانه را از ۵ تا ۲۵ درصد کاهش دهد (۱۶). در بررسی مارتینز و همکاران (۲۰۱۲) زمانی که آلودگی به زنگ قهوه‌ای قبل از ظهور برگ پرچم مشاهده شد رقم مقاوم تنها ۳۶ درصد کاهش عملکرد داشت در حالی که رقم حساس یا شاهد بیش از ۶۰ درصد از عملکرد را از دست داد. در مقابل رقم مقاوم در اثر آلودگی بعد از ظهور برگ پرچم تنها ۲۳ درصد از عملکرد را از دست داد در حالی که رقم شاهد در حدود ۵۰ درصد افت عملکرد داشت (۲۰). این نتایج نشان داد کنترل ژنتیکی متفاوتی از مقاومت در رقم حساس و مقاوم وجود دارد که در نهایت تلاقی بین دو رقم با مقاومت مطلوب که از نظر ترکیب آلی متفاوت باشند، ممکن است منجر به افزایش سطح مقاومت شود (۲۰). در مجموع اطلاعات مربوط به اثر مقاومت به زنگ قهوه‌ای در جلوگیری از کاهش عملکرد دانه محدود است (۳۳). بروز همه‌گیری‌های شدید در زنگ‌ها و ایجاد

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در تامین نیازهای غذایی در کشورهای مختلف به‌شمار می‌آید (۲۵) و از طرفی نقش بیماری‌ها در کاهش عملکرد گندم بسیار چشم‌گیر و دارای اهمیت است (۳۷). زنگ قهوه‌ای با عامل *Puccinia triticina* *Syn. recon dita Rob Ex Desm f. sp. Tritici Eriks. & Henn* که به زنگ برگ‌ی نیز معروف است، یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های گندم در برخی از نقاط دنیا به‌شمار می‌آید (۲۶). در کشور ما در چند سال گذشته اهمیت این بیماری بیش‌تر از زنگ سیاه و کم‌تر از زنگ زرد بوده است (۳۰). صدرآوی (۲۰۰۹) گزارش کرد این بیماری می‌تواند سبب کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصد عملکرد دانه در مزارع گندم ایران شود (۳۶). دادرضایی و همکاران (۲۰۱۸) میزان خسارت زنگ قهوه‌ای بر عملکرد گندم در اهواز را بر روی همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌میزان ۲۵/۲ درصد برآورد کردند. در این پژوهش دامنه خسارت ژنوتیپ‌های مورد بررسی از شش الی ۴۶ درصد متغیر برآورد شد (۷). در زمینه میزان خسارت زنگ قهوه‌ای، گزارش‌های متفاوتی وجود دارد زیرا توسعه این بیماری بسته به مرحله رشد گیاه در زمان همه‌گیر شدن، میزان

توصیف مقاومت و نیز برای ظاهر ساختن بیماری‌زایی عامل بیماری مورد استفاده قرار گیرد. یکی دیگر از شاخص‌های مرتبط با مقاومت که بسیار مورد توجه می‌باشد سطح زیرمنحنی پیشرفت آلودگی (AUDPC) است. تیپ آلودگی تحت‌تأثیر تراکم اسپور، سن میزبان، شرایط محیطی و زمان ارزیابی گیاه قرار می‌گیرد در حالی‌که AUDPC یک شاخص کمی از کل مقاومت است و همچنین تمام مؤلفه‌های مقاومت را در یک سطح مشخص می‌کند و می‌تواند شرایط و زمان‌های مختلف را به‌طور هم‌زمان در نظر بگیرد (۲۲). هدف از این بررسی ارزیابی مقاومت تعدادی از ارقام گندم نان بر اساس برخی از شاخص‌های مرتبط با مقاومت و همچنین درصد کاهش در تعدادی از صفات زراعی در مرحله گیاه بالغ بود تا ارقامی که در مطالعه حاضر مقاوم تشخیص داده شدند برای معرفی در برنامه‌های اصلاحی آتی مورد استفاده قرار گیرند.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در دو شرایط محیطی شامل محیط تنش بیماری (آلودگی طبیعی) و محیط عدم تنش (کنترل با قارچ‌کش) واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان با ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا، بارندگی سالانه ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد انجام شد. به‌منظور کنترل بیماری در محیط عدم تنش قبل از ظهور جوش زنگ قهوه‌ای، از قارچ‌کش پروپیکونازول با نام تجاری تیلت و فرمولاسیون EC 25% به‌میزان نیم لیتر در هکتار با فاصله زمانی سه هفته یک بار استفاده شد. آزمایش به‌صورت تجزیه مرکب در دو محیط طراحی شد که در هر محیط، ارزیابی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. مواد آزمایشی شامل ۴۱ رقم گندم نان بهاره شامل پنج رقم محلی و ۳۶

خسارت‌های فراوان به عملکرد گندم با ظهور نژادهای جدید و کاشت ارقام حساس، شدت‌یافته و محدودیت‌های بیش‌تری را برای تولید گندم به وجود آورده است (۳۶). اصلاح برای ایجاد مقاومت، بیش‌ترین تأثیر را در پیشگیری از خسارت و کاهش عملکرد دارد (۱). به‌طورکلی عملکرد صفتی با وراثت‌پذیری بسیار پایین است. بنابراین معیار مناسبی برای انتخاب نمی‌باشد. بسیاری از پژوهشگران صفاتی را برای انتخاب مناسب می‌دانند که بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد داشته و نیز دارای وراثت‌پذیری قابل‌قبولی باشند. بولی و پریچارد (۱۹۰۶) پیشنهاد کردند ارقام متحمل به زنگ از طریق گزینش ارقام با وزن هزاردانه بالا در شرایط شدید زنگ انتخاب شوند (۴). بسیاری از پژوهشگران نشان دادند کاهش عملکرد گندم در اثر آلودگی به زنگ قهوه‌ای در اثر کاهش در تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه است (۱۳، ۱۷، ۱۹ و ۲۶).

در حال حاضر تعداد زیادی ژن مقاومت به زنگ‌های زرد، قهوه‌ای و سیاه در گندم و یا گندمیان خویشاوند با گندم شناخته شده است (۶). در برخی از منابع تعداد ژن‌های مقاومت به زنگ قهوه‌ای و خصوصیات آن‌ها گزارش شده است (۱۱، ۳۵ و ۳۸). لینگژی و همکاران (۲۰۱۶) تا زمان پژوهش خود تعداد ژن‌های مقاومت کشف شده را بیش از ۱۰۰ ژن گزارش کردند (۱۸). پیش‌نیاز استفاده مستقیم از ژن‌های مقاومت به زنگ در برنامه‌های به‌نژادی، شناسایی این ژن‌ها در منابع مختلف و به‌ویژه در ارقام گندم است. ارزیابی مقاومت می‌تواند با استفاده از شاخص‌های مرتبط با مقاومت انجام شود به‌طوری‌که هر کدام از اجزای مقاومت به‌صورت مجزا یا با هم قادر به تعیین پارامترهای ژنتیکی جامعه هستند (۲). یکی از پرکاربردترین شاخص‌های مرتبط با مقاومت تیپ آلودگی می‌باشد. تیپ آلودگی پاسخ متقابل بین میزبان و عامل بیماری است بنابراین می‌تواند برای

رقم حساس بولانی به‌عنوان پخش‌کننده عامل بیماری در اطراف مواد آزمایشی و بعد از هر پنج خط کشت شد. پس از کشت ارقام مورد بررسی، در طول فصل زراعی مراقبت‌های لازم از قبیل وجین و آبیاری به‌عمل آمد.

رقم خارجی بودکه از بانک ژن مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی IPK-Gatersleben از کشور آلمان دریافت شد (جدول ۱). رقم بولانی به‌عنوان رقم شاهد (حساس) مورد استفاده قرار گرفت. هر رقم بر روی یک خط یک و نیم متری، روی یک پشته و فاصله پشته‌ها ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند.

جدول ۱- نام و محل دریافت ارقام مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Name and place of receipt of the cultivars used in the experiment.

| شماره رقم<br>Number | اسم رقم<br>Cultivar | محل دریافت<br>Place of receipt                                    | شماره رقم<br>Number | اسم رقم<br>Cultivar | محل دریافت<br>Place of receipt                                    | شماره رقم<br>Number | اسم رقم<br>Cultivar | محل دریافت<br>Place of receipt        |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|---------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1                   | فروناتا<br>Frontana | ایران<br>Iran   | 15                  | ATRI<br>2635        | افغانستان<br>Afghanistan  | 29                  | ATRI 8306           | هند<br>India                          |
| 2                   | ATRI<br>3856        | ایتالیا<br>Italy  | 16                  | ATRI<br>3297        | افغانستان<br>Afghanistan  | 30                  | زارع<br>Zare        | ایران<br>Iran                         |
| 3                   | TRI<br>15593        | اتیوپی<br>Ethiopia  | 17                  | ATRI<br>2613        | افغانستان<br>Afghanistan  | 31                  | 01C0204936          | بانک ژن چک<br>Bank of the<br>gen chek |
| 4                   | ATRI<br>15657       | اتیوپی<br>Ethiopia  | 18                  | SARC 1              | مرکز تحقیقات<br>خشکی یزد<br>Drought<br>Research Center<br>of Yazd | 32                  | ATRI 8317           | هند<br>India                          |
| 5                   | ATRI<br>9717        | استرالیا<br>Australia   | 19                  | ATRI<br>8358        | عراق<br>Iraq  | 33                  | ATRI 2848           | افغانستان<br>Afghanistan              |
| 6                   | یاواروس<br>Yavaros  | ایران<br>Iran   | 20                  | ATRI9729            | هند<br>India  | 34                  | ATRI 2845           | افغانستان<br>Afghanistan              |
| 7                   | ATRI<br>537         | هند<br>India  | 21                  | ATRI<br>3315        | ترکیه<br>Turkey   | 35                  | ATRI 2632           | افغانستان<br>Afghanistan              |
| 8                   | ATRI<br>4939        | کانادا<br>Canada  | 22                  | ATRI<br>3276        | افغانستان<br>Afghanistan  | 36                  | ATRI 23666          | چین<br>China                          |
| 9                   | ATRI<br>525         | هند<br>India  | 23                  | ATRI 519            | هند<br>India  | 37                  | ATRI 7545           | مکزیک<br>Mexico                       |
| 10                  | Gimaza              | مصر<br>Egypt  | 24                  | ارگ<br>Arg          | ایران<br>Iran   | 38                  | مروارید<br>Morvarid | ایران<br>Iran                         |
| 11                  | اروم<br>Arom        | ایران<br>Iran   | 25                  | ATRI 527            | هند<br>India  | 39                  | تجن<br>Tajan        | ایران<br>Iran                         |
| 12                  | اتراک<br>Atrak      | ایران<br>Iran   | 26                  | نوید                | ایران<br>Iran   | 40                  | احسان<br>Ehsan      | ایران<br>Iran                         |
| 13                  | IRA9                | ایران<br>Iran   | 27                  | ATRI<br>2653        | افغانستان<br>Afghanistan  | 41                  | گنبد<br>Gonbad      | ایران<br>Iran                         |
| 14                  | SARC<br>6W          | مرکز تحقیقات<br>خشکی یزد<br>Drought<br>Research Center<br>of Yazd | 28                  | ATRI 534            | هند<br>India  | 42                  | بولانی<br>Bolany    | ایران<br>Iran                         |

صفتی است که درصد کاهش در آن بیشترین همبستگی را با تیپ آلودگی و درصد آلودگی داشته باشد. به منظور گروه‌بندی ارقام مورد بررسی از نظر مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA بر اساس فاصله اقلیدسی (به کمک نرم‌افزار SPSS) استفاده گردید. به منظور تعیین ارقام مقاوم با کم‌ترین کاهش عملکرد در شرایط اعمال تنش بیماری، نمودار سه‌بعدی توسط نرم‌افزار Sigma plot ترسیم شد. بر این اساس ارقام در چهار ناحیه قرار گرفتند: ناحیه A: ارقامی که دارای بیشترین کاهش در تعداد دانه و وزن هزاردانه هستند بنابراین به‌عنوان ارقام حساس تقسیم‌بندی می‌شوند. ناحیه B: ارقامی که حساسیت آن‌ها بر اثر کاهش در تعداد دانه است. ناحیه C: ارقامی که حساسیت آن‌ها بر اثر کاهش در وزن هزاردانه است. ناحیه D: ارقامی که دارای کم‌ترین کاهش در تعداد دانه و وزن هزاردانه هستند، بنابراین به‌عنوان ارقام مقاوم تقسیم‌بندی می‌شوند.

### نتایج و بحث

میزان آلودگی بالا در رقم حساس (بولانی) نشان داد که در شرایط تنش، بیماری زنگ قهوه‌ای به خوبی مستقر گردید در حالی که در شرایط بدون تنش، رقم حساس فاقد هر گونه آلودگی بود. در شرایط تنش بیماری ارزیابی مقاومت گیاه بالغ در شرایط مزرعه‌ای در ارقام مورد مطالعه توسط شاخص‌های مقاومت شامل سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و تیپ آلودگی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس در هر دو شرایط تنش و عدم تنش بیماری نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال ۰/۰۱) بین ارقام مورد بررسی از نظر همه صفات وجود داشت

در شرایط محیطی تنش بیماری، یادداشت‌برداری صفت درصد آلودگی روی برگ پرچم، زمانی که میزان آلودگی روی رقم حساس بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بود بر اساس مقیاس اصلاح‌شده کوب توسط پیترسون و همکاران (۱۹۴۸) در چهار مرحله با فاصله زمانی هفت روز انجام گردید (۲۴). سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^k \left[ \left( \frac{X_{i+1} + X_i}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \right] \quad (1)$$

که در آن،  $X_i$  درصد آلودگی در زمان  $t_i$  است. با توجه به این که روند شکل‌گیری اپیدمی به‌صورت تابع نمایی می‌باشد بنابراین داده‌های درصد آلودگی ابتدا به‌وسیله رابطه ۲ تبدیل شدند (۱۰).

$$X_i = \left[ \ln \left[ \frac{X}{100-X} \right] + 10 \right] \quad (2)$$

تیپ آلودگی زمانی که میزان آلودگی رقم حساس حدود ۷۰ درصد بود بر اساس روش رولفز و همکاران (۱۹۹۲) یادداشت شد (۲۶). به‌منظور بررسی اثر بیماری بر عملکرد با استفاده از تجزیه علیت چهار صفت مربوط به عملکرد شامل طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه انتخاب و به‌عنوان صفات مربوط به عملکرد در هر دو محیط مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس به‌منظور آزمون معنی‌داری بین دو محیط و ارقام مورد بررسی به‌صورت تجزیه مرکب انجام شد. همبستگی بین درصد کاهش صفات مربوط به اجزای عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش و همچنین دو جزء مقاومت (تیپ آلودگی و AUDPC) محاسبه و بر اساس تحلیل همبستگی‌ها مناسب‌ترین صفت برای انتخاب در شرایط بیماری تعیین گردید. صفت مناسب

تفاوت ارقام از نظر عملکرد می‌تواند ناشی از تفاوت در مقاومت و یا ناشی از تفاوت در پتانسیل تولید عملکرد باشد. بدین منظور میانگین صفات مربوط به اجزای عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش در جدول ۴ آورده شد.

(جدول ۲) که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای می‌باشد. بین ارقام مورد بررسی از نظر همه صفات مربوط به عملکرد (طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه) نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در شرایط تنش بیماری

جدول ۲- میانگین مربعات صفات در طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای ۴۲ رقم گندم نان در شرایط تنش و عدم تنش بیماری.

**Table 2. The mean square of the traits in randomized complete blocks design for the 42 bread wheat cultivars under the disease stress and non-stress conditions.**

| منبع تغییرات<br>S.O.V          |                       |                         |                       |                 |                       |                         |                       | میانگین مربعات<br>M.S.                          |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| ضریب تغییرات (درصد)<br>C.V (%) |                       | اشتباه آزمایشی<br>Error |                       | رقم<br>Cultivar |                       | بلوک<br>Block           |                       |   |
| تنش<br>Stress                  | عدم تنش<br>Non stress | تنش<br>Stress           | عدم تنش<br>Non stress | تنش<br>Stress   | عدم تنش<br>Non stress | تنش<br>Stress           | عدم تنش<br>Non stress |   |
| 6.87                           | 5.53                  | 0.39                    | 0.28                  | 5.16**          | 3.40**                | 0.57 <sup>ns</sup>      | 0.10 <sup>ns</sup>    | طول سنبله (cm)<br>Spike length                  |
| 7.34                           | 9.58                  | 1.87                    | 3.27                  | 13.41**         | 15.43**               | 14.74**                 | 2.51 <sup>ns</sup>    | تعداد سنبلچه در سنبله<br>No. spikelet per spike |
| 19.08                          | 9.76                  | 0.19                    | 0.07                  | 1.87**          | 0.83**                | 0.92**                  | 0.63**                | تعداد دانه در سنبلچه<br>No. grain per spikelet  |
| 12.62                          | 8.55                  | 10.77                   | 6.05                  | 125.56**        | 111.24**              | 75.68**                 | 34.25**               | وزن هزاردانه (gr)<br>1000-grain weight          |
| 16.95                          | -                     | 1.31                    | -                     | 13.84**         | -                     | 1.99 <sup>ns</sup>      | -                     | تیپ آلودگی<br>Infection type                    |
| 15.69                          |                       | 71424.42                |                       | 537935.70**     | -                     | 111506.92 <sup>ns</sup> |                       | سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری<br>AUDPC            |
|                                |                       | 82                      |                       | 41              |                       | 2                       |                       | درجه آزادی<br>D.F.                              |

\*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

\*\* and <sup>ns</sup> are significant at 1% level of probability and not significant, respectively.

قهوه‌ای قرار گرفتند (جدول ۳). این نتایج با سایر گزارش‌ها نیز مطابقت داشت (۷، ۱۷، ۱۹ و ۲۶).

ارزیابی صفات مورد مطالعه در دو شرایط تنش و عدم تنش بیماری نشان داد طول سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه تحت تأثیر بیماری زنگ

جدول ۳- میانگین مربعات صفات برای ۴۲ رقم گندم نان در دو محیط تنش بیماری و عدم تنش بیماری.

**Table 3. The mean square of the traits under the disease stress and non-stress conditions for the 42 bread wheat cultivars under the stress condition.**

| منبع تغییرات<br>S.O.V |                         |                                      |                 |                                     |                     |   | میانگین مربعات |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------|---|----------------|
| ضریب تغییرات<br>C.V   | اشتباه آزمایشی<br>Error | رقم × محیط<br>Cultivar × Environment | رقم<br>Cultivar | محیط (تکرار)<br>Environment (Block) | محیط<br>Environment |   |                |
| 6.19                  | 0.34                    | 1.69**                               | 6.87**          | 0.33 <sup>ns</sup>                  | 31.04**             | طول سنبله (cm)<br>Spike length                  |                |
| 8.55                  | 2.57                    | 8.04**                               | 20.80**         | 8.62**                              | 3.29 <sup>ns</sup>  | تعداد سنبلچه در سنبله<br>No. spikelet per spike |                |
| 14.55                 | 0.13                    | 0/99**                               | 1.71**          | 0.78**                              | 7.82**              | تعداد دانه در سنبلچه<br>No. grain per spikelet  |                |
| 10.59                 | 8.41                    | 99.27                                | 13.53**         | 54.96**                             | 475.39**            | وزن هزاردانه (gr)<br>1000-grain weight          |                |
|                       | 164                     | 41                                   | 41              | 4                                   | 1                   | درجه آزادی<br>D.F                               |                |

\*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی داری می باشد.

\*\* and <sup>ns</sup> are significant at 1% level of probability and not significant, respectively.

یافتند (جدول ۴). تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط تنش بیماری نسبت به شرایط عدم تنش تفاوت معنی داری نشان نداد. بنابراین صفت تعداد سنبلچه در سنبله نمی تواند شاخص انتخاب مناسبی برای مقاومت به زنگ قهوه ای باشد. سینگ و هوارتا- اسپینو (۱۹۹۷) با بررسی اثر ژن *Lr34* در گندم نان دریافتند کاهش عملکرد دانه با کاهش در وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبلچه و شاخص برداشت همراه خواهد بود (۳۲).

برای همه صفات، اثر متقابل رقم در محیط در سطح یک درصد معنی دار بود. وجود اثر متقابل رقم در محیط نشان داد که واکنش ارقام در شرایط محیطی متفاوت است. به عبارت دیگر ارقام در زمان تنش بیماری درجه مقاومت و حساسیت های متفاوتی دارند و به تبع آن کاهش عملکرد ارقام نیز متفاوت خواهد بود. در شرایط تنش بیماری نسبت به عدم بیماری صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه به ترتیب ۷/۳۰، ۱۳/۳۴ و ۹/۶۶ درصد کاهش

جدول ۴- میانگین صفات عملکرد در ۴۲ رقم گندم نان تحت شرایط تنش بیماری زنگ قهوه ای و شرایط عدم تنش بیماری.

**Table 4. The yield traits means under the disease stress and non-stress conditions for the 42 bread wheat cultivars under the stress condition.**

| درصد کاهش<br>Decrease percentage | LSD (1%) | میانگین                                    |                                    | صفات<br>Traits                                  |
|----------------------------------|----------|--|------------------------------------|---|
|                                  |          | شرایط عدم تنش بیماری<br>Disease non-stress | شرایط تنش بیماری<br>Disease stress |   |
|                                  |          | 7.30                                       | 0.20                               |   |
| 1.23                             | 1.04     | 18.88 <sup>a</sup>                         | 18.65 <sup>a</sup>                 | تعداد سنبلچه در سنبله<br>No. spikelet per spike |
| 13.34                            | 0.31     | 2.67 <sup>a</sup>                          | 2.32 <sup>b</sup>                  | تعداد دانه در سنبلچه<br>No. grain per spikelet  |
| 9.66                             | 2.62     | 28.78 <sup>a</sup>                         | 26.00 <sup>b</sup>                 | وزن هزاردانه (gr)<br>1000-grain weight          |

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ردیف دارای اختلاف معنی دار می باشند.

Numbers with different letters have significant difference in every row.

درصد) مشاهده شد. بنابراین می‌توان درصد کاهش در دو صفت تعداد دانه در سنبلچه و وزن هزاردانه را به‌عنوان شاخص‌های حساسیت به زنگ قهوه‌ای گندم برای ارزیابی ثبات عملکرد معرفی کرد. ارقامی که دارای درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه، درصد کاهش وزن هزاردانه، تیپ آلودگی و AUDPC پایین‌تری باشند انتظار می‌رود دارای ثبات عملکرد بیشتری در شرایط تنش بیماری زنگ قهوه‌ای باشند. مسیتوش و همکاران (۲۱) تیپ‌آلودگی را به‌علت همبستگی با درصد کاهش عملکرد در اثر آلودگی به زنگ‌های غلات به‌عنوان یکی از شاخص‌های مناسب ارزیابی معرفی کردند. مطالعات زیادی نشان دادند شاخص AUDPC می‌تواند به‌علت تکرار اندازه‌گیری در زمان‌های متفاوت معیار مناسب برای گروه‌بندی ارقام از نقطه نظر مقاومت به زنگ باشد (۲۷ و ۲۸). دادرزایی و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه عملکرد در شرایط محیطی متضاد (حضور و عدم حضور بیماری زنگ قهوه‌ای) نشان دادند انتخاب ارقام مقاوم با استفاده از شاخص مقاومت می‌تواند منجر به پایداری عملکرد دانه در مناطق پرخطر بیماری شود (۷).

تیپ آلودگی و AUDPC به‌عنوان صفات و شاخص‌های مرتبط با مقاومت در این آزمایش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) با یکدیگر داشتند (جدول ۵) که با نتایج مطالعات قبلی (۳ و ۳۱) مطابقت داشت. درصد کاهش طول سنبله و درصد کاهش تعداد سنبلچه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان دادند (جدول ۵). بدیهی است هرچه طول سنبله کاهش یابد تعداد سنبلچه در سنبله نیز کاهش خواهد یافت. درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه با درصد کاهش در وزن هزاردانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد آلودگی در ارقام حساس هم از طریق کاهش در تعداد دانه و هم از طریق وزن هزاردانه باعث کاهش عملکرد خواهد شد. درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه با تیپ آلودگی در سطح پنج درصد و با AUDPC در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بین درصد کاهش وزن هزاردانه و هر دو جزء مقاومت (تیپ آلودگی و AUDPC) نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری (سطح یک

جدول ۵- همبستگی فنوتیپی بین درصد کاهش صفات عملکرد و صفات مقاومت در شرایط تنش و عدم تنش بیماری.

**Table 5. Phenotypic correlation of the yield traits decrease percentage and the resistant traits under the disease stress and non-stress conditions.**

| 6- | 5-     | 4-     | 3-     | 2-                  | 1-                 | صفات  |
|----|--------|--------|--------|---------------------|--------------------|---|
|    |        |        |        |                     | 1                  | ۱- درصد کاهش طول سنبله (cm)<br>Decrease percentage in the spike length                  |
|    |        |        |        | 1                   | 0.30*              | ۲- درصد کاهش تعداد سنبلچه در سنبله<br>Decrease percentage in the No. spikelet per spike |
|    |        |        | 1      | 0.12 <sup>ns</sup>  | 0.02 <sup>ns</sup> | ۳- درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه<br>Decrease percentage in the No. grain per spikelet  |
|    |        | 1      | 0.71** | -0.02 <sup>ns</sup> | 0.14 <sup>ns</sup> | ۴- درصد کاهش وزن هزاردانه (gr)<br>Decrease percentage in the 1000-grain weight          |
|    | 1      | 0.41** | 0.36*  | 0.14 <sup>ns</sup>  | 0.12 <sup>ns</sup> | ۵- تیپ آلودگی<br>Infection type   |
| ۱  | 0.98** | 0.41** | 0.39** | 0.16 <sup>ns</sup>  | 0.13 <sup>ns</sup> | ۶- سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری<br>AUDPC   |

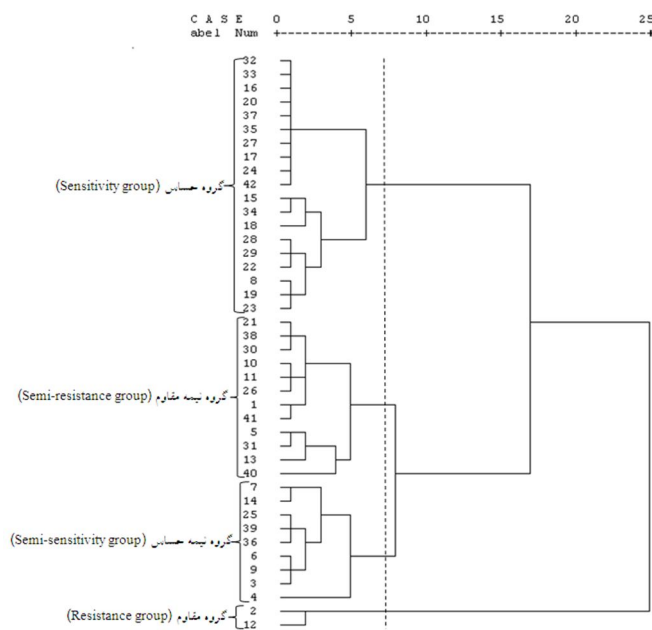
\*, \*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

\*, \*\* and <sup>ns</sup> are significant at 5% level of probability, 1% level of probability and not significant, respectively.



۲۷ (ATRI2653)، ۲۸ (ATRI534)، ۲۹  
 ۳۲ (ATRI8306)، ۳۳ (ATRI8313)،  
 ۳۴ (ATRI2848)، ۳۵ (ATRI2845)،  
 ۳۷ (ATRI2632)، ۳۷ (ATRI7545) و ۴۲ (بولانی)  
 قرار گرفتند. در گروه نیمه حساس نه ژنوتیپ  
 (بیست و یک درصد ژنوتیپها) شامل شماره‌های ۳  
 (ATRI15593)، ۴ (ATRI15657)، ۶ (یاواروس)، ۷  
 (ATRI537)، ۹ (ATRI525)، ۱۴ (SARC6W)،  
 ۲۵ (ATRI527)، ۳۶ (ATRI23666) و ۳۹ (تجن)  
 مشاهده شدند. در مجموع نتایج نشان داد گروه  
 حساس درصد نسبتاً بالایی از ژنوتیپها (۴۵ درصد)  
 را شامل می‌شود که این امر می‌تواند بیانگر توانایی  
 بالای عامل بیماری در مقابله با فشار انتخابی ناشی از  
 استفاده ژنوتیپهای مقاوم باشد. این توانایی بالا را به  
 تولید زیاد اسپور، چند چرخه‌ای بودن بیمارگر، کشت  
 گسترده میزبان و انتقال سریع و وسیع اسپورهای عامل  
 بیماری توسط باد می‌توان نسبت داد (۳۳). بنابراین  
 ارقام تجاری پس از مدتی ممکن است مقاومت خود  
 را از دست داده و آلوده شوند.

از تجزیه خوشه‌ای روی همه صفات مورد بررسی  
 به منظور گروه‌بندی ژنوتیپها بر اساس مقاومت به  
 زنگ قهوه‌ای استفاده شد. با توجه به نتایج تجزیه  
 خوشه‌ای ژنوتیپها در چهار گروه حساس،  
 نیمه حساس، مقاوم و نیمه مقاوم قرار گرفتند (شکل ۱).  
 گروه مقاوم با کمترین فراوانی (پنج درصد ژنوتیپها)  
 تنها شامل ژنوتیپهای شماره ۲ (ATRI 3856) و  
 ۱۲ (اترک) بود. در گروه نیمه مقاوم ۱۲ ژنوتیپ قرار  
 گرفتند (۲۹ درصد ژنوتیپها). این ژنوتیپها  
 شامل شماره ۱ (فرونتانا)، ۵ (ATRI9717)،  
 ۱۰ (Gimaza)، ۱۱ (اروم)، ۱۳ (IRA9)،  
 ۲۱ (ATRI3315)، ۲۶ (نوید)، ۳۰ (زارع)،  
 ۳۱ (01C0204936)، ۳۸ (مروارید)، ۴۰ (احسان)  
 و ۴۱ (گنبد) بودند. در گروه حساس چهل و پنج  
 درصد از ژنوتیپها شامل شماره‌های ۸  
 (ATRI4939)، ۱۵ (ATRI2695)، ۱۶  
 (ATRI3297)، ۱۷ (ATRI2613)، ۱۸ (SARC1)،  
 ۱۹ (ATRI8358)، ۲۰ (ATRI9729)، ۲۲  
 (ATRI3276)، ۲۳ (ATRI519)، ۲۴ (ارگ)،

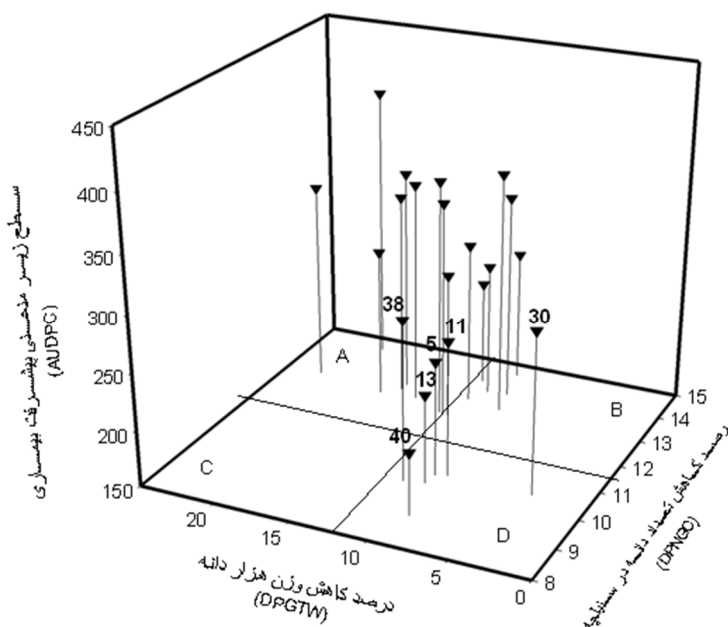


شکل ۱- نمودار خوشه‌ای برای ۴۲ رقم گندم نان به روش UPGMA.

Fig. 1. Dendrogram of 42 bread wheat cultivars using UPGMA clustering method.

(IRA9)، ۳۰ (زارع)، ۳۸ (مروارید) و ۴۰ (احسان) در ناحیه D قرار گرفتند، یعنی دارای کم‌ترین آلودگی و بیش‌ترین مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای بودند. این ارقام می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با مقاومت پایدار به زنگ قهوه‌ای مورد استفاده قرار گیرند. شایان ذکر است برای اثبات وجود ژن‌های مقاومت تدریجی، تجزیه ژنتیکی دقیق و استفاده از نشانگرهای مولکولی امری ضروری می‌باشد (۹).

با توجه به این‌که انتخاب منابع با مقاومت پایدار مهم‌ترین دغدغه به‌نژادگران می‌باشد، بنابراین در برنامه‌های اصلاحی ارقام با مقاومت حد متوسط بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرند (۲۹). بر این اساس بهتر است انتخاب ژنوتیپ‌ها از گروه نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس صورت گیرد. نتایج بررسی نمودار سه‌بعدی (شکل ۲) بر اساس درصد کاهش وزن هزاردانه، درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه و ژنوتیپ‌های شماره ۵ (ATRI9717)، ۱۱ (اروم)، ۱۳



شکل ۲- نمودار سه‌بعدی بین درصد کاهش وزن هزاردانه، درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه و سطح زیر منحنی پیشرفت آلودگی.

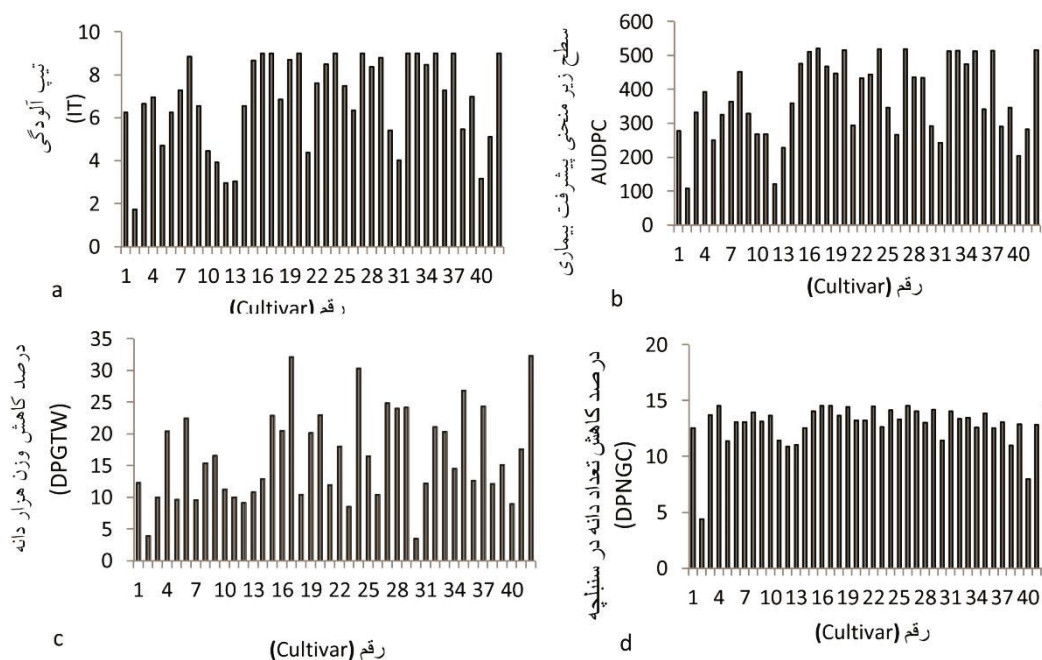
Fig. 2. 3-D Plot among Decrease percentage in 1000-grain weight, Decrease percentage in number of grain per spiklet and AUDPC.

مشاهده شد. در این دو رقم درصد کاهش وزن هزاردانه و درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه نیز بسیار پایین بود اما در ژنوتیپ شماره ۲ (ATRI3856) به ترتیب  $4/4$  و  $4/0$  و در ژنوتیپ ۱۲ (اترک) به میزان  $10/9$  و  $9/2$  گزارش شد (شکل ۳ b و c). مقاومت این دو ژنوتیپ ممکن است به علت

ژنوتیپ‌های شماره ۲ (ATRI3856) و ۱۲ (اترک) که در گروه مقاوم قرار داشتند دارای آلودگی بسیار جزئی بودند. ژنوتیپ شماره ۲ (ATRI3856) با تیپ آلودگی دو و AUDPC به مقدار ۱۰۹ دارای کم‌ترین آلودگی بود (شکل ۳ a و b). در ژنوتیپ ۱۲ (اترک) نیز تیپ آلودگی ۳ و AUDPC به مقدار ۱۲۱

دو مربوط به ژنوتیپ شماره ۴۰ (احسان) تا هفت مربوط به ژنوتیپ شماره ۲۵ (ATRI527) مشاهده شد. دامنه AUDPC به ترتیب از ۲۰۴/۹ مربوط به ژنوتیپ شماره ۴۰ (احسان) تا ۳۹۳/۷ مربوط به ژنوتیپ شماره ۴ (ATRI15657) گزارش شد. نتایج نشان داد وزن هزاردانه از ۳/۵ درصد مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۰ (زارع) تا ۳۲/۳ درصد (مربوط به ژنوتیپ شماره ۴۲ (بولانی)) و تعداد دانه در هزاردانه از ۴/۴ درصد (مربوط به ژنوتیپ شماره ۲ (ATRI3856) تا ۱۴/۵ درصد (مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۷ (ATRI2613) در اثر بیماری زنگ قهوه‌ای کاهش یافت.

ژن‌های اختصاصی و یا به دلیل اثر تجمعی چند ژن مقاومت بزرگ اثر باشد (۱۴). ارقامی که دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی باشند، احتمال شکست آنها می‌تواند در اثر تغییر فراوانی یک نژاد عامل بیماری و یا ظهور یک نژاد جدید اتفاق افتد (۵). در نهایت می‌توان از این ارقام همراه با سایر ژنوتیپ‌هایی که دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی دیگر باشند، در برنامه هرمی کردن ژن‌ها استفاده نمود. در گروه نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس احتمال می‌رود ژن‌ها دارای اثر کوچک بوده و به صورت افزایشی عمل کنند (۲۳). مقاومت در این دو گروه به دلیل اثر افزایشی ژن‌ها مدت زمان زیادی دوام خواهد داشت (۸). در گروه نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس دامنه تیپ آلودگی به ترتیب از



شکل ۳- میانگین تیپ آلودگی (a)، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (b)، درصد کاهش وزن هزاردانه (c) و درصد کاهش تعداد دانه در سنبلچه (d) در ۴۲ رقم گندم نان.

Fig. 3. Mean of infection type (a), AUDPC (b), decrease percentage in 1000-grain weight (c) and decrease percentage in No. grain per spikelet(d) at 42 beard wheat cultivars.

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد ارقام مورد مطالعه از نظر مقاومت به زنگ قهوه‌ای دارای تنوع زیادی هستند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد ارقام مورد مطالعه از نظر مقاومت به زنگ قهوه‌ای دارای تنوع زیادی هستند. با توجه به نمودار شکل‌های ۱، ۲ و ۳ می‌توان بیان نمود در گروه نیمه‌مقاوم ژنوتیپ‌های شماره ۵ (ATRI9717)، ۱۱ (اروم)،

۱۳ (IRA9)، ۳۰ (زارع)، ۳۸ (مروارید) و ۴۰ (احسان) که دارای کم‌ترین AUDPC، کم‌ترین درصد کاهش در وزن هزاردانه و کم‌ترین درصد کاهش در تعداد دانه در سنبلچه می‌باشند به احتمال زیاد دارای مقاومت حد متوسط باشند. بر این اساس می‌توان آن‌ها را به‌منظور انجام برنامه‌های اصلاحی آتی و یا عرضه به کشاورزان معرفی کرد.

### منابع

- Aiyong, Q.I., Xing, L.I., Lingzhi, S.H.I., Daqun, L.I.U. and Zaifeng, L.I. 2015. Identification of a Leaf Rust Resistance Gene in the Chinese Wheat Line LB0288. Czech J. Genet. Plant Breed. 51: 2. 43-49.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage, Rome, Italy, 300p.
- Ali, S., Shah, S.J.A. and Ibrahim, M. 2007. Assessment of wheat breeding lines for slow yellow rusting (*Puccinia striiformis West. tritici*). Pak. J. Bilol. Sci. 10: 3440-3444.
- Bolley, H.L. and Pritchard, F.J., 1906. Rust problems: Facts, observations and theories; possible means of control. North Dakota Agricultural Experiment Station. Bulletin, 69p.
- Castro, A.J., Chen, X., Hayes, P.M., Knapp, S.J., Line, R.F., Toojinda, T. and Vivar, H. 2002. Coincident QTL which determine seedling and adult plant resistance to stripe rust in barley. Crop Sci. 42: 1701-1708.
- Chelkowski, J. and Stepien, L. 2001. Molecular markers for leaf rust resistance genes in wheat. J. Appl. Genet. 42: 2. 117-126.
- Dadrezai, S.T., Tabatabai, N., Lakzadeh, I., Jafarnezhad, A., Afshari, F. and Hassan Bayat, Z. 2018. Evaluation of tolerance to leaf rust disease in some selected bread wheat genotypes. Appl. Entomol. Phytopathol. 86: 1. 29-40. (In Persian)
- Dehghani, H. and Moghaddam, M. 2004. Genetic analysis of latent period of stripe rust in wheat seedlings. J. Phytopathol. 122: 325-330.
- Francia, E., Tacconi, G., Crosatti, C., Barabaschi, D., Bulgarelli, D., Dall'Aglio, E. and Valè, G. 2005. Marker assisted selection in crop plants. PCTOC, J. Pl. Biotechnol. 82: 317-342.
- Ghannadha, M.R. 1999. Gene action for resistance of wheat to yellow (stripe) rust. Iranian J. Agric. Sci. 30: 397-408. (In Persian)
- Herrera-Foessel, S.A., Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Yuen, J. and Djurle, A. 2005. New genes for leaf rust resistance in CIMMYT durum wheats. Plant Dis. 89: 809-814.
- Hetzler, J., Eyal, Z., Mehta, Y.R. and Campos, L.A. 1991. Interaction between spot blotch (*Cochliobolus sativus*) and wheat cultivars. In: Saunders DA, Hettel G., (eds). Wheat for the nontraditional warm Areas. CIMMYT, Mexico, DF, (Mexico). Pp: 146-164.
- Huerta-Espino, J., Singh, R.P., German, S., Mccallum, B.D., Park, R.F., Chen, W.Q., Bhardwaj, S.C. and Goyeau, H. 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. Euphytica. 179: 143-160.
- Johnson, R. 1988. Durable resistance to yellow (stripe) rust in wheat and its implications in plant breeding. In: Simmonds N.W., Rajaram, S. (eds.). Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat, CIMMYT, Mexico. Pp: 63-75.

15. Kolmer, J.A. 2003. Postulation of leaf rust resistance genes in selected soft red winter wheats. *Crop Sci.* 43: 1266-1274.
16. Kolmer, J.A. and Liu, J.Q. 2001. Simple inheritance to leaf rust in two wheat cultivars. *Plant Pathol. J.* 50: 546-551.
17. Kolmer, J.A. 2005. Tracking wheat rust on a continental scale. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8: 441-449.
18. Lingzhi, S.H.I., Zaifeng, L.I., Xiaodong, W.A.N.G., Zhanhai, K.A.N.G., Lin, Z.H.U., Zhikuan, R.E.N., Xing, L.I. and Daqun, L.I.U. 2016. Genetic Analysis and Molecular Mapping of a Leaf Rust Resistance Gene in the Wheat Line 19HRWSN-129. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 52: 1. 1-5.
19. Marasas, C.N., Smale, M. and Singh, R.P. 2004. The economic impact in developing countries of leaf rust resistance breeding in CIMMYT related spring bread wheat. CIMMYT, Mexico D. F. 33p.
20. Martinez, F., Castilla, A. and Barrio, L. 2012. Tolerance to leaf rust (*Puccinia triticina*) in durum Wheat. 13-16 Jun. 11<sup>th</sup> International Congress of Spanish Association Animal Reproduction. Cordoba.
21. McIntosh, R.A., Wellings, C.R. and Park, R.F. 1995. Wheat Rusts: An Atlas of Resistance Genes. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia. 200p.
22. Milus, E.A. and Line, R.F. 1986. Gene action for inheritance of durable, high-temperature, adult plant resistances to stripe rust in wheat. *Phytopathol.* 76: 435-441.
23. Nazari, K., Torabi, M., Hassanpour-Hosnei, M., Kashani, A., Hoshyar, R. and Ahmadian-Moghaddam, M.S. 2000. Evaluation of resistance to yellow rust in advanced wheat lines suitable for dry land areas at seedling and adult-plant stages. *Seed Plant*, 16: 252-262. (In Persian)
24. Peterson, R.F., Campbell, A.B. and Hannah, A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. *Can. J. Res.* 26: 496-500.
25. Rajaram, S. 2005. Role of conventional plant breeding and biotechnology in future wheat production. *Turk. J. Agric.* 29: 105-111.
26. Roelfs, A.P., Singh, R.P. and Saari, E.E. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of diseases Management. CIMMYT, Mexico, DF. 81p.
27. Safavi, S.A., Ahari, A.B., Afshari, F. and Arzanlou, M. 2010. Slow Rusting Resistance in 19 promising wheat lines to yellow rust in Ardabil, Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 13: 240-244.
28. Sandoval-Islas, J.S., Broers, L.H.M., Mora-Aguilera, G., Parlevliet, J.E., Osada-Kawasoe, S. and Vivar, H.E. 2007. Quantitative resistance and its components in 16 barley cultivars to yellow rust, *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*. *Euphytica.* 153: 295-308.
29. Sadravi, M. 2009. Important diseases of crop plants. Jihad-e-daneshgahi Mashhad, Mashhad. (In Persian)
30. Sarami, H., Peyghami, A. and Pajuhande, M. 2002. Principles of Mycology. University of Mashhad publication, Mashhad. (In Persian)
31. Shah, S.J.A., Muhmmad, M. and Hussain, S. 2010. Phenotypic and molecular characterization of wheat for slow rusting resistance against *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici*. *J. Phytopathol.* 158: 393-402.
32. Singh, R.P. and Huerta-Espino, J. 1997. Effect of leaf rust resistance gene *Lr34* on grain yield and agronomic traits of spring wheat. *Crop Sci.* 37: 390-395.
33. Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Pfeiffer, W. and Figueroa-Lopez, P. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in Northwestern Mexico from 2001 to 2003. *Plant Dis.* 88: 703-708.
34. Singh, R.P., Huerta-Espino, J. and William, H.M. 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turk. J. Agric. For.* 29: 121-127.
35. Xing, L., Wang, C., Xia, X., He, Z., Chen, W., Liu, T., Li, Z. and Liu, D. 2014. Molecular mapping of leaf rust resistance gene *LrFun* in Romanian wheat line Fundulea 900. *Mol. Breeding.* 33: 931-937.

36. Yahyaoui, A., Singh, R.P. and Wellings, C.R. 2004. Status, Approaches, and Management. Second Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa. 22-26 March, Islamabad, Pakistan, 18p.
37. Zhang, J.X., Singh, R.P., Kolmer, J.A., Huerta-Espino, J., Jin, Y. and Anderson, J.A. 2008. Genetics of leaf rust resistance in Brambling wheat. *Plant Dis.* 92: 1111-1118.
38. Zhou, H., Xia, X., He, Z., Li, X., Wang, C., Li, Z. and Liu, D. 2013. Molecular mapping of leaf rust resistance gene *LrNJ97* in Chinese wheat line Neijiang 977671. *Theor. Appl. Genet.* 126: 2141-2147.