Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 18, Issue 3, 2026 p: 17-28

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of Partial Resistance and Introduction of Some Resistant Cold-Climate Wheat Germplasms and Cultivars against Yellow Rust

Mahnoosh Ashrafi-Dehkordi[1], Shirahmad Sarani[2], Safar Ali Safavi[3], Mahdi Pirnia[4], Mojtaba Keykhasaber[5]

1- M.Sc. Student of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2- Assistant Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, (Corresponding author: sarani59@uoz.ac.ir)
3- Associate Professor of Plant Pathology, Ardabil Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Alarouq Agricultural Research Station, Ardabil, Iran
4- Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, (Corresponding author: pirnia@uoz.ac.ir)
5 Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: 05 December, 2025 Revised: 20 April, 2026 Accepted: 06 May, 2026

Extended Abstract

Background: Yellow rust, caused by *Puccinia striiformis*, is one of the most destructive diseases of wheat worldwide. In severe epidemics, disease damage can reach 100%, and the yield can be completely destroyed. Finding sources of resistance and planting resistant cultivars are effective methods for alleviating rust damage. Race-specific genes can provide a higher level of resistance, but this resistance can be broken by the emergence of new races of pathogens. Therefore, varieties with specific resistance genes often lose their resistance within a few years. To manage rust disease, the presence of several genes with varying degrees of resistance in cultivars is essential. In this research, the reactions of some cold-climate wheat genotypes and cultivars to yellow rust at the seedling and mature plant stage were evaluated under field conditions.

Methods: Yellow rust spores were collected from wheat fields in the Ardabil region (Northwest, Iran) and stored in a freezer at −80°C. The population of yellow rust in the Ardabil region was previously examined in the greenhouses of the Seed and Plant Improvement Institute (SPII, Karaj, Iran). It was found to have virulence against *Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr22, Yr23, Yr24, Yr25, Yr26, Yr27, YrA*, and *YrSU* resistance genes in wheat. Seeds of 29 genotypes, including 22 promising cold-climate genotypes related to yield comparison experiments and seven irrigated and rainfed cultivars, were obtained from the cereal research department of the SPII. The Bolani cultivar was served as a sensitive control. Experiments were conducted in the field of Alarouq Agricultural Research Station, Ardabil. Inoculation was performed at the two-leaf stage of seedlings, with a mixture of yellow rust spores and talcum powder (1:4). Notes were taken since symptoms appeared on susceptible cultivars (at infection type 7 or higher). Reactions of the genotypes and cultivars were assessed using a 0-9 scale, with infection types of 7 or more, 4-6, and less than 4 considered as sensitive, moderate, and resistant, respectively. The genotypes tested at the seedling stage were also used to assess the response of the mature plant stage. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The infection type (IT) was evaluated at the seedling stage. Final rust severity (FRS), the coefficient of infection (CI), and the relative value of the area under disease progress curve (rAUDPC) were evaluated in the mature plant stage. Mean comparison and cluster analysis for the grouping of wheat genotypes/cultivars were performed in SPSS 24 software.

Results: Based on the analysis of variance results, significant differences were observed between genotypes in resistance variables. Cluster analysis at the seedling stage placed the genotypes into three groups. The genotypes and cultivars, including C-99-1, C-99-3, C-99-5, C-99-6, C-99-7, Heidari, Hoor, and Zarrineh, were resistant. C-99-8, C-99-9, C-99-14, C-99-18, C-99-22, and Jam showed moderate reactions. The others, including C-99-4, C-99-10, C-99-11, C-99-12, C-99-13, C-99-15, C-99-16, C-99-17, Heyran, Azar 2, Baran, and Bolani, were placed in the susceptible group. Cluster analysis at the mature plant stage classified the genotypes into three main groups. The first group included genotypes C-99-1, C-99-2, C-99-3, C-99-4, C-99-5,

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

Copyright ©2026. Ashrafi-Dehkordi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

C-99-6, C-99-7, C-99-8, C-99-9, C-99-10, C-99-11, C-99-13, C-99-14, C-99-15, C-99-16, C-99-17, C-99-18, C-99-19, C-99-20, C-99-21, and C-99-22. The Heyran, Zarineh, Heidari, Hoor, and Jam cultivars showed a resistance reaction. The cultivars Azar 2, Baran, and Bolani were placed in the susceptible group. Only the C-99-12 genotype was included in the third group, which showed a moderate level of partial resistance. Cluster analysis of the studied genotypes based on all traits examined at the seedling and mature plant stage placed them into three groups. The first group included genotypes C-99-1, C-99-2, C-99-3, C-99-4, C-99-5, C-99-6, C-99-7, C-99-8, C-99-9, C-99-10, C-99-11, C-99-13, C-99-14, C-99-16, C-99-17, C-99-18, C-99-19, C-99-20, C-99-21, C-99-15, C-99-22, and the cultivars Heidari, Zarrineh, Heyran, Hoor, and Jam, which were resistant both at the seedling and mature plant stages. The second group included the genotype C-99-12, which was susceptible at the seedling stage but showed moderate partial resistance at the mature plant stage. The third group included the cultivars Azar 2, Baran, and Bolani, which were susceptible at both seedling and mature plant stages. The genotype C-99-22 was semi-resistant at the seedling stage and semi-resistant to semi-susceptible at the mature plant stage.

Conclusion: Genotypes that showed resistance reaction at the seedling stage were also resistant at the mature plant stage. Therefore, screening at the seedling stage is very cost-effective and results in workload reduction for selection at the mature plant stage when a large number of genotypes exist. The cultivar Shiroodi is present in the pedigree of the C-99-8 genotype and the Heydari and Zarrineh cultivars; therefore, they contain genes for partial resistance. The cultivar Attila is present in the pedigree of Shiroodi, which strengthens the possible presence of the resistance gene (s) in the C-99-8 genotype and Heydari and Zarrineh cultivars. The cultivar Kauz, which contains the *Yr9* resistance gene, is present in the pedigree of the C-99-16 genotype. The cultivar Pastor is observed in the pedigree of the C-99-18 genotype. The genotypes/cultivars, including C-99-2, C-99-5, C-99-11, C-99-13, C-99-15, C-99-16, C-99-17, C-99-19, C-99-20, and Heyran, showed different levels of partial resistance (race-non-specific or durable resistance) to yellow rust, which can be selected as a source of resistance if they possess desirable agronomic traits.

Keywords: Durable resistance, Fungal disease, Resistant genotypes, Stripe rust, Wheat

How to Cite This Article: Ashrafi-Dehkordi, M., Sarani, Sh., & Safavi, S. A., Pirnia, M., & Keykhasaber, M. (2026). Evaluation of Partial Resistance and Introduction of Some Resistant Cold-Climate Wheat Germplasms and Cultivars against Yellow Rust. *J Crop Breed*, 18(3), 17-28. DOI: 10.66224/jcb.2026.1624

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارزیابی مقاومت نسبی و معرفی تعدادی از ژرم‌پلاسم‌ها و ارقام مقاوم گندم اقلیم سرد در برابر زنگ زرد

مهنوش اشرفی دهکردی[۱]، شیراحمد سارانی[۲]، صفرعلی صفوی[۳]، مهدی پیرنیا[۴] و مجتبی کیخاصابر[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- استادیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، (نویسنده مسوول: sarani59@uoz.ac.ir)
۳- دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آلاروق، اردبیل، ایران
۴- دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، (نویسنده مسوول: pirnia@uoz.ac.ir)
۵- دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۶
صفحه: ۱۷ تا ۲۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: زنگ زرد با عامل *Puccinia striiformis* از مخربترین بیماری‌های گندم در سراسر جهان است. در همه‌گیری‌های شدید، خسارت بیماری تا ۱۰۰ درصد و نابودی کامل محصول می‌رسد. دست‌یابی به منابع مقاومت و کاشت ارقام مقاوم روش‌های مؤثری در کاهش خسارت بیماری زنگ هستند. اگرچه ژن‌های اختصاصی نژاد می‌توانند سطح بالاتری از مقاومت را ایجاد کنند، اما با ایجاد تغییرات غالب ژنتیکی و ظهور نژادهای جدید بیمارگر امکان شکستن مقاومت وجود دارد و ارقام دارای ژن های مقاومت اختصاصی اغلب طی چند سال مقاومت خود را از دست می‌دهند. جهت مدیریت بیماری زنگ وجود چند ژن با درجات متنوع مقاومت در ارقام ضروری است. در این تحقیق، واکنش تعدادی از ژنوتیپ‌ها و ارقام گندم اقلیم سرد نسبت به زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل در شرایط مزرعه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: اسپورهای زنگ زرد از مزارع گندم در منطقه اردبیل (شمال غرب، ایران) جمع‌آوری و در فریزر با دمای۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. پیش از این، جمعیت‌های نژادهای عوامل مولد زنگ زرد منطقه اردبیل در گلخانه‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج، ایران) مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد که برای ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* در گندم دارای پرآزاری هستند. بذور ۲۹ ژنوتیپ، شامل ۲۲ ژنوتیپ امید بخش اقلیم سرد مربوط به آزمایشات مقایسه عملکرد و هفت رقم آبی و دیم، از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر فراهم شدند. همچنین، رقم بولانی به‌عنوان شاهد حساس در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلاروق اردبیل انجام شدند. مایه‌زنی در زمان دو برگی گیاهچه‌ها با مخلوطی از اسپورهای نژادهای زنگ زرد گندم و پودر تالک (به نسبت ۱ به ۴) صورت گرفت. یادداشت‌برداری از زمان ظهور علایم روی رقم حساس (در حد تیپ آلودگی ۷ یا بالاتر) صورت گرفت. واکنش ژنوتیپ‌ها و ارقام بر اساس معیار ۹-۰ انجام و تیپ‌های آلودگی ۷ یا بیشتر به‌عنوان حساس، تیپ‌های آلودگی ۶-۴ متوسط و تیپ‌های آلودگی کمتر از ۴ به‌عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند. ژنوتیپ‌های مورد بررســـی در مرحله گیاهچه‌ای، برای ارزیابی واکنش گیاه کامل نیز مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در مرحله گیاهچه‌ای، متغیر تیپ آلودگی (IT) و در مرحله گیاه کامل متغیرهای شدت نهایی زنگ (FRS)، ضریب آلودگی (CI) و مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) ارزیابی شدند. مقایسه میانگین‌ها و تجزیه خوشه‌ای جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها/ارقام با نرم‌افزار SPSS 24 انجام شدند.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ متغیرهای مقاومت به زنگ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. تجزیه خوشه‌ای در مرحله گیاهچه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در سه گروه قرار داد. ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-3، C-99-5، C-99-6، C-99-7 و ارقام حیدری، هور و زرینه واکنش مقاومت نشان دادند. ژنوتیپ‌های C-99-8، C-99-9، C-99-14، C-99-18، C-99-22 و رقم جام واکنش متوسط نشان دادند. ژنوتیپ‌های C-99-4، C-99-10، C-99-11، C-99-12، C-99-13، C-99-15، C-99-16، و C-99-17 و ارقام حیران، آذر ۲، باران و بولانی در گروه حساس قرار گرفتند. تجزیه خوشه‌ای در مرحله گیاه کامل ژنوتیپ‌ها را در سه گروه اصلی طبقه‌بندی نمود. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، C-99-21، و C-99-22 و ارقام حیران، زرینه، حیدری، هور و جام در گروه مقاوم قرار گرفتند. ارقام آذر ۲، باران و بولانی در گروه حساس قرار گرفتند. در گروه سوم فقط ژنوتیپ C-99-12 قرار گرفت که سطح متوسطی از مقاومت نسبی را دارد.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های مقاوم در مرحله گیاهچه‌ای در مرحله گیاه کامل نیز مقاوم هستند؛ بنا بر این، غربالگری در مرحله گیاهچه‌ای در حالتی که تعداد زیادی ژنوتیپ برای بررسی وجود دارند بسیار مقرون به‌صرفه است و می‌تواند حجم کار برای انتخاب در مرحله گیاه کامل را کاهش دهد. در شجره ژنوتیپ C-99-8 و ارقام حیدری و زرینه رقم شیرودی وجود دارد؛ بنا بر این، حاوی ژن‌های مقاومت نسبی هستند. در شجره رقم شیرودی نیز رقم Attila وجود دارد که احتمال وجود ژن/ژن‌های مقاومت در ژنوتیپ C-99-8 و ارقام حیدری و زرینه را تقویت می‌کند. در شجره ژنوتیپ C-99-16 رقم Kauz حاوی ژن مقاومت *Yr9* وجود دارد. در شجره ژنوتیپ C-99-18 نیز رقم Pastor مشاهده می‌شود. ژنوتیپ‌های C-99-2، C-99-5، C-99-11، C-99-13، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-19، و C-99-20 و رقم حیران درجات متفاوتی از مقاومت نسبی (مقاومت غیر اختصاصی نژاد یا پایدار) را در برابر زنگ زرد نشان دادند که در صورت دارا بودن صفات مطلوب زراعی می‌توانند به‌عنوان منبع مقاومت انتخاب شوند.

واژه‌های کلیدی: بیماری قارچی، زنگ نواری، گندم، ژنوتیپ‌های مقاوم، مقاومت پایدار

مقدمه

زنگ‌های گندم شامل زنگ قهوه‌ای، زنـگ سیاه و زنـگ زرد از جمله بیماری‌های مخرب محسوب می‌شوند، اما زنـگ زرد با عامل *Puccinia striiformis* Westend. دامنه انتشار و پراکنش وسـیع‌تری دارد و در صورت وجود شرایط مساعد آب و هوایی و کشت ارقام حساس گندم می‌تواند خسارت زیادی را به محصول وارد کند (Chen, 2005). همه‌گیری‌های زنگ زرد در سـال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

ایران به‌ترتیب باعث کاهش عملکرد ۱/۵ و یک میلیون تن محصول گندم شدند (Torabi *et al*., 1995). در ایران، فهرستی از عوامل مولد زنگ روی میزبان‌های مختلف گیاهی منتشر شده است (Abbasi, 2021). با این وجود، مطالعات منطقه‌ای این قارچ‌ها منجر به معرفی گزارش‌ها و میزبان‌های جدید می‌شوند (Narouee *et al.,* 2024).

هرچند که در برخی مناطق کشاورزان برای کنترل عوامل مولد زنگ از سموم شیمیایی استفاده می‌کنند، اما شناسایی و کاشت ارقـام مقـاوم در تولید پایدار نقش مهم‌تری دارد. در یک دسته‌بندی کلی، مقاومت گیاهان به دو نوع کمی و کیفی تقسیم می‌شود. مقاومت کمی مدت زمان زیادی دوام آورده و به آن مقاومت پایدار نیز گفته می‌شود، در صورتی‌که مقاومت کیفی مدت زمان کوتاهی مؤثر واقع می‌شود. ارزیابی مقاومت ارقام و ژنوتیپ‌ها با بررسی متغیرهایی از قبیل تیپ آلودگی (Infection type)، شدت بیماری (Disease severity) و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (Area Under Disease Progress Curve) به‌منظور شناسایی ارقام مقاوم و حساس صورت می‌گیرد که در نهایت می‌تواند به توصیه به کشاورزان جهت کاشت ارقام و ژنوتیپ‌های مقاوم منجر شود. این مسئله فقط مربوط به غلات و عوامل مولد زنگ نیست، بلکه در مورد طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زا و گیاهان میزبان آنها صدق می‌کند (Delaramifar *et al*., 2023; Shirzaei *et al*., 2025).

در گندم، ژن‌های مقاومت *Yr1* تا *Yr32* و *YrA* و *YrSU* مقابل نژادهای مختلف عامل زنگ زرد شناسایی شده‌اند. این ژن‌های مقاومت شناخته شده در برابر همه نژادهای زنگ زرد فعال نیستند و حتی برخی نژادهای زنگ زرد بر این ژن‌های مقاومت غلبه می‌کنند و پرآزاری دارند. به‌عنوان مثال، نژادهایی از زنگ زرد در منطقه اردبیل دارای پرآزاری روی ارقام و ژنوتیپ‌های دارای ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr8*، *Yr9*، *Yr10*، *Yr17*، *Yr18*، *Yr21*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *Yr31*، *Yr32*، *YrA* و *YrSU* هستند (Safavi & Afshari, 2017). در پایش دو ساله زنگ زرد گندم در منطقه اردبیل نیز بیماری‌زایی روی ژنوتیپ‌های دارای ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr17*، *Yr20*، *Yr21*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* مشاهده گردید. در مقابل، ژن‌های مقاومت *Yr3v*، *Yr3a*، *Yr4a*، *Yr4*، *Yr5*، *Yr10*، *Yr15*، *Yr16*، *YrCV*، *YrSD* و *YrND* به‌عنوان ژن‌های مقاومت مؤثر در برابر زنگ زرد بودند (Safavi, 2019). نتایج پژوهشی در سایر کشورها نیز نشان داده‌اند که ژن‌هایی مانند *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr18*, *Yr24*، *Yr36* و *Yr47* نقش کلیدی در مقاومت گندم مقابل زنگ زرد دارند (Haider *et al*., 2023).

در برخی مطالعات، انتقال ژن‌های مقاومت به زنگ زرد در گندم گزارش شده است. به‌عنوان مثال، انتقال چهار ژن مقاومت به زنگ زرد در رقم کل-حیدری که یک رقم گندم دیم با سطح کشت بالا در استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد می‌است (Pouryousefi *et al*., 2022). در یک پژوهش، مناطق جدید ژنی مرتبط با مقاومت به زنگ زرد مورد شناسایی قرار گرفتند. این یافته‌ها منبعی برای شناسایی جایگاه‌های صفات کمی (QTL) جدید و طراحی نشانگرهای مولکولی برای انتخاب سریع در اصلاح هستند (Sharma *et al*., 2025).

برای مـدیریـت بیماری زنگ زرد، منابع ژنتیکی گندم با ژن‌های مقاومت متنوع لازم و ضروی هستند (Bux *et al*., 2011). مشخص شده است که متغیرهایی از قبیل مقدار نسبی سـطح زیر منحنی پیشـرفت بیماری (Relative value of Area Under Disease Progress Curve)، تیپ آلودگی (Infection type) و ضریب آلودگی (Coefficient of infection) اطلاعات بهتری را در ارتباط با وضعیت مقاومت/حساسیت ارقام فراهم می‌کنند (Alo *et al*., 2018). نتایج پژوهش‌ها نشان دادند که بین rAUDPC و کـاهش عملکرد همبستگی بالایی وجود داشت (Safavi, 2017; Ochoa & Parlevliet, 2005). مقاومت نسبی به کاهش سرعت توسعه بیماری و کاهش AUDPC اطلاق می‌شود. این نوع مقاومت کمتر تحت فشار انتخابیِ سریع پاتوژن قرار می‌گیرد و در نتیجه پایداری بیشتری دارد. طبق برخی گزارش‌ها، انتخاب بر اساس AUDPC و شاخص شدت بیماری در مرحله بالغ بیشترین شانس شناسایی ارقام با مقاومت نسبی را ایجاد می‌کند (Safavi, 2021).

محققین از متغیرهای مقاومت نسبی برای گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه استفاده کرده‌اند. ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت تدریجی ارقام گندم دیم در برابر زنگ زرد مشخص کرد شش رقم در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل مقاوم یا نیمه‌مقاوم بودند. نه رقم در مرحله گیاهچه‌ای حساس اما در مرحله گیاه کامل واکنش متوسط (MR-M-MS) نشان دادند و سایر ارقام سطح پایینی از مقاومت تدریجی داشتند. علاوه بر این، مشخص شد که مقاومت ارقام یا ژنوتیپ‌ها براساس شدت نهایی زنگ و سایر فاکتورها از سطح خیلی پایین تا سطح خیلی بالا متغیر بود (Safavi & Roustaei 2021). بررسی واکنش ۷۰ ژنوتیپ گندم زمستانه در قزاقستان نیز نشان داد که حدود ۶۰ درصد از ژنوتیپ‌ها دارای واکنش مقاوم یا متوسط مقاوم (R- MR) بودند و شش ژنوتیپ با مقاومت گیاه کامل تشخیص داده شدند (Kokhmetova *et al*., 2021). نتایج بررسی مقاومت تدریجی در ۱۱ رقم گندم نان در متغیرهای شدت نهایی زنگ، AUDPC و rAUDPC نشان دادند که ارقام Hawi، Kabas، PBW343، Galema همراه با شاهد حساس بیشترین مقدار شدت نهایی آلودگی، AUDPC و rAUDPC را داشتند و رقم ETBW5496 هیچ‌گونه آلودگی نداشت و به‌عنوان رقم مقاوم یا مصون معرفی شد (Taye *et al*., 2014). در برخی پژوهش‌ها نیز مشخص شده است که نرخ آلودگی ظاهری (r) پارامتر چندان مناسبی در تشریح مقاومت تدریجی نیست چرا که نرخ آلودگی ظاهری نه‌تنها به مقاومت نسبی بلکه به مرحله توسعه اپیدمی نیز وابسته است (Shah *et al*., 2010). در مقابل، ضریب آلودگی، شدت نهایی زنگ و rAUDPC معیار بهتری نسبت به نرخ آلودگی ظاهری برای ارزیابی مقاومت نسبی هستند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

Shah *et* Hei *et al*., 2015; Safavi & Roustaei 2021) (*al*., 2010;).

در یک مطالعه، واکنش ۴۱ ژنوتیپ از کلکسیون گندم بانک ژن ملی ایران در برابر چهار نژاد زنگ زرد جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف ایران، شامل گرگان، کرج، مشهد و ساری، در شرایط گلخانه‌ای ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که تقریباً ۴۶ درصد از ژنوتیپ‌ها در برابر تمام نژادهای مورد آزمون مقاومت داشتند که نشان‌دهنده حضور ژن‌های مقاوم یا ترکیبی از چند ژن در این ژنوتیپ‌ها بود و منبع ارزشمندی را برای برنامه‌های اصلاح فراهم می‌کند (Zahravi & Afshari 2018). واکنش ۲۹۷ ژنوتیپ گندم نان نسبت به نژادهای زنگ زرد از مناطق کرج، زرقان، ساری، سرخس و مغان، این ژنوتیپ‌ها را در سه گروه مقاوم، نیمه‌مقاوم (نیمه‌حساس) و حساس قرار داد. بر اساس نتایج این پژوهش، ارقام تجاری گندم، از قبیل پارسی، کرج ۲، چمران ۲، مهدوی و پیشگام، در گروه مقاوم قرار گرفتند (Afzalifar *et al*., 2021). علاوه بر این، مشخص شد که بین ژنوتیپ‌های گندم تجاری و بومی در تیپ آلودگی و درصد آلودگی تفاوت وجود داشت. این تنوع نشان می‌دهد که برخی ژنوتیپ‌های بومی می‌توانند به‌عنوان منابع مقاومت در برنامه‌های اصلاح مورد استفاده قرار گیرند (Afzalifar *et al*., 2022). در ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های گندم نسبت به سه نژاد زنگ، ۴۲ درصد ژنوتیپ‌ها حساس، ۴۰ درصد ژنوتیپ‌ها دارای واکنش نیمه‌مقاوم تا نیمه‌حساس و ۲۰ درصد ژنوتیپ‌ها شامل M-85-7،Sep-59، DN-11 دارای مقاومت کامل از نوع گیاهچه‌ای بودند که به‌عنوان منابع مقاومت در برنامه‌های اصلاحی قابل توصیه هستند (Omrani *et al*., 2018).

پژوهش‌های اخیر روی ژرم‌پلاسم‌های گندم محلی ایران نشان دادند که در بین ۴۵۷ ژرم پلاسم، تعدادی دارای مقاومت گیاه کامل و ژن‌های مقاوم مختلف بودند. این منابع بومی می‌توانند برای وارد کردن مقاومت‌پذیری و صفات پایدار در برنامه‌های اصلاح استفاده شوند (Yazdani *et al*. 2023). ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان و دوروم دیم در مقابل زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای نیز نشان داد که ۵۱ ژنوتیپ از جمله ارقام تجاری آفتاب، کوهدشت وگندم دوروم شاهد ۶۱-۱۳۰ مقاوم بودند. همچنین، ۱۶ ژنوتیپ از جمله ارقام تجاری آفتاب، کوهدشت و گندم دوروم شاهد ۶۱-۱۳۰ در هر دو مرحله گیاهچه و گیاه کامل مقاوم بودند. از ۱۹۱ ژنوتیپ ارزیابی شده، ۲۳ ژنوتیپ در مرحله گیاهچه‌ای حساس و در مرحله گیاه کامل مقاوم بودند. احتمالاً مقاومت در این ژنوتیپ‌ها از نوع مقاومت پایدار یا مقاومت گیاه کامل است (Hasanpour-Hossni *et al*., 2016).

تحقیقات پیشین در ایران عمدتاً در جهت شناسایی و معرفی ارقام با مقاومت کامل و تک‌ژنی صورت گرفته‌اند و با پیدایش نژادهای جدید، مقاومت از بین رفته است. بنا بر این، شناسایی و معرفی ارقام یا ژنوتیپ‌های دارای مقاومت نسبی (Partial resistance) که منجر به معرفی ارقام با مقاومت پایدارتر می‌شود از اهمیت بیشتری برخوردار است و در تحقیق حاضر مورد توجه قرار گرفته است. این تحقیق با هدف تعیین تیپ‌های مختلف مقاومت در ژنوتیپ‌ها و ارقام جدید گندم اقلیم سرد مقابل زنگ زرد در مرحله گیاهچه و گیاه بالغ و تعیین منابع ژنتیکی جهت بهبود عملیات به‌نژادی برای آزادسازی رقم در ایران انجام شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه اسپور زنگ زرد برای مایه‌زنی در آزمایش‌ها

اسپورهای زنگ زرد از مزارع گندم منطقه اردبیل جمع‌آوری و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پیش از این، بیماری‌زایی جمعیت نژادی منطقه اردبیل در گلخانه‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج، ایران) بررسی و مشخص شد که این نژادها برای ژن‌های مقاومت *Yr2*، *Yr6*، *Yr7*، *Yr9*، *Yr22*، *Yr23*، *Yr24*، *Yr25*، *Yr26*، *Yr27*، *YrA* و *YrSU* دارای پرآزاری هستند (Safavi & Afshari, 2017).

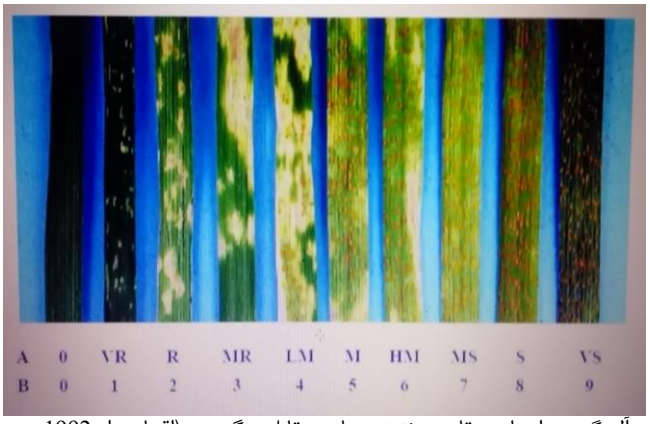
تهیه بذور ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم

بذور ۲۹ ژنوتیپ، شامل۲۲ ژنوتیپ امیدبخش اقلیم سرد پس از طی آزمایشات مقایسه عملکرد و ۷ رقم آبی و دیم، از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر فراهم شدند. رقم بولانی به‌عنوان شاهد حساس در نظر گرفته شد.

بررسی واکنش گیاهچه‌ای

واکنش گیاهچه‌ای ۲۹ ژنوتیپ و رقم همراه با شاهد حساس بولانی تحت شرایط مزرعه‌ای در برابر مخلوط نژادهای زنگ زرد در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل بررسی شد. آزمایش‌های مرحله گیاهچه‌ای در سه تکرار انجام شدند. مایه‌زنی مصنوعی در زمان دوبرگی با مخلوطی از اسپورهای نژادهای زنگ زرد گندم و پودر تالک (به نسبت ۱ به ۴) انجام شد. یادداشت‌برداری از زمان ظهور علایم روی رقم حساس (در حد تیپ آلودگی ۷ یا بالاتر) صورت گرفت. واکنش گیاهچه‌ای بر اساس معیار ۹-۰ انجام شد (شکل ۱). در این روش، تیپ‌های آلودگی ۷ یا بیشتر به‌عنوان حساس، تیپ‌های آلودگی ۶-۴ متوسط و تیپ‌های آلودگی کمتر از ۴ به‌عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند (Line & Qayoum, 1992).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]



شکل ۱- تیپ‌های آلودگی در ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌ها در مقابل زنگ زرد (اقتباس از Line & Qayoum, 1992).
Figure 1. Types of infection in evaluating the resistance of genotypes against yellow rust (Line & Qayoum, 1992)

بررســـی واکنش گیاه کامل در شـــرایط مزرعه

ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه برای واکنش گیاه کامل نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. یادداشت‌برداری از زمانی‌که بیماری روی رقم حســاس به ۵۰ درصد رسید، آغاز شد. دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مقاوم و حساس بر اساس روش‌های ذکر شده در منابع انجام شد (Pathan & Park, 2006; Ali *et al*., 2009). ســـطح زیر منحنی پیشرفت بیماری طبق فرمول زیر محاسبه شد (Milus & Line, 1986).

AUDPC= ((N1 (X1 +X2)/2) + (N2 (X 2+X3)/2))

AUDPC = سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری

N1 = فاصله اولین یادداشت‌برداری با دومین یادداشت‌برداری به‌روز

N2 = فاصله‌دومین یادداشت‌برداری با سومین یادداشت‌برداری

X1، X2، و X3 به‌ترتیب شدت نهایی زنگ در اولین، دومین و ســـومین یادداشت‌برداری هستند.

برای محاسبه مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) از فرمول زیر استفاده شد:

rAUDPC= AUDPC هر ژنوتیپ/AUDPC رقم حساس × ۱۰۰

تجزیه و تحلیل داده‌ها

مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده از شدت نهایی زنگ، ضریب آلودگی و مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد و گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌ها با تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش Ward با در نظر گرفتن حداقل فاصله اقلیدسی بین نمونه‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

شجره ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه

مشخصات و شجره ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه در بررسی واکنش مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل مقابل زنگ زرد در جدول (۱) ارائه شده‌اند. این پژوهش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلاروق اردبیل انجام گردید.

جدول ۱- ژنوتیپ‌ها/ارقام مورد مطالعه و اطلاعات شجره آنها
Table 1. The studied genotypes/cultivars and information of their pedigrees

ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	شجره/رقم Pedigree/cultivar
1	C-99-1	-
2	C-99-2	-
3	C-99-3	EVWYT2/Azd//Rsh*2/10120/3/ Yan7578.128//Chil/2*Star
4	C-99-4	Charger/40817
5	C-99-5	Zagross/Astet
6	C-99-6	40653//CM67A.912/CMH76A.769
7	C-99-7	Shpd/Guadalop//Zareh
8	C-99-8	EVWYT2/Azd//Rsh*2/10120/4/ Ghk"s"/Bow"s"//90Zhong87/3/Shiroodi
9	C-99-9	Spb"s"//K1349/Go/3/Vee"s"/4/Bkt/90-Zhong 87
10	C-99-10	Ymh/Tob//Lira(BDME-G)/3/Gaspard/4/Shahriyar
11	C-99-11	B1551-WH/KS94U326/3/F10S-1//STOZHER/KARL/4/F10S-1//STOZHER/KARL
12	C-99-12	MV SED
13	C-99-13	ART/KS990494-11-~O//KS06O3A~36
14	C-99-14	ADAGIO
15	C-99-15	PATWIN YR15/4/VORONA/HD2402/3/RSK/CA8055//CHAM6
16	C-99-16	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KUKURU/4/TX96V2427/5/KAUZ//ALTAR 84/AOS/3/F10S-1
17	C-99-17	SAVALAN//KRC66/SERI/3/TORIK/4/2*F10S-1//STOZHER/KARL
18	C-99-18	PRL/2*PASTOR//OVL/5/T67/JGR 'S'//K92/3/SNF/4/JGR 'S'//JGR 'S'/HBC059E
19	C-99-19	FGMUT213
20	C-99-20	AiII192
21	C-99-21	AWD99*5725/TX98D1170/5/RSK/CA8055//CHAM6/4/NWT/3/TAS….
22	C-99-22	GONDVANA//HBK0935-29-15/KS90W077-2-2/VBF0589-1
23	Heidari	Ghk"s"/Bow"s"//90Zhong87/3/Shiroodi
24	Zarrineh	Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/Kal*3//Emu"s"/5/Zrn/6/Zrn/Shiroodi
25	Heyran	Ji5418/Maras/Shark/F4105W2.1
26	Azar 2	Kvz/ym71//3/Maya"s"//Bb/Inia/4/Sefid
27	Baran	PTZ NISKA/UT1556-170//UNKNOWN TCI97AP 037-0AP-0MA- 1MA-0MA
28	Hoor	ERYT783-96/SHARK-1
29	Jam	MV18-2000/3/OMID//1-27-5489/CONDOR "S"
30	Bolani	Bolani

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

تنوع متغیر تیپ آلودگی در مرحله گیاهچه‌ای

تیپ‌های آلودگی ۷ یا بیشتر به‌عنوان حساس، تیپ‌های آلودگی ۶-۴ متوسط و تیپ‌های آلودگی کمتر از ۴ به‌عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند (Line & Qayoum, 1992). بررسی تیپ آلودگی در مرحله گیاهچه‌ای تنوع زیادی را بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد (جدول ۲). از بین ۲۹ ژنوتیپ و رقم بررسی شده، ژنوتیپ‌های C-99-4، C-99-10، C-99-11، C-99-12، C-99-13، C-99-15، C-99-16، C-99-17 و ارقام حیران، آذر ۲، باران و بولانی (شاهد حساس) با تیپ آلودگی ۹-۷ واکنش حساسیت از خود نشان دادند. ژنوتیپ‌های C-99-8، C-99-9، C-99-14، C-99-18، C-99-22 و رقم جام با تیپ آلودگی ۶-۴ در گروه نیمه‌حساس تا نیمه‌مقاوم قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-3، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-21 و ارقام حیدری، هور و زرینه با تیپ آلودگی ۳-۰ واکنش مقاومت گیاهچه‌ای نشان دادند.

بررسی متغیرهای مقاومت نسبی در مرحله گیاه کامل

متغیرهای مقاومت نسبی شامل ضریب آلودگی (CI)، شدت نهایی زنگ (FRS)، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) برای ۲۹ ژنوتیپ همراه با رقم بولانی به‌عنوان شاهد حساس در شرایط مزرعه اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاه کامل، تفاوت‌هایی را بین ژنوتیپ‌ها هایی نشان داد که در ادامه به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرند.

جدول ۲- مقایسه میانگین متغیرهای مقاومت نسبی در ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه

Table 2. Mean comparisons of partial resistance parameters in the studied genotypes and cultivars

ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	تیپ آلودگی گیاهچه Seedling infection type[1]	واکنش گیاه کامل به زنگ زرد Reaction of adult plant to yellow rust	شدت نهایی زنگ FRS	ضریب آلودگی CI	سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری AUDPC	مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری rAUDPC
			مقادیر میانگین متغیرهای مقاومت نسبی Mean values of partial resistance parameters[2]				
1	C-99-1	2	R/MR	10^{a}	4^{a}	102^{b}	8^{a}
2	C-99-2	7	R/MR	23^{c}	11^{b}	189^{b}	16^{b}
3	C-99-3	3	R	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
4	C-99-4	7	R	8^{a}	2^{a}	82^{a}	7^{a}
5	C-99-5	1	R	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
6	C-99-6	1	R	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
7	C-99-7	1	R	8^{a}	2^{a}	82^{a}	7^{a}
8	C-99-8	5	R	10^{a}	2^{a}	102^{b}	8^{a}
9	C-99-9	5	R	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
10	C-99-10	7	R	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
11	C-99-11	8	MR	17^{b}	9^{a}	166^{b}	13^{b}
12	C-99-12	7	M	53^{e}	33^{c}	600^{e}	50^{d}
13	C-99-13	8	MR	5^{a}	3^{a}	43^{a}	4^{a}
14	C-99-14	4	R	13^{b}	3^{a}	134^{b}	11^{b}
15	C-99-15	7	R/MR	10^{a}	3^{a}	102^{b}	8^{a}
16	C-99-16	7	MR	5^{a}	2^{a}	43^{a}	4^{a}
17	C-99-17	7	R/MR	5^{a}	1^{a}	43^{a}	4^{a}
18	C-99-18	5	R	10^{a}	2^{a}	102^{b}	8^{a}
19	C-99-19	7	R/MR	23^{c}	6^{a}	241^{c}	20^{c}
20	C-99-20	7	MR	17^{b}	8^{a}	166^{b}	13^{b}
21	C-99-21	2	R	20^{c}	4^{a}	193^{b}	16^{b}
22	C-99-22	4	MR	37^{d}	20^{b}	341^{d}	28^{c}
23	Heydari	2	R/MR	15^{b}	6^{a}	137^{b}	11^{b}
24	Zarrineh	0	R/MR	7^{a}	2^{a}	63^{a}	5^{a}
25	Heyran	7	R/MR	10^{a}	3^{a}	102^{b}	8^{a}
26	Azar 2	8	MS/S	80^{f}	72^{d}	916^{f}	76^{e}
27	Baran	8	MS/S	80^{f}	72^{d}	948^{f}	79^{e}
28	Hoor	2	R	17^{b}	3^{a}	166^{b}	13^{b}
29	Jam	6	MR	30^{d}	14^{b}	318^{d}	26^{c}
30	Bolani	9	S	100^{g}	100^{e}	1204^{g}	100^{f}

۱- تیپ آلودگی بر اساس (Line & Qayoum, 1992)

۲- پارامترها شامل تیپ آلودگی گیاهچه‌ها (SIT)، واکنش گیاه کامل به زنگ زرد (RAPYR)، شدت نهایی زنگ (FRS)، ضریب آلودگی (CI)، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC).

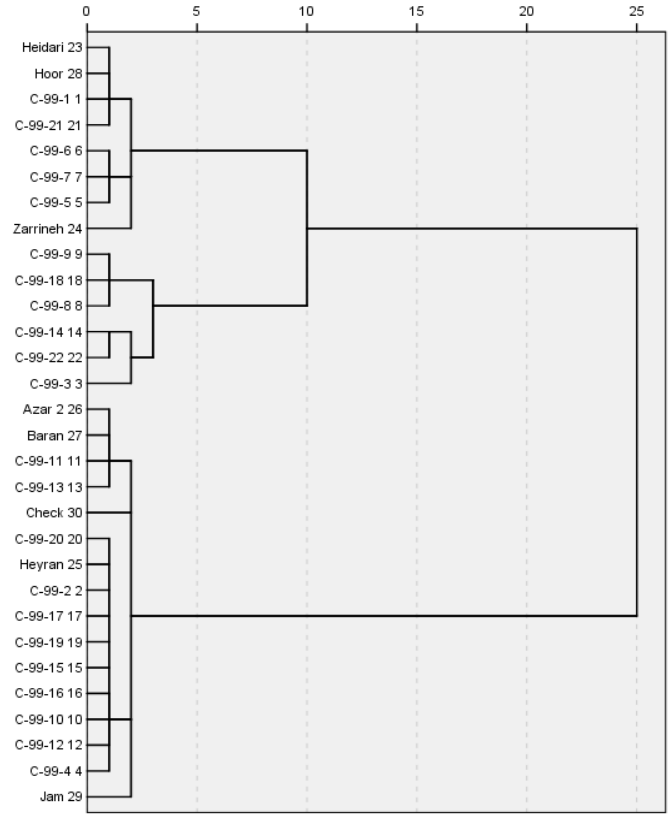
۳- در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و ارقام گندم بر اساس داده‌های مقاومت نسبی در مرحله گیاهچه‌ای

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و ارقام گندم بر اساس داده‌های مقاومت نسبی در مرحله گیاهچه‌ای بیانگر وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها بود و آنها را در سه گروه قرار داد. ژنوتیپ‌های C-99-2، C-99-4، C-99-10، C-99-11، C-99-12، C-99-13، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-19، و C-99-20 و ارقام آذر ۲، باران، حیران، جام و بولانی در گروه حساس قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های C-99-3، C-99-8، C-99-9، C-99-14، C-99-18 و C-99-22 در گروه نیمه‌مقاوم تا نیمه‌حساس قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-5، C-99-6، C-99-7، و C-99-21 و ارقام حیدری، زرینه و هور در گروه مقاوم قرار گرفتند (جدول ۲، شکل ۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]



شکل ۲- دندروگرام تجزیه کلاستر برای ۳۰ ژنوتیپ/رقم گندم بر اساس داده‌های مقاومت نسبی مرحله گیاهچه‌ای
Figure 2. The dendrogram of cluster analysis for 30 wheat genotypes/cultivars based on partial resisstance data of seedling stages

متغیر شدت نهایی زنگ (FRS)

در متغیر شدت نهایی زنگ، ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع نسبتاً بالایی نشان دادند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، و C-99-21 و ارقام حیدری، زرینه، حیران، هور و جام کمترین مقادیر شدت نهایی زنگ را به خود اختصاص دادند و در گروه مقاوم قرار گرفتند. در برخی پژوهش‌های مشابه نیز ارزیابی مزرعه‌ای شدت نهایی زنگ جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در واکنش به زنگ زرد انجام شد (Safavi & Roustaei 2021).

متغیر ضریب آلودگی (CI)

روش مقایسه ضریب آلودگی به‌علت همبستگی با کاهش محصول بر اثر آلودگی به زنگ‌های غلات به‌عنوان یک روش مناسب ارزیابی ذکر شده است. ژنوتیپ‌های با ضرایب آلودگی ۰-۲۰ ، ۲۱-۴۰ ، ۴۱-۶۰ به‌ترتیب دارای سطح بالا، متوسط و پایین مقاومت نسبی یا تدریجی در نظر گرفته می‌شوند (Pathan & Park, 2006; Ali *et al*., 2007). در تحقیق حاضر، ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، و C-99-21 و ارقام هور، جام، حیران، زرینه و حیدری در گروه با کمترین ضریب آلودگی (سطح بالای مقاومت نسبی) قرار گرفتند (جدول ۲). ژنوتیپ C-99-12 در گروه با سطح متوسط ضریب آلودگی (سطح متوسط مقاومت نسبی) قرار گرفت. هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها در گروه با سطح بالای ضریب آلودگی (سطح پایین مقاومت نسبی) قرار نگرفتند. بالاترین ضریب آلودگی برای ارقام آذر ۲، باران و بولانی ثبت شد.

با توجه به واکنش مراحل گیاهچه‌ای و گیاه کامل، ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، و C-99-21 و ارقام هور، جام، حیران، زرینه و حیدری که در تحقیق حاضر واکنش مقاومت نشان دادند، ممکن است حامل ژن‌های مقاومت اختصاصی-نژاد باشند. ژنوتیپ‌هایی که دارای تیپ آلودگی نیمه‌حساس (MS) و نیمه‌مقاوم (MR) هستند ممکن است ژن‌های مقاومت پایدار را حمل کنند که در برخی مطالعات به این مورد اشاره شد (Singh *et al*., 2005). بنا بر این، ژنوتیپ‌های دارای سطح پایین متغیر ضریب آلودگی و سایر متغیرهای مقاومت نسبی به احتمال زیاد دارای ژن‌های مقاومت نسبی هستند و مقاومت آن‌ها می‌تواند برای مدت طولانی دوام داشته باشد. این نوع مقاومت توسط بیش از یک ژن کنترل می‌شود و به مقاومت چند ژنی یا اولیگوژنیک

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

(Oligogenic) معروف است (Dehghani & Moghaddam, 2004). ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش که از مقادیر متفاوت مقاومت نسبی برخوردار هستند می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مقاومت پایدار به بیماری زنگ در نظر گرفته شوند.

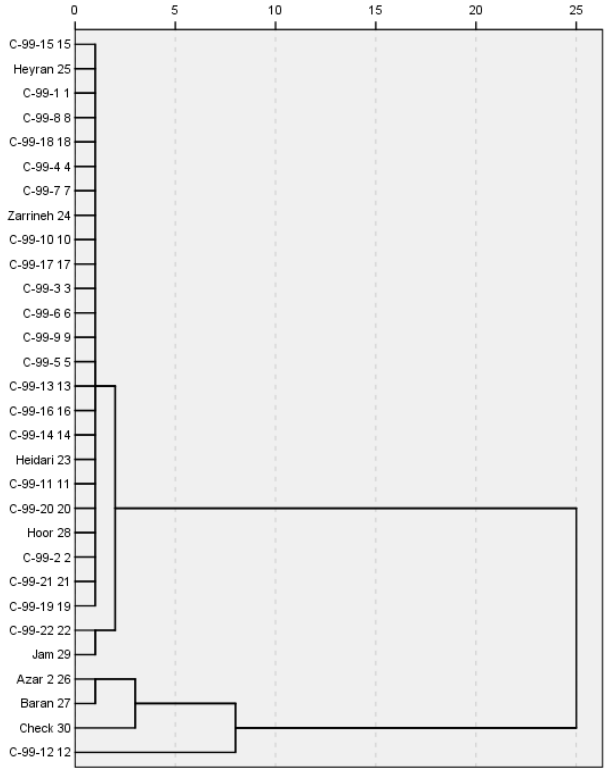
متغیر مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC)

بر اساس داده‌های مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC)، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو گروه مجزا دسته‌بندی شدند. در گروه اول، مقدار rAUDPC کمتر از۳۰ درصد رقم حساس و در گروه دوم مقدار rAUDPC کمتر از۷۰ درصد رقم حساس هستند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های گروه یک با سطح مطلوب مقاومت نسبی و ژنوتیپ‌های گروه ۲ با سطح متوسط مقاومت نسبی دسته‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، و C-99-21 و ارقام حیدری، زرینه، حیران، هور و جام با مقادیر rAUDPC کمتر از۳۰ درصد رقم حساس به‌عنوان ژنوتیپ‌های دارای سطح مطلوب مقاومت نسبی گروه‌بندی شدند (جدول۲). ژنوتیپ C-91-12 و ارقام آذر۲ و باران با مقادیر rAUDPC بین ۳۰ تا ۷۰ درصد رقم حساس به‌عنوان گروه دارای سطح متوسط مقامت نسبی گروه‌بندی شدند (جدول۲). این دو گروه، ژنوتیپ‌های با درجات متفاوت مقاومت نسبی را در بر می‌گیرند.

مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری برای بررسی مقاومت نسبی در مرحله گیاه کامل در نظر گرفته شد. بین مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و اجزای مقاومت ارتباط مستقیمی وجود دارد. با استفاده از این متغیر، مقادیر کمی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف گندم و جو در سطح مزرعه مشخص می‌شود (Sandoval-Islas *et al*., 2007; Safavi & Afshari, 2012). مقاومت نسبی اغلب توسط چند ژن کنترل می‌شود و به‌صورت کمی تظاهر می‌یابد (Boukhatem *et al*., 2002).

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و ارقام گندم براساس داده‌های مقاومت نسبی در مرحله گیاه کامل

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و ارقام گندم بر اساس داده‌های مقاومت نسبی در مرحله گیاه کامل آنها را در سه گروه قرار داد. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های C-99-1، C-99-2، C-99-3، C-99-4، C-99-5، C-99-6، C-99-7، C-99-8، C-99-9، C-99-10، C-99-11، C-99-13، C-99-14، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-18، C-99-19، C-99-20، C-99-21، و C-99-22 و ارقام حیران، زرینه، حیدری، هور و جام بودند که در گروه مقاوم قرار گرفتند. در گروه دوم ارقام حساس آذر ۲، باران و بولانی قرار گرفتند. گروه سوم فقط شامل ژنوتیپ C-99-12 با سطح متوسطی از مقاومت نسبی بود (شکل ۳).



شکل ۳- دندروگرام تجزیه کلاستر برای ۳۰ ژنوتیپ/رقم گندم بر اساس داده‌های مقاومت نسبی مرحله گیاه کامل
Figure 3. The dendrogram of cluster analysis for 30 wheat genotypes/cultivars based on partial resisstance data of mature plant stages

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعات انجام‌شده در ایران و سایر کشورها نشان می‌دهند که مقاومت به زنگ زرد در گندم، به‌ویژه در اقلیم‌های سرد، ماهیتی پیچیده و عمدتاً کمی دارد. در برخی مناطق سرد، ارقامی که از بانک ژرم‌پلاسم بین‌المللی (ICARDA/CIMMYT) تهیه شده‌اند، عملکرد مقاومتی بهتر و مستمرتری از خود نشان داده‌اند (Gao *et al*., 2024). در مطالعات متعددی اثبات شده است که تکیه بر مقاومت‌های تک‌ژنی ویژه نژاد راهبردی ناپایدار محسوب می‌شود. این الگو هم در پژوهش‌های داخلی و هم در تحقیقات بین‌المللی گزارش شده است (Yazdani *et al*. 2023; Gao *et al*., 2024). علاوه بر این، مشخص شده است که ژنوتیپ‌ها و ژرم‌پلاسم‌های محلی به‌عنوان منابع مهم مقاومت بادوام هستند (Kokhmetova *et al*., 2021). مطالعات انجام شده در ایران نیز نشان داده‌اند که ژرم‌پلاسم‌ها و نژادهای بومی گندم ایران دارای تنوع ژنتیکی قابل توجهی از نظر واکنش به زنگ زرد هستند، به‌طوری‌که تعدادی از این ژنوتیپ‌ها مقاومت پایدار یا نیمه‌پایدار دارند و حامل ژن‌ها یا QTLهای مرتبط با مقاومت نسبی هستند (Yazdani *et al*. 2023). همچنین، واکنش مقاوم یا نیمه‌مقاوم در درصد قابل توجهی از ژنوتیپ‌های بومی ایران در برابر چند نژاد غالب زنگ زرد گزارش شده است (Zahravi & Afshari, 2018). این همگرایی نتایج نشان می‌دهد که منابع بومی، چه در ایران و چه در سایر کشورها، نقش کلیدی در افزایش پایداری مقاومت ایفا می‌کنند.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، واکنش ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه نسبت به زنگ زرد از کاملاً مقاوم تا حساس متغیر بود. در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه، تیپ‌های مقاومت از نوع مقاومت کامل و مقاومت نسبی مشاهده شدند. ژنوتیپ‌های C-99-2، C-99-11، C-99-13، C-99-15، C-99-16، C-99-17، C-99-19، و C-99-20 و رقم حیران بر اساس نتایج این تحقیق و اطلاعات شجره‌ای آن‌ها به‌نظر می‌رسد دارای درجات متفاوتی از مقاومت غیر اختصاصی نژاد (مقاومت پایدار) نسبت به بیماری زنگ زرد هستند. در انتخاب نهایی ژنوتیپ‌های مقاوم، علاوه بر تاکید بر مقاومت پایدار نسبت به زنگ زرد، بهتر است که مقاومت پایدار نسبت به زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه نیز مورد توجه قرار گیرد.

ژنوتیپ C-99-16 که در شجره آن رقم kauz وجود دارد احتمالاً دارای ژن *Yr9* است. در مطالعات پیشین، به غیر مؤثر بودن ژن *Yr9* مقابل نژادهای زنگ موجود در اردبیل اشاره شد (Safavi, 2019)، با این وجود، ژنوتیپ مذکور در مرحله گیاه کامل واکنش نیمه‌مقاوم نشان داد که احتمالاً بیانگر وجود ژن/ژن‌های مقاومت دیگر در این ژنوتیپ است. به‌عبارتی دیگر، در ژنوتیپ C-99-16 ژن‌های مؤثر دیگری وجود دارند که واکنش آنها به‌صورت نیمه‌مقاوم ظاهر شده است. در شجره ژنوتیپ C-99-16 رقم Tukurui نیز وجود دارد. در شجره ژنوتیپ C-99-18 رقم Pastor وجود دارد که مقاومت خوب تا متوسطی نسبت به زنگ زرد دارد. بنا بر این، این ژنوتیپ می‌تواند در صورت دارا بودن صفات مطلوب زراعی به‌عنوان منبع مقاومت انتخاب شود.

ژنوتیپ C-99-8 و ارقام حیدری و زرینه به‌علت وجود رقم شیرودی در شجره خود، حاوی ژن‌های مقاومت نسبی یا تدریجی هستند. در شجره رقم شیرودی رقم Attila وجود دارد که احتمال وجود ژن/ژن‌های مقاومت در ژنوتیپ C-99-8 و ارقام حیدری و زرینه را تقویت می‌کند.

ژنوتیپ‌هایی که در این پژوهش آلودگی جزئی داشتند و یا اصلا آلودگی نداشتند احتمالاً دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی نژاد یا اثر افزایشی چند ژن مقاومت بزرگ اثر (Major genes) هستند که به‌صورت اختصاصی نژاد عمل می‌کنند. ژنوتیپ‌هایی که تیپ آلودگی متوسط (با واکنش MRT، MS و M) را نشان دادند احتمالاً دارای ژن‌های کوچک‌اثر (Minor genes) هستند که به‌صورت افزایشی عمل می‌کنند. در سایر پژوهش‌های مرتبط نیز به این مورد اشاره شده است (Nazari *et al*., 2000; Singh *et al*., 2005). در ژنوتیپ‌های با ضریب آلودگی متوسط، احتمال وجود ژن‌های کنترل کننده مقاومت نسبی و ژن‌های مقاومت گیاه کامل در درجه حرارت بالا بیشتر است. از آنجا که این نوع مقاومت‌ها به‌دلیل اثر افزایشی ژن‌ها مدت زمان زیادی دوام می‌آورند، بنا بر این باید بیشتر مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرند (Dehghani & Moghaddam, 2004). ژنوتیپ‌هایی که ضریب آلودگی بیشتر از ۲۰ دارند به‌عنوان کاندید منبع مقاومت توصیه نمی‌شوند (Nazari *et al*., 2000; Ali *et al*., 2009).

در ایران، ژرم‌پلاسم‌های محلی پتانسیل بالایی را به‌عنوان منابع ژن مقاومت نشان داده‌اند که مناسب بومی‌سازی و ترکیب با ژن‌های مهم معرفی شده در سایر مطالعات هستند (Yazdani *et al*., 2023). وجود ژن‌های مقاومت مرحله گیاه کامل (APR) مانند *Yr18* (*Lr34*) و *Yr29* (*Lr46*) در ترکیب با سایرQTLها مقاومت بادوام‌تری ایجاد می‌کند. علاوه بر این، تلفیق چند منبع مقاومت غیر نژادی بهترین راه برای مقاومت پایدار است (Omar *et al*., 2021).

تشکر و قدردانی

نگارندگان از مدیریت و کارکنان محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آلاروق که شرایط لازم برای اجرای این پروژه را فراهم نمودند، قدردانی می‌نمایند.

References

Abbasi, M. (2021). A checklist of rust fungi (Pucciniales) in Iran. *Journal of Crop Protection*, 10(2), 175–259.

Afzalifar, A., Fahmideh, L., Afshari, F., Ganjali, S., Bihamta, M. R., & Alipour, H. (2022). Assessment of diversity of bread wheat genotypes based on yield and yield-related traits under yellow rust disease stress condition (*Puccinia striiformis*). *Journal of Plant Production Research*, 29(1), 61-84. https://doi.org/10.22069/jopp.2022.18779.2769

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

Afzalifar, A., Fahmideh, L., Afshari, F., Ganjali, S., Bihamta, M. R., & Alipour, H. (2021). Evaluation of resistance to yellow rust (*Puccinia striiformis* West) in seedling sage in some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 13(39), 26-40. https://doi.org/10.52547/jcb.13.39.26 [In Persian]

Ali, S., Shah, S. A., & Ibrahim, M. (2007). Assessment of wheat breeding lines for slow yellow rusting (*Puccinia striiformis* West. *tritici*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 19, 3440-3444.

Ali, S., Shah, S. J. A., & Maqbool, K. (2008). Field-based assessment of partial resistance to yellow rust in wheat germplasm. *Journal of Agriculture and Rural Development*, 6, 99-106.

Ali, S., Shah, S. J. A., Khalil, I. H., Raman, H., Maqbool, K., & Ullah, W. (2009). Partial resistance to yellow rust in introduced winter wheat germplasm at the north of Pakistan. *Australian Journal of Crop Sciences*, 3, 37-43.

Alo, F., Al-Saaid, W., Baum, M., Alatwani, H., & Amri, A. (2018). Slow rusting of bread wheat landraces to *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* under artificial field inoculation. *Arab Journal of Plant Protection*, 36(2), 164-175.

Boukhatem, N., Baret, P. V., Mingeot, D., & Jacquemin, J. M. (2002). Quantitative trait loci for resistance against yellow rust in two wheat-derived recombinant inbred line populations. *Theoretical and Applied Genetics*, 104, 111-118.

Bux, H., Ashraf, M., Chen, X. M., & Mumtaz, A. S. (2011). Effective genes for resistance to stripe rust and virulence of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, 10(28), 5489-5495.

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

Dehghani, H., & Moghaddam, M. (2004). Genetic analysis of the latent period of stripe rust in wheat seedlings. *Journal of Phytopathology*, 152, 325-330.

Delaramifar, M., Pirnia, M., Keykhasaber, M., Sarani, S., & Khajeh, H. (2023). Reaction of eight luffa genotypes to damping-off disease. *Plant Pathology Science*, 12(2), https://doi.org/10.2982/PPS.12.2.76 [In Persian]

Gao, Z., Wang, X., Li, Y., Hou, W., & Zhang, X. (2024). Evaluation of stripe rust resistance and genome-wide association study in wheat varieties derived from the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. *Frontiers in Plant Science*, 15, https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1377253.

Haider, M. W., Kaur, J., Bala, R., Singh, S., Srivastava, P., Sharma, A., Singh, R., & Kumari, J. (2023). Stripe rust resistance gene(s) postulation in wheat germplasm with the help of differentials and tagged molecular markers. *Scientific Reports*, 13, 9007. https://doi.org/10.1038/s41598-023-36197-y

Hasanpour-Hossni, M., Afshari, F., Kheirgoo, M., Tabatabaei, N., Roustaei, M., & Dehghan, M. A. (2016). Evaluation of advanced bread and durum wheat genotypes to identification of genetic resistance sources to leaf rust, caused by *Puccinia triticina* at seedling and adult plant stages abstract. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO). Final report of Research Project. https://civilica.com/doc/1051527 [In Persian]

Hei, N., Shimelis, H.A., Laing, M., & Admassu, B. (2015). Assessment of Ethiopian wheat lines for slow rusting resistance to stem rust of wheat caused by *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*. *Journal of Phytopathology*, 163, 353-363.

Kokhmetova, A., Rsaliyev, A., Malysheva, A., Atishova, M., Kumarbayeva, M., & Keishilov, Z. (2021). Identification of stripe rust resistance genes in common wheat cultivars and breeding lines from Kazakhstan. *Plants* (*Basel*). 10(11), 2303. https://doi.org/10.3390/plants10112303.

Line, R., & Qayoum, A. (1992). Virulence, aggressiveness, evolution, and distribution of races of Puccinia striiformis (the cause of stripe rust of wheat) in North America, 1968-87. USDA-ARS Technical Bulletin, 1788, 44 pp.

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

Narouee, Kh, Pirnia, M., Sarani, Sh., & Amini Rad, M. (2024). Rust fungi (Pucciniales) from Sistan region, southeast of Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 16(59), 15-28. https://doi.org/10.22108/tbj.2024.142404.1277 [In Persian]

Nazari, K., Torabi, M., Hasanpour, M., Kashani, A., Hooshyar, R., & Ahmadian, M. S. (2000). Evaluation of resistance of rainfed cultivars and advanced lines of wheat to yellow rust in seedling and mature plant stage. *Seed Plant*, 16(2), 252-263. [In Persian]

Ochoa, J., & Parlevliet, J.E. (2007). Effect of partial resistance to barley leaf rust, *Puccinia hordei*, on the yield three barley cultivars. *Euphytica*, 153, 309-312.

Omar, G. E., Mazrou, Y. S. A., EL-Kazzaz, M. K., Ghoniem, K. E., Ashmawy, M. A., Emeran, A. A., Mabrouk, O. I., & Nehela, Y. (2021). Durability of Adult Plant Resistance Gene *Yr18* in Partial Resistance Behavior of Wheat (*Triticum aestivum*) Genotypes with Different Degrees of Tolerance to Stripe Rust Disease, Caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*: A Five-Year Study. *Plants*, 10(11), 2262. https://doi.org/10.3390/plants10112262

Omrani, A., Khodarahmi, M., & Afshari, F. (2018). Isolation of virulence factors in five high virulence races of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) and identifies sources of resistance. *Journal of Crop Breeding*, 9(24), 50-60. https://doi.org/10.29252/jcb.9.24.50 [In Persian]

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

Pouryousefi, K., Pourtabrizi, S., Mohamadi-Nejad, G., Ghaderi, M. G., Nakhoda, B., & Abdolshahi, R. (2022). Transferring four yellow rust resistance genes to wheat cv. Kalhaydari using marker assisted backcrossing. *Iranian Journal of Plant Diseases*, 57(4), 291-301. https://doi.org/10.22034/ijpp.2022.545750.37 [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]

Safavi, S. A. (2019). Effectiveness of resistance genes to stripe rust and virulence of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* during two years monitoring in Ardabil. *Applied Researches in Plant Protection*, 8(3), 95-107. [In Persian]

Safavi, S. A. (2021). Field-based assessment of partial resistance to yellow rust in some candidate wheat lines. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 9(4), 33-47. https://doi.org/10.22034/arpp.2021.12125 [In Persian]

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

Safavi, S. A., & Afshari, F. (2017). A seven-year assessment of resistance durability to yellow rust in some wheat cultivars in Ardabil province, Iran. *Journal of Crop Protection*, 6(3), 409-421.

Safavi, S. A., Afshari, F., & Hasanpour-Hossni, M. (2021). Characterization of dry-land wheat germplasm for stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) resistance in Ardabil. *Iranian Plant Protection Research*, 35(2), 169-183. https://doi.org/10.22067/jpp.2021.32761.0 [In Persian]

Safavi, S. A., & Roustaei, M. (2021). Field-based assessment of slow rusting resistance against yellow rust in some commercial dryland wheat cultivars. *Iranian Journal of Plant Protection Research*, 52(1), 121-134. https://doi.org/10.22059/ijpps.2020.300492.1006937 [In Persian]

Sandoval-Islas, J. S., Broers, L. H. M., Mora-Aguilera, G., Parlevliet, J. E., Osada, K. S. & 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.

Shah, S. J. A., Imtiaz, M., & Hussain, S. (2010). Phenotypic and molecular characterization of wheat for slow rusting resistance against *Puccinia striiformis* Westend. f.sp. *tritici*. *Journal of Phytopathology*, 158, 393-402.

Sharma, R., Wang, M., Chen, X., Lakkakula, I. P., Amand, P. S., Bernardo, A., Bai, G., Bowden, R. L., Carver, B. F., Boehm, J. D. & Aoun, M. (2025). Genome-wide association mapping for the identification of stripe rust resistance loci in US hard winter wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 138(4), 67. https://doi.org/10.1007/s00122-025-04858-3

Shirzaei, F., Keykhasaber, M., Pirnia, M., Rafiei, V., & Karimi-Jashni, M. (2025). The evaluation of resistance of *Luffa aegytiaca* genotypes to the fungus *Verticillium dahliae*. *Euphytica*, 221, 15. https://doi.org/10.1007/s10681-025-03462-2.

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

Taye, T., Fininsa, C., & Woldeab, G. (2014). Evaluation of wheat cultivars for slow rusting resistance in Guji zone, Southern Oromia. *African Journal of Agricultural Research*, 9(46), 3388-3392.

Torabi, M., Mardoukhi, V., Nazari, K., Afshari, F., Forootan, A. R., Ramai, M. A., Golzar, H. & Kashani, A. S. (1995). Effectiveness of wheat yellow rust resistance genes in different parts of Iran. *Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin*, 23, 9–12. [In Persian]

Yazdani, M., Yassaie, M., Rezaee, S., Zakeri, A. K., & Patpour, M. (2023). Exploring Iranian wheat landraces for stripe rust resistance genes and validation of selected genes using molecular markers. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 45(5-6), 451-462, https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2221652

Zahravi, M., & Afshari, F. (2018). Identification of Resistance Sources to Yellow Rust in Some Genotypes of Bread Wheat Collection of the National Plant Gene Bank of Iran. *Seed and Plant,* 34(1), 1-14. 10.22092/spij.2017.118626 [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1624]