

## Evaluation of resistance to brown rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Eriksson) and comparison of yield components of *Aegilops tauschii* genotypes under field conditions

Fahimeh Sheibany<sup>1</sup>, Ali Asghar Nasrollahnezhad Ghomi<sup>\*2</sup>, Khalil Zaynali Nezhad<sup>3</sup>, Mohammad Ali Dehghan<sup>4</sup>, Hossein Mohammadi Dehbalaei<sup>5</sup>

1. M.Sc. Student in Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [f.sheibany24@gmail.com](mailto:f.sheibany24@gmail.com)
2. Corresponding Author, Associate Prof., Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [nasrollahnejad@gau.ac.ir](mailto:nasrollahnejad@gau.ac.ir)
3. Assistant Prof., Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Gorgan, Iran. E-mail: [khalil1381@yahoo.com](mailto:khalil1381@yahoo.com)
4. Assistant Prof., Grain Research Department, Seedling and Seed Breeding Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran. E-mail: [dehghan21@gmail.com](mailto:dehghan21@gmail.com)
5. Ph.D. Graduate in Plant Genetics and Breeding, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [h\\_mohammadi\\_1363@yahoo.com](mailto:h_mohammadi_1363@yahoo.com)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 08.16.2023

Revised: 10.16.2023

Accepted: 12.31.2023

#### Keywords:

*Aegilops tauschii*,

Brown rust,

Resistance to biotic stress,

Wheat

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** It is essential to identify the sources of seedling and adult plant resistance genes for gene pyramiding, genetic arrangement and introducing wheat cultivars with non-specific resistance or durable resistance. The complete homology of the D genome of *Aegilops tauschii* with the D genome of wheat, the clear botanical state, wide ecological compatibility, the presence of very high diversity in these traits and the ease of crossing with wheat have made *Aegilops tauschii* a very important source for gene transfer and wheat breeding. Until now, several genes of resistance to brown rust (leaf rust) were transferred from different species of *Aegilops* to high-yielding bread wheat cultivars whose resistance to brown rust was broken.

**Materials and Methods:** In this research, 25 genotypes of *Aegilops tauschii* collected from its natural habitats from the Middle East, Central Asia (obtained from the Grain and Legume Seeds Collection of Ilam University) were used. This research was carried out in the Iraqi Agricultural Research Station in Gorgan, Iran in the cropping season of 2019-2019 in the form of a complete block design with three replications and under two disease stress and control conditions. In order to development and appearance of brown rust disease, the sensitive Bolani variety was cultivated around and between the crop rows. In addition, spore of the native races from Gorgan was sprayed over the studied genotypes under the stress condition. Inoculation with a ratio of one to five spores and Talc powder was applied at the two stages at sunset by dusting device.

**Results:** The results showed that there was a significant difference among different genotypes of *Aegilops tauschii* in terms of susceptibility and resistance to brown rust disease and yield component traits. Statistical analyzes showed a significant correlation between the characteristics of infection intensity, infection type, the area under the curve of disease progression, and various characteristics of yield components. The results of cluster analysis by Ward's method based on Euclidean distance and average

---

---

algorithm for the resistance and yield component traits were placed the genotypes into four different groups including resistant, semi-resistant, semi-sensitive, and sensitive. Also, based on the results of combined analysis, a significant difference was observed for the yield components including kernel weight, number of kernel per plant, length of spike, number of kernel per spike and number of tillers under two conditions.

**Conclusion:** *Aegilops tauschii*, having different genes for resistance to various diseases, is considered as a valuable parent and a rich gene source for transferring resistant genes to high-yielding cultivars. The results of this research showed that from the resistant and semi-resistant groups, suitable parents can be selected for crossbreeding with bread wheat in order to transfer the resistance gene to leaf rust.

---

Cite this article: Sheibany, Fahimeh, Nasrollahnezhad Ghomi, Ali Asghar, Zaynali Nezhad, Khalil, Dehghan, Mohammad Ali, Mohammadi Dehbalaei, Hossein. 2024. Evaluation of resistance to brown rust (*Puccinia recondiata* f. sp. *tritici* Eriksson) and comparison of yield components of *Aegilops tauschii* genotypes under field conditions. *Journal of Plant Production Research*, 31 (2), 191-207.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21379.3057

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## ارزیابی مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای (*Puccinia recondiata* f. sp. *tritici* Eriksson)

### و مقایسه اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های آزیلوپس تائوشی در شرایط مزرعه

فهیمه شببانی<sup>۱</sup>، علی اصغر نصراله‌نژاد قمی<sup>۲\*</sup>، خلیل زینلی‌نژاد<sup>۳</sup>، محمدعلی دهقان<sup>۴</sup>، حسین محمدی‌دهبالایی<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [f.sheibany24@gmail.com](mailto:f.sheibany24@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [nasrollahnejad@gau.ac.ir](mailto:nasrollahnejad@gau.ac.ir)
۳. استادیار دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [khalil1381@yahoo.com](mailto:khalil1381@yahoo.com)
۴. استادیار، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [dehghan21@gmail.com](mailto:dehghan21@gmail.com)
۵. دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [h\\_mohammadi\\_1363@yahoo.com](mailto:h_mohammadi_1363@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: شناسایی منابع ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای و گیاه کامل برای هر می کردن ژن‌ها، آرایش ژنی و ایجاد ارقام گندم نان با مقاومت غیراختصاصی و یا مقاومت پایدار، امری ضروری است. همولوژی کامل ژنوم D آزیلوپس تائوشی با ژنوم D گندم نان، وضعیت گیاهشناسی مشخص، سازگاری وسیع اکولوژیک، تنوع بالا و سهولت تلاقی با گندم نان، گونه تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴	<i>Aegilops tauschii</i> را به منبع بسیار مهمی برای انتقال ژن و اصلاح گندم تبدیل کرده است. تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰
واژه‌های کلیدی: آزیلوپس تائوشی، زنگ قهوه‌ای، گندم، مقاومت به تنش زنده	تاکنون چندین ژن مقاومت به زنگ قهوه‌ای (زنگ برگی) از گونه‌های مختلف آزیلوپس به ارقام پرمحصول گندم نان که مقاومت‌شان به زنگ قهوه‌ای شکسته شده بود، منتقل گردید.  مواد و روش‌ها: در این پژوهش تعداد ۲۵ ژنوتیپ آزیلوپس تائوشی جمع‌آوری شده از زیستگاه‌های طبیعی آن از خاورمیانه و آسیای مرکزی (تهیه شده از کلکسیون بذر غلات و حبوبات دانشگاه ایلام) استفاده شد. این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله شهر گرگان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط تنش و بدون تنش بیماری زنگ قهوه‌ای انجام گرفت. برای ایجاد و ظهور بیماری زنگ قهوه‌ای علاوه بر کاشت رقم حساس بولانی در اطراف و بین ردیف‌های کشت، جهت

---

آلودگی مصنوعی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط تحت تنش بیماری با اسپور نژادهای بومی گرگان در دو مرحله و در هنگام غروب آفتاب با نسبت یک به پنج اسپور و پودر تالک به‌وسیله دستگاه گردپاش (هر ۱۵ روز یک‌بار) انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های آزیلوپس تائوشی از نظر میزان مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای و صفات اجزای عملکرد اندازه‌گیری‌شده، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تجزیه‌های آماری، همبستگی معنی‌داری را بین صفات شدت آلودگی، تیپ آلودگی، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری و صفات مختلف اجزای عملکرد نشان داد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر اساس فاصله اقلیدسی و الگوریتم متوسط برای صفت مقاومت و صفات اجزای عملکرد، ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این پژوهش را در چهار گروه مختلف شامل مقاوم، نیمه مقاوم، حساس و نیمه حساس تقسیم‌بندی کرد. هم‌چنین براساس نتایج تجزیه مرکب برای صفات اجزای عملکرد شامل صفات وزن دانه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه در دو محیط اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید.

**نتیجه‌گیری:** گیاه آزیلوپس تائوشی با داشتن ژن‌های مختلف مقاومت به بیماری‌ها به‌عنوان یک والد با ارزش جهت انتقال ژن‌های مقاوم به ارقام پرمحصول با پتانسیل بالا محسوب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد از گروه‌های مقاوم و نیمه مقاوم می‌توان والدین مناسبی جهت تلاقی با گندم نان به‌منظور انتقال ژن مقاومت به زنگ برگ انتخاب نمود.

---

**استناد:** شیبانی، فهیمه، نصراله‌نژاد قمی، علی‌اصغر، زینلی‌نژاد، خلیل، دهقان، محمدعلی، محمدی‌دهبالایی، حسین (۱۴۰۳). ارزیابی مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای (*Puccinia recondiata* f. sp. *tritici* Eriksson) و مقایسه اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های آزیلوپس تائوشی در شرایط مزرعه. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳۱ (۲)، ۱۹۱-۲۰۷.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21379.3057



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

خویشاوندان وحشی گندم از جمله گونه آزیلوپس تائوشی، منبع بالقوه‌ای از ژن‌های با ارزش مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده برای انتقال به گندم هستند (۱). همولوژی کامل ژنوم D آزیلوپس تائوشی با ژنوم D گندم، وضعیت گیاهشناسی مشخص، سازگاری وسیع اکولوژیک، وجود تنوع بسیار بالا در این صفات و سهولت تلاقی با گندم، گونه *Aegilops tauschii* را به منبع بسیاری مهمی برای انتقال ژن و اصلاح گندم تبدیل کرده است. لی و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی خصوصیات آزیلوپس تائوشی نتیجه گرفتند که گونه آزیلوپس تائوشی دارای منابع ژنتیکی ارزشمندی برای مقابله با زنگ قهوه‌ای هستند (۲). گندم نان با نام علمی *Triticum aestivum* مهم‌ترین گیاه زراعی یک‌ساله است که در سطح گسترده‌ای از جهان تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرد. آزیلوپس تائوشی گونه‌ای علفی اکثراً دیپلوئید ( $2n=2x=14$ ) و خودگرده‌افشان می‌باشد. عامل بیماری زنگ قهوه‌ای قارچ *Puccinia triticina* Eriks می‌باشد که از جمله بیماری‌های مهم کاهش‌دهنده محصول گندم در بیش‌تر نقاط دنیا به‌شمار می‌رود. مک‌این‌تاش و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند اکثر ژن‌های مقاومت شناخته شده نسبت به نژادهای مختلف زنگ قهوه‌ای دارای مقاومت اختصاصی (Race specific resistance) بوده و به‌صورت ژن‌های اصلی (Major genes) و دارای اثرات بزرگ تظاهر می‌یابند (۳). کادول و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که از طریق مهاجرت، جهش و نوترکیبی، ژنوتیپ‌های جدید با قدرت بیماری‌زایی جدید بروز نموده و بنابراین مقاومت اختصاصی ژن‌های مقاومت در برابر نژادهای قدیمی‌تر عوامل بیماری‌زا، همواره در معرض شکسته شدن و خطر شیوع و گسترش ناگهانی بیماری در یک منطقه قرار دارد. از این‌رو برای اصلاح گندم‌های مقاوم، همواره نیاز به جستجو برای پیدا کردن منابع جدید مقاومت و وارد نمودن آن‌ها به ژنوتیپ‌های

سازگار می‌باشد (۴). قارچ عامل بیماری دارای نژادهای فیزیولوژیکی مختلفی می‌باشد که در طی زمان با تغییر شدت بیماری‌زایی توانایی آلوده‌سازی ارقام مختلف را کسب می‌نماید. هم‌چنین در راستای شناسایی ژن‌های مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای گندم در تعدادی از ارقام معرفی شده طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۰ میلادی، ۱۲ ژن مقاومت به زنگ قهوه‌ای (*Lr1, Lr3bg, Lr10, Lr13, Lr14a, Lr1b, Lr17a, Lr19, Lr23, Lr2b, Lr27, Lr31*) به تنهایی یا همراه سایر ژن‌های مقاومت معرفی شد (۵). برای اصلاح گندم‌های مقاوم، همواره نیاز به جستجو برای پیدا کردن منابع جدید مقاومت و وارد نمودن آن‌ها به ژنوتیپ‌های سازگار ضروری می‌باشد. از این‌رو شناسایی و مکان‌یابی ژن‌های مقاومت با استفاده از نشانگرهای مولکولی در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۶). زنگ‌ها همواره به‌عنوان بیماری‌های مهم گندم، دارای خسارت اقتصادی قابل‌توجهی در سطح جهان بوده‌اند. از میان زنگ‌های گندم، زنگ برگ (leaf rust) یا زنگ قهوه‌ای گندم (brown rust) که توسط قارچ *Puccinia triticina* Eriks ایجاد می‌شود، به‌دلیل وسعت پراکندگی و نیز میزان خسارت در دنیا، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گندم شناخته شده است (۷). عامل بیماری زنگ قهوه‌ای در ایران اولین بار در سال ۱۳۲۵ گزارش شد (۸). در ایران این بیماری از نظر اهمیت پس از زنگ زرد قرار دارد. این در حالی است که گستردگی آن از زنگ زرد بیش‌تر است. در سال‌هایی که زنگ قهوه‌ای به‌صورت همه‌گیری ظاهر می‌شود، کاهش چشم‌گیر محصول به‌ویژه در مناطق جنوب، غرب و شمال کشور را به‌دنبال دارد. دادرزائی و ترابی (۱۳۹۵)، کاهش سالانه ۵۰ درصد محصول گندم را در مصر ناشی از آلودگی مزارع منطقه به این بیماری گزارش کردند. در استرالیا مدیریت بیماری زنگ قهوه‌ای منتج به صرفه‌جویی سالیانه معادل ۲۶ میلیون دلار گردید (۹).

جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ درجه شرقی واقع شده است. میانگین بارندگی ده ساله، طبق نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی استان (ایستگاه هواشناسی فرودگاه گرگان) ۴۰۰-۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

در این پژوهش ۲۵ ژنوتیپ آجیلوپس تائوشی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف جهت شناسایی ژن‌های مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای گندم در شرایط مزرعه در دو محیط تنش آلودگی و کنترل تنش آلودگی مورد بررسی قرار گرفت. هر دو آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. منشأ ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این پژوهش از کشورهای ایران، ارمنستان، ترکیه، ترکمنستان، قزاقستان، آذربایجان، گرجستان و روسیه می‌باشد (جدول ۱).

با توجه به اهمیت تولید و دستیابی به ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌های مهم به‌ویژه زنگ‌های غلات و با توجه به خسارت‌های جبران‌ناپذیر آن‌ها به تولید کمی محصول، کنترل آن و مدیریت مبارزه با این عوامل خسارت‌زا از اهداف اصلی اصلاح‌گران می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در آذرماه سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله مربوط به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در شهرستان گرگان انجام شد. از نظر موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش (ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله) در ۶ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول

جدول ۱- خاستگاه و شماره ژنوتیپ‌های استفاده شده در پژوهش.

Table 1. The origin of *Aegilops tauschii* genotypes used in the experiment.

خاستگاه Origin	شماره ژنوتیپ No. Genotype	خاستگاه Origin	شماره ژنوتیپ No. Genotype
ایران-گیلان Iran-Guilan	14	گرجستان Georgia	1
ارمنستان Armenia	15	قزاقستان Kazakhstan	2
ترکمنستان Turkmenestan	16	ایران-گلستان Iran- Golestan	3
آذربایجان Azerbaijan	17	ایران-گیلان Iran-Guilan	4
ایران-اردبیل Iran-Ardabil	18	آذربایجان Azerbaijan	5
ایران-گیلان Iran-Guilan	19	ارمنستان Armenia	6
ترکیه Turkey	20	آذربایجان Azerbaijan	7
ارمنستان Armenia	21	ایران-گلستان Iran- Golestan	8
قزاقستان Kazakhstan	22	ترکمنستان Turkmenestan	9
روسیه Russia	23	ترکیه Turkey	10
گرجستان Georgia	24	آذربایجان Azerbaijan	11
ارمنستان Armenia	25	ترکیه Turkey	12
		آذربایجان Azerbaijan	13

ردیف‌های کشت، آلودگی مصنوعی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با اسپور نژادهای بومی منطقه موجود در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان گرگان در دو مرحله انجام شد. اسپورپاشی معمولاً در هنگام غروب آفتاب با نسبت یک به پنج اسپور و پاشش پودر تالک به وسیله دستگاه گرد پاش (هر ۱۵ روز یکبار) انجام شد.

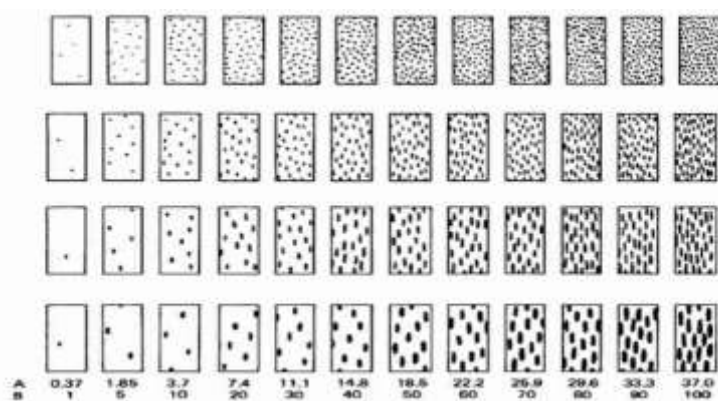
**کنترل بیماری زنگ قهوه‌ای در محیط بدون تنش:** برای مبارزه با زنگ‌ها از جمله زنگ قهوه‌ای در شرایط بدون تنش یا کنترل‌شده، سم‌پاشی با استفاده از قارچ‌کش پروپیکونازول با نام تجاری تیلت در دو مرحله به فاصله ۲۰ روز با دوز یک لیتر در هکتار انجام شد.

**ارزیابی بیماری ژنوتیپ‌های آزیلوپس مورد بررسی**  
**شدت آلودگی:** ارزیابی شدت آلودگی بر اساس درصد آلوده شدن برگ پرچم محاسبه می‌شود. اولین مقیاس برای یادداشت‌برداری از شدت یا درصد آلودگی توسط دانشمندی به نام کاب تهیه شد (۱۰) (شکل ۲). اصولاً پایین بودن شدت آلودگی در یک رقم نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر آن رقم می‌باشد. شدت آلودگی به صورت درصد پوشش اندام‌ها (برگ، ساقه و غیره) به وسیله زنگ در مقیاس صفر تا ۱۰۰ ارزیابی می‌گردد. باید توجه داشت که در حالت ۱۰۰ درصد، جوش‌های زنگ تنها ۳۷ درصد از سطح برگ را می‌پوشانند و هم‌چنین یادداشت‌برداری باید در شرایط نوری ثابت و در یک روز انجام شود (۱۰).

**آزمایش‌های زنگ قهوه‌ای:** بررسی و ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف آزیلوپس در مرحله گیاه کامل در شرایط مزرعه‌ای در دو محیط جداگانه شامل محیط تنش آلودگی و محیط بدون تنش آلودگی به طور جداگانه در خزانه آزمایشی انجام شد.

**آزمایش مزرعه‌ای:** این آزمایش در ۱۵ آذرماه سال ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله مربوط به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در شهرستان گرگان انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو محیط (با تنش و بدون تنش یا کنترل شده) با شرایط کاشت یکسان محیطی اجرا شد. جهت بررسی اجزا مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای از تعداد ۲۵ ژنوتیپ گیاه آزیلوپس به همراه یک رقم گندم حساس به بیماری زنگ قهوه‌ای (بولانی) استفاده شد. هر ژنوتیپ در ردیفی به طول ۱/۵ متر و تعداد ۱۵ بذر روی هر ردیف به فاصله ۱۰ سانتی متر از هم کشت شد. برای شیوع و گسترش بیماری، بعد هر ۵ رقم آزیلوپس یک رقم شاهد حساس بولانی کشت شد. فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. برای ظهور و گسترش آلودگی حاشیه هر دو آزمایش به عرض یک متر رقم حساس بولانی کشت شد. همه عملیات مرحله داشت آزمایش شامل وجین، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات، آبیاری و سایر عملیات مرحله داشت برای هر دو آزمایش به صورت یکسان انجام شد.

**آلوده‌سازی گیاه با قارچ عامل بیماری در محیط تنش:** برای ایجاد و ظهور بیماری زنگ قهوه‌ای علاوه بر کشت رقم حساس بولانی در اطراف و بین



شکل ۱- مقیاس تصویری مورد استفاده برای تعیین شدت بیماری‌های زنگ در برگ‌های گندم (۱۰).

Fig. 1. Pictorial scale used to determine the severity of rust diseases in wheat leaves (10).

تیپ آلودگی (IT): تیپ آلودگی، حاصل اثر متقابل میزبان، پاتوژن و محیط است که هم برای توصیف مقاومت و هم برای شدت بیماری‌زایی پاتوژن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای ارزیابی تیپ آلودگی باید از روش‌های استاندارد استفاده شود؛ زیرا واکنش ارقام مختلف گندم در برابر نژادهای خاصی از عامل زنگ ممکن است با سایر نژادها متفاوت باشد. معیاری که برای درجه‌بندی میزبان آلوده به زنگ قهوه‌ای گندم در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد مقیاس صفر تا چهار است. این معیار از سال ۱۹۲۶ برای درجه‌بندی واکنش میزبان (گندم) در مقابل جدایه‌های زنگ قهوه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (۱۰). در این مقیاس:

مقاوم (R): تعداد کمی لکه‌های کوچک قهوه‌ای تیره تا سیاه به صورت پراکنده بر روی برگ  
 - نیمه مقاوم (MR): لکه‌های کوچک قهوه‌ای تیره تا سیاه با کلروز نسبتاً کم در اطراف لکه‌ها  
 - نیمه حساس (MS): لکه‌های سیاه که با هاله کلروتیک احاطه شده‌اند در اکثر مواقع این لکه‌ها به هم متصل می‌شوند. هم‌چنین در این تیپ آلودگی آثاری از خشکیدگی در نوک برگ‌ها هم قابل مشاهده است.  
 حساس (S): لکه‌های بزرگ کلروز و نکروز که بسیاری از لکه‌ها به هم متصل می‌شوند.

سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (Area Under Disease Progression Curve): از اجزای مقاومت به زنگ‌های غلات که در مزرعه به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، مساحت سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری می‌باشد که این متغیر نقش مهمی در بررسی وقوع و یا عدم وقوع همه‌گیری ایفا می‌کند (۱۱).  
 سطح زیر منحنی نشان‌دهنده پیشرفت بیماری در زمان می‌باشد، به‌طوری‌که در ارقام حساس شدت بیماری در مدت کوتاهی به حداکثر میزان می‌رسد. در صورتی که در ارقام مقاوم و یا ارقامی که دارای مقاومت نسبی و تدریجی هستند پیشرفت بیماری خیلی کند و مدت زمان بیشتری را احتیاج دارد تا بیماری توسعه پیدا کند.  
 با چندین بار یادداشت‌برداری سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری به‌عنوان الگویی برای مقاومت تدریجی قابل محاسبه است (۱۲). بعد از استقرار بیماری زنگ قهوه‌ای روی گیاه صفت تیپ آلودگی به روش مک‌کافری و همکاران (۲۰۱۰) و یادداشت‌برداری درصد آلودگی با استفاده از روش تبدیل‌یافته کاب در چهار نوبت با فواصل زمانی پنج روز صورت گرفت (۱۳). سپس با استفاده از ضرایب مربوطه و با استفاده از رابطه ویلکاکسون و همکاران



مقایسه بین میانگین‌ها، تجزیه واریانس و رگرسیون برای بررسی اثرات منابع تغییر و بررسی ارتباط بین صفات و از نمودار خوشه‌ای برای گروه‌بندی ارقام استفاده شد.

### نتایج و بحث

**تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش:** نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش بیماری زنگ قهوه‌ای نشان داد، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در مزرعه از نظر اکثر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بر این اساس بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مرتبط با تنش شامل شدت بیماری، تیپ آلودگی و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

در یادداشت‌برداری اول و دوم به‌علت پایین بودن شدت آلودگی، در بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد آلودگی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در سومین و چهارمین ارزیابی برای صفت شدت آلودگی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری به‌ترتیب در سطح پنج درصد و یک درصد مشاهده شد.

در مقایسه اجزای عملکرد برای صفات وزن دانه، طول سنبله و تعداد پنجه بارور بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد دانه در سنبله غیرمعنی‌دار بود. برای صفات تیپ آلودگی و وزن دانه بین تکرارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما برای سایر صفات در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار بین تکرارها مشاهده شد.

(۱۹۴۷) سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری محاسبه شد.

$$A_k = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i) \quad (1)$$

در این رابطه،  $t_i$  زمان یادداشت‌برداری،  $t_{i+1}$  زمان یادداشت‌برداری بعدی،  $y_i$  شدت آلودگی در زمان یادداشت‌برداری،  $y_{i+1}$  شدت آلودگی در زمان یادداشت‌برداری بعدی و  $N$  تعداد یادداشت‌برداری برای ارزیابی شدت آلودگی می‌باشد.

### بررسی عملکرد و اجزای عملکرد

- طول سنبله: برای اندازه‌گیری طول سنبله هر کدام از ژنوتیپ‌ها، میانگین طول چهار سنبله از هر ژنوتیپ که به‌صورت تصادفی انتخاب شدند اندازه‌گیری و به‌عنوان میانگین طول سنبله آن رقم در نظر گرفته شد.

- تعداد دانه در سنبله: برای اندازه‌گیری تعداد دانه در هر سنبله میانگین تعداد دانه موجود در چهار سنبله از هر رقم که به‌صورت تصادفی انتخاب شد به‌صورت جداگانه شمارش و برای هر رقم لحاظ شد.

- تعداد پنجه در بوته: تعداد پنجه‌های بارور چهار بوته از هر ژنوتیپ شمارش و سپس میانگین آن به‌عنوان تعداد پنجه بارور آن رقم در نظر گرفته شد.

- وزن دانه در بوته: برای محاسبه وزن دانه، از هر ژنوتیپ چهار بوته انتخاب و بعد از برداشت و جداسازی دانه‌ها، وزن کل دانه‌ها محاسبه و میانگین وزن دانه برای هر ژنوتیپ محاسبه شد.

**تجزیه داده‌ها:** تجزیه داده‌های حاصل از واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به بیماری زنگ قهوه‌ای و داده‌های مربوط به اجزای عملکرد دانه، با استفاده از نرم‌افزار SAS v9.1 و Excel انجام شد. از تجزیه مرکب،

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات بررسی شده در شرایط تنش.

Table 2. Variance analysis of investigated traits under stress condition.

منابع تغییر Sources of variations	درجه آزادی df	شدت آلودگی Disease severity	تیپ آلودگی Infection type	وزن دانه (gr) Grain weight	طول سنبله (cm) Spike length	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spike	تعداد پنجه بارور No. of fertile claws	سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری Area Under Disease Progression Curve
تکرار Replication	2	48.16**	1.37 <sup>ns</sup>	1.26 <sup>ns</sup>	7.84**	6.17**	40.42**	4240.58**
ژنوتیپ Genotype	24	15.38**	3.12**	37.16**	1.90**	1.80 <sup>ns</sup>	96.69**	2347.93**
خطای آزمایش Error	48	3.37	0.805	1.44	1.00	1.03	4.05	35.28
ضریب تغییرات Coefficient of variation		15.41	19.20	22.86	19.14	19.32	12.90	14.42

<sup>ns</sup>، \*\* و \* به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

<sup>ns</sup>، \*\* and \* non-significant, significant at  $P \leq 0.01$  and  $P \leq 0.05$ , respectively

### مقایسه میانگین صفات در محیط تنش آلودگی:

نتایج مربوط به مقایسات میانگین ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌ها با توجه به تنوعشان از نظر صفات مختلف در گروه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند، که این موضوع بیانگر وجود اختلاف معنی داری بین میانگین تیمارهای مختلف است. در رابطه با صفت وزن دانه بالاترین وزن دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۴ با وزن ۷/۶۵۰ گرم می‌باشد. همچنین پایین‌ترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ شماره ۱ بود که با ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۶، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۲۴ در یک گروه و ژنوتیپ‌های ۳، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۱، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ در گروه دیگر قرار گرفتند. برای صفت طول سنبله بالاترین طول سنبله را ژنوتیپ ۲۱ و ۲۲ با ۶/۶۷ سانتی‌متر و کم‌ترین طول سنبله را ژنوتیپ‌های ۲۰، ۵ و ۴ با طول ۴ سانتی‌متر داشتند که بر این اساس

ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند که این امر نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار بین ژنوتیپ‌ها بود. در صفت تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین تعداد را ژنوتیپ ۲، ۱ و ۲۲ با ۵ دانه در سنبله و کم‌ترین مربوط به ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۹ بود. برای صفت تعداد پنجه بارور بالاترین تعداد مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۴ و کم‌ترین را ژنوتیپ شماره ۶ و ۱۰ داشتند.

**تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط کنترل:** نتایج تجزیه واریانس در محیط بدون تنش آلودگی برای صفات مورد ارزیابی شامل وزن دانه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور، نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط مزرعه اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات بررسی شده در شرایط کنترل تنش.

**Table 3. Variance analysis of investigated traits under control condition.**

تعداد پنجه بارور No. of fertile claws	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spike	طول سنبله Spike length (cm)	وزن دانه Grain weight (gr)	درجه آزادی df	منابع تغییر Sources Change
0.064 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.69 <sup>ns</sup>	8.83*	2	تکرار Replication
31.17**	2.36**	2.4**	9.13**	24	ژنوتیپ Genotype
2.61	0.78	0.62	1.87	48	خطای آزمایش Test error
6.31	12.41	9.88	15.47		ضریب تغییرات Coefficient of variation

<sup>ns</sup>، \*\* و \* به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

<sup>ns</sup>، \*\* and \* non-significant, significant at  $P \leq 0.01$  and  $P \leq 0.05$ , respectively

پایین ترین مقدار در گروه دوم قرار گرفتند. برای صفت تعداد پنجه، ژنوتیپ شماره ۱۰ بیشترین و کمترین تعداد پنجه را ژنوتیپ شماره ۱۱ داشت. تجزیه مرکب صفات: نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌های آزمایشی در سه تکرار و دو محیط (شرایط تنش آلودگی و بدون آلودگی) که به منظور بررسی تأثیر تنش بیماری بر روی صفات مورد بررسی انجام شده در جدول ۴ آورده شده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر محیط برای همه صفات در سطح یک درصد معنی دار بود که بیانگر این مطلب است که صفات مورد بررسی در شرایط تنش دچار تغییر می‌شوند. بر این اساس اثر ژنوتیپ هم برای همه صفات در سطح یک درصد معنی دار می‌باشد که نشان‌دهنده تنوع بالا در بین ارقام مورد مطالعه می‌باشد. هم‌چنین بررسی نتایج حاصل از آزمون F برای اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان داد که این اثر برای صفات وزن دانه، تعداد دانه و تعداد پنجه در سطح یک درصد و صفت طول سنبله در سطح پنج درصد معنی دار بود.

مقایسه میانگین صفات در محیط بدون تنش آلودگی: بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و با توجه به بالا بودن تنوع صفات مورد بررسی آن‌ها ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مجزا قرار گرفتند که این موضوع بیانگر وجود اختلاف معنی داری بین میانگین تیمارهای مختلف است. در رابطه با صفت وزن دانه، بالاترین مقدار مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ با وزن ۱۲/۱۶ گرم بود که با ژنوتیپ‌های ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ در یک گروه قرار گرفت و اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند.

هم‌چنین کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ شماره ۳ با وزن ۶/۳۳ گرم بود که با ژنوتیپ‌های ۲، ۱، ۳، ۴، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ در یک گروه قرار گرفت و اختلاف معنی داری بین آن‌ها وجود نداشت. برای صفت طول سنبله، بالاترین طول سنبله را ژنوتیپ ۸ با ۹ سانتی متر داشت. از نظر تعداد دانه بیشترین تعداد دانه متعلق به ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۷ با میانگین ۸/۳۳ بود که با ژنوتیپ‌های ۱ و ۲۵ در یک گروه قرار گرفتند، ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۱۵ با

جدول ۴- تجزیه مرکب صفات در شرایط نرمال و تنش.

Table 4. Combined analysis of traits under normal and stress conditions.

تعداد پنجه بارور No. of fertile claws	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spike	طول سنبله Spike length (cm)	وزن دانه Grain weight (gr)	درجه آزادی df	منابع تغییر Sources Change
747.98**	138.24**	305.30**	265.81**	1	محیط Environment
16.86 <sup>ns</sup>	2.75*	3.47**	5.002*	4	تکرار در محیط Replication in the environment
105.03**	2.39**	2.73**	23.88**	24	ژنوتیپ Genotype
63.8**	1.85**	1.47*	24.49**	24	ژنوتیپ در محیط Genotype in environment
9.59	0.89	0.79	1.96	96	خطای آزمایش Test error
11.11	15.36	13.63	18.66		ضریب تغییرات Coefficient of variation

<sup>ns</sup>, \*\* و \* به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

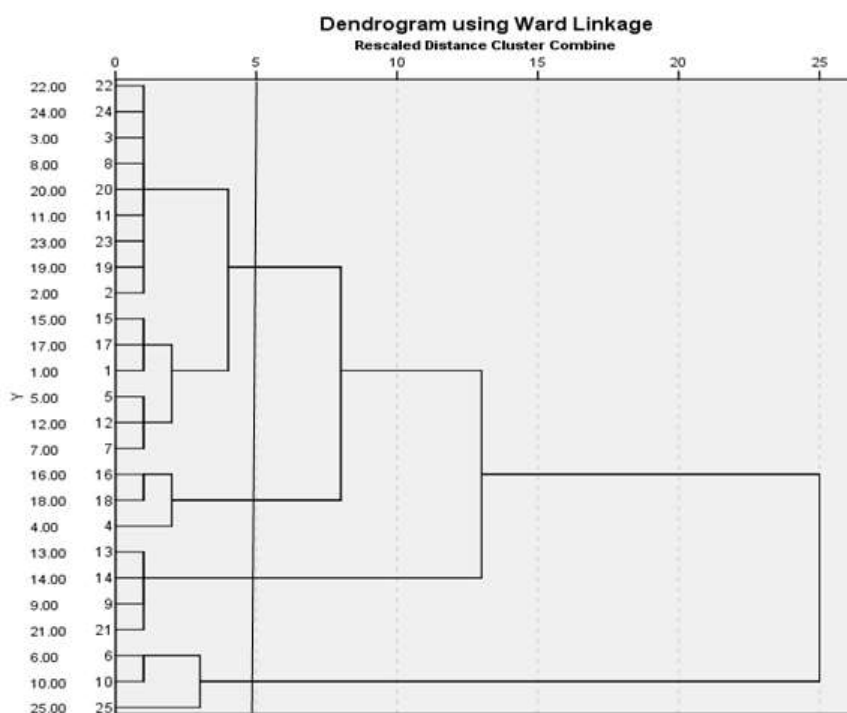
<sup>ns</sup>, \*\* and \* non-significant, significant at  $P \leq 0.01$  and  $P \leq 0.05$ , respectively

#### تجزیه خوشه‌ای

اجزای عملکرد در محیط تنش آلودگی: نمودار تجزیه خوشه‌ای به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات اجزای عملکرد (وزن دانه در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور) به روش فاصله اقلیدسی و الگوریتم ادغام متوسط بر روی داده‌های استاندارد شده به روش ward رسم شد (شکل ۲). پس از تعیین خط برش، بر اساس چهار صفت طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در بوته و تعداد پنجه بارور، ژنوتیپ‌ها در ۴ گروه قرار گرفت.

گروه اول (نیمه مقاوم) به دو زیر گروه تقسیم شد که در زیر گروه اول آن ژنوتیپ‌های ۲۲، ۲۴، ۳، ۸

۲۰، ۱۱، ۲۳، ۱۹ و ۲ با وزن دانه (۲۹-۳۳ گرم) و در زیر گروه دوم ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۷، ۱، ۵، ۱۲ و ۷ با وزن دانه (۲۵-۳۱ گرم) قرار گرفتند و دارای عملکرد متوسط بودند. در گروه دوم (نیمه حساس) ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۸ و ۴ با وزن دانه (۲۰-۲۴ گرم) و در گروه سوم (مقاوم) ژنوتیپ‌های ۲۱، ۹، ۱۴ و ۱۳ با میانگین وزن دانه (۳۷ تا ۴۰ گرم) بیش‌ترین عملکرد و در گروه چهارم ژنوتیپ‌های ۶، ۱۰ و ۲۵ با میانگین وزن دانه (۱۱ تا ۱۹ گرم) که کم‌ترین عملکرد را داشتند و از نظر آلودگی ارقام حساس به بیماری بودند قرار گرفتند.

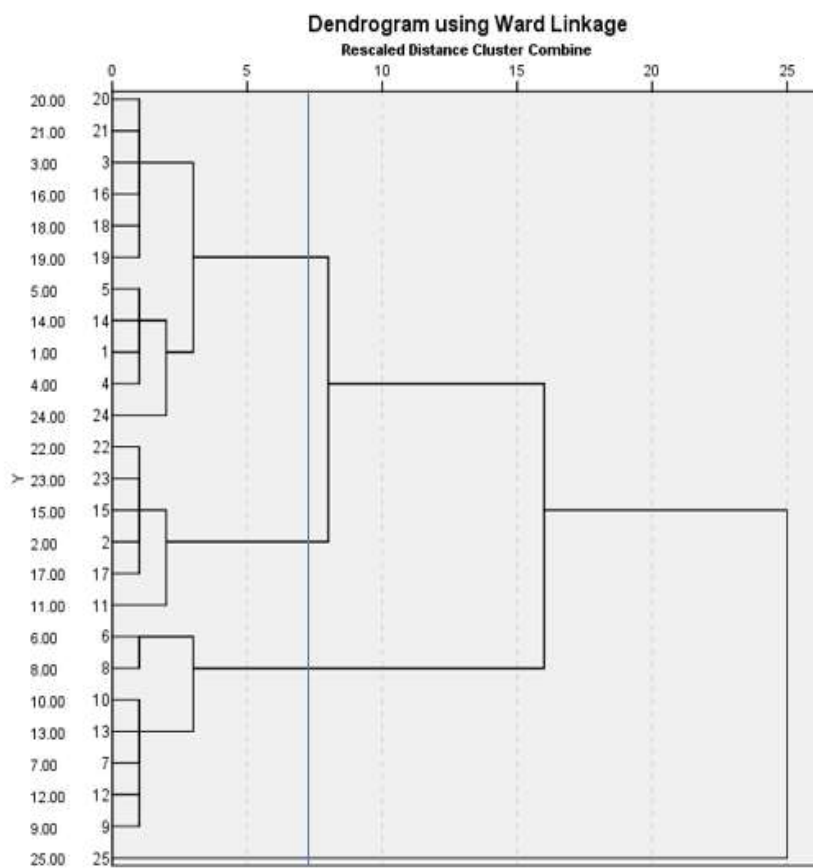


شکل ۲- نمودار تجزیه خوشه‌ای برای صفات اجزای عملکرد (وزن دانه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه) محیط آلوده.

**Fig. 2. Cluster analysis diagram for yield components traits (seed weight, spike length, number of seeds per spike, number of tillers) of the contaminated environment.**

قرار گرفتند. در گروه اول ژنوتیپ‌های ۲۰، ۲۱، ۳، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۵، ۱۴، ۱، ۴ و ۲۴ با میانگین عملکرد وزن دانه (۱۲-۱۳ گرم) و در گروه دوم ژنوتیپ‌های ۲۲، ۲۳، ۱۵، ۲، ۱۷، ۱۱ (۱۱-۱۲ گرم) قرار گرفتند که دارای عملکرد وزن دانه متوسط بودند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۱۰، ۱۳، ۷، ۱۲ و ۹ با بالاترین عملکرد (۱۳-۱۴ گرم) در یک گروه قرار گرفتند و در گروه چهارم ژنوتیپ ۲۵ با کم‌ترین عملکرد وزن دانه با میانگین عملکرد (۸ گرم) قرار گرفت.

اجزای عملکرد محیط نرمال (بدون آلودگی): نمودار تجزیه خوشه‌ای برای صفات اجزای عملکرد (وزن دانه در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور) به روش Ward فاصله اقلیدسی و الگوریتم ادغام متوسط بر روی داده‌های استاندارد شده به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها رسم شد (شکل ۳). بر این اساس پس از تعیین خط برش، با استفاده از چهار صفت طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در بوته و تعداد پنجه بارور، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه

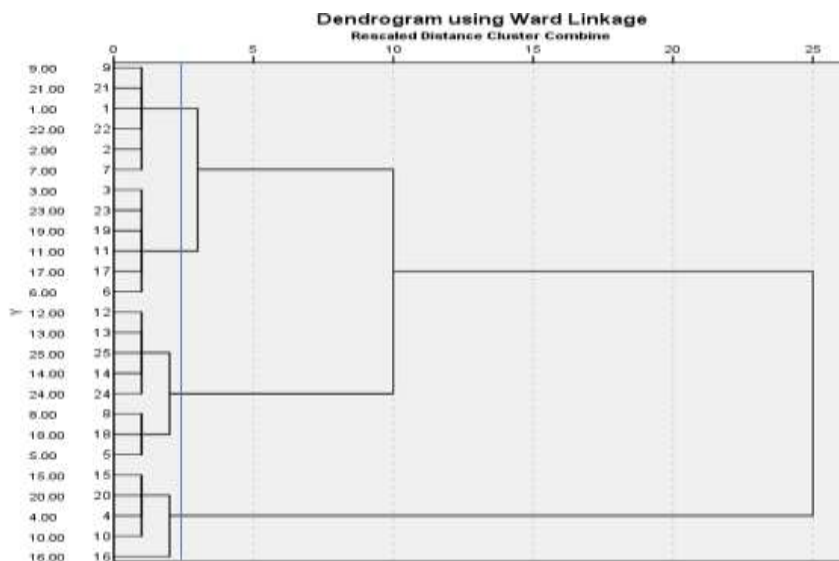


شکل ۳- نمودار تجزیه خوشه‌ای برای صفات اجزای عملکرد (وزن دانه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه) محیط بدون تنش آلودگی.

Fig. 3. Cluster analysis diagram for yield components traits (seed weight, spike length, number of seeds per spike, number of tillers) in the environment without pollution stress.

۲۲، ۲ و ۷، در گروه دوم ژنوتیپ‌های ۳، ۲۳، ۱۹، ۱۱،  
 ۱۷ و ۶، در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۵،  
 ۲۴، ۸، ۱۸ و ۵ و در گروه چهارم ژنوتیپ‌های ۱۵، ۲۰،  
 ۴، ۱۰ و ۱۶ قرار گرفتند.

تجزیه خوشه‌ای آلودگی: در شکل ۴ نمودار خوشه‌ای  
 صفات آلودگی با استفاده از صفات سطح زیر منحنی  
 پیشرفت بیماری، شدت و تیپ آلودگی و به روش  
 ward ترسیم شد که بر این اساس ژنوتیپ‌ها در چهار  
 گروه قرار گرفتند. در گروه اول ژنوتیپ‌های ۹، ۲۱، ۱،



شکل ۴- نمودار تجزیه خوشه‌ای براساس سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، شدت و ضریب آلودگی.

Fig. 4. Cluster decomposition diagram based on the area under the curve of disease progression, severity and infection rate.

رشد تصاعدی بیماری کندتر شده و آلودگی به تأخیر می‌افتد و در نهایت واکنش میزبان به صورت لکه‌های کلروتیک و نکروتیک خواهد بود.

تاسیلو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ژن‌های موجود در ژنوتیپ‌های آزیلوپس می‌توانند به میزان بالایی تکامل نژادهای پرآزار جدید را به تأخیر بیندازند، زیرا چندین جهش نقطه‌ای (Point mutation) در شرایط محیطی نرمال بسیار نادر است (۱۴). دادرضایی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که در بین ژنوتیپ‌های متفاوت گندم برای مقاومت Slow rusting در برابر زنگ قهوه‌ای و سایر زنگ‌ها با استفاده از بررسی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، تنوع مشابهی مشاهده کردند (۹).

در نهایت می‌توان براساس واکنش ژنوتیپ‌ها در مزرعه براساس شاخص سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری، شدت و ضریب آلودگی ژنوتیپ‌ها را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

گروه اول (حساس در مرحله گیاه کامل): در این گروه ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۲۱، ۱، ۲۲، ۳ و ۷ قرار گرفتند.

سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری: دادرضایی و ترابی (۲۰۱۵) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های دارای AUDPC بیشتر از ۴۷۶ به عنوان ژنوتیپ‌های حساس (S) در نظر گرفته می‌شوند (۹). در این بررسی تنها ژنوتیپ بولانی با (AUDPC=1757) رقم حساس شناخته شد که رقم شاهد بود. چنین ژنوتیپ‌هایی بیماری به سرعت در آنها گسترش می‌یابد (Fast rusting). در این بین ژنوتیپ‌های دارای AUDPC بین ۴۷۶-۱۸۸ به عنوان ژنوتیپ‌های نیمه‌حساس (MS) در نظر گرفته شدند، این گروه شامل ۶ ژنوتیپ بود. هم‌چنین AUDPC بین ۱۸۸-۴۳ به عنوان ژنوتیپ‌های نیمه‌مقاوم (MR) در نظر گرفته شدند، که شامل ۱۵ ژنوتیپ (حدود ۴۹ درصد) بود. به علاوه ژنوتیپ‌های دارای AUDPC کم‌تر از ۴۳ به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم (R) در نظر گرفته شدند، که متشکل از ۱۰ ژنوتیپ (حدود سیزده درصد) بود. این دو گروه از ژنوتیپ‌ها (با پاسخ MR و MS) همانند ارقام حساس در ابتدا آلودگی و تولید اسپور نشان داده، ولی برعکس ارقام حساس به مرور

به این‌که واحد اندازه‌گیری صفات مورد بررسی متفاوت بود، با حذف اثر واحدها و با استاندارد کردن داده‌ها تجزیه رگرسیون انجام شد (معادله ۳). نتایج به‌دست آمده نشان داد که با توجه به یکسان بودن ضریب رگرسیون برای صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور می‌توان نتیجه گرفت که این دو صفت بر روی افزایش عملکرد وزن دانه تأثیر یکسانی داشتند. در معادله ۱ تنها صفت تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین تأثیر را روی عملکرد وزن دانه داشت. در محیط کنترل با مقایسه بین معادله ۲ و ۴ می‌توان نتیجه گرفت که صفت طول سنبله (در جهت کاهش) و تعداد دانه در سنبله (در جهت افزایش) تقریباً تأثیر یکسانی روی عملکرد وزن دانه داشته‌اند در شرایطی که قبل از استاندارد کردن بیش‌ترین تأثیر را صفت تعداد دانه داشت.

#### رگرسیون آلودگی

$$Y=1.97-0.08y_1+1.04y_2-0.0005y_3 \quad (۱)$$

$$Y=-0.14y_1+0.24y_2+0.22y_3 \quad (۳)$$

ژنوتیپ‌های مختلف آزیلوپس مورد استفاده، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد و در بعضی از موارد در سطح پنج درصد وجود داشت. بررسی صفت AUDPC که برای‌اندی از صفت شدت آلودگی در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشد، نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۶ بالاترین AUDPC و ژنوتیپ شماره ۸ پایین‌ترین مقدار سطح زیر منحنی شدت بیماری را داشت. با توجه به این‌که در محیط غیرتنش یا کنترل شده هیچ‌کدام از صفات آلودگی به بیماری زنگ قهوه‌ای مشاهده نشده بود و بیماری مستقر نشده بود،

گروه دوم (نیمه‌حساس در مرحله گیاه کامل): این گروه شامل ۶ ژنوتیپ ۳، ۲۳، ۱۹، ۱۱، ۱۷، ۶ می‌باشد. گروه سوم (نیمه مقاوم در مرحله گیاه کامل): این گروه شامل ۸ ژنوتیپ ۱۲، ۱۳، ۲۵، ۱۴، ۲۴، ۸، ۱۸ و ۵ بود.

گروه چهارم (مقاوم در مرحله گیاه کامل): این گروه شامل ۴ ژنوتیپ ۱۵، ۴، ۲۰، ۱۰ و ۱۶ بود.

با توجه به حساس بودن رقم بولانی و استقرار کامل بیماری روی آن مقایسه این رقم با ژنوتیپ‌های آزیلوپس انجام گرفت که بر این اساس این رقم در نمودار خوشه‌ای به تنهایی در یک گروه و ژنوتیپ‌های آزیلوپس در گروه دیگر قرار گرفتند.

رگرسیون: بررسی رگرسیون با استفاده از صفات اجزای عملکرد شامل طول سنبله ( $y_1$ )، تعداد دانه در سنبله ( $y_2$ ) و تعداد پنجه بارور ( $y_3$ ) در مقابل وزن دانه در بوته ( $Y$ ) انجام گرفت. در محیط تنش با توجه

#### رگرسیون کنترل آلودگی

$$Y=0.98-0.44y_1+0.772y_2+0.10y_3 \quad (۲)$$

$$Y=-0.40y_1+0.54y_2-0.00086y_3 \quad (۴)$$

#### نتیجه‌گیری کلی

گیاه آزیلوپس تائوشی به دلیل قرابت نزدیک با گندم و داشتن ژن‌های مقاومت به بیماری‌ها به‌عنوان یک والد ارزشمند و بانک ژن غنی جهت انتقال به ارقام مختلف پرمحصول با پتانسیل بالا برای اصلاح گر‌ها محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تنوع ۲۵ ژنوتیپ آزیلوپس تائوشی به همراه گندم حساس بولانی به‌عنوان رقم شاهد برای بیماری زنگ قهوه‌ای و صفات اجزای عملکرد بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که از نظر اکثر صفات مورد بررسی، بین



میزان مقاومت به بیماری زنگ قهوه‌ای از بین ژنوتیپ‌های آزیلوپس تائوشی مورد استفاده، ژنوتیپ شماره ۱۶ و ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۲۱ به ترتیب به‌عنوان مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند.

یادداشت‌برداری انجام نگرفت. به‌طورکلی از بین ۲۵ ژنوتیپ مختلف آزیلوپس تائوشی مورد استفاده در این پژوهش بالاترین پتانسیل عملکرد محصول در ژنوتیپ شماره ۲ و ۲۲ و کم‌ترین عملکرد محصول در ژنوتیپ شماره ۱ و ۴ مشاهده شد. همچنین از نظر

#### منابع

1. Lagudah, E., & Halloran, G. (1986). Phylogenetic relationships of *Triticum tauschii*, the D genome donor to hexaploid wheat: 3. Variation in, and the genetics of, seed esterases (Est-5). *Theoretical and Applied Genetics*, 77 (6), 851-856
2. Lee, A., Trinh, C. S., Lee, W. J., Kim, M., Lee, H., Pathiraja, D., Choi, I. G., Chung, N., Choi, C., Lee, B. C., & Lee, H. (2020). Characterization of two leaf rust-resistant *Aegilops tauschii* accessions for the synthetic wheat development. *Applied Biological Chemistry*, 63, 1-14.
3. McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Dubcovsky, J., Rogers, J., Morris, C., Somers, D. J., Appels, R., & Devos, K. M. (2008). *Catalogue of gene symbols for wheat*. <https://wheat.pw.usda.gov/GG3/wgc>
4. Caldwell, K. S., Russell, J., Langridge, P., & Powell, W. (2006). Extreme population-dependent linkage disequilibrium detected in an inbreeding plant species, *Hordeum vulgare*. *Genetics*, 172 (1), 557-567.
5. Singh, R. P., Huerta-Espino, J., & Rajaram, S. (2000). Achieving near-immunity to leaf and stripe rusts in wheat by combining slow rusting resistance genes. *Acta Phytopathologica Hungarica*, 35, 133-139.
6. McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Dubcovsky, J., Rogers, W. J., Morris, C., Appels, R., & Xia, X. C. (2013). *Catalogue of gene symbols for wheat*. <https://wheat.pw.usda.gov/GG3/wgc>.
7. Huerta-Espino, J., Singh, R. P., German, S., McCallum, B. D., Park, R. F., Chen, W. Q., Bhardwaj, S. C., & Goyeau, H. (2011). Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica*, 179, 143-160.
8. Esfandiari, A. (1947). Grain bells in Iran. *Journal of the Institute of Plant Pests and Diseases*, 4, 28-39.
9. Dadrezai, S. T., & Torabi, M. (2015). Wheat rust management method. *Journal of Plant Pathology Science*, 5 (2), 81-89. [In Persian]
10. Peterson, R. F., Campbell, A. B., & Hannah, A. E. (1948). A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 26 (5), 496-500.
11. Roelfs, A. P., Singh, R. P., & Saari, E. E. (1992). *Rust Disease of wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico. 81p.
12. Wilcoxson, R. D., Skovmand, B., & Atif, A. H. (1975). Evaluation of wheat cultivars for ability to retard development of stem rust. *Annals of Applied Biology*, 80 (3), 275-281.
13. Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., Mantovani, P., Demontis, A., Massi, A., & Ammar, K. (2010). Association mapping of leaf rust response in durum wheat. *Molecular Breeding*, 26 (2), 189-228.
14. Tsilo, T. J., Jin, Y., & Anderson, J. A. (2010). Identification of flanking markers for the stem rust resistance gene Sr6 in wheat. *Crop science*, 50 (5), 1967-1970.

