Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 46, Summer 2023 p: 27-37



"Research Paper"

# Investigation of Genetic Diversity and Grouping of Barley Genotypes Based on Indices Related to Grain Yield under Rain-fed and Supplemental Irrigation Conditions

**Peyman Behrooz[1], Iraj Bernousi[2], Saeid Aharizad[3] and Farhad Ahakpaz[4]**

1- PhD Candidate, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran
(Corresponding author: i.bernosi@urmia.ac.ir)
3- Professor, Plant Breeding and Biotechnology Department, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Research Instructor, Dryland Agricultural Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
Received: 12 September, 2022 Accepted: 7 November, 2022

**Extended Abstract**

**Introduction and Objective:** In a Mediterranean-type climate, water stress, which often occurs at the end of the season, is the main factor limiting cereal yield. This study aimed to investigate the genetic diversity, heritability, and genetic Advance of some indices related to grain yield in barley under rain-fed conditions.

**Material and Methods:** In this study, 108 lines and varieties of barley were evaluated as alpha lattice designs with two replications in nine blocks in each replication and twelve plots in each block under rain-fed and supplemental irrigation (irrigation, immediately after planting and in the stage of grain filling) conditions during 2019-2020 crop season at Maragheh Dryland Agricultural Research Station. The evaluated traits included grain yield, days to heading, days to physiological maturity, grain filling rate, thousand-grain weight, harvest index, spike harvest index, spike fertility index, spike fertility index at maturity, and spike partitioning index.

**Results:** The analysis of variance showed highly significant differences among the genotypes for all the studied Characters. This implies that there is genetic diversity for all traits. The phenotypic coefficient of variation (PCV) was generally higher than the genotypic coefficient of variation (GCV) for all characters. The difference between PCV and GCV was large in spike fertility index at maturity, spike fertility index, and grain yield indicating the influence of environmental factors in the expression of these traits. Moderate to high heritability associated with a high genetic advance was observed for thousand-grain weight, grain filling rate, and spike fertility index indicating a predominance of additive gene action for these characters. This shows that selection is effective in improving these traits. Based on the cluster analysis by the ward's method and using the Euclidean distance, the examined genotypes were divided into four main groups under both rain-fed and supplemental irrigation conditions. Under rain-fed conditions, genotypes of the first group regarding traits, grain yield, seed filling speed, thousand seed weight, harvest index, spike fertility index, and spike partitioning index, and under supplemented Irrigation conditions, genotypes of the second group regarding traits, grain yield, seed filling speed, thousand seed weight, harvest index, spike harvest index, spike fertility index, and spike fertility index at maturity was in a better position.

**Conclusion:** Based on the obtained results, it is expected that the grain yield can be indirectly improved by selection for the traits of thousand-grain weight, grain filling rate, and spike fertility index. According to the cluster analysis results, under conditions rain-fed, the first group's genotypes and supplemented Irrigation conditions, the second group's genotypes can be considered in plant breeding programs or variety introduction.

**Keywords:** Drought stress, Grain weight, Grain number, *Hordeum vulgare*, Spike dry weight



[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

"مقاله پژوهشی"

# بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس شاخص‌های مرتبط با عملکرد دانه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

پیمان بهروز[۱]، ایرج برنوسی[۲]، سعید اهری‌زاد[۳] و فرهاد آهک‌پز کرکجی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسوول: i.bernosi@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- مربی پژوهشی، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۶
صفحه: ۲۷ تا ۳۷

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** در آب و هوای مدیترانه‌ای، تنش آبی که اغلب در آخر فصل اتفاق می‌افتد، عامل اصلی محدودکننده عملکرد غلات است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی برخی شاخص‌های مرتبط با اجزای عملکرد دانه در جو تحت شرایط دیم انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق، ۱۰۸ لاین و رقم جو در قالب طرح‌های آلفا لاتیس با دو تکرار در ۹ بلوک در هر تکرار و دوازده کرت در هر بلوک در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی طی فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد دانه، روز تا خوشه‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، سرعت پرشدن دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، شاخص برداشت سنبله، شاخص باروری سنبله، شاخص باروری سنبله در رسیدگی و شاخص تقسیم‌بندی سنبله بود.

**یافته‌ها:** تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. این بدان معناست که برای تمامی صفات تنوع ژنتیکی وجود دارد. به‌طور کلی، برای همه صفات، ضریب تغییرات فنوتیپی بالاتر از ضریب تنوع ژنوتیپی بود. تفاوت زیاد بین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شاخص باروری سنبله در رسیدگی، شاخص باروری سنبله و عملکرد دانه، نشان‌دهنده تأثیر عوامل محیطی در بیان این صفات می‌باشد. برای صفات وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه و شاخص باروری سنبله، وراثت‌پذیری متوسط تا بالا همراه با پیشرفت ژنتیکی بالا مشاهده شد که نشان‌دهنده برتری عمل افزایشی ژن‌ها برای این صفات است. این نشان می‌دهد که انتخاب می‌تواند در بهبود این صفات موثر باشد. بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و با استفاده از فاصله اقلیدسی، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ۴ گروه اصلی تقسیم شدند. در شرایط دیم، گروه اول از نظر صفات عملکرد دانه، سرعت پرشدن دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، شاخص باروری سنبله و شاخص تقسیم‌بندی سنبله و در شرایط آبیاری تکمیلی، گروه دوم از نظر صفات عملکرد دانه، سرعت پرشدن دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، شاخص برداشت سنبله، شاخص باروری سنبله و شاخص باروری سنبله در رسیدگی در موقعیت بهتری قرار گرفتند.

**نتیجه گیری:** بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، انتظار می‌رود که عملکرد دانه با انتخاب غیرمستقیم برای صفات وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه و شاخص باروری سنبله، بهبود یابد. مطابق با نتایج تجزیه خوشه‌ای، در شرایط دیم ژنوتیپ‌های گروه اول و در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های گروه دوم می‌توانند در برنامه‌های اصلاح نباتات یا معرفی رقم مورد توجه قرارگیرند.

**واژه‌های کلیدی:** تعداد دانه، تنش خشکی، وزن خشک سنبله، وزن دانه، *Hordeum vulgare*

## مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌عنوان چهارمین غله پراهمیت جهان شناخته می‌شود و یکی از محصولات زراعی قدیمی و اصلی در مناطق مدیترانه‌ای است (۱۷). این گیاه در ایران به سبب وسعت اراضی دیم به دومین غله پر اهمیت تبدیل گشته است. وجود مواد مغذی ضروری و مفید در جو، آن را به غذای مطلوبی برای انسان و دام تبدیل کرده است (۴۲).

در آب و هوای مدیترانه‌ای، تنش آبی که اغلب در آخر فصل اتفاق می‌افتد، عامل محیطی و اصلی محدودکننده عملکرد غلات است (۷،۳۸). خشکی آخر فصل در شرایط مدیترانه‌ای، از طریق توقف رشد سنبله و سقط گلچه‌ها، تعداد دانه را کاهش می‌دهد و به‌واسطه پیری زودرس برگ‌ها و انتقال پایین مواد پرورده، وزن دانه را کاهش می‌دهد و در نهایت باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد می‌شود (۷،۱۴). به گزارش روستایی و همکاران (۳۶). زمان وقوع خشکی آخر فصل، اجزای عملکرد را به‌طور متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طوری‌که اگر در مرحله گرده‌افشانی رخ دهد، احتمالاً با ایجاد اختلال در فرآیند باروری گلچه‌ها، می‌تواند تعداد دانه‌ها در سنبله را کاهش دهد. در حالی‌که، تنش خشکی پس از گرده‌افشانی تا رسیدن دانه، به‌ویژه اگر با دمای بالا همراه باشد، پیری برگ را تسریع کرده و با کاهش دوره پرشدن دانه، وزن دانه را کاهش می‌دهد. از این‌رو، برای افزایش عملکرد دانه به افزایش ظرفیت هم‌زمان منبع (مواد پرورده فتوسنتزی) و مخزن (تقسیم‌بندی به دانه) نیاز است (۲۴).

یکی از صفات بالقوه برای افزایش وزن دانه‌ها، شاخص برداشت سنبله است که از نسبت وزن دانه به وزن خشک سنبله محاسبه می‌شود (۳۱). شاخص برداشت، یک شاخص برای بهبود تقسیم بهتر مواد پرورده فتوسنتزی است که از عملکرد دانه نسبت به کل زیست‌توده تولیدشده در سطح زمین محاسبه می‌شود (۱۸). شاخص تقسیم‌بندی سنبله، که از نسبت وزن خشک سنبله به وزن خشک زیست‌توده بالای زمین تعیین می‌شود، یک شاخص برای بهبود تقسیم‌بندی دانه به‌واسطه بهبود تقسیم‌بندی ماده خشک به سنبله‌ها در گرده‌افشانی است (۳۴). تعداد دانه در واحد وزن خشک کلش سنبله، یعنی شاخص باروری سنبله که به آن « کارایی میوه‌دهی» نیز گفته می‌شود، می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در بهبود تعداد دانه در واحد سطح

مفید باشد (۱۵). نشان داده شده است که این صفت ارتباط خوبی با تعداد دانه در گندم دارد، همچنین وراثت‌پذیری متوسط تا زیاد و تفکیک متجاوز و اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط کمی دارد (۱۲). شاخص باروری سنبله در رسیدگی، جایگزینی برای شاخص باروری سنبله، محسوب می‌شود که از تقسیم تعداد دانه بر وزن خشک کلش سنبله در رسیدگی به‌دست می‌آید (۱) در روش مرجع برای تعیین شاخص باروری سنبله از وزن خشک سنبله در خوشه‌دهی استفاده می‌شود (۱۶). بیشتر مطالعات در مورد بررسی شاخص باروری سنبله (۳۲، ۳۱، ۲۸، ۱۹، ۱۵، ۶، ۱)، شاخص برداشت سنبله (۳۱) و شاخص تقسیم‌بندی سنبله (۳۴) به‌عنوان صفات بالقوه برای افزایش پتانسیل عملکرد در گندم با تعداد محدودی ژنوتیپ انجام گرفته است و تنها یک گزارش از شاخص باروری سنبله در جو وجود دارد که به مقایسه اجمالی گندم، جو، یولاف و چاودار از نظر این صفت پرداخته است (۲۰). وزن هزار دانه از صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه گندم است که می‌تواند بر کیفیت آسیاب دانه‌های گندم نیز تأثیر بگذارد و عملکرد آرد را بهبود دهد (۹).

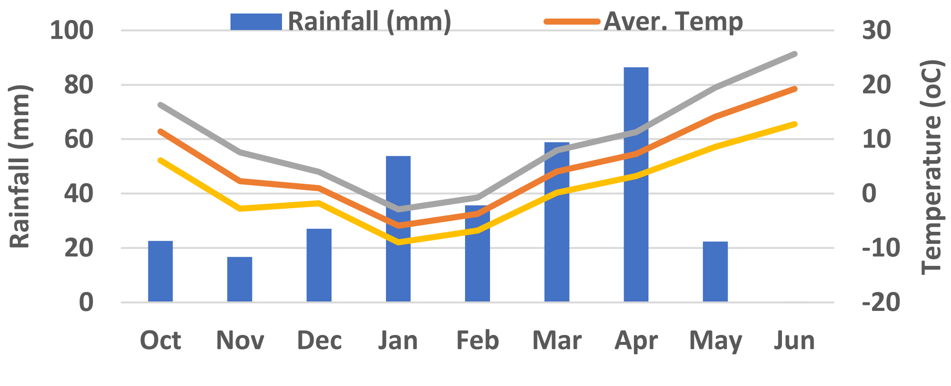
گندم و جو می‌توانند مکانیسمی شبیه به فرار از خشکی نشان دهند که به آن زودرسی یا زود گلدهی می‌گویند (۱۱) اگرچه کمی تفاوت بین زمان گلدهی و تاریخ خوشه‌دهی وجود دارد، اما این اصطلاحات اغلب توسط بسیاری از دانشمندان به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند (۶). خوشه‌دهی زودتر (زودرسی) می‌تواند برای تولید غلات مانند گندم و جو در شرایط خشکی آخر فصل حیاتی باشد، زیرا این امر می‌تواند خطر مواجهه با تنش کم‌آبی را در طول دوره‌های حساس گلدهی و پر شدن دانه پس از گرده‌افشانی به حداقل برساند (۳۹). گیاهان با گل‌دهی زودتر می‌توانند رشد رویشی خود را محدود کرده و قبل از تنش ا آخر فصل، طی فرآیندی که معمولاً با زود رسیدگی مرتبط است، وارد مرحله زایشی شوند (۸).

به هر حال، تنوع ژنتیکی یک عامل کلیدی در موفقیت هر برنامه به‌نژادی است و آگاهی از آن، احتمال دستیابی به اهداف تعیین‌شده را افزایش می‌دهد (۴۱). هدف از این مطالعه بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد دانه و برخی شاخص‌های (شاخص برداشت، شاخص برداشت سنبله، شاخص باروری سنبله و شاخص تقسیم‌بندی سنبله) مرتبط با تعداد و وزن دانه به‌عنوان اجزای عملکرد، در مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌های مختلف جو تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. این ایستگاه در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۲۰ متر می‌باشد. اطلاعات تفصیلی برگرفته از ایستگاه هواشناسی برای سال زراعی ذکر شده در شکل ۱ آورده شده است.

تعداد ۱۰۸ لاین و رقم جو زراعی، شامل لاین‌های امیدبخش، ارقام داخلی، خارجی و برخی ژنوتیپ‌های بانک ژن مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر (جدول ۱)، تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی (آبیاری، بلافاصله پس از کاشت و در مرحله پر شدن دانه) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار، با ۹ بلوک در هر تکرار و ۱۲ کرت در هر بلوک با کرت‌های با ابعاد ۱/۲×۳ مترمربع (شش ردیف سه متری و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر)، انجام گردید.




شکل ۱- خلاصه آمار هواشناسی سال زراعی ۹۹- ۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه
Figure 1. Summary of meteorological statistics of agriculture year 2019-2020 at Maragheh dryland agricultural research station

در این مطالعه ۱۰ صفت کلیدی برای هر ژنوتیپ در هر کرت تحت هر دو شرایط آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد دانه در مترمربع (GY) از تقسیم وزن کل دانه از هر کرت بر سطح کرت محا سبه شد. روز تا خو شه‌دهی (DH)، زمانی ثبت شد که حدود ۵۰ درصد سنبله‌ها به‌طور کامل ظاهر شدند. روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (DMA) زمانی ثبت شد که حدود ۵۰ درصد از گیاهان در هر کرت دارای برگ‌های زرد بودند. سپس سرعت پر شدن دانه (GFR) به صورت زیر محاسبه شد (۳۱).

$$GFR = {}^{GY}/_{(DMA - DH)}$$

که GY، عملکرد دانه در مترمربع، DMA، روز تا ر سیدگی فیزیولوژیکی و DH، روز تا خوشه‌دهی است.


[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

وزن هزار دانه (TGW) از شـــمارش و توزین ۱۰۰۰ دانه برای هر ژنوتیپ در هر کرت تعیین شـــد. تمام گیاهان داخل یک قسمت ۰/۵ متری از ردیف میانی هر کرت در خوشه‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (۳۱) تا وزن خشک سنبله در خو شه‌دهی و ر سیدگی فیزیولوژیکی و ماده خشک بالای زمین، در رســیدگی فیزیولوژیکی تعیین شــود. ســپس شــاخص برداشــت (HI)، شــاخص برداشــت ســنبله (SHI)، شاخص باروری سنبله (SFI)، شاخص باروری سنبله رسیدگی (SFIm) و شاخص تقسیم‌بندی سنبله (SPI) به صورت زیر محاسبه شد (۳۱).

$$\mathrm{HI} = {}^{\mathrm{GW}}/_{\mathrm{GW}}$$

که HI، شاخص بردا شت، GW، وزن دانه و BW، وزن زیست‌توده بالای سطح زمین در رسیدگی فیزیولوژیکی است.

$\mathrm{SHI} = {}^{\mathrm{GW}}/_{\mathrm{SDWm}}$ که SHI، شاخص برداشت سنبله،

GW، وزن دانه و SDWm، وزن خشـــک ســـنبله در رسیدگی فیزیولوژیکی است.

$$\mathrm{SFI} = {}^{\mathrm{GN}}/_{\mathrm{SDWa}}$$

که SFI ، شـــاخص باروری ســـنبله، GN، تعداد دانه و SDWa، وزن خشک سنبله در خوشه‌دهی است.

$$\mathrm{SFI}m = {}^{\mathrm{GN}}/_{(\mathrm{SDWm} - \mathrm{GW})}$$

که SFIm ، شـاخص باروری سـنبله در رسـیدگی، GN، تعداد دانه، و SDWm، وزن خشـــک ســـنبله در رســـیدگی فیزیولوژیکی و GW، وزن دانه است. $\mathrm{SPI} = {}^{\mathrm{SDWm}}/_{\mathrm{BW}}$

که SPI، شاخص تقسیم‌بندی سنبله، SDWm، وزن خشک سنبله و BW، وزن زیست‌توده بالای سطح زمین در رسیدگی فیزیولوژیکی است.

## تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس مرکب در قالب طرح آلفا لاتیس، برای داده‌های صفات مورد بررسی تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی انجام گرفت. همگنی واریانس‌های اشتباه قبل از تجزیه و تحلیل از طریق آزمون لون (۲۶) مورد آزمون قرار گرفت.

اجزای واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی مطابق با فرمول‌های ارایه‌شده توسط کوپر (۱۰) به شرح زیر برآورد شد.

جدول ۱- اطلاعات شجره، تیپ رشدی و مورفولوژی سنبله ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table1. Pedigree information, growth type and spike morphology of the evaluated genotypes

| شماره No. | شجره، کد یا نام Pedigree, Code or Name | عادت رشد Growth habit | تعداد ردیف Row type | شماره No. | شجره، کد یا نام Pedigree, Code or Name | عادت رشد Growth habit | تعداد ردیف Row type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Makouee (Star) | W | 6 | 55 | Antares/Ky36-1294//Slrlcbh-0383 /3/ Sahand | F | 2 |
| 2 | Bahman (WA 2196-68/NY6005-18, F1//Scotia I) | W | 6 | 56 | Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 // Dictoo | F | 2 |
| 3 | Bereke 54 | F | 6 | 57 | Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 // Denmark | F | 2 |
| 4 | Radical/Birgit//Pamir-154 | F | 6 | 58 | ORZA96 | F | 2 |
| 5 | Michailo/Dobrinya | F | 6 | 59 | R018 UK | F | 2 |
| 6 | Bahtim 7DL/79-W40762//Deir Alla106 | F | 6 | 60 | PI-549081 - | W | 6 |
| 7 | Michailo/K-096M3 | W | 6 | 61 | PI-560331 - | W | 6 |
| 8 | Pamir-168 | W | 6 | 62 | C-25041//Yea168.4/Ywa605.5 Yea206-4A-3 | F | 2 |
| 9 | Torsh/Legia | W | 6 | 63 | Dayton/Ranney/4/K-88M1/3/Rhn-03/lignee 640//ICB-107766 | F | 2 |
| 10 | Pamir 013/Sonata | F | 2 | 64 | Zarjau/80-5151//DZ-40-66/3/Alanda | F | 2 |
| 11 | Ste/L.640//Hml-02/Arabi Abiad*2/3/1-BC-80593 | F | 6 | 65 | Hispanic/Sararood | W | 2 |
| 12 | Bereke-54/Alanda | F | 6 | 66 | Sahand/3/Alpha/Gumhuriyet//Sonja | F | 2 |
| 13 | L.1242/ZARJOW//LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Com"S | F | 6 | 67 | Abidar/4/K-88 M1/3/Rhn-03/lignee 640//ICB-107766 | F | 2 |
| 14 | Makouee/C.C89//Rihane"s"/3/Roho/Mazurka | W | 6 | 68 | Icb-100059/3/Tipper/ICB-102854//Alpha/Durra | F | 2 |
| 15 | L.527/MB2367//(CI71179/DeirAlla106)/3/Beecher | W | 6 | 69 | 71411 | F | 2 |
| 16 | Zarjow/CM67/4/Schuyler/3/M.Rnb86.80/NB2905/L.527 LPD 92 | W | 6 | 70 | 71411 | W | 6 |
| 17 | Schuyler/3/M.Rnb86.80/NB2905//L.527 | W | 6 | 71 | 71426 | W | 2 |
| 18 | Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/CWB117-77-9-7/4/Alpha/Durra// Antares/K2y63 | W | 2 | 72 | 71538 | W | 6 |
| 19 | Bolgali/4/Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/CWB117-77-9-7 | F | 2 | 73 | 71576 | F | 2 |
| 20 | Gara arpa | SP | 2 | 74 | 71608 | W | 6 |
| 21 | Sahand | F | 2 | 75 | 71657 | W | 6 |
| 22 | Abidar | F | 2 | 76 | 71663 | W | 6 |
| 23 | Ansar | F | 2 | 77 | 71850 | F | 2 |
| 24 | Kuban-06 | F | 2 | 78 | 72113 | W | 6 |



[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

ادامه جدول ۱

Continue of the Table 1

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | W | 72295 | 79 | 2 | F | PAMIR-158/ZDM1454(Artan) | 25 |
| 6 | W | 72322 | 80 | 2 | F | TOKAK//STEPTO/ANTARES (Qaflan) | 26 |
| 6 | W | 72368 | 81 | 2 | F | Uzno-Kazakastan/3/CWB117-77-9-//Alpha/Dur | 27 |
| 2 | W | 72439 | 82 | 2 | F | Orza-96/4/Tokak/3/CWB117-77-9-/Alpha/Durra (Arda) | 28 |
| 2 | W | 72466 | 83 | 2 | F | Roho/Masurka//ICB-103020/3/Alpha/Durra//Slr | 29 |
| 6 | W | 72488 | 84 | 2 | F | ChiCm/An57//Albert/3/ICB-02379/4/GkOmega/5/Tokak | 30 |
| 6 | W | 72494 | 85 | 2 | F | Ste/Antares//YEA762-2/YEA605-5/3/Slr//Alpha/Durra | 31 |
| 6 | W | 72522 | 86 | 2 | F | Sahand/C-25041 | 32 |
| 6 | W | 72524 | 87 | 2 | F | ARM-ICB-123199/3/Zarjau/80-5151//Skorohod | 33 |
| 2 | F | 72550 | 88 | 2 | F | Yea168.4/Ywa605.5//Radical | 34 |
| 6 | W | 72557 | 89 | 2 | F | Unknown-F6-88-9 | 35 |
| 6 | W | 72562 | 90 | 2 | F | Sahand/Radical | 36 |
| 6 | W | 72602 | 91 | 2 | F | Schuyler//Alpha/Durra/3/Radical | 37 |
| 6 | W | 72646 | 92 | 2 | F | Uzno-Kazakestan/3/CWB117-5-9-5//YEA389-3/YEA475-4 | 38 |
| 2 | F | 72647 | 93 | 2 | SP | Fasih | 39 |
| 6 | W | 72653 | 94 | 2 | F | Taram | 40 |
| 6 | W | 72703 | 95 | 6 | SP | Reyhan-03 | 41 |
| 6 | W | 72726 | 96 | 6 | F | Bulbul | 42 |
| 6 | W | 72472 | 97 | 6 | F | Dubrinia | 43 |
| 6 | W | 72482 | 98 | 6 | F | Dictoo | 44 |
| 6 | W | 72553 | 99 | 6 | F | Dayton/Runney | 45 |
| 6 | W | 72704 | 100 | 6 | F | Sararood-1 | 46 |
| 6 | W | 72744 | 101 | 2 | F | Nader | 47 |
| 2 | F | 72747 | 102 | 6 | W | Radical | 48 |
| 2 | F | Obruk-86 | 103 | 2 | SP | Cumra 2001 | 49 |
| 6 | F | Star/4/M25-84/Attiki//Cr366-15-2/NopalS/3/Skorohod | 104 | 2 | SP | Efes98 | 50 |
| 6 | W | Viringa'S'/Radical//Mattina | 105 | 2 | SP | Cumhariyet50 | 51 |
| 2 | W | Kozir/Regina | 106 | 2 | SP | Catalhuyuk2001 | 52 |
| 6 | F | Alanda/Regina | 107 | 2 | SP | Keser | 53 |
| 2 | W | Pamir147/Sonata/8/Alpha/Durra/7/P101/5/3896/1-15/3/3896/28//584/28/4/5050/6/Tipper | 108 | 2 | F | Sahand / Obruk-86 | 54 |

W: Winter, SP: Spring, F: Facultative

W: پاییزه، SP: بهاره، F: بینابینی

$$\delta^2{}_G = {}^{(GMS - GEMS)}/_{rg}$$

$$\delta^2{}_{GE} = {}^{(GEMS - EMS)}/_{r}$$

$$\delta^2{}_E = EMS$$

$$\delta^2{}_P = {}^{\delta^2{}_E}/_{rg} + {}^{\delta^2{}_{GE}}/_{r} + \delta^2{}_G$$

که $\delta^2_G$، وار یانس ژنوتیپی، $\delta^2_{GE}$، وار یانس اثر متقا بل ژنوتیپ در محیط، $\delta^2_E$، واریانس محیط، $\delta^2_P$، واریانس فنوتیپی، GMS، میانگین مربعات ژنوتیپ، GEMS، میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، EMS، میانگین مربعات اشــتباه، r، تعداد تکرار و g، تعداد ژنوتیپ است.

$$PCV = {}^{\delta_P}/_{\overline{X}}$$

$$GCV = {}^{\delta_G}/_{\overline{X}}$$

$$ECV = {}^{\delta_E}/_{\overline{X}}$$

که PCV، ضریب تنوع فنوتیپی، GCV، ضریب تنوع ژنوتیپی،ECV ، ضریب تنوع محیطی، $\delta_P$، انحراف معیار فنوتیپی، $\delta_G$، انحراف معیار ژنوتیپی، $\delta_E$، انحراف معیار محیطی و $\overline{X}$، میانگین کل داده است.

بر اساس طبقه‌بندی سیواسوبرامانیان و منون (۳۹) مقادیر ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفر تا ۱۰ درصد، ۱۰ تا ۲۰ درصد و بالای ۲۰ درصد، به ترتیب، به‌عنوان مقادیر کم، متوسط و بالا در نظر گرفته می‌شوند. وراثت‌پذیری عمومی ($h^2_B$) به عنوان درصد نسبت واریانس ژنوتیپی ($\delta^2_G$) به واریانس فنوتیپی ($\delta^2_P$) بیان می‌شود و بر اساس میانگین ژنوتیپ مطابق با آلارد (۴) به شرح زیر برآورد شد.

$$h^2{}_B = \left({}^{\delta^2{}_G}/_{\delta^2{}_P}\right) \times 100$$

بر اساس طبقه‌بندی رابینسون و همکاران (۳۵) مقادیر وراثت‌پذیری صفر تا ۳۰ درصد، ۳۰ تا ۶۰ درصد و بالای ۶۰ درصد، به ترتیب، به‌عنوان مقادیر کم، متوسط و بالا در نظر گرفته می‌شوند.

در نهایت پیشرفت ژنتیکی به‌عنوان درصدی از میانگین (GAM)، با فرض گزینش ۵ درصد از ژنوتیپ‌های برتر مطابق فرمول‌های ارایه‌شده توسط جانسون و همکاران (۲۳) به شرح زیر برآورد شد.

$$GA = K \times \delta_P \times h^2{}_B$$

$$GAM = ({}^{GA}/_{\overline{X}}) \times 100$$



[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

که K، شـــدت گزینش (با گزینش ۵٪ از افراد برتر برابر ۲/۰۶۳ اســـت)، $\delta_P$ انحراف معیار فنوتیپی، $h^2_B$ وراثت‌پذیری عمومی و $\bar{X}$، میانگین کل داده است.

به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به لحاظ صـــفات مورد مطالعه، تحت دو شـــرایط دیم و آبیاری تکمیلی، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد با استفاده از فاصله اقلیدسی انجام شد. جهت مقایسه بصری گروه‌بندی سلسله‌مراتبی ژنوتیپ‌ها، نمودار تنگلگرام (Tanglegram) ترســیم شــد. مقادیر آماره AU (Approximately Unbiased)، بـا نمونـه گیری مجـدد بوت‌اســـترپ چنـد مقیـاســـی ( Multiscale bootstrap resampling) محـاســـبـه گردیـد. در این تجزیـه تعـداد نمونه‌گیری مجدد (n) برابر با ۵۰۰ لحاظ شد.

برای ثبت و پردازش داده‌ها و برآورد پارامترهای ژنتیکی از نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2019 اسـتفاده شـد. تجزیه واریانس مرکب در قالب طرح آلفا لاتیس، با اســـتفاده از SAS 9.4 انجام گردید. نمودار Tanglegram با استفاده از بســـته dendextend در برنامه R ترســـیم شـــد و مقادیر Approximately Unbiased (AU) نیز با استفاده از بسته pvclust در همین برنامه محاسبه شدند.

## نتایج و بحث

عملکرد جو مانند ســایر گیاهان زراعی یک صــفت کمی اســت که با تعداد زیادی ژن کنترل می‌شـود و به‌شـدت تحت تـأثیر محیط قرار می‌گیرد. از این‌رو، گزینش ژنوتیـپ‌هـای مطلوب با عملکرد بالا بر مبنای صفاتی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در عملکرد سهیم هستند بسیار سودمند خواهد بود (۲۵). نتایج تجزیه واریانس برای هر یک از صـــفات مورد بررســی در جدول ۲ نشــان داده شــده اســت. همان‌طور که ملاحظه گردید، بین لاین‌ها و ارقام از نظر تمامی صفات مورد بررسـی اختلاف آماری معنی‌داری در سـطح احتمال ۱ درصـد وجود داشت، که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی کافی در بین مواد گیاهی مورد بررسی است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در ۱۰۸ لاین و رقم تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 2. Combined analysis of variance of studied traits in 108 lines and varieties of barley under two conditions rain-fed and supplemental irrigation

| میانگین مربعات Mean of Squares | | | | | | | | | | df | منابع تغییر S.O.V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SPI | SFIm | SFI | SHI | HI | TGW | GFR | DM | DH | GY | | |
| 0.7882$^{**}$ | 260475.4$^{ns}$ | 9396.5$^{ns}$ | 0.7912$^{ns}$ | 0.033$^{ns}$ | 1094.53$^{ns}$ | 103570.42$^{**}$ | 169.06$^{ns}$ | 379.69$^{ns}$ | 895002$^{**}$ | 1 | محیط Environment (E) |
| 0.0082 | 9828.3 | 2720.9 | 0.0529 | 0.003 | 190.71 | 857.04 | 60.75 | 154.73 | 8774.57 | 2 | محیط/تکرار Rep/E |
| 0.0042 | 2233.42 | 1508.67 | 0.018 | 0.0018 | 57.19 | 547.14 | 15.93 | 16.13 | 5234.13 | 44 | تکرار/بلوک/محیط Blo/Rep/E |
| 0.005$^{**}$ | 7246.42$^{**}$ | 3248.38$^{**}$ | 0.0156$^{**}$ | 0.0072$^{**}$ | 121.8$^{**}$ | 585.99$^{**}$ | 62.18$^{**}$ | 60.66$^{**}$ | 2753.75$^{**}$ | 107 | ژنوتیپ Genotype (G) |
| 0.0033$^{ns}$ | 61.3251$^{*}$ | 1645.9$^{ns}$ | 0.0062$^{ns}$ | 0.0032$^{ns}$ | 13.21$^{ns}$ | 179.85$^{**}$ | 17.38$^{**}$ | 10.94$^{ns}$ | 1712.6$^{**}$ | 107 | محیط×ژنوتیپ G×E |
| 0.0035 | 4231.85 | 1336.42 | 0.0056 | 0.0024 | 10.41 | 98.33 | 11.77 | 9.24 | 868.86 | 170 | اشتباه Error |

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability level and nonsignificant, respectively

GY: عملکرد دانه، DH: روز تا خوشه‌دهی، DM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، GFR: سرعت پرشدن دانه، TGW: وزن هزار دانه، HI: شاخص برداشت، SHI: شاخص برداشت سنبله، SFI: شاخص باروری سنبله، SFIm: شاخص باروری سنبله در رسیدگی، SPI: شاخص تقسیم‌بندی سنبله

GY: grain yield, DH: days to heading, DM: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, TGW: thousand-grain weight, HI:harvest index, SHI:spike harvest index, SFI:spike fertility index, SFIm:spike fertility index at maturity, and SPI:spike partitioning index.

میانگین عملکرد دانه برابر ۱۳۲۹/۰۶ کیلوگرم در هکتار بود. لاین ۴۰، بیشـــترین (۲۲۹۷/۷۷ کیلوگرم) و لاین ۸، کمترین (۴۹۷/۶۳ کیلوگرم) عملکرد دانه را داشـــت. میانگین وزن هزار دانـه برابر ۳۸/۱۸ گرم بود. لاین ۴۹، بیشـــترین (۴۸/۵۳ گرم) و لاین ۲ کمترین (۲۵/۵۲ گرم) وزن هزار دانه را نشـان داد. میانگین شـاخص برداشـت و شـاخص برداشـت ســـنبله به ترتیب برابر ۰/۴۳۳۱ و ۰/۶۷۹۶ بود. بیشـــترین شاخص برداشت و شاخص برداشت سنبله به ترتیب با مقادیر ۰/۵۱ و ۰/۸۲ به لاین‌های ۴۹ و ۲۳ و کمترین آن‌ها به ترتیب با مقادیر ۰/۲۶ و ۰/۴۳ به لاین ۴۳ تعلق داشـــت. میانگین شـاخص باروری سـنبله برابر ۹۲/۴۷ بود. بیشـترین شـاخص باروری ســـنبله با مقدار ۱۸۵/۴۱ به لاین ۱۳ و کمترین آن با مقدار ۴۷/۱۱ به لاین ۸۱ اختصاص داشت. میانگین شاخص تقسیم‌بندی سـنبله برابر ۰/۶۲ بود. لاین ۱۰۲ با مقدار ۰/۷۳، بیشـــترین و لاین ۱۶ با مقدار ۰/۵۳، کمترین شـــاخص تقسیم‌بندی سنبله را داشت. در شرایط دیم، میانگین سرعت پرشـدن دانه برابر ۲۷/۸۸ بود. لاین ۵۷، بیشـترین (۷۱/۲۳) و لاین ۱۰۱ کمترین (۵/۱۷) مقدار سـرعت پرشـدن را داشـت. میانگین شاخص باروری سنبله در رسیدگی برابر ۵۳/۲۴ بود و بیشترین (۷۴/۱۷) و کمترین (۱۴/۹۷) شاخص باروری سنبله در رسـیدگی به ترتیب به لاین‌های ۲۳ و ۹۱ تعلق داشـت. در شـــرایط آبیاری تکمیلی، میانگین ســـرعت پرشـــدن دانه برابر ۵۸/۸۵ بود. لاین ۲۶، بیشـــترین (۱۰۸/۸۰) و لاین ۹ کمترین (۲۰/۸۵) ســرعت پرشــدن دانه را داشــت. میانگین شــاخص باروری ســـنبله در رســـیدگی برابر ۹۶/۲۰ بود و بیشـــترین (۱۷۶/۲۰) و کمترین (۳۳/۸۰) شـــاخص باروری ســـنبله در رســیدگی به ترتیب به لاین‌های ۴۵ و ۹ تعلق داشــت. نتایج مشابهی از نظر عملکرد و برخی صفات سنبله توسط فرجام حاجی‌آقا و همکاران (۱۳) و تجلی و همکاران (۴۰) گزارش شـده اسـت. آهک‌پز و همکاران (۳) نیز در آزمایشـی بر روی


[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

همین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ در صد تحت دو شرایط دیم در دو سال و آبیاری تکمیلی در یک سال مشاهده کردند.

**ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی**

برای تمام صفات مورد بررسی، ضرایب تنوع فنوتیپی در مقایسه با ضرایب تغییرات ژنوتیپی بیشتر بود (جدول ۳)، که حاکی از تأثیر عوامل محیطی در این صفات می‌باشد. ضرایب تنوع فنوتیپی بیشتر در مقایسه با ضرایب تنوع ژنوتیپی برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد در گندم نان توسط سایر محققان گزارش شده است (۲۸). بالا بودن ضریب تنوع ژنوتیپی در صفات عملکرد دانه (۲۳/۵)، سرعت پرشدن دانه (۲۳/۲)، شاخص باروری سنبله در رسیدگی (۲۱/۶) و شاخص باروری سنبله (۲۱/۱) نشان می‌دهد که این صفات شرایط مطلوب‌تری را در خصوص بهبود از طریق گزینش دارند. در حالی که کمترین ضریب تنوع ژنوتیپی مربوط به روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (۱/۸)، روز تا خوشه‌دهی (۲/۲)، شاخص تقسیم‌بندی سنبله (۳/۱)، شاخص برداشت سنبله (۷/۱) و شاخص برداشت (۷/۵) بود. احتمالاً گزینش برای این صفات در طی سال‌های گذشته، باعث کاهش تنوع ژنوتیپی برای آن‌ها شده است (۲). مقادیر پایین ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای روز تا رسیدگی با سایر گزارش‌ها مطابقت داشت (۲۷). وزن هزار دانه، ضریب تنوع ژنوتیپی (۱۳/۶) متوسطی داشت. تفاوت زیاد بین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شاخص باروری سنبله در رسیدگی نشان می‌دهد که بیان این صفت به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی است. به‌همین ترتیب، تفاوت نسبتاً زیاد در ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی شاخص باروری سنبله و عملکرد دانه حاکی از تأثیر عوامل محیطی در بیان این صفات می‌باشد. در مقابل تفاوت نسبتاً کم در ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی سرعت پرشدن دانه و وزن هزار دانه، نشان می‌دهد که بیان این صفات کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی است. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های رضایی کلو و همکاران (۳۳) و فرجام حاجی‌آقا و همکاران (۱۳) از نظر صفات مورد بررسی مشترک مطابقت داشت. ضرایب تنوع ژنوتیپی بالاو متوسط برای صفات عملکرد دانه، سرعت پرشدن دانه، شاخص باروری سنبله و وزن هزار دانه نشان داد که این صفات، نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرپذیری مواد گیاهی مورد بررسی تحت شرایط آزمایش دارند.

**وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی**

میزان وراثت‌پذیری عمومی از ۱۷/۲ تا ۸۹/۱ درصد به‌ترتیب برای شاخص تقسیم‌بندی سنبله و وزن هزار دانه متغیر بود (جدول ۳). بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی، برای برخی صفات مانند وزن هزار دانه (۸۹/۱۶)، سرعت پرشدن دانه (۶۹/۳۱) و شاخص باروری سنبله (۴۹/۳) را می‌توان به سهم زیاد تغییرات ژنتیکی از تغییرات فنوتیپی نسبت داد.

وراثت‌پذیری عمومی پایین برای برخی صفات مانند شاخص باروری سنبله در رسیدگی (۱۵/۵۸) را می‌توان به بزرگ بودن واریانس فنوتیپی آن‌ها نسبت داد که بخش اعظم آن واریانس محیطی بوده است. تفاوت زیاد بین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شاخص باروری سنبله در رسیدگی (۳۳/۲) نیز تأییدی بر این موضوع است. از آنجاییکه، وراثث‌پذیری بالا، همیشه با پیشرفت ژنتیکی بالا همراه نمی‌باشد (۳۰). توصیه می‌شود که برای پیش‌بینی اثر گزینش ژنوتیپ‌های برتر علاوه بر وراثت‌پذیری، پیشرفت ژنتیکی نیز در نظر گرفت شود. صفات وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه و شاخص باروری سنبله با داشتن وراثت‌پذیری بالا، بیشترین پیشرفت ژنتیکی به‌عنوان درصدی از میانگین را نیز نشان دادند (جدول ۳).

جدول ۳ – ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه در ۱۰۸ لاین و رقم جو

Table 3. Phenotypic and genotypic coefficients of variation, heritability and genetic advance for studied traits in 108 lines and varieties of barley.

| صفات | Traits | % PCV | % GCV | % ECV | % $h^2$ | CA | % CAM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملکرد دانه | Grain yield | 19.74 | 12.14 | 23.18 | 37.81 | 20.47 | 15.4 |
| روز تا خوشه‌دهی | Days to heading | 2.56 | 2.2 | 1.98 | 75.14 | 6.05 | 3.93 |
| روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی | Days to physiological maturity | 2.14 | 1.81 | 1.86 | 72.06 | 5.86 | 3.18 |
| سرعت پرشدن دانه | Grain filling rate | 27.91 | 23.24 | 22.87 | 69.31 | 17.31 | 39.91 |
| وزن هزار دانه | Thousand-grain weight | 14.45 | 13.65 | 8.45 | 89.16 | 10.15 | 26.58 |
| شاخص برداشت | Harvest index | 10.55 | 7.5 | 11.66 | 50.56 | 0.05 | 10.99 |
| شاخص برداشت سنبله | Spike harvest index | 9.18 | 7.13 | 11.03 | 60.18 | 0.08 | 11.4 |
| شاخص باروری سنبله | Spike fertility index | 30.21 | 21.22 | 38.75 | 49.33 | 29 | 30.74 |
| شاخص باروری سنبله در رسیدگی | Spike fertility index at maturity | 54.78 | 21.62 | 83.62 | 15.58 | 13.7 | 17.61 |
| شاخص تقسیم‌بندی سنبله | Spike partitioning index | 7.36 | 3.05 | 9.47 | 17.17 | 0.02 | 2.61 |

PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی ، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی ، ECV: ضریب تغییرات محیطی ، $h^2$: وراثت‌پذیری ، CA: پیشرفت ژنتیکی، CAM: پیشرفت ژنتیکی به‌عنوان درصدی از میانگین.

PCV: phenotypic coefficient of variation, GCV: days to heading, ECV: days to physiological maturity, $h^2$: grain filling rate, CA:thousand-grain weight, CAM:harvest index.

از این‌رو، بهبود این صفات نسبت به سایر صفات آسان‌تر است. بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی (به‌عنوان درصدی از میانگین)، برای وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه و شاخص باروری سنبله، حاکی از برتری عمل افزایشی ژن در کنترل این صفات است و به این ترتیب انتظار می‌رود که با انتخاب مستقیم بهبود پیدا کنند. با این وجود، مصااحه احتمالی بین تعداد دانه در واحد سطح و وزن دانه نیز مهم است و باید در نظر گرفته شود (۳۷). انتخاب هم‌زمان برای

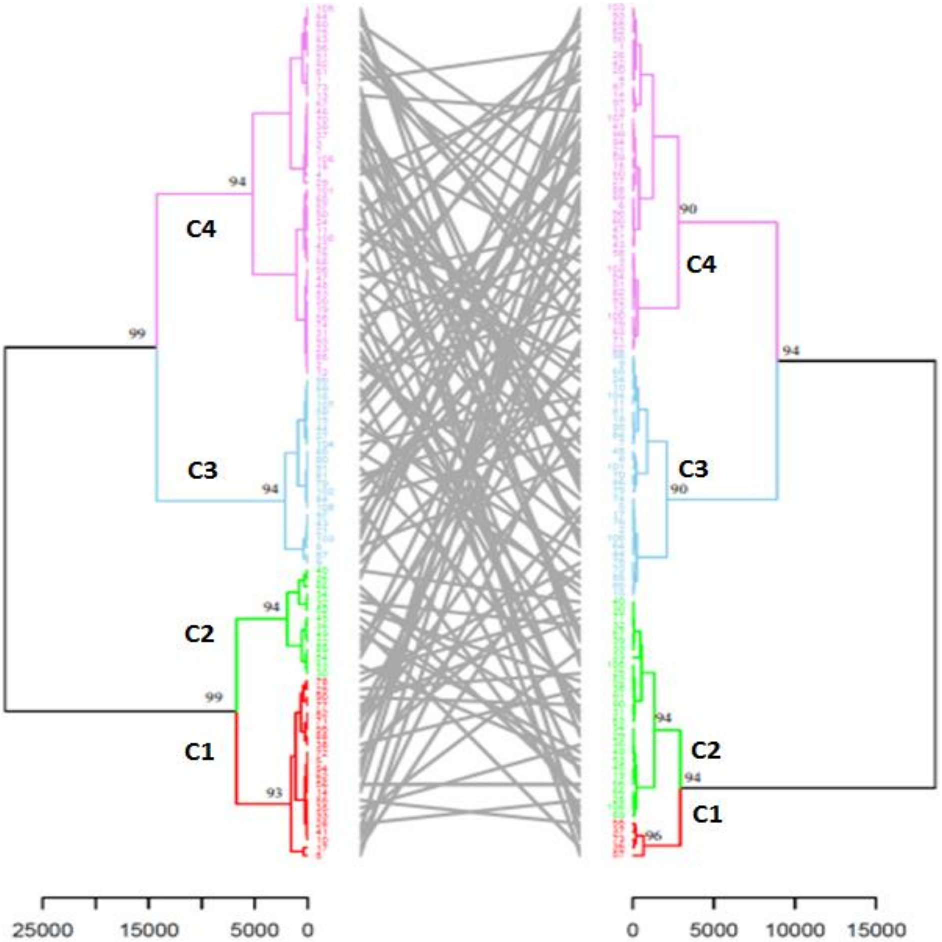


[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

شاخص برداشت سنبله و شاخص باروری سنبله ممکن است باعث کاهش مصالحه بین تعداد دانه در مترمربع و وزن دانه شود (۵).

**تجزیه خوشه‌ای**

در شکل ۲ تنگلگرام (Tanglegram) تجزیه خوشه‌ای ۱۰۸ لاین و رقم جو برای ۱۰ صفت مورد مطالعه را تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نمایش داده شد. در نتیجه این تجزیه ژنوتیپ‌ها هم در شرایط دیم (دندروگرام سمت راست) و هم در شرایط آبیاری تکمیلی (دندروگرام سمت چپ) در ۴ گروه اصلی قرار گرفتند. برای تعیین تعداد گروه‌ها از روش گسیختگی بر اساس تغییر ناگهانی در اختلاف دو فاصله ادغام متوالی استفاده شد (۲۲).




شکل ۲- تنگلگرام بر اساس صفات مورد مطالعه در شرایط دیم (دندروگرام سمت راست) و آبیاری تکمیلی (دندروگرام سمت چپ) (درهم تنیدگی = ۰/۵۲). اعداد روی هر گروه مقادیر تقریباً بی طرفانه (AU) که با نمونه‌گیری مجدد بوت‌استرپ چند مقیاسی محاسبه می‌شود (n=500).

Fig. 2. Tanglegram based on studied traits in rain-fed (right dendrogram) and in supplemental irrigation (left dendrogram) conditions (entanglement = 0.52). The numbers on each group the Approximately Unbiased (AU) values which is computed by multiscale bootstrap resampling (n=500).

نمودار تنگلگرام، دو دندروگرام در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی را روبه‌روی یکدیگر قرار داده و ژنوتیپ‌ها را با خطوطی به هم وصل می‌کند. میزان درهم‌تنیدگی (Entanglement) دو خوشه‌بندی برابر ۰/۵۲ بود. از آنجایی‌که میزان درهم‌تنیدگی عددی ما بین صفر (ژنوتیپ‌ها دقیقا روبه‌روی یکدیگرند) و ۱ (ژنوتیپ‌ها در موقعیتی کاملاً متفاوت قرار می‌گیرند) متغیر است. می‌توان اظهار داشت که میزان درهم‌تنیدگی در تجزیه داده‌های تحقیق حاضر، عددی متوسط بود (۲۱). بخشی از درهم‌تنیدگی به خاطر تفاوت در تحمل یا حساسیت به تنش خشکی آخر فصل ژنوتیپ‌ها می‌باشد که منجر به الگوی گروه‌بندی متفاوت شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی شده است. مقادیر آماره AU هر گروه در دندروگرام‌ها نشان‌دهنده قطعیت گروه‌بندی‌ها در تجزیه خوشه‌ای است، که برای پاسخ به این سوال که میزان صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها چقدر است، محاسبه می‌شوند. مقادیر بالای این آماره برای هر دو تجزیه خوشه‌ای به ویژه برای داده‌های شرایط آبیاری تکمیلی نشان می‌دهد که گروه‌بندی‌ها به خوبی توسط داده‌ها پشتیبانی می‌گردد. یکی از کاربردهای تجزیه خوشه‌ای تعیین

فاصله ژنتیکی میان گروه‌ها است. در این تحقیق، تحت شرایط دیم، بیشترین فاصله ژنتیکی بین لاین‌های ۵۷ و ۱۰۳ بود و تحت شرایط آبیاری تکمیلی بین لاین‌های ۶ و ۱۰۵ بود.

**در شرایط دیم:** گروه اول (C1) شامل ۵ ژنوتیپ، گروه دوم (C2) ۲۸ ژنوتیپ، گروه سوم (C3) ۴۴ ژنوتیپ و گروه چهارم (C4) ۳۱ ژنوتیپ بود. نتایج مقایسه میانگین‌های صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۴) که ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه، شاخص برداشت، شاخص باروری سنبله و شاخص تقسیم‌بندی دانه بیشترین مقادیر و ژنوتیپ‌های گروه چهارم به‌جز شاخص تقسیم‌بندی دانه کمترین مقدار را نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. از نظر شاخص تقسیم‌بندی دانه، ژنوتیپ‌های گروه سوم کمترین مقدار را دارا بودند. از نظر صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، شاخص برداشت سنبله، و شاخص باروری سنبله در رسیدگی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت.

**در شرایط آبیاری تکمیلی:** گروه اول (C1) شامل ۲۳ ژنوتیپ، گروه دوم (C2) ۱۴ ژنوتیپ، گروه سوم (C3) ۴۷ ژنوتیپ و گروه چهارم (C4) ۲۴ ژنوتیپ بود. نتایج مقایسه میانگین‌های صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۵) که ژنوتیپ‌های گروه دوم، از نظر صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سرعت پرشدن دانه، شاخص برداشت، شاخص برداشت سنبله، و شاخص باروری سنبله و ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر شاخص باروری سنبله در رسیدگی، بیشترین مقادیر و ژنوتیپ‌های گروه چهارم کمترین مقادیر را نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. از نظر صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و شاخص تقسیم‌بندی دانه، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت.

**تشکر و قدردانی**

از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه به خاطر فراهم آوردن مواد گیاهی و همکاری در اجرای آزمایش‌های مزرعه صمیمانه سپاسگزاریم.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۰۸ لاین و رقم با استفاده از آزمون توکی تحت شرایط دیم

Table 4. Means comparison of traits in groups resulting from cluster analysis of 108 lines and varieties of barley using Tukey's test under rain-fed conditions

| SPI | SFIm | SFI | SHI | HI | TGW | GFR | DM | DH | GY | تعداد ژنوتیپ Number of genotypes | گروه Groupe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.7251$^{a}$ | 50.18$^{a}$ | 135.33$^{a}$ | 0.6703$^{a}$ | 0.478$^{a}$ | 43.12$^{a}$ | 48.65$^{a}$ | 181.8$^{a}$ | 152.2$^{a}$ | 1520.53 $^{a}$ | 23 | C1 |
| 0.6775$^{ab}$ | 60.58$^{a}$ | 90.07$^{a}$ | 0.6652$^{a}$ | 0.448$^{ab}$ | 41.23$^{ab}$ | 39.97$^{a}$ | 184.09$^{a}$ | 152.64$^{a}$ | 1255.07$^{b}$ | 14 | C2 |
| 0.6692$^{b}$ | 51.22$^{a}$ | 95.01$^{b}$ | 0.6377$^{a}$ | 0.4254$^{b}$ | 37.66b$^{c}$ | 26.77$^{c}$ | 184.31$^{a}$ | 152.93$^{a}$ | 838.82$^{c}$ | 47 | C3 |
| 0.6713$^{b}$ | 49.06$^{a}$ | 84.94$^{b}$ | 0.5985$^{a}$ | 0.3979$^{b}$ | 32.95$^{bc}$ | 13.89$^{d}$ | 183.98$^{a}$ | 152.52$^{a}$ | 435.91$^{d}$ | 24 | C4 |

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطع احتمال ۱٪

♯ The same letters indicated nonsignificant diffrences at %1 probability leevel

GY: عملکرد دانه، DH: روز تا خوشه‌دهی، DM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، GFR: سرعت پرشدن دانه، TGW: وزن هزار دانه، HI: شاخص برداشت، SHI: شاخص برداشت سنبله، SFI: شاخص باروری سنبله، SFIm: شاخص باروری سنبله در رسیدگی، SPI: شاخص تقسیم‌بندی سنبله

GY: grain yield, DH: days to heading, DM: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, TGW:thousand-grain weight, HI:harvest index, SHI:spike harvest index, SFI:spike fertility index, SFIm:spike fertility index at maturity, and SPI:spike partitioning index.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۰۸ لاین و رقم با استفاده از آزمون توکی تحت شرایط آبیاری تکمیلی

Table 5. Means comparison of traits in groups resulting from cluster analysis of 108 lines and varieties of barley using Tukey's test under rain-fed conditions

| SPI | SFIm | SFI | SHI | HI | TGW | GFR | DM | DH | GY | تعداد ژنوتیپ Number of genotypes | گروه Groupe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5780$^{a}$ | 155.42$^{a}$ | 109.91$^{a}$ | 0.7643$^{ab}$ | 0.4387$^{a}$ | 39.71$^{b}$ | 73.00$^{b}$ | 184.65$^{a}$ | 154.33$^{a}$ | 2210.87b$^{♯}$ | 23 | C1 |
| 0.5629$^{a}$ | 143.39$^{a}$ | 110.01$^{a}$ | 0.7937$^{a}$ | 0.4453$^{a}$ | 44.77$^{a}$ | 92.84$^{a}$ | 185.39$^{a}$ | 154.75$^{a}$ | 2845.67$^{a}$ | 14 | C2 |
| 0.5931$^{a}$ | 82.03$^{b}$ | 93.6$^{ab}$ | 0.705$^{bc}$ | 0.4186$^{ab}$ | 37.93$^{b}$ | 54.89$^{c}$ | 184.62$^{a}$ | 154.23$^{a}$ | 1664.99$^{c}$ | 47 | C3 |
| 0.5802$^{a}$ | 66.25$^{b}$ | 78.61$^{b}$ | 0.6737$^{c}$ | 0.3933b | 36.53$^{b}$ | 34.78$^{d}$ | 185.5$^{a}$ | 155.65$^{a}$ | 1036.28$^{d}$ | 24 | C4 |

♯ حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطع احتمال ۱٪

♯ The same letters indicated nonsignificant diffrences at %1 probability leevel

GY: عملکرد دانه، DH: روز تا خوشه‌دهی، DM: روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، GFR: سرعت پرشدن دانه، TGW: وزن هزار دانه، HI: شاخص برداشت، SHI: شاخص برداشت سنبله، SFI: شاخص باروری سنبله، SFIm: شاخص باروری سنبله در رسیدگی، SPI: شاخص تقسیم‌بندی سنبله

GY: grain yield, DH: days to heading, DM: days to physiological maturity, GFR: grain filling rate, TGW:thousand-grain weight, HI:harvest index, SHI:spike harvest index, SFI:spike fertility index, SFIm:spike fertility index at maturity, and SPI:spike partitioning index.

## منابع


1. Abbate, P.E., A.C. Pontaroli, L. Lázaro and F. Gutheim. 2013. A method of screening for spike fertility in wheat. Journal of Agricultural Science, 151: 322-330.
2. Aghae-Sarbarzeh, M. and A. Amini. 2011. Genetic variability for agronomy traits in bread wheat genotypes collection of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 4: 581-599 (In Persian).
3. Ahakpaz, F., I. Bernousi, B. Abdollahi, S. Golkari, J. Jafarzadeh and S. Udupa 2020. Evaluation of barley genotypes based on morphological traits and drought tolerance indices under rain-fed and supplementary irrigation conditions. Iranian Journal of Dryland Agriculture. 8(2): 153-177. (In Persian).
4. Allard, R.W. 1999. Principles of Plant Breeding, 2nd ed. John Wiley and Sons Inc., New York. Pp.254.
5. Alonso, M.P., N.E. Mirabella, J.S. Panelo, M.G. Cendoya and A.C. Pontaroli. 2018. Selection for high spike fertility index increases genetic progress in grain yield and stability in bread wheat. Euphytica, 214(7): 112-124.
6. Alqudah, A.M. and T. Schnurbusch. 2017. Heading date is not flowering time in spring barley. Frontiers in Plant Science, 8:896. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00896 PMID: 28611811.
7. Araus, J.L., J. Bort, P. Steduto, D. Villegas and C. Royo. 2003. Breeding cereals for Mediterranean conditions: ecophysiological clues for biotechnology application. Annals of Applied Biology 142: 129-141.
8. Bodner, G., A. Nakhforoosh and H.P. Kaul. 2015. Management of crop water under drought: a review. Agronomy for Sustainable Development, 35: 401-442.
9. Campbell, K.G., C.J. Bergman, D.G. Gualberto, J.A. Anderson, M.J. Giroux, G. Hareland, G.R. Fulcher, M.E. Sorrells and P.L. Finney. 1999. Quantitative Trait Loci Associated with Kernel Traits in a Soft×Hard Wheat Cross. Crop Science, 39: 1184-1195.
10. Cooper, M., I.H.H. DeLacy and K.E.E. Basford. 1996. Relationship among analytical methods used to analyze genotypic adaptation in multi-environment trials. In: Cooper, M., Hammer, G.L. (Eds.), Plant Adaptation and Crop Improvement. CABI, Wallingford, UK, pp: 193-224.
11. Dolferus, R. 2014. To grow or not to grow: a stressful decision for plants. Plant Science, 229: 247-261.
12. Elía, M., R. Savin and G.A. Slafer. 2016. Fruiting efficiency in wheat: physiological aspects and genetic variation among modern cultivars. Field Crops Research, 191: 83-90.
13. Farjam Hajiagha, L., M. Nouraein, H. Hatami Maleki, B. Vaezi and T. Hossienpour. 2019. Investigation of Diversity and Classification of Some Barley Lines using Physiological and Morphological Characteristics. Journal of Crop Breeding, 11(29): 169-180 (In Persian).
14. Farooq, M., M. Hussain and K.H.M. Siddique. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Critical Reviews in Plant Sciences, 33: 331-349.
15. Ferrante, A., R. Savin and G.A. Slafer. 2012. Differences in yield physiology between modern, well-adapted durum wheat cultivars grown under contrasting conditions. Field Crops Research, 136: 52-64.
16. Fischer, R.A., 1984. Wheat. In: Proc. Symp. on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments Sep. 1980, (IRRI, Los Banos), pp: 129-154.
17. FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
18. Foulkes, M.J., G.A. Slafer, W.J. Davies, P.M. Berry, R. Sylvester-Bradley, P. Martre, D.F. Calderini, S. Griffiths and M.P. Reynolds. 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. Journal of Experimental Botany, 62: 469-486.
19. Gaju, O., M.P. Reynolds, D.L. Sparkes, M.P. Reynolds and M.J. Foulkes. 2014. Relationships between physiological traits, grain number, and yield potential in a wheat DH population of large spike phenotype. Field Crops Research, 164: 126-135.
20. Garcia, A.L., R. Savin and G.A. Slafer. 2019. Fruiting efficiency differences between cereal species. Field Crops Research, 231: 68-80.
21. https://cran.r-project.org/web/packages/dendextend/vignettes/dendextend.html
22. Jamshidi Golan, S., H. Mazahery Laghab, S.S. Moosavi and M. Kakaei. 2015. Variability of different characteristics of field resistance in different alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes to alfalfa weevil (Hypera postica Gyll.). Plant Production Technology, 7(1): 141-152.
23. Johnson, H.W., H. Robinson and R. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agronomy Journal, 47(7): 314-318.
24. Kruck, B.C., D.F. Calderini and G.A. Slafer. 1997. Grain weight in wheat cultivars released from 1920 to 1990 as affected by post-anthesis defoliation. Journal of Agricultural Science, 128: 273-281.
25. Kumar, J. and P. N. Bahl. 1992. Direct and indirect selection for yield in chickpea. Euphytica, 60: 197-199.
26. Levene, H. 1960. Robust tests for equality of variances. In Contributions to Probability and Statistics (I. Olkin, ed.) 278-292. Stanford Univ. Press, Palo Alto, CA.




[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]

27. Majumder, D.A.N., A.K.M. Shamsuddin, M.A. Kabir and L. Hassan. 2008. Genetic variability, correlated response, and path analysis of yield and yield contributing traits of spring wheat. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 6: 227-234.
28. Mirabella, N.E., P.E. Abbate, I.A. Ramirez and A.C. Pontaroli. 2016. Genetic variation for wheat spike fertility in cultivars and early breeding materials. Journal of Agricultural Science, 154(1): 13-22.
29. Mohseni, M., S.M.M. Mortazavian, H.A. Ramshini and B. Foghi. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agronomic traits. Journal of Crop Breeding, 8: 16-29 (In Persian).
30. Ogunniyan, D.J. and S.A. Olakojo. 2014. Genetic variation, heritability, genetic advance and agronomic character association of yellow elite inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Nigerian Journal of Genetics, 28: 24-28.
31. Pradhan, S., M.A. Babar, K. Robbins, G. Bai, R.E. Mason, J. Khan, D. Shahi, M. Avci, J. Guo, M.M. Hossain and M. Bhatta. 2019. Understanding the genetic basis of spike fertility to improve grain number, harvest index, and grain yield in wheat under high-temperature stress environments. Frontiers in Plant Science 10:1481. Doi: 10.3389/fpls.2019.01481.
32. Pretini, N., I.I. Terrile, L.N. Gazaba, G.M. Donaire, S. Arisnabarreta, L.S. Vanzetti and F.G. González. 2020. A comprehensive study of spike fruiting efficiency in wheat. Crop Science, 60: 1541-1555.
33. Rezaei Kalow, S., M. Khodarahmi and K.H. Mostafavi. 2013. Study of traits in different barley types using factor analysis under terminal drought stress and without stress conditions. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(3): 149-160 (In Persian).
34. Rivera-Amado C., E. Trujillo-Negrellos, G. Molero, M.P. Reynolds, R. Sylvester-Bradley and M.J. Foulkes. 2019. Optimizing Dry-Matter Partitioning for Increased Spike Growth, Grain Number and Harvest Index in Spring Wheat. Field Crop Research, 240: 154-167.
35. Robinson, H. F., R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1949. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. Agronomy Journal, 41(8): 353-359.
36. Roostaee M., D. Sadeghzadehahari, E. Zadhasan and Y. Arshad. 2003. Study of the relationship of wheat grain yield-affecting traits by factor analysis under rain-fed conditions. Journal of Agricultural Science, 13(1): 1-10 (In Persian).
37. Sadras, V. O. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. Field Crops Res. 100: 125-138.
38. Shavrukov Y, A. Kurishbayev, S. Jatayev, V. Shvidchenko, L. Zotova, F. Koekemoer, S. de Groot, K. Soole and P. Langridge. 2017. Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? Frontiers in Plant Science. 8:1950. DOI: 10.3389/fpls.2017.01950
39. Sivasubramanjan, S. and M. Menon. 1973. Heterosis and inbreeding depression in rice. Advances in Agronomy, 47: 85-140.
40. Tajalli, H., S.G. Mousavi, R. Baradaran, M.H. Saberi and E. Arazmjoo. 2013. Evaluation of 20 barley genotypes under the terminal drought conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 7(1): 91-104 (In Persian).
41. Tilman, D., P. Reich, J. Knops, D. Wedin and T. Mielke. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science, 294: 843-845.
42. You, S. and M. Izydorczyk. 2007. Comparison of the Physicochemical Properties of Barley Starches after Partial α-Amylolysis and Acid/Alcohol Hydrolysis. Carbohydrate Polymers, 69: 489-502.



[ DOI: 10.61186/jcb.15.46.27 ]