# استفاده از روش حداکثر درستنمایی محدود شده در برآورد همبستگی ژنوتیپی و قابلیت توارث ویژگی‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش کم‌آبیاری

**سامان والی‌زاده[١]، احمد اسماعیلی[٢،*]، هادی احمدی[٣]، امیدعلی اکبرپور[٤]، بیژن باجلان[٥] و اشکبوس امینی[٦]**

١- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
٢- استاد، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
٣- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
٤- استادیار، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
٥- مربی، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
٦- استادیار، بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ١٣٩٨/٠٧/٠٨ – تاریخ پذیرش: ١٣٩٨/١١/٢٠)

## چکیده

سطح زیر کشت گندم در کشور ایران بیشتر به‌صورت دیم می‌باشد و در این شرایط تنش کم‌آبی تأثیر زیادی بر عملکرد این گیاه می‌گذارد. از این‌رو لازم است فعالیت‌های تحقیقاتی به‌نژادی بیشتری در خصوص تولید ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی صورت گیرد. به‌منظور برآورد وراثت‌پذیری و همبستگی ژنتیکی صفات، ٣٦ رقم و لاین گندم با استفاده از دو آزمایش مجزا (نرمال و تنش کمبود آب) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط نرمال و تنش تفاوت معنی‌داری را برای منبع محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط حداقل در سطح ٥ درصد نشان دادند. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نشان داد که برای شرایط نرمال ٦ عامل اول در مجموع ٨١/١٣ درصد و برای شرایط تنش ٥ عامل اول در مجموع ٧٤/٩٦ درصد از تغییرات را تبیین کردند. نتایج برآورد همبستگی ژنتیکی بر اساس روش حداکثر درستنمایی محدود شده نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله بیشترین ارتباط را با عملکرد دانه دارا بودند و از این‌رو برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا تحت شرایط نرمال و تنش کم‌آبیاری با اهمیت محسوب می‌شوند. برآورد وراثت‌پذیری بر اساس روش حداکثر درستنمایی محدود شده نشان داد که صفت تعداد روز تا به سنبله رفتن در هر دو شرایط نرمال و تنش بیشترین مقادیر وراثت‌پذیری را به خود اختصاص داد.

**واژگان کلیدی:** تجزیه به عامل‌ها، تجزیه واریانس مرکب، گندم، وراثت‌پذیری، همبستگی ژنتیکی

[*] نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **ismaili.a@lu.ac.ir**



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

**مقدمه**

بر اساس پیش‌بینی سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2010) جمعیت بشر رو به افزایش است، در حالی‌که منابع ما برای تولید مواد غذایی نه‌تنها افزایش نمی‌یابد بلکه به‌واسطه استفاده نادرست بشر، تغییرات اقلیمی و همچنین تغییر کاربری منابع آب و زمین‌های کشاورزی برای صنعت و شهرسازی با کاهش روبرو است. گندم (*Triticum aestivum* L.) اولین غله و مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا محسوب می‌شود و سهم عمده‌ای در تغذیه‌ای انسان دارد (Zargari, 1998). این محصول استراتژیک سالانه بیش از ۳۱ درصد از کل زمین‌های جهان را به کشت خود اختصاص می‌دهد. مطابق گزارش‌های موجود، از مجموع ۱۲/۲ میلیون هکتار اراضی زیر کشت کشور بالغبر ۷۲ درصد به کشت گندم اختصاص داشته است که ۳۷/۵ درصد آن آبی و ٦۲/۵ درصد آن دیم است. به‌همین دلیل حال حاضر نیاز ضروری به تحقیقات در زمینه شناسایی، جمع‌آوری و تولید ژنوتیپ‌های متحمل و مقاوم به خشکی در گندم در کشور و به‌ویژه در استان‌هایی که کشت غالب آنها دیم است (مثل استان لرستان) احساس می‌گردد (Darvishian *et al*., 2016).

برای داشتن عملکرد دانه بالا به رشد سبزینه‌های خوب و گیاهانی با قدرت رویشی و زایشی مناسب نیاز است (Talei and Bahram Nejhad, 2003). استفاده از روش‌های اصلاحی یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد جهت دستیابی به این مهم می‌باشد (Crossa *et al*., 1990)؛ اما با توجه به این‌که عملکرد یک صفت کمی است و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود، با استفاده از تجزیه همبستگی می‌توان روابط پیچیده بین صفات و همچنین تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه را مشخص ساخت (Tousi-Mojarad and Bihamta, 2008).

یوسیف و همکاران (Yousif *et al*., 2015) در بررسی برخی ژنوتیپ‌های گندم همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در بوته را گزارش کردند. محسنی و همکاران (Mohseni *et al.,* 2015) اعلام نمودند در شرایط مطلوب صفات تعداد سنبله در بوته، وزن هزار دانه و طول سنبله و در شرایط تنش صفات تعداد سنبله در بوته، وزن دانه در سنبله و عملکرد کاه بیشترین توجیه عملکرد را دارند. سیاح و همکاران (Sayah *et al*., 2015) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی همبستگی ژنتیکی بالایی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و طول سنبله وجود دارد. گزارش شده است که در شرایط بدون تنش تعداد دانه در سنبله و عملکرد زیست‌توده از اجزای مؤثر در افزایش عملکرد می‌باشند (Taghizadegan *et al.,* 2015). عوامل مؤثر بر اجزای عملکرد بهترین معیار انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌باشند (Sadegh Ghoul Moghadam *et al.,* 2011). با توجه به اینکه صفات وزن هزار دانه، ارتفاع، تعداد سنبله در بوته و عملکرد بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را دارند، می‌توان برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و لاین‌ها از آن‌ها استفاده کرد (Sadegh Ghoul Moghadam *et al.,* 2011).

در بررسی دیگری تعداد ٤۰ لاین در آزمایش نسل‌های پیشرفته گندم به همراه ۱۱ شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند و ۱۷ صفت مورفولوژیکی در این لاین‌ها اندازه‌گیری شدند. تجزیه به عامل‌ها، ۱۵ صفت مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه را به پنج عامل اصلی رسیدگی، خصوصیات سنبله (تعداد سنبله، طول سنبله و وزن سنبله)، خصوصیات دانه (وزن هزار دانه، عملکرد دانه در مترمربع و تعداد دانه در سنبله)، کیفیت پروتئین و پنجه‌زنی کاهش داد (Gupta *et al.,* 1999). اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al.,* 2014) در تحقیقی به‌منظور ارزیابی خصوصیات گندم نان ایرانی با استفاده از روش حداکثر درستنمایی محدود شده تحت شرایط نرمال و تنش شوری، ۳۳ ژنوتیپ را در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت کردند. آن‌ها با استفاده از برآوردهای مختلف به‌روش REML (Restricted maximum likelihood) نشان دادند که صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دارای تنوع ژنتیکی در شرایط نرمال و تنش شوری بودند؛ ولی در بررسی آن‌ها با استفاده از روش



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

REML، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای هیچ‌کدام از صفات مشاهده نشد. همچنین همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با زیست‌توده (٠/٩٧) و شاخص برداشت (٠/٩٤) در دو شرایط نرمال و تنش شوری و همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی (٠/٣٢-) در شرایط تنش شوری مشاهده شد (Akbarpour *et al.,* 2014).

هدف از این تحقیق بررسی همبستگی ژنوتیپی صفات مرتبط با عملکرد دانه و تعیین وراثت‌پذیری آن‌ها بر اساس روش REML و گروه‌بندی این صفات به روش تحلیل عاملی تحت شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در گندم نان بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ١٣٩٣ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهرستان خرم‌آباد، کیلومتر ١٢ جاده اندیمشک با طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ٣٣ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٢ درجه و ٢٩ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ١٢١٠ متر و متوسط بارندگی سالیانه ٤٤٢/٥ میلی‌متر و دمای متوسط ١٧/٣ درجه سانتی‌گراد و اقلیم نیمه‌خشک انجام گردید. از دو آزمایش مجزا به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ٣٦ ژنوتیپ مختلف (جدول ١) در سه تکرار برای هر کدام از دو تیمار آبیاری بدون تنش و تنش رطوبتی استفاده شد. فاصله کرت‌ها از هم ٥٠ سانتی‌متر بود و بذور روی پنج خط دو متری در هر کرت کشت شدند. فاصله بین بلوک‌ها دو متر و فاصله بین مکان عدم تنش و تنش کم‌آبیاری ١٠ متر در نظر گرفته شد. عملیات زراعی از جمله کاشت، داشت، اضافه نمودن کود مطابق عرف منطقه صورت گرفت. کلیه مراحل آبیاری در دو آزمایش به‌صورت مشابه صورت گرفت و در مرحله بعد از مرحله به سنبله رفتن (مصادف با انتهای فصل رشد)، در محیط تنش آبیاری قطع شد ولی در محیط نرمال آبیاری صورت گرفت. قابل‌ذکر است که طی فصل رشد، آبیاری برحسب درصد رطوبت خاک، نوع بافت خاک، میزان بارندگی و سایر شرایط صورت گرفت. جهت بررسی رطوبت خاک با استفاده از روش وزنی، چند نقطه از خاک مزرعه در عمق ٣٠-٠ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و در انتهای فصل رشد (مرحله گلدهی و پر شدن دانه) جهت اطمینان از وضعیت رطوبت خاک یک روز در میان رطوبت خاک بررسی گردید. اسامی صفات مورد مطالعه در (جدول ٢) آورده شده است. با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر، کلروفیل برگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از کالیبره کردن دستگاه، با انتخاب برگ‌های پرچم بالغ ٥ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، طبق دستورالعمل نقطه حساس دستگاه، بر قسمت میانی برگ قرار داده شد و عدد خوانده شده توسط دستگاه، ثبت گردید.

تجزیه به عامل‌ها، برآورد همبستگی ژنتیکی و وراثت‌پذیری با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.1 انجام شد و گراف مربوط به صفات توسط نرم‌افزار GGE biplot ترسیم گردید. مدل مختلط یک مدل آماری است که حاوی هر دو اثرات ثابت (یعنی پارامترهایی که مرتبط با تمامی جمعیت و یا سطوح تکراردار آزمایش) و تصادفی (یعنی واحدهای آزمایشی که به‌طور تصادفی از یک جمعیت گرفته شده‌اند) می‌باشد. روش‌های مختلط قادر به تحلیل داده‌های مختلف مثل داده‌های نامتعادل، داده‌های مربوط به زمان‌های مختلف و برآورد مؤلفه‌های واریانس (مثل واریانس و کوواریانس) می‌باشند. روش REML جایگزینی برای روش مانوا (MANOVA: Multivariable Analyze of Variance) است و مشکلات آن را ندارد (Mode and Robinson, 1959). این روش آن قسمت از درستنمایی که به اثرات ثابت بستگی ندارد را حداکثر می‌نماید (Akbarpour, 2017). قابل‌ذکر است که در حالت متعادل برآوردهای روش REML شبیه روش‌های آنوا می‌باشد (Lynch and Walsh, 1998) و با استفاده از روش REML آزمون تعداد زیادی فرض امکان‌پذیر است. در این تحقیق نیز برای برآورد ضرایب همبستگی ژنتیکی و وراثت‌پذیری‌ها از این روش استفاده گردید. همبستگی ژنتیکی بین صفات i و j با استفاده از واریانس ژنوتیپی و اجزاء واریانس برآورد شده بر اساس روش REML به شرح زیر محاسبه شد (Wright, 1998):

$$r_{gij} = \frac{\sigma Gij}{\sigma Gi \times \sigma Gj}$$



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

در این فرمول، σGij نشان‌دهنده واریانس ژنوتیپی بین صفات i و j؛ σGi نشان‌دهنده انحراف معیار ژنوتیپی برای صفت i و σGj نشان‌دهنده انحراف معیار ژنوتیپی برای صفت j می‌باشد. وراثت‌پذیری و خطای استاندارد آن در یک طرح پایه براساس روش Main plot به‌ترتیب زیر محاسبه گردید (Lynch and Walsh, 1998):

$$H_{\text{plot-basis}} = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 G + \sigma^2 GE + \sigma^2 g}$$

$$H_{\text{bulked-sample-basis}} = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 G + \sigma^2 GE}$$

که در آن $\sigma^2_G$ نشان‌دهنده واریانس ژنوتیپ، $\sigma^2_{GE}$ نشان‌دهنده واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و $\sigma^2_g$ نشان‌دهنده واریانس خطا است.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم و مشخصات شجره یا منطقه آن‌ها

Table 1. Name of wheat genotypes with their pedigree or location

| ژنوتیپ Genotype | شجره/ منطقه Pedigree / Region | ژنوتیپ Genotype | شجره/ منطقه Pedigree / Region |
|---|---|---|---|
| BUMI1 | یزد Yazd | FALAT | ایران Iran |
| BUMI3 | شاه‌پسند × آتیلا Atila × Shahpasand | STAR | ایران Iran |
| BUMI4 | شیراز Shiraz | SHIRAZ | ایران Iran |
| BUMI5 | ایران Iran | SALT18 | Nad/Ww//Lee/Fn…/3/Attila-50Y |
| BUMI6 | ایران Iran | SALT19 | 1-66-22//Bow"s"/crow"s"/3Kavir |
| BUMI7 | ایران Iran | SALT20 | Daibra/Mam |
| BUMI8 | ایران Iran | SALT21 | Emu"s"/Tj84-1543//1-27-7876/Cndr/3/1-66-22 |
| BUMI9 | بوشهر Boushehr | SALT22 | GF-gy54/Attila |
| BUMI10 | ایران Iran | SALT23 | GKzombor/ZM |
| BUMI12 | مشهد Mashhad | SALT24 | Ombu/Alamo//Alvd/3/Kauz/stm |
| BUMI13 | مشهد Mashhad | SALT25 | Ombu/Alamo//Mahooti/3/1-66-22 |
| BUMI14 | ایران Iran | SALT26 | Sakha8/Darab#2//1-66-22 |
| BUMI15 | ایران Iran | SALT27 | Hmd//1-66-22//Inia |
| BUMI16 | اصفهان Isfahan | SALT28 | Hmd//1-66-22//Inia |
| BUMI17 | مشهد Mashhad | SALT29 | 1-66-22/3/Alvd//Aldan/Las |
| BEZOSTAia | ایران Iran | SALT30 | Desprez80/Rsh//1-66-22/Inia |
| DEZ | ایران Iran | ZARIN | ایران Iran |
| DN11 | ایران Iran | ZAGROS | ایران Iran |



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

جدول ۲- صفات مورد مطالعه و علامت اختصاری آن‌ها

Table 2. Evaluated traits and their symbols

| علامت اختصاری Symbol | Traits | صفات |
|---|---|---|
| OL | Length of awn (cm) | طول ریشک (cm) |
| KPS | Kernel per spike | تعداد دانه در سنبله |
| NSP | Number of spikes per plant | تعداد سنبله در بوته |
| SNPS | Spikelet number per spike | تعداد سنبلچه در سنبله |
| FL | Flag leaf length (cm) | طول برگ پرچم (cm) |
| HKW | Hundred kernel weight (g) | وزن صد دانه (g) |
| KWS | Kernel weight per spike (g) | وزن دانه در سنبله (g) |
| SW | Spike weight (g) | وزن سنبله (g) |
| CPC | Chlorophyll content | محتوای کلروفیل |
| PLH | Plant height (cm) | ارتفاع گیاه (cm) |
| DHE | Days to heading | روز تا سنبله رفتن |
| DMA | Days to maturity | روز تا رسیدگی کامل |
| FLH | Flag leaf height (cm) | ارتفاع تا برگ پرچم (cm) |
| HWS | Height without spike (cm) | ارتفاع بدون سنبله (cm) |
| GY | Grain yield (kg/ha) | عملکرد دانه (kg/ha) |
| BM | Biomass (kg/ha) | عملکرد زیست‌توده (kg/ha) |
| LS | Length of spike (cm) | طول سنبله (cm) |
| LP | Length of peduncle (cm) | طول پدانکل (cm) |
| LXT | Length of extrusion (cm) | طول اکستروژن (قسمت بیرون آمده پدانکل) (cm) |
| HI | Harvest index (%) | شاخص برداشت (%) |

## نتایج و بحث

**تجزیه واریانس مرکب**: نتایج تجزیه مرکب برای صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط عدم تنش و تنش نشان داد که بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری را برای محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط حداقل در سطح ۵ درصد نشان دادند (جدول۳).

به‌عبارتی بین شرایط مختلف محیطی (آبیاری و تنش) از نظر صفات به‌غیر از تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، میزان کلروفیل برگ و طول اکستروژن اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان می‌دهد تنش کمبود آب سبب کاهش ارزش صفات مذکور شده است. بین ژنوتیپ‌ها نیز از نظر کلیه صفات به‌جز طول برگ پرچم و تعداد سنبله در بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای کلیه صفات به‌جز وزن صد دانه، تعداد سنبله در بوته و طول برگ پرچم معنی‌دار بود که نشان دهنده عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در مورد صفات مذکور است.



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ] [ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ] [ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]



جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و عدم تنش

Table 3. Combined analysis of variance of traits in wheat genotypes under stress and non-stress conditions

| منبع تغییرات S.O.V | درجه آزادی D.F | میانگین مربعات Mean squares | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | OL | KPS | NSP | SNPS | FL | HKW | KWS | SW | CPC | PLH | DHE | DMA | FLH | HWS | GY | BM | LS | LP | LXT | HI |
| محیط Environment | 1 | 8.87$^{**}$ | 81.51$^{ns}$ | 6464.2$^{**}$ | 7.55$^{ns}$ | 22.8$^{*}$ | 6.86$^{**}$ | 44.62$^{**}$ | 77.19$^{**}$ | 2.33$^{ns}$ | 7473.2$^{**}$ | 442.04$^{**}$ | 737$^{**}$ | 6082$^{**}$ | 6566.8$^{**}$ | 50590430$^{**}$ | 574799876$^{**}$ | 29.28$^{**}$ | 302.7$^{**}$ | 31.8$^{ns}$ | 0.012$^{*}$ |
| محیط / تکرار R/E | 4 | 0.56 | 30.6 | 235.9 | 0.63 | 17.05 | 1.46 | 4.44 | 8.02 | 155.01 | 762.4 | 10.06 | 16.05 | 313.6 | 753.8 | 5393426 | 44733408 | 1.16 | 193.5 | 114.3 | 0.009 |
| ژنوتیپ Genotype | 35 | 14.68$^{**}$ | 170.6$^{**}$ | 65.52$^{ns}$ | 5$^{**}$ | 4.03$^{ns}$ | 1.03$^{**}$ | 3.43$^{*}$ | 6.36$^{**}$ | 34.87$^{*}$ | 179.7$^{**}$ | 121.8$^{**}$ | 71.8$^{**}$ | 176.8$^{**}$ | 163.8$^{**}$ | 3002003$^{**}$ | 14885441$^{**}$ | 2.58$^{**}$ | 41.8$^{**}$ | 25.7$^{**}$ | 0.01$^{**}$ |
| ژنوتیپ×محیط G × E | 35 | 7.46$^{**}$ | 110.2$^{**}$ | 55.74$^{ns}$ | 8.46$^{**}$ | 3.3$^{ns}$ | 0.32$^{ns}$ | 3.05$^{*}$ | 5.03$^{*}$ | 34$^{*}$ | 137.2$^{**}$ | 114.05$^{**}$ | 42.1$^{**}$ | 63.2$^{**}$ | 131.9$^{**}$ | 159684$^{*}$ | 7690686$^{*}$ | 1.33$^{*}$ | 40.5$^{**}$ | 41.1$^{**}$ | 0.0065$^{**}$ |
| خطا Error | 140 | 0.54 | 39.7 | 59.74 | 1.96 | 3.95 | 0.28 | 1.98 | 2.97 | 20.15 | 58.3 | 3.85 | 8.4 | 30.9 | 54.9 | 979087 | 4869635 | 0.88 | 12.2 | 11.9 | 0.003 |

$^{ns}$، $^{*}$ و $^{**}$: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

$^{ns}$, $^{*}$ and $^{**}$: Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

OL: طول ریشک؛ KPS: تعداد دانه در سنبله؛ NSP: تعداد سنبله در بوته؛ SNPS: تعداد سنبلچه در سنبله؛ FL: طول برگ پرچم؛ HKW: وزن صد دانه؛ KWS: وزن دانه در سنبله؛ SW: وزن سنبله؛ CPC: محتوای کلروفیل؛ PLH: ارتفاع گیاه؛ DHE: روز تا سنبله رفتن (خوشه رفتن)؛ DMA: روز تا رسیدگی کامل؛ FLH: ارتفاع تا برگ پرچم؛ HWS: ارتفاع بدون سنبله؛ GY: عملکرد دانه؛ BM: عملکرد زیست‌توده؛ LS: طول سنبله؛ LP: طول پدانکل؛ LXT: طول اکستروژن (قسمت بیرون آمده پدانکل)؛ HI: شاخص برداشت

OL: Length of awn; KPS: Kernel per spike; NSP: Number of spikes per plant; SNPS: Spikelet number per spike; FL: Flag leaf length; HKW: Hundred kernel weight; KWS: Kernel weight per spike; SW: Spike weight; CPC: Chlorophyll content; PLH: Plant height; DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; FLH: Flag leaf height; HWS: Height without spike; GY: Grain yield; BM: Biomass; LS: Length of spike; LP: Length of peduncle; LXT: Length of extrusion; HI: Harvest index

اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al*., 2014) گزارش کردند که برآوردهای مختلف به‌روش REML نشان داد که صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دارای تنوع ژنتیکی در شرایط نرمال و تنش شوری بودند که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی گندم برای تحمل به شوری استفاده کرد. همچنین با استفاده از روش REML اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای هیچ‌کدام از صفات به‌ویژه عملکرد که یکی از مهم‌ترین صفات برای ارزیابی تحمل به تنش شوری در گندم است، مشاهده نشد.

**تجزیه به عامل‌ها:** نتایج حاصل از تجزیه به عامل برای شرایط بدون تنش و تنش در جداول ٤، ٥، ٦ و ٧ آورده شده است. در جدول ٤ مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس در شرایط بدون تنش مشاهده می‌شود. در شرایط بدون تنش بر اساس ریشه‌های بزرگ‌تر از یک، شش عامل اول معنی‌دار شدند که در مجموع ٨١/١٣ درصد از تغییرات را توجیه کردند. سه عامل اول بیشترین تغییرات را شامل شدند و به‌ترتیب ٣٥/١٧، ١٤/٩٨ و ١٣/٥٧ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. از عامل‌های ٤، ٥ و ٦ به‌دلیل میزان تأثیرگذاری کم چشم‌پوشی شد. حیدری و همکاران (Heydari *et al*., 2008) در آزمایشی ١٥٧ لاین دابل‌هاپلوئید گندم را بررسی نمودند و گزارش کردند که با استفاده در تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل وارد مدل شدند که ٩٣/٧٣ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند. برای عامل اول در شرایط بدون تنش به‌ترتیب صفات وزن دانه در سنبله، وزن سنبله، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت دارای ضرایب مثبت و بزرگ بودند؛ بنابراین این عامل، عامل اجزای مؤثر بر عملکرد دانه نام‌گذاری شد. عامل دوم به‌ترتیب برای صفات ارتفاع بدون سنبله، طول پدانکل و طول اکستروژن دارای ضرایب مثبت و بزرگ بود و برای صفت ارتفاع گیاه دارای ضریب بزرگ و منفی بود؛ بنابراین عامل دوم، عامل مؤثر بر ارتفاع گیاه نام‌گذاری شد. عامل سوم به‌دلیل داشتن ضرایب مثبت و بزرگ به‌ترتیب برای صفات تعداد روز تا رسیدگی کامل، تعداد روز تا سنبله رفتن و ارتفاع گیاه عامل مؤثر بر رسیدگی نام‌گذاری شد (جدول ٥). صادق قول مقدم و همکاران ( Sadegh Ghoul Moghadam *et al.*, 2011) نیز تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله را به‌عنوان عامل مؤثر بر اجزای عملکرد معرفی کردند. در جدول ٦ مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس در شرایط تنش مشاهده می‌شود. در شرایط تنش پنج عامل اول دارای مقادیر ریشه‌ای بزرگ‌تر از یک بودند و معنی‌دار شدند. پنج عامل اول در مجموع ٧٤/٩٦ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

عامل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ٣٧/١٢، ١٧/٠٣ و ٩/٥ درصد از تغییرات را در برگرفتند. از عامل‌های ٤ و ٥ به‌دلیل تأثیرگذاری کم چشم‌پوشی شد.

جدول ٤- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و درصد واریانس تجمعی در تجزیه به عامل‌ها در شرایط نرمال

Table 4. Eigen values, relative variance and cumulative variance in factor analysis under normal condition

| عامل‌ها | مقادیر ویژه | واریانس نسبی | درصد واریانس تجمعی |
|---|---|---|---|
| Factors | Eigenvalue | Proportion | Cumulative% |
| 1 | 7.0345 | 0.3517 | 35.17 |
| 2 | 2.9966 | 0.1498 | 50.16 |
| 3 | 2.7145 | 0.1357 | 63.73 |
| 4 | 1.2535 | 0.0627 | 70.00 |
| 5 | 1.2216 | 0.0611 | 76.10 |
| 6 | 1.0041 | 0.0502 | 81.13 |



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

جدول ۵- ضرایب عامل‌های مشترک در صفات مختلف برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط نرمال

Table 5. Coefficients of common factor for different traits of wheat genotypes under normal condition

| صفات | Traits | عامل اول Factor 1 | عامل دوم Factor 2 | عامل سوم Factor 3 |
|---|---|---|---|---|
| طول ریشک (cm) | Length of awn (cm) | 0.0815 | -0.0427 | -0.1616 |
| تعداد دانه در سنبله | Kernel per spike | 0.7491 | -0.2424 | -0.0728 |
| تعداد سنبله در بوته | Number of spikes per plant | 0.2228 | 0.0163 | 0.0634 |
| تعداد سنبلچه در سنبله | Spikelet number per spike | 0.5939 | -0.1090 | 0.4433 |
| طول برگ پرچم (cm) | Flag leaf length (cm) | 0.0540 | 0.1901 | 0.2251 |
| وزن صد دانه (g) | Hundred kernel weight (g) | 0.5348 | 0.5235 | 0.1733 |
| وزن دانه در سنبله (g) | Kernel weight per spike (g) | 0.9165 | 0.2194 | 0.1206 |
| وزن سنبله (g) | Spike weight (g) | 0.9163 | 0.1474 | 0.0641 |
| محتوای کلروفیل | Chlorophyll content | -0.2091 | -0.3442 | 0.0961 |
| ارتفاع گیاه (cm) | Plant height (cm) | 0.1304 | -0.9431 | 0.2309 |
| روز تا سنبله رفتن | Days to heading | -0.1360 | 0.0075 | 0.8860 |
| روز تا رسیدگی کامل | Days to maturity | 0.4320 | 0.2496 | 0.7236 |
| ارتفاع تا برگ پرچم (cm) | Flag leaf height (cm) | 0.0101 | 0.6905 | 0.6532 |
| ارتفاع بدون سنبله (cm) | Height without spike (cm) | 0.1254 | 0.9431 | 0.2304 |
| عملکرد دانه (kg/ha) | Grain yield (kg/ha) | 0.7704 | 0.3882 | -0.0708 |
| عملکرد زیست‌توده (kg/ha) | Biomass (kg/ha) | 0.5957 | 0.3875 | 0.1148 |
| طول سنبله (cm) | Length of spike (cm) | 0.0728 | 0.1714 | 0.0469 |
| طول پدانکل (cm) | Length of peduncle (cm) | 0.2340 | 0.9042 | -0.0957 |
| طول اکستروژن (قسمت بیرون آمده پدانکل) (cm) | Length of extrusion (cm) | 0.3318 | 0.7847 | -0.4560 |
| شاخص برداشت (%) | Harvest index (%) | 0.7425 | 0.2446 | -0.2894 |

جدول ٦- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و درصد واریانس تجمعی در تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش

Table 6. Eigen values, relative variance and cumulative variance in factor analysis under stress condition

| عامل‌ها Factors | مقادیر ویژه Eigenvalue | واریانس نسبی Proportion | درصد واریانس تجمعی Cumulative% |
|---|---|---|---|
| 1 | 7.42444 | 0.3712 | 0.3712 |
| 2 | 3.40593 | 0.1703 | 0.5415 |
| 3 | 1.90731 | 0.0954 | 0.6369 |
| 4 | 1.16365 | 0.0582 | 0.6951 |
| 5 | 1.09009 | 0.0545 | 0.7496 |



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

جدول ٧- ضرایب عامل مشترک در صفات مختلف برای ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش

Table 7. Coefficients of common factor for different traits of wheat genotypes under stress condition

| صفات | Traits | عامل اول Factor 1 | عامل دوم Factor 2 | عامل سوم Factor 3 |
|---|---|---|---|---|
| طول ریشک (cm) | Length of awn (cm) | -0.0598 | 0.0883 | -0.0427 |
| تعداد دانه در سنبله | Kernel per spike | -0.1018 | 0.8962 | -0.1906 |
| تعداد سنبله در بوته | Number of spikes per plant | 0.1435 | 0.0883 | 0.0503 |
| تعداد سنبلچه در سنبله | Spikelet number per spike | 0.0166 | 0.8242 | 0.0710 |
| طول برگ پرچم (cm) | Flag leaf length (cm) | 0.4277 | 0.3189 | -0.0706 |
| وزن صد دانه (g) | Hundred kernel weight (g) | 0.6641 | 0.0529 | -0.0439 |
| وزن دانه در سنبله (g) | Kernel weight per spike (g) | 0.4250 | 0.8042 | -0.1723 |
| وزن سنبله (g) | Spike weight (g) | 0.3703 | 0.8115 | -0.1733 |
| محتوای کلروفیل | Chlorophyll content | -0.0879 | -0.0617 | 0.2037 |
| ارتفاع گیاه (cm) | Plant height (cm) | 0.9708 | 0.0957 | 0.0801 |
| روز تا سنبله رفتن | Days to heading | 0.0195 | -0.1167 | 0.9138 |
| روز تا رسیدگی کامل | Days to maturity | 0.3636 | -0.0208 | 0.7107 |
| ارتفاع تا برگ پرچم (cm) | Flag leaf height (cm) | 0.8485 | 0.0144 | 0.3939 |
| ارتفاع بدون سنبله (cm) | Height without spike (cm) | 0.9714 | 0.0745 | 0.0701 |
| عملکرد دانه (kg/ha) | Grain yield (kg/ha) | 0.7164 | 0.3951 | -0.2110 |
| عملکرد زیست‌توده (kg/ha) | Biomass (kg/ha) | 0.7863 | 0.2774 | -0.0382 |
| طول سنبله (cm) | Length of spike (cm) | 0.3108 | 0.2186 | 0.1153 |
| طول پدانکل (cm) | Length of peduncle (cm) | 0.9114 | 0.0588 | -0.1291 |
| طول اکستروژن (قسمت بیرون آمده پدانکل) (cm) | Length of extrusion (cm) | 0.5169 | 0.1458 | -0.5587 |
| شاخص برداشت (%) | Harvest index (%) | 0.2043 | 0.4852 | -0.5778 |

در شرایط تنش برای عامل اول به‌ترتیب صفات ارتفاع بدون سنبله، ارتفاع گیاه، طول پدانکل، ارتفاع تا برگ پرچم دارای ضرایب مثبت و بزرگ بودند؛ بنابراین این عامل، عامل مؤثر بر ارتفاع گیاه نام‌گذاری شد. عامل دوم به‌دلیل داشتن ضرایب مثبت به‌ترتیب برای صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن سنبله و وزن دانه در سنبله، عامل اجزای عملکرد نام‌گذاری شد. عامل سوم به‌ترتیب برای صفات تعداد روز تا به سنبله رفتن و تعداد روز تا رسیدگی کامل دارای ضرایب بزرگ و مثبت بود؛ بنابراین این عامل، عامل فنولوژیکی نام‌گذاری شد (جدول ٧).

طوسی مجرد و بی‌همتا (Tousi-Mojarad and Bihamta, 2007) به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی، آزمایشی روی ٢٤٥ ژنوتیپ دریافتی از سیمیت (CIMMYT) انجام دادند که از طریق تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی ٥ عامل در مجموع ٧٠/٦٧ از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. نتایج حاصل از بررسی ضرایب عاملی نشانگر اهمیت صفات طول پدانکل، طول اکستروژن (بیرون آمدگی پدانکل)، ارتفاع و صفات مربوط به زودرسی در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب برای شرایط خشکی بود.

گوپتا و همکاران (Gupta *et al*., 1999) ١٧ صفت از ٤٠ لاین پیشرفته گندم را در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی ارزیابی نمودند که تجزیه به عامل‌ها، ١٥ صفت مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه را در ٥ عامل اصلی تعداد روز تا رسیدگی کامل، طول سنبله، وزن دانه، میزان پروتئین و تعداد سنبله در بوته کاهش داد. آن‌ها همچنین بیان کردند که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر بالای عامل اول، دارای عملکرد بیشتری بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عامل اول می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در جمعیت مورد مطالعه گردد. خدادادی و همکاران (Khodadadi *et al*., 2011) در بررسی ٣٦ ژنوتیپ



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

مختلف گندم در تحلیل عاملی در مجموع سه عامل را شناسایی کردند که شامل عامل مؤثر بر عملکرد، فتوسنتز و طول دوره رسیدگی بودند.

طوسی مجرد و بی‌همتا (Tousi-Mojarad and Bihamta, 2007) عملکرد دانه در سنبله، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد سنبلچه در سنبله را تحت عنوان عامل مؤثر بر اجزای عملکرد و تولید محصول معرفی کردند. حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2008) صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا ظهور سنبله، طول برگ پرچم و تعداد روز تا رسیدگی را تحت عنوان خصوصیات رسیدگی معرفی کردند. ظهور زودتر ساقه و سنبله فرصت زیادتری را برای پر شدن دانه در اختیار بوته قرار می‌دهد تا از رطوبت موجود قبل از وقوع تنش شدید خشکی و افزایش دما برای پر کردن دانه بهره‌برداری کند.

اصولاً باید بین تعداد روز تا رسیدگی کامل و تعداد روز تا به سنبله رفتن همبستگی بالایی وجود داشته باشد؛ بنابراین زودرسی می‌تواند یک عامل برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی باشد (Heydari *et al.*, 2008). با وجود آن‌که خصوصیات مورفولوژیکی متعددی در مقاومت یا تحمل ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی تأثیر دارند، اما به‌دلیل ناشناخته بودن بسیاری از آن‌ها هنوز عملکرد دانه و اجزای آن به‌عنوان بهترین معیار در پیشبرد ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بنابراین عامل مؤثر بر اجزای عملکرد بهترین معیار انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌باشند (Sadegh Ghoul Moghadam *et al.*, 2011). با توجه به اینکه صفات تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و وزن دانه در سنبله در عامل اول در شرایط بدون تنش و در عامل دوم در شرایط تنش بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را داشتند؛ لذا در مجموع می‌توان در هر دو شرایط برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و لاین‌ها از این صفات استفاده کرد.

**همبستگی ژنوتیپی:** با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی این پژوهش تعیین صفاتی با بالاترین رابطه با عملکرد بود، اقدام به محاسبه ضرایب همبستگی ژنوتیپی صفات مختلف با همدیگر و با عملکرد گردید. ضرایب همبستگی ژنوتیپی بین صفات مختلف در شرایط بدون تنش و تنش در جداول ۸ و ۹ آورده شده است. در اکثر موارد ضریب همبستگی ژنوتیپی بیشتر یا مساوی فنوتیپی مشاهده شد که علت این امر را می‌توان به اثرات عوامل محیطی که به‌طور متناوب بر روی این صفات عمل کرده و موجب کاهش ارتباط فنوتیپی بین آن‌ها شده است نسبت داد (Iqbal *et al.*, 2007). رینولد و همکاران (Reynolds *et al.*, 2004) بیان داشتند که ضرایب ژنتیکی اهمیت بیشتری از ضرایب فنوتیپی دارند زیرا در همبستگی‌های ژنتیکی اثر عوامل خارجی که در ایجاد ارتباط غیرواقعی بین صفات نقش دارند حذف یا به حداقل مقدار خود می‌رسند.

افزایش وزن دانه در سنبله با تعداد سنبله در بوته رابطه عکس نشان داد چرا که تعداد سنبله‌های زیاد در بوته سبب می‌شود که گیاه در تأمین مواد غذایی مورد نیاز سنبله‌ها ناتوان و ضعیف شود و دانه‌ها به‌طور کامل پر نشوند؛ بنابراین باوجود تولید دانه‌های بیشتر، اندازه آن‌ها کوچک‌تر خواهد بود و سبب نقصان عملکرد وزنی می‌شوند و نهایتاً کاهش عملکرد در سطح زیر کشت را به دنبال خواهند داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین وزن دانه در سنبله با تعداد سنبله در بوته همبستگی ژنتیکی منفی وجود داشت که با یافته مطالعه ریچارد (Richards *et al.*, 1997) مطابقت دارد چرا که تعداد سنبله کم سبب افزایش وزن دانه‌ها می‌شود.

در شرایط نرمال به‌ترتیب صفات عملکرد زیست‌توده (۰/۹٤)، وزن دانه در سنبله (۰/۸۹)، وزن سنبله (۰/۸۵) و شاخص برداشت (۰/۷٤) بیشترین همبستگی ژنتیکی را با عملکرد دانه نشان دادند. در شرایط تنش به‌ترتیب صفات عملکرد بیولوژیک (۰/۸۸)، شاخص برداشت (۰/۷۰) و طول اکستروژن (۰/۵۵) به‌دلیل داشتن ضرایب همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌دار مؤثرترین متغیرها روی عملکرد دانه بودند. با توجه به تفاسیر فوق در هردو محیط عدم تنش و تنش باید از ژنوتیپ‌هایی با عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بالا و در مراتب بعدی از ژنوتیپ‌هایی با وزن دانه در سنبله بالاتر استفاده کرد، چرا که همان‌طور که قبلاً ذکر شد بوته‌های با وزن دانه بالاتر نسبت



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

به بوته‌های با تعداد دانه بیشتر عملکرد را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهند. این صفات زراعی برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا تحت شرایط عدم تنش و تنش خشکی مهم محسوب می‌شوند. تأثیر این صفات در دو شرایط شبیه هم نبود و نقش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی بیشتر محسوس بود. از این‌رو در شرایط خشکی افزایش عملکرد را می‌توان بیشتر به عملکرد بیولوژیک بالا نسبت داد. تقی‌زادگان و همکاران (Taghizadegan *et al*., 2015) گزارش کردند که در شرایط عدم تنش تعداد دانه در سنبله و عملکرد زیست‌توده از اجزای مؤثر در افزایش عملکرد می‌باشند. همچنین توکلی و همکاران (Tavakoli *et al*., 2014) بیان داشتند که در شرایط عدم تنش صفات عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند.

روابط متقابل میان صفات بردارهایی هستند که از مبدأ بای‌پلات سرچشمه می‌گیرند و به علائم صفات وصل می‌شوند. ازآنجا که کسینوس زاویه بین بردارها و هم‌زمان طول یکسان بردارها در هر دو صفت ضریب همبستگی بین آن‌ها را برآورد می‌کند، شکل بای‌پلات بهترین راه برای نمایش گرافیکی روابط متقابل میان صفات است (Mostafavi *et al.,* 2013). شکل ١ روابط متقابل میان صفات در شرایط عدم تنش و شکل ٢ روابط متقابل میان صفات در شرایط تنش را نشان می‌دهد. شکل ١ همبستگی ژنتیکی بالایی را میان صفات ارتفاع گیاه و ارتفاع بدون سنبله و همچنین بین صفات وزن صد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن دانه در سنبله، وزن سنبله و عملکرد دانه با یکدیگر و بین طول بیرون آمدگی پدانکل و شاخص برداشت نشان می‌دهد. از سوی دیگر رابطه معکوس تعداد روز تا به سنبله رفتن با سایر صفات بخصوص طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و طول اکستروژن کاملاً مشهود است (جدول ٨). شکل ٢ ارتباط نزدیکی را میان صفات ارتفاع بدون سنبله و ارتفاع گیاه با یکدیگر، شاخص برداشت، وزن سنبله و وزن دانه در سنبله با یکدیگر، طول پدانکل و عملکرد زیست‌توده با یکدیگر و عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده با هم نشان می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد طول خطوط و یا زاویه بین آن‌ها نمی‌تواند به‌تنهایی معیار دقیقی برای تعیین ارتباط بین صفات با یکدیگر باشد. مثلاً در شکل شماره ٢ طول پدانکل و عملکرد دانه خطوط هم‌اندازه دارند ولیکن چون زاویه بین خطوط زیاد است ارتباط آن‌ها معنی‌دار نشده است. از سوی دیگر رابطه خفیف و منفی بین صفت تعداد روز تا سنبله رفتن با سایر صفات مشاهده شد ولی نسبت به شرایط عدم تنش این فاصله کمتر بود. قابل‌توجه است که ٢٠ بردار به‌دست آمده به‌خوبی با کل ماتریس همبستگی ژنتیکی در شرایط عدم تنش و تنش (جدول ٨ و ٩) هماهنگ بودند.

نمایش برداری بای‌پلات نشان داد که همبستگی مثبت بالایی بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک وجود دارد. قلی‌زاده و دهقانی (Gholizadeh and Dehghani, 2014) با توجه به نتایج گرفته شده از ترسیم بای‌پلات‌های ژنوتیپ در صفت (Genotyp × trait biplot) اعلام کردند صفات تعداد سنبله در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک را می‌توان به‌عنوان بهترین و مهم‌ترین صفات مرتبط با عملکرد دانه و به‌عنوان شاخص‌های مطلوب در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط شوری معرفی نمود.

**وراثت‌پذیری:** مهم‌ترین کاربرد وراثت‌پذیری در دو مورد پیش‌بینی میزان پاسخ به انتخاب و ارزش ارثی می‌باشد. برآوردهای وراثت‌پذیری بیانگر مقدار پیشرفتی هستند که ممکن است در اثر انتخاب برای یک صفت خاص به‌وجود آید و باعث بهبود میانگین جامعه بشوند (Tahmurespur, 2008).

در این تحقیق در شرایط عدم تنش صفات تعداد روز تا سنبله رفتن (٠/٩٧)، طول ریشک (٠/٩٥)، تعداد روز تا رسیدگی کامل (٠/٨٣) و ارتفاع تا برگ پرچم (٠/٨٠) بیشترین وراثت‌پذیری را داشتند که بیشترین مقدار مربوط به تعداد روز تا سنبله رفتن با ٠/٩٧ وراثت‌پذیری بود.



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ] [ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ] [ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]





جدول ۸- ماتریس همبستگی ژنوتیپی در شرایط بدون تنش

Table 8. Matrix of genotypic correlation coefficients in normal condition

| صفات Traits | طول ریشک OL | تعداد دانه در سنبله KPS | تعداد سنبله در بوته NSP | تعداد سنبلچه در سنبله SNPS | طول برگ پرچم FL | وزن صد دانه HKW | وزن دانه در سنبله KWS | وزن سنبله SW | کلروفیل CPC | ارتفاع گیاه PLH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OL | 1 | | | | | | | | | |
| KPS | 0.17±0.2 | 1 | | | | | | | | |
| NSP | 0.07±0.23 | 0.19±0.26 | 1 | | | | | | | |
| SNPS | -0.34±0.2 | 0.11±0.2 | 0.43±0.23 | 1 | | | | | | |
| FL | 0.55±0.52 | -0.64±0.75 | -0.06±0.61 | -0.08±0.5 | 1 | | | | | |
| HKW | 0.04±0.23 | -0.1±0.2 | 0.36±0.28 | 0.09±0.26 | 1±0.93 | 1 | | | | |
| KWS | 0.01±0.27 | 0.74±0.14 | 0.56±0.29 | 0.22±0.27 | 0.09±0.66 | 0.54±0.2 | 1 | | | |
| SW | 0.11±0.22 | 0.71±0.12 | 0.48±0.25 | 0.24±0.23 | 0.22±0.55 | 0.54±0.2 | 0.99±0 | 1 | | |
| CPC | -0.89±0.35 | -0.08±0.39 | 0.98±0.46 | 0.08±0.38 | -1±1 | 1±0.77 | 1±0.81 | 0.68±0.54 | 1 | |
| PLH | -0.14±0.21 | -0.31±0.25 | 0.32±0.27 | -0.01±0.24 | 0.55±0.5 | 0.34±0.2 | -0.04±0.35 | 0±0.29 | 0.88±0.5 | 1 |
| DHE | -1±0.19 | -0.28±0.1 | 0.27±0.21 | 0.55±0.1 | 0.58±0.52 | -0.1±0.22 | -0.29±0.24 | -0.2±0.21 | 0.09±0.31 | 0.14±0.2 |
| DMA | -0.18±0.19 | -0.13±0.22 | 0.49±0.21 | 0.72±0.1 | 0.45±0.51 | 0.31±0.21 | 0.12±0.26 | 0.11±0.23 | 0.73±0.44 | 0.14±0.22 |
| FLH | -0.23±0.18 | -0.35±0.2 | 0.28±0.24 | 0.32±0.19 | 0.55±0.5 | 0.34±0.21 | -0.13±0.3 | -0.12±0.2 | 0.80±0.46 | 0.79±0.08 |
| HWS | -0.14±0.2 | -0.34±0.25 | 0.29±0.28 | -0.04±0.25 | 0.52±0.55 | 0.35±0.2 | -0.08±0.36 | -0.02±0.29 | 1±0.62 | 0.99±0 |
| GY | 0.06±0.23 | 0.62±0.17 | 0.48±0.25 | 0.12±0.24 | 0.30±0.24 | 0.54±0 | 0.89±0 | 0.85±0.1 | 0.55±0.25 | 0.08±0.27 |
| BM | 0±0.21 | 0.51±0.19 | 0.57±0.22 | 0.34±0.21 | 0.68±0.56 | 0.71±0.16 | 0.96±0.13 | 0.89±0.11 | 0.46±0.42 | 0.39±0.21 |
| LS | -0.03±0.23 | 0.12±0.2 | 0.5±0.28 | 0.26±0.24 | 0.51±0.6 | 0.07±0.3 | 0.14±0.34 | 0.17±0.29 | -0.6±0.5 | 0.55±0.23 |
| LP | 0.21±0.23 | -0.24±0.27 | 0.28±.0.29 | -0.4±0.25 | 0.78±0.66 | 0.40±0.24 | 0.04±0.36 | 0.18±0.2 | 0.68±0.61 | 0.68±0.13 |
| LXT | 0.27±0.21 | 0.02±0.26 | 0.03±0.29 | -0.63±0.2 | 0.16±0.5 | -0.02±0.31 | 0.04±0.3 | 0.16±0.27 | 0.35±0.5 | 0.28±0.24 |
| HI | 0.08±0.24 | 0.63±19.97 | 0.08±0.29 | -0.24±0.25 | -0.6±0.75 | 0.09±0.29 | 0.59±0.2 | 0.53±421 | 0.63±0.56 | -0.53±0.3 |

ادامه جدول ۸

Table 8 Continued

| صفات Traits | روز تا سنبله رفتن DHE | روز تا رسیدگی کامل DMA | ارتفاع تا برگ پرچم FLH | ارتفاع بدون سنبله HWS | عملکرد دانه GY | عملکرد زیست‌توده BM | طول سنبله LS | طول پدانکل LP | طول اکستروژن LXT | شاخص برداشت HI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DHE | 1 | | | | | | | | | |
| DMA | 0.83±0.07 | 1 | | | | | | | | |
| FLH | 0.60±0.12 | 0.56±0.14 | 1 | | | | | | | |
| HWS | 0.10±0.21 | 0.10±0.2 | 0.80±0.08 | 1 | | | | | | |
| GY | -0.3±0.1 | 0.01±0.23 | -0.1±0.25 | 0.06±0.2 | 1 | | | | | |
| BM | -0.08±0.2 | 0.23±0.2 | 0.19±0.2 | 0.38±0.21 | 0.94±0.03 | 1 | | | | |
| LS | 0.35±0.2 | 0.38±0.22 | 0.32±0.23 | 0.48±0.26 | 0.22±0.28 | 0.32±0.25 | 1 | | | |
| LP | -0.3±0.21 | -0.19±0.25 | 0.19±0.23 | 0.66±0.14 | 0.44±0.22 | 0.60±0.19 | 0.52±0.28 | 1 | | |
| LXT | -0.8±0.12 | -0.76±0.19 | -0.35±0.2 | 0.26±0.25 | 0.33±0.24 | 0.30±0.23 | 0.32±0.28 | 0.76±0.1 | 1 | |
| HI | -0.71±0.14 | -0.35±0.24 | -0.68±0.21 | -0.54±19.7 | 0.74±0.12 | 0.46±0.21 | -0.22±0.29 | -0.12±165 | 0.15±149 | 1 |

[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ] [ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ] [ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]



جدول ۹- ماتریس همبستگی ژنوتیپی برای شرایط تنش

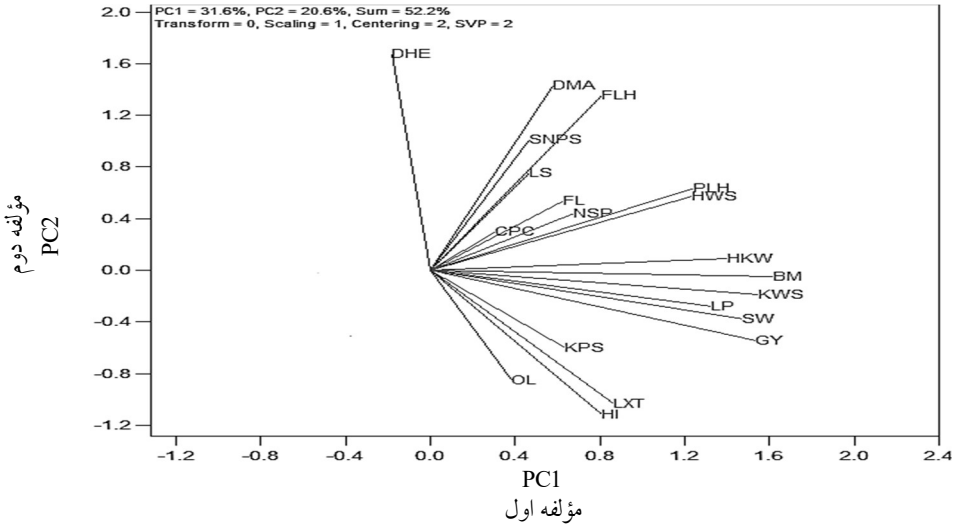
Table 9. Matrix of genotypic correlation coefficients in stress condition

| صفات Traits | طول ریشک OL | تعداد دانه در سنبله KPS | تعداد سنبله در بوته NSP | تعداد سنبلچه در سنبله SNPS | طول برگ پرچم FL | وزن صد دانه HKW | وزن دانه در سنبله KWS | وزن سنبله SW | کلروفیل CPC | ارتفاع گیاه PLH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OL | 1 | | | | | | | | | |
| KPS | 0.14±0.2 | 1 | | | | | | | | |
| NSP | -0.28±0.61 | -0.82±1.1 | 1 | | | | | | | |
| SNPS | 0.05±0.21 | 0.55±0.16 | -0.51±0.95 | 1 | | | | | | |
| FL | 0.26±0.44 | -0.8±0.91 | 0.02±1.48 | -0.13±0.6 | 1 | | | | | |
| HKW | -0.03±0.22 | -0.93±0.21 | 0.27±1.03 | -0.62±0.27 | 0.55±0.55 | 1 | | | | |
| KWS | 0.07±0.4 | 0.65±0.3 | 0±1.38 | 0.34±0.4 | -1±2.11 | -0.42±0.79 | 1 | | | |
| SW | 0.51±0.46 | 0.75±0.3 | -0.97±2.23 | 0.41±0.38 | -1±2.4 | -0.53±0.84 | 0.80±0.3 | 1 | | |
| CPC | -0.4±0.22 | -0.1±0.28 | 0.5±0.91 | 0.003±0.29 | -0.5±0.66 | 0.34±0.34 | -0.01±0.59 | -0.17±0.59 | 1 | |
| PLH | -0.09±0.22 | -0.76±0.25 | 0.61±0.8 | -0.53±0.2 | -0.14±0.66 | 0.42±0.23 | -0.5±0.83 | -0.76±0.95 | 0.76±0.3 | 1 |
| DHE | -0.06±0.17 | -0.37±0.18 | 0.30±0.6 | -0.05±0.21 | -0.27±0.44 | -0.1±0.22 | -0.82±0.5 | -0.78±0.56 | 0.50±0.2 | 0.34±0.2 |
| DMA | -0.07±0.18 | -0.42±0.19 | 0.89±1 | -0.16±0.22 | -0.1±0.46 | 0.15±0.23 | -0.48±0.52 | -0.68±0.6 | 0.72±0.2 | 0.55±0.17 |
| FLH | -0.18±0.21 | -0.8±0.2 | 0.58±0.85 | -0.54±0.25 | -0.4±0.74 | 0.33±0.2 | -0.89±0.87 | -1±0.99 | 0.83±0.27 | 0.85±0.07 |
| HWS | -0.1±0.22 | -0.8±0.23 | 0.61±0.79 | -0.56±0.28 | -0.13±0.64 | 0.45±0.22 | -0.59±0.83 | -0.8±0.96 | 0.75±0.3 | 0.99±0 |
| GY | 0.02±0.26 | 0.002±0.31 | 1±1.21 | -0.44±0.37 | -0.34±0.94 | 0.15±0.33 | 0.39±0.49 | 0.39±0.5 | 0.33±0.08 | 0.19±0.32 |
| BM | -0.05±0.29 | -0.42±0.4 | 1±1.32 | -0.5±0.45 | -0.5±1.15 | 0.29±0.35 | -0.17±0.9 | -0.17±0.92 | 0.64±0.44 | 0.54±0.24 |
| LS | 0.33±0.22 | 0.29±0.26 | 0.05±0.75 | 0.24±0.27 | -0.07±0.64 | -0.26±0.3 | 0.15±0.56 | 0.25±0.57 | 0.20±0.32 | 0.18±0.29 |
| LP | -0.03±0.21 | -0.63±0.23 | 0.57±0.79 | -0.45±0.27 | -0.64±0.5 | 0.57±0.2 | -0.34±0.68 | -0.43±0.75 | 0.51±0.29 | 0.86±0.06 |
| LXT | 0.02±0.21 | -0.07±0.25 | 0.2±0.63 | -0.1±0.26 | -0.59±0.53 | 0.29±0.2 | 0.43±0.42 | 0.36±0.44 | 0.01±0.3 | 0.41±0.22 |
| HI | 0.07±0.21 | 0.50±0.16 | 0.48±0.81 | -0.06±0.27 | -0.1±0.61 | -0.03±0.29 | 0.94±0.42 | 0.86±0.43 | -0.32±0.28 | -0.38±301 |

ادامه جدول ۹

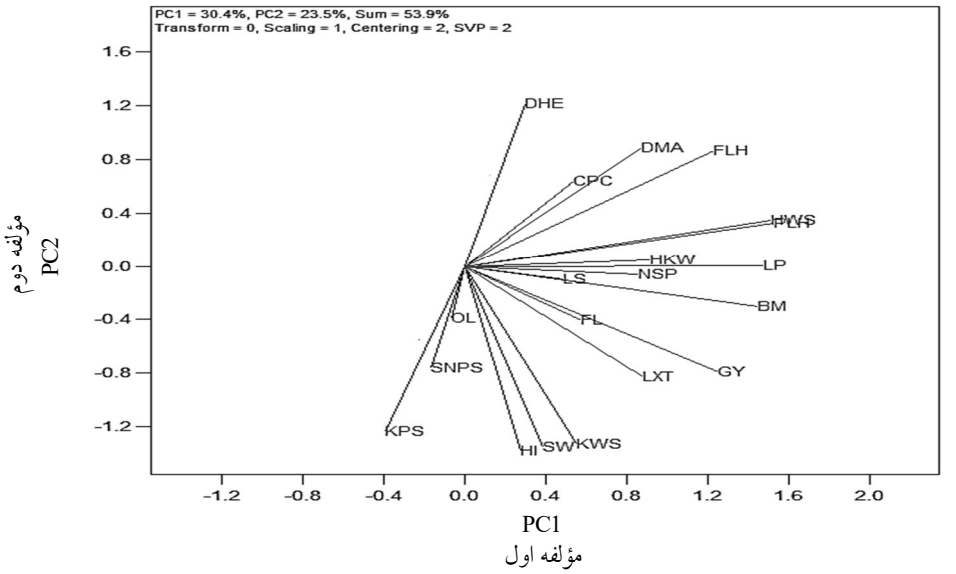
Continued Table 9

| صفات Traits | روز تا سنبله رفتن DHE | روز تا رسیدگی کامل DMA | ارتفاع تا برگ پرچم FLH | ارتفاع بدون سنبله HWS | عملکرد دانه GY | عملکرد زیست‌توده BM | طول سنبله LS | طول پدانکل LP | طول اکستروژن LXT | شاخص برداشت HI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DHE | 1 | | | | | | | | | |
| DMA | 0.86±0.06 | 1 | | | | | | | | |
| FLH | 0.70±0.14 | 0.72±0.13 | 1 | | | | | | | |
| HWS | 0.31±0.2 | 0.50±0.18 | 0.85±0.06 | 1 | | | | | | |
| GY | -0.21±0.02 | 0.18±0.26 | -0.09±0 | 0.20±0.31 | 1 | | | | | |
| BM | 0.22±0.29 | 0.63±0.26 | 0.40±0.29 | 0.56±0.23 | 0.88±0.08 | 1 | | | | |
| LS | 0.27±0.2 | 0.51±0.21 | 0.12±0.2 | 0.07±0.3 | -0.08±0.38 | -0.05±0.4 | 1 | | | |
| LP | 0.009±0.21 | 0.30±0.2 | 0.58±0.16 | 0.86±0.06 | 0.40±0.25 | 0.60±0.21 | 0.12±0.29 | 1 | | |
| LXT | -0.61±0.1 | -0.27±0.21 | -0.1±0.26 | 0.42±0.21 | 0.55±0.22 | 0.36±0.3 | 0±0.3 | 0.66±0.15 | 1 | |
| HI | -0.83±0.1 | -0.64±0.19 | -0.81±0.2 | -0.36±12.0 | 0.7±0.1 | 0.27±0.33 | -0.24±0.3 | -0.03±0.27 | 0.71±0.28 | 1 |




شکل ۱- شمای بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در شرایط بدون‌تنش که روابط متقابل میان صفات را نشان می‌دهد.

Figure 1. Biplot scheme of genotype × trait in non-stress condition, showing interactions between traits




شکل ۲- شمای بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در شرایط تنش که روابط متقابل میان صفات را نشان می‌دهد.

Figure 2. Biplot scheme of genotype × trait in stress condition, showing interactions between traits.

در شرایط تنش صفات تعداد روز تا سنبله رفتن (۰/۹۵)، طول ریشک (۰/۹۳)، تعداد روز تا رسیدگی کامل (۰/۸۶) و تعداد دانه در سنبله (۰/۷۱) بیشترین وراثت‌پذیری را داشتند که در این میان صفت تعداد روز تا سنبله رفتن با ۰/۹۵ وراثت‌پذیری بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد.

در شرایط عدم تنش بیشتر صفات دارای وراثت‌پذیری بالا بودند و تنها صفت طول برگ پرچم دارای وراثت‌پذیری پایین (۰/۱۶) بود (جدول ۱۰). در شرایط تنش هم بیشتر صفات دارای وراثت‌پذیری بالایی بودند ولی چهار صفت دارای وراثت‌پذیری ضعیف بودند و کمترین وراثت‌پذیری در شرایط تنش مربوط به صفت تعداد سنبله در بوته (۰/۱۰) بود.

در مجموع در این تحقیق دیده شد که در شرایط عدم تنش صفات شاخص برداشت، طول اکستروژن، طول پدانکل در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش وراثت‌پذیری بالاتری داشتند که این با نتیجه تحقیق موسوی و همکاران (Mousavi *et al*., 2014) مطابقت دارد.



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

جدول ١٠- برآورد وراثت‌پذیری برای شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی

Table 10. Estimation of heritability in non- stress and water stress condition

| صفات | Traits | شرایط عدم تنش Non-stress condition | | شرایط تنش Stress condition | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | وراثت‌پذیری Heritability | خطای استاندارد Standard error | وراثت‌پذیری Heritability | خطای استاندارد Standard error |
| طول ریشک (cm) | Length of awn (cm) | 0.95838 | 0.01229 | 0.93711 | 0.01837 |
| تعداد دانه در سنبله | Kernel per spike | 0.7084 | 0.08415 | 0.717 | 0.08207 |
| تعداد سنبله در بوته | Number of spikes per plant | 0.5659 | 0.1264 | 0.10989 | 0.25687 |
| تعداد سنبلچه در سنبله | Spikelet number per spike | 0.73873 | 0.07547 | 0.67313 | 0.09422 |
| طول برگ پرچم (cm) | Flag leaf length (cm) | 0.16465 | 0.23775 | 0.165 | 0.2444 |
| وزن صد دانه (g) | Hundred kernel weight (g) | 0.57513 | 0.12263 | 0.57397 | 0.12296 |
| وزن دانه در سنبله (g) | Kernel weight per spike (g) | 0.45871 | 0.15743 | 0.18367 | 0.23249 |
| وزن سنبله (g) | Spike weight (g) | 0.58414 | 0.11951 | 0.17529 | 0.23481 |
| محتوای کلروفیل | Chlorophyll content | 0.2812 | 0.2054 | 0.50398 | 0.14282 |
| ارتفاع گیاه (cm) | Plant height (cm) | 0.64278 | 0.10334 | 0.59966 | 0.11564 |
| روز تا سنبله رفتن | Days to heading | 0.97282 | 0.00795 | 0.95601 | 0.01286 |
| روز تا رسیدگی کامل | Days to maturity | 0.83502 | 0.04804 | 0.86228 | 0.03995 |
| ارتفاع تا برگ پرچم (cm) | Flag leaf height (cm) | 0.80479 | 0.05678 | 0.64977 | 0.10134 |
| ارتفاع بدون سنبله (cm) | Height without spike (cm) | 0.62143 | 0.10944 | 0.61895 | 0.11014 |
| عملکرد دانه (kg/ha) | Grain yield (kg/ha) | 0.62764 | 0.10766 | 0.44681 | 0.15897 |
| عملکرد زیست‌توده (kg/ha) | Biomass (kg/ha) | 0.67846 | 0.09313 | 0.35422 | 0.18499 |
| طول سنبله (cm) | Length of spike (cm) | 0.56201 | 0.12577 | 0.51902 | 0.13856 |
| طول پدانکل (cm) | Length of peduncle (cm) | 0.56438 | 0.12568 | 0.6493 | 0.10148 |
| طول اکستروژن (قسمت بیرون آمده پدانکل) (cm) | Length of extrusion (cm) | 0.61048 | 0.11256 | 0.66284 | 0.0976 |
| شاخص برداشت (%) | Harvest index (%) | 0.60177 | 0.11504 | 0.64187 | 0.1031 |

اگر وراثت‌پذیری در شرایط تنش بیش از نرمال باشد به‌علت تنوع ژنتیکی بالا است؛ اگرچه وراثت‌پذیری عمومی نمی‌تواند به‌خوبی وراثت‌پذیری خصوصی سهم ژنتیکی تنوع ژنتیکی را مشخص کند ولی بالا بودن آن نشان از بالا بودن تنوع ژنتیکی نسبت به تنوع محیطی و همچنین ادغام اثر متقابل ژنوتیپ در محیط مورد نظر است (Mousavi *et al.*, 2014). تریپادی و همکاران (Tripathi *et al.*, 2015) در بررسی تنوع ژنتیکی ٣٠ ژنوتیپ مختلف گندم نشان دادند که صفات ارتفاع بوته، روز تا ٥٠ درصد گلدهی، عملکرد بوته و تعداد دانه در سنبله بیشترین وراثت‌پذیری را دارا بودند. کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2015) در مطالعه ١٧ ژنوتیپ گندم در منطقه باوال نشان دادند که همه صفات به‌جز تعداد پنجه در ردیف وراثت‌پذیری بالایی از خود نشان دادند.

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت ژنوتیپ‌ها بسته به محیط و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط دارای عملکردهای متفاوت بودند. آن‌گونه که از تجزیه به عامل‌ها مشخص شد در شرایط عدم تنش و تنش انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و وزن دانه در سنبله بیشتر منجر به افزایش عملکرد دانه خواهند شد. بر اساس نتایج همبستگی ژنتیکی نیز مشخص شد که بهتر است ژنوتیپ‌ها در دو محیط در درجه اول بر اساس عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بالا و در مرتبه بعد بر اساس وزن دانه در سنبله بیشتر مورد گزینش قرار گیرند.

## References

**Akbarpour, O.A.** (2017). Application of variance components estimators in plant breeding. *Plant Genetic Researches*, **4:** 1-24.



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

**Akbarpour, O.A., Dehghani, H., Roosta, M.J. and Amini, A.** (2014). Evaluation of some properties of Iranian wheat genotypes in normal and salt-stressed conditions using Restricted Maximum Likelihood (REML). *Iranian Journal of Crop Sciences*, **46(1):** 57-69 (In Persian).

**Crossa, J.H.G., Gauch, J. and Zobel, R.W.** (1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*, **30:** 493-500.

**Darvishian, A., Ismaili, A., Nazarian-Firouzabadi, F., MirDrikvand, R. and Hosseinpour, T.** (2016). Assessment of genetic diversity among wheat genotypes of west Iran, using randomized markers. *Plant Genetic Researches*, **2**: 47-56.

**FAO.** (2010). FAO Statistical Database (FAOSTAT), Web site at URL: http://www.faostat.fao.org. Accessed 09 June 2010.

**Gholizadeh, A. and Dehghani, H.** (2014). The relationship between the various traits of bread wheat genotypes with biplot method. *The First National Conference on the Sustainable Development of Agriculture Using Crop Pattern*, Tehran, Iran.

**Gupta, A.K., Mittal, R.K. and Ziauddin, A.Z.** (1999). Association and factor analysis in spring wheat. *Annals of Agriculture Research*, **20:** 481-485.

**Heydari, B., Saeidi, G.H. and Tabatabaei, S.** (2008). Factor analysis for quantitative traits and path analysis for grain yield in wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources,* **11(42):** 135-143.

**Iqbal, M., Navabi, A., Salmon, D.F., Yang, R.C. and Spaner, D.** (2007). Simultaneous selection for early maturity, increased grain yield and elevated grain protein content in spring wheat. *Plant Breeding*, **126:** 244-250.

**Khodadadi, M., Dehghani, H. and Fotokian, M.H.** (2011). Evaluation of heritability, path analysis and factor analysis in winter wheat genotypes. *Journal of Agriculture*, **9:** 66-67.

**Kumar, Y., Lamba, R.A.S. and Balbir Singh, V.K.** (2015). Variability parameters correlation and path analysis in wheat varieties for yield and components. *International Journal of Environment and Ecology,* **33(1B):** 421-425.

**Lynch, M. and Walsh, B.** (1998). *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, UK.

**Mode, C.J. and Robinson, H.F.** (1959). Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics,* **15:** 518-537.

**Mohseni, M., Mortazavian, S.M.M., Ramshini, H.A. and Fvghy, B.** (2015). Evaluation of tolerance to drought in some wheat genotypes (*Triticum aestivum L.*) using selected indicators. *Publication of the Researcher-Crops*, **13:** 542-524 (In Persian).

**Mostafavi, Kh., Mohammadi, A., Khodarahmi, M., Zabet, M. and Zare, M.** (2013). Yield response of comercial canola cultivars to different locations using graphical GGE biplot method. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, **8(4):** 133-143.

**Mousavi, S.S., Jalalifar, S., Abdullahi, M. and Chaichi, M.** (2014). Evaluation of diversity and heritability of some morphological characters of wheat under drought stress conditions and favorable. *Journal of Agriculture*, **6(9):** 37-54.

**Reynolds, M., Condon, A.J., Rebetzke, G.J. and Richards, R.A.** (2004). Evidence for Excess photosynthetic capacity and sink-limitation to yield and biomass in elite spring wheat. *4th International Crop Science Congress*, Brisbane, Australia.

**Richards, R.A.** (1997). Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation*, **20:** 157-166.

**Sadegh Ghoul Moghadam, R., Khodarahmi, M. and Ahmadi, Gh.H.** (2011). Genetic diversity and factor analysis for performance and other morphological characters of wheat under drought conditions. *Agronomy Journal*, **7(1):** 147-133 (In Persian).

**Sayah, S.S., Ghobadi, M., Mansoorifar, S. and Zebarjadi, A.R.** (2015). The yield of wheat genotypes associated with yield components under irrigated and drought stress after anthesis. *Archives of Agronomy and Soil Sience*, **12(61):** 1743-1755 (In Persian).

**Taghizadegan, M., Nouruzi, M., Ahari Zad, S. and Syed Zavar, J.** (2015). Evaluation of recombinant inbred lines of bread wheat in terms of some agricultural and morphological traits. *Journal of Breeding Plants and Garden (Journal of Agriculture).* (In Persian).

**Tahmurespur, M.** (2008). *Principles of Quantitative Genetics and Its Problems*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, IR (In Persian).

[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

**Talei, A. and Bahram Nejad, B.** (2003). A Study of relationship between yield and its components in landrace populations of wheat from western parts of Iran using multivariate analysis. *Journal Agriculture Science,* **34(4):** 959-966 (In Persian).

**Tavakoli, A.R., Mahdavi Moghaddam, M. and Salemi, H.R.** (2014). Effect of supplemental irrigation and nitrogen fertilizer on correlation coefficients and indicators of drought tolerance traits in wheat in dry land. *Journal of Crop Production*, **4:** 159-143 (In Persian).

**Tousi-Mojarad, M. and Bihamta, M.R.** (2007). Evaluation of grain yield and other quantitative attributes in-bread wheat via factor analysis. *Journal of Agriculture Science*, **17:** 97-107 (In Persian).

**Tousi-Mojarad, M. and Bihamta, M.R.** (2008). Grain yield and other quantitative traits in wheat through factor analysis. *Journal of Agricultural Science*, **17(2):** 97-107 (In Persian).

**Tripathi, G.P., Parde, N.S., Zate, D.K. and Lai, G.M.** (2015). Remove from marked records genetic variability and heritability studies on bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Plant Sciences*, **10(1):** 57-59.

**Wright, S.P.** (1998). Multivariate analysis using the MIXED procedure. *38th Annual SAS Users Group International Conference*, Nashville, Tennessee, United States of America.

**Yousif, S.A., Jasim, H., Abas, A.R. and Yousef, D.P.** (2015). Some yield parameters of wheat genotypes. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, **19(3):** 309-312.

**Zargari, A.** (1998). *Plants Medicine. 6nd Ed.* Tehran University Press, Tehran, IR (In Persian).

[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]

[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]

# Use of Restricted Maximum Likelihood Approach for Estimation of Genotypic Correlation and Heritability in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Water Deficit Stress

**Saman Valizadeh[1], Ahmad Ismaili[2,*], Hadi Ahmadi[3], Omid Ali Akbarpour[4], Bijan Bajalan[5] and Ashkboos Amini[6]**

1- Former M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
5- Instructor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
6- Assistant Professor, Department of Cereals Research, Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: September 30, 2019 – Accepted: February 9, 2020)

## Abstract

Wheat is mostly cultivated at rainfed condition in Iran, so, water deficit stress has much effect on yield reduction. Hence, breeding activities are necessary for introduction of wheat tolerant genotypes to water deficit stress. In order to estimate the heritability and genetic correlation between traits of 36 wheat genotypes, an experiment was conducted in two separate conditions (water stress and non-stress) based on a randomized complete blocks design with three replications. Studied traits in wheat genotypes under water stress and normal condition showed significant differences for environment, genotype and genotype × environment interaction at 1 and 5% level of probability. The results of the factor analysis showed that the 6 first factor in normal condition explained 81.13% of total variance, and the 5 first factor in stress condition explained 74.96% of total variance. Estimation of genetic correlations based on REML approach revealed that biological yield, harvest index and number of grains per spike had the highest correlation with grain yield and these characteristics are of important for selecting the varieties with high yield under non-stress and stress conditions. Estimation of heritability based on REML approach showed that number of days to heading had the highest amount of heritability in both normal and stress conditions.

**Keywords:** Factor analysis, Combined analysis of variance, Wheat, Heritability, Genetic correlation

[*] **Corresponding Author, E-mail: ismaili.a@lu.ac.ir**



[ Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-04-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.14.6 ]
[ DOI: 10.29252/pgr.6.2.183 ]