دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی چندین صفات مختلف زراعی در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

اعظم رحیمی چگنی[۱]، محمدرضا بی‌همتا[۲] و منوچهر خدارحمی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران (نویسنده مسوول: rahimiazam20@yahoo.com)
۲- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۰

چکیده

به منظور ارزیابی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم براساس عملکرد دانه و خصوصیات مهم زراعی در شرایط تنش خشکی، ۴۳ ژنوتیپ گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۲- ۱۳۹۱ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی خرم آباد کشت شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا گرده افشانی، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، طول دومین میانگره، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، طول سنبله، طول برگ پرچم، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه بود. تجزیه واریانس در شرایط تنش خشکی نشان داد در بین اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. تجزیه به عامل‌ها براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس نشان داد که ۵ عامل با نام عملکرد، خصوصیات رشدی گیاه، شاخص سنبله و عامل مؤثر بر خصوصیات دانه روی‌هم رفته ۷۵/۰۲ درصد از کل تنوع داده‌ها را در آزمایش تنش خشکی توجیه می‌کند. همچنین تجزیه کلاستر براساس روش UPGMA جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده گردید و ژنوتیپ‌ها در محیط تنش به ۳ گروه تقسیم شدند. گروه اول از نظر عملکرد دانه در رتبه سوم قرار داشت. گروه دوم شامل ۸ ژنوتیپ بود و از نظر عملکرد دانه دارای حداکثر مقدار نسبت به سایر گروه‌ها بود. ژنوتیپ های ۳۵، ۱۸، ۱۹، ۲۴ بالاترین عملکرد را دارا بودند. گروه سوم در تمامی صفات وابسته به ارتفاع در حداکثر مقدار خود بود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه کلاستر، تنش خشکی، گندم

مقدمه

گندم یکی از مهمترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان بوده و نقش مهمی را در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد. تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد و نمو گندم در اغلب نقاط دنیا بوده و از موانع اصلی رسیدن به توان بالقوه عملکرد این گیاه می‌باشد. لذا شناسایی ارقام مقاوم و نیز مطالعه مکانیزم‌های افزایش دهنده مقاومت به تنش خشکی مهم خواهد بود. ارقام پیشرفته گندم با عملکرد بالا عمدتاً دارای مکانیسم‌های مقاومت به خشکی بالا بوده لذا استفاده از آنها در مناطق خشک اهمیت زیادی دارد (۱۶،۷). گزینش برای عملکرد دانه تحت تنش خشکی به علت وراثت پذیری کم آن که از تغییرات در شدت تنش در سر تا سر مزرعه ناشی می‌شود، کاری بسیار مشکل است (۱۱،۳). با این وجود، احتمال افزایش عملکرد در جایی که تنش معنی‌دار و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بالاست، وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که تلاش‌های گسترده‌ای در خصوص صفات و خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر در مقاومت به خشکی از جمله روزنه‌ها (اندازه، تعداد و باز و بسته شدن آن)، برگ (سطح، شکل، توسعه، جهت‌گیری، پیری و مومی بودن آن)، ریشه (طول، تراکم و وزن خشک آن)، راندمان مصرف آب، محتوی نسبی آب، راندمان تبخیر و تعرق، سطوح اسید آبسیزیک و پایداری غشای سلول و پروتئین‌های شوک حرارتی و تبعیض ایزوتوپ کربن انجام شده است (۴). به‌نژادگران گندم علاقه‌مند به دستیابی ژنوتیپ‌هایی هستند که از لحاظ صفت عملکرد دانه و سایر صفات زراعی مطلوب باشند، برای رسیدن به این هدف به‌نژادگر می‌تواند در نسل‌های اولیه اقدام به انتخاب نماید و یا انتخاب را تا رسیدن به نسل‌های پیشرفته به تأخیر اندازد (۱۷). صفات زراعی مثل عملکرد و اجزاء آن نیز به عنوان یک شاخص گزینش مناسب تحت تنش خشکی در طی سالیان متمادی به طور متناقضی مورد شک و تردید بوده است. به هر حال، توافق کلی بر این وجود دارد که گزینش برای لاین‌های مقاوم به خشکی تحت شرایط بدون تنش کارایی بهتری نسبت به شرایط تنش خشکی دارد. چون اجازه معرفی لاین‌هایی با پتانسیل عملکردی بالا را ممکن می‌سازد (۱۶). عملکرد دانه گندم برآیندی از چند متغیر است که رشد گیاه را در سر تا سر طول دوره نمو تحت تأثیر قرار می‌دهند. تلاش‌های گسترده‌ای برای توسعه مدل‌های مناسب‌تر انجام شده که بتواند عملکرد دانه گندم را پیش بینی کرده و گیاه زراعی ایده‌آل را مشخص کند. اطلاعات ژنتیکی مرتبط با عملکرد دانه و اجزاء آن تحت تنش رطوبتی، کارایی برنامه‌های اصلاحی را با معرفی شاخص‌های مناسب برای گزینش واریته‌های گندم بهبود می‌بخشد (۶). مدل کردن عملکرد گندم تحت کمبود رطوبتی خاک، مشکلات ویژه‌ای برای مدل سازان به وجود می‌آورد چون تنوع گسترده‌ای در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

عملکرد دانه تحت شرایط تنش و عدم تنش وجود دارد (۹). تنش خشکی در هر مرحله از رشد گیاه گندم می‌تواند رشد و عملکرد آن را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار دهد. میزان این تأثیر بسته به مدت و شدت اعمال تنش می‌باشد (۸). به عنوان مثال، تنش خشکی از گرده‌افشانی تا رسیدگی، عملکرد دانه را از طریق کاهش در سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌دهد (۱۸). محققان نشان دادند که عملکرد، تعداد دانه در سنبله، بیوماس و ارتفاع گیاه در مقایسه با تعداد سنبله و وزن هزار دانه بیشتر حساس به خشکی است. همچنین گزارش کردند که تعداد و وزن دانه در سنبله ارتباط نزدیکی با عملکرد دارد و اغلب برای گزینش نژادهای گندم با عملکرد بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۱). همچنین مشخص شده که همبستگی منفی بین ارتفاع گیاه و عملکرد دانه به علت تعداد کمتر دانه در سنبله است. مطالعات نشان می‌دهد که تحلیل عاملی که توسط والتن (۱۲) پیشنهاد شده به طور گسترده‌ای جهت معرفی رشد و خصوصیات گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی محققین برای اجرای برنامه اصلاحی گندم تحت تنش خشکی، ارزیابی ژرم پلاسم تحت شرایط تنش و بدون تنش را جهت به کار بردن وراثت پذیری بالا و معرفی ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکردی بالا را (برای حفظ الل‌های مقاوم به خشکی) پیشنهاد کردند (۱۶). هدف از این تحقیق بررسی روابط بین صفات و شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۴۳ ژنوتیپ گندم دریافتی از موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج و توده‌های بومی لرستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه آزاد خرم‌آباد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). بذور تمامی ارقام مورد بررسی روی ردیف‌های کشت به صورت دستی در اواخر آبان کاشته شدند. هر کرت شامل ۳ خط به طول ۲ متر با فواصل ۵۰ سانتی بود. اولین آبیاری با توجه به میزان بارندگی و شرایط جوی و نیاز گیاه بعد از کاشت انجام شد. در آزمایش تنش خشکی، آبیاری تا پایان فصل زراعی صورت نگرفته و منبع تأمین رطوبت مزرعه براساس نزولات آسمانی بود. در طول دوره رویش و پس از برداشت صفات مهم زراعی اندازه‌گیری شدند. صفات مورد ارزیابی شامل ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، طول دومین میانگره، طول سنبله، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، روز تا گرده افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک, عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد دانه، طول دوره پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه می‌باشد. در پایان فصل رشد، ارتفاع ۱۰ بوته، از روی زمین تا نوک سنبله بدون احتساب ریشک، طول سنبله از یقه تا نوک سنبله انتهایی بدون احتساب ریشک، اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد. از میانگین وزن بذور ده سنبله، وزن دانه در سنبله، از میانگین تعداد دانه‌های شمارش شده از ده سنبله، تعداد دانه در سنبله حاصل شد. برای وزن هزار دانه ابتدا هزار دانه از هر لاین شمارش و سپس برحسب گرم توزین گردید.

برای طول پدانکل، فاصله آخرین گره تا یقه سنبله، برای صفت طول بیرون آمدگی پدانکل، فاصله بین برگ پرچم تا یقه سنبله و با اندازه‌گیری فاصله بین آخرین گره و ما قبل آخر، طول دومین میانگره (میانگره ماقبل آخر) به دست آمد. در مرحله گلدهی، برای صفت طول برگ پرچم حد فاصل نوک تیغه برگ پرچم تا محل اتصال آن به غلاف برگ اندازه‌گیری شد. با وزن کردن ۱۰ سنبله وزن تک سنبله برحسب گرم و با شمارش تعداد روز از کاشت تا زرد شدن ۵۰٪ پدانکل بوته‌های هر پلات رسیدگی فیزیولوژیک به دست آمد. پس از رسیدگی کامل، کل پلات کف‌بر شد و وزن آنها برحسب تن در هکتار گرفته شد و عملکرد بیولوژیک اندازه گیری شد. از نسبت عملکرد دانه به بیوماس کل، ضرب در ۱۰۰ شاخص برداشت محاسبه شد. پس از برداشت کل بوته‌های هر پلات با استفاده از خرمن‌کوب، بذور از کاه و کلش جدا و وزن آنها بر حسب تن در هکتار گرفته شد. با شمارش تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ ظهور پرچم‌ها روز تا گرده‌افشانی محاسبه شد. از اختلاف روز تا رسیدن فیزیولوژیک با روز تا گرده‌افشانی، طول دوره پر شدن دانه به دست آمد و سرعت پرشدن دانه از تقسیم وزن تک دانه بر طول دوره پرشدن دانه برحسب میلی‌گرم بر روز محاسبه شد. تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS انجام گرفت. همچنین تجزیه به عامل‌ها براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و براساس ضریب تشابه فاصله اقلیدسی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مجزا دسته‌بندی شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Name wheat genotypes used in trial

تیپ رشد	ژنوتیپ	شماره	تیپ رشد	ژنوتیپ	شماره	تیپ رشد	ژنوتیپ	شماره
بهاره	NESTOR	۳۱	بهاره	پیشتاز	۱۶	بهاره	سیوند	۱
بهاره	FLORKAWA	۳۲	بهاره	پارسی	۱۷	بهاره	سیستان	۲
بهاره	IRENA	۳۳	بهاره	بهار	۱۸	بهاره	سیروان	۳
بهاره	CHEN/AGILOPS	۳۴	بهاره	بم	۱۹	بهاره	شیرودی	۴
بهاره	SERI/PAYON	۳۵	بهاره	افلاک	۲۰	بهاره	شیراز	۵
بهاره	SITA/CHIL	۳۶	بهاره	ارگ	۲۱	بهاره	مرودشت	۶
بهاره	ZEMAMRA-8	۳۷	بهاره	آرتا	۲۲	بهاره	مروارید	۷
بهاره	BERKUT	۳۸	زمستانه	آذر-۲	۲۳	بهاره	فلات	۸
بهاره	PIGO	۳۹	زمستانه	سرداری	۲۴	بهاره	نیشابور	۹
بهاره	SERI	۴۰	بهاره	سیمره	۲۵	بهاره	مهدوی	۱۰
بهاره	CROC	۴۱	بهاره	شاهیوندی	۲۶	بهاره	سپاهان	۱۱
بهاره	BAVICOVA	۴۲	بهاره	زاگرس	۲۷	بهاره	دز	۱۲
بهاره	SERI-82	۴۳	بهاره	گهر	۲۸	بهاره	دریا	۱۳
			بهاره	مارون	۲۹	بهاره	داراب-۲	۱۴
			بهاره	پاستور	۳۰	بهاره	چمران	۱۵

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مربوط به آزمایش تحت تنش خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات به جزء صفت تعداد سنبله در مترمربع تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). این نتیجه نشان دهنده تنوع بالای ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی بوده، بنابراین امکان انجام تجزیه‌های بعدی را میسر می‌سازد. در بین صفات مورد بررسی تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با ۱/۴۵ درصد و روز تا گرده افشانی ۱/۶۴ درصد کم ترین ضریب تغییرات و عملکرد دانه با ۲۳/۳۵ درصد و شاخص برداشت با ۲۲/۱۵ درصد بیش‌ترین ضریب تغییرات را دارا بودند (جدول ۳). بنابراین با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که محیط تأثیر بیش تری بر شاخص برداشت ژنوتیپ‌ها داشت. بررسی وضعیت صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که ژنوتیپ شاهیوندی از میانگین ارتفاع بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. در بررسی وضعیت تعداد سنبله در متر مربع نیز مشخص گردید ژنوتیپ SERI/PAYON ژنوتیپ برتر بود. در بررسی ژنوتیپ‌های دارای بالاترین میانگین برای صفات مورد بررسی ارتفاع بوته، طول پدانکل و بیرون آمدگی پدانکل، وزن هزار دانه و سرعت پرشدن دانه ژنوتیپ شماره ۲۶ و برای وزن سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه ژنوتیپ شماره ۲۱ بیش‌ترین میانگین را در میان سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. برای صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ شماره ۱ دارای بیش‌ترین میانگین در میان سایر ژنوتیپ‌ها بود. مهم‌ترین صفت در بین صفات مورد بررسی در گندم قطعاً عملکرد دانه می‌باشد زیرا هدف اصلی از کشت گندم به منظور برداشت دانه بوده و سایر قسمت‌های گیاه از جمله ساقه و برگ از اهمیت کم‌تری برخوردار بوده و در مرتبه بعدی قرار دارند. نتیجه بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که تنش خشکی عملکرد را تحت تأثیر قرار داد اما در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ ارگ از عملکرد دانه بیش‌تری برخوردار بود. افزایش عملکرد دانه مهم‌ترین هدف بهنژادگران در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد، اما از آنجا که عملکرد صفت پیچیده‌ای است که اجزای کمی بسیاری را در برمی‌گیرد و دارای وراثت پذیری پایینی می‌باشد، عموماً به طور مستقیم مورد مطالعه قرار نگرفته و در عوض صفات مرتبط با آن از نظر ژنتیکی دارای پیچیدگی بسیار کم‌تری هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد. ژنوتیپ شماره ۵ در مورد صفات طول سنبله و طول دوره پرشدن دانه دارای بیش‌ترین مقادیر بودند. از نظر صفات طول برگ پرچم ژنوتیپ شماره ۷، طول دومین میانگره ژنوتیپ شماره ۹، روز تا گرده افشانی ژنوتیپ شماره ۳۱، تعداد سنبله در متر مربع ژنوتیپ شماره ۳۵ و شاخص برداشت ژنوتیپ شماره ۱۸ بیش‌ترین میانگین را دارا بودند. نتایج این پارامترها نشان دهنده وجود تنوع میان صفات بوده و در نتیجه به‌نژادگران می‌توانند از آنان برای بهبود خصوصیات کیفی و کمی گندم در کارهای خود استفاده کنند.

جدول ۲- حداقل و حداکثر صفات

Table 2. The Max and Min of traits

صفات	حداکثر	شماره	حداقل	شماره	صفات	حداکثر	شماره	حداقل	شماره
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۳/۷۸	۲۱	۱/۷۲	۲۴	وزن سنبله (گرم)	۸۷/۴۲	۲۶	۶۶/۱۴	۳۲
طول سنبله (سانتی‌متر)	۶۹	۱	۲۴/۶۶	۲۴	تعداد دانه در سنبله	۱۱/۹۱	۵	۷/۱۷	۲۶
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۲/۷۹	۲۱	۱/۷۲	۴	وزن دانه در سنبله (گرم)	۳۹/۸۷	۲۶	۱۵/۹۱	۴
طول بیرون آمدگی پدانکل (سانتی‌متر)	۵۷/۷۵	۲۶	۳۴/۵۰	۷	وزن هزار دانه (گرم)	۲۲/۵۷	۲۶	۵/۴۵	۴
طول میانگره دوم (سانتی‌متر)	۶۴	۵	۵۱	۲۷	طول دوره پرشدن دانه	۱۸/۲۲	۹	۱۲/۶۰	۴۳
تعداد روز تا گرده افشانی	۱/۰۱	۲۶	۰/۵۳	۷	سرعت پرشدن دانه	۱۲۶	۳۱	۱۱۹/۳۳	۷
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۳/۶۷	۲۱	۱/۱۴	۱۳	عملکرد دانه (تن)	۱۸۵/۳۳	۵	۱۷۶	۲۷
تعداد سنبله در متر مربع	۱۲/۴۵	۱	۵/۱۰	۱۳	عملکرد بیولوژیک (تن)	۲۳۴	۳۵	۱۱۲/۶۷	۲۶
طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۳۶/۲۹	۱۸	۱۹/۱۶	۱	شاخص برداشت	۱۴/۵۱	۷	۷/۷۳	۲۴

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

از تجزیه به عامل‌ها در تعیین ارتباط اجزای عملکرد، تعیین ترتیب اهمیت صفات مورد بررسی در ارتباط با عملکرد و انتخاب عواملی که تفاوت میان نمونه‌ها را نمایان می‌سازد، استفاده می‌گردد. در مطالعه همبستگی صفات، ارتباط یک متغیر با متغیر دیگر بدون در نظر گرفتن نقش دیگر متغیرها بررسی می‌شود. ولی با کمک روش‌هایی چون تجزیه به عامل‌ها، می‌توان به طور موفقیت آمیزی تعداد زیادی متغیر هم‌بسته اولیه را به تعداد کمتری عامل اصلی کاهش داد و ضمن گروه‌بندی صفات، رابطه میان صفات هم‌بسته را نیز به خوبی توجیه کرد. علاوه بر این، ترتیب و اهمیت صفات و مقدار تنوعی که هر یک از صفات از تنوع کل توجیه می‌کنند، مشخص خواهد شد. از آن‌جا که به منظور به‌نژادی، در ابتدا باید میزان تنوع ژنتیکی برای صفت یا صفات مورد اصلاح و میزان تأثیرشان بر عملکرد مورد بررسی قرار گیرد از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گندم در آزمایش تنش خشکی در (جدول ۴) ارائه شده است. یکی از اهداف این تجزیه این بود که ۱۸ صفت زراعی مورد بررسی را در قالب چند مؤلفه اصلی خلاصه نموده و نقش این صفات را در تبیین تنوع کل بیان نماید. در تجزیه به عامل‌ها براساس روش مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک، حدود ۵ عامل مشخص شدند که در مجموع ۷۵/۰۲ درصد از کل تنوع داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول که بیشترین سهم (۲۰/۲۷ درصد) از تغییرات داده‌ها را نشان داد، دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، طول دومین میانگره و همچنین صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد، می‌توان این عوامل را به نام عوامل اصلی عملکرد نامید. ارزیابی ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نشان داده است که ارقامی با ارتفاع بیش‌تر از زودرسی و عملکرد بالاتری برخوردارند (۱۵). این ژنوتیپ‌ها مواد فتوسنتزی بیش‌تری را می‌توانند در ساقه ذخیره نمایند، لذا برداشت مکانیزه آن‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی که باعث پاکوتاهی شدید می‌شود به راحتی امکان پذیر است. وجود ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار برای عملکرد در عامل اول نشان‌دهنده همبستگی مثبت این صفات با هم می‌باشد. هم‌چنین می‌توان اظهار داشت برای داشتن عملکرد بالا به یک عملکرد بیولوژیک بالا (رشد سبزینه‌ای مناسب) و سرعت رویشی خوب نیاز است و عملکرد به این عامل‌ها وابسته است. عامل دوم ۱۶/۸۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمود و تحت عنوان شاخص سنبله نام‌گذاری شد. عامل سوم تا پنجم به ترتیب ۱۵/۵۱، ۱۱/۲۹، ۱۱/۰۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند و عامل چهارم به عنوان عامل مؤثر بر عملکرد نام‌گذاری شد. این عامل با توجه به اینکه در بر گیرنده عملکرد می‌باشد می‌توان به عنوان مهم‌ترین و با ارزش ترین عامل محسوب گردد. عوامل سوم و پنجم به ترتیب عوامل مؤثر بر خصوصیات رشدی گیاه و عامل مؤثر بر خصوصیات دانه معرفی شدند. ظهور زودتر ساقه و سنبله فرصت زیادی را برای پرشدن دانه در اختیار قرار می‌دهد تا از رطوبت موجود قبل از وقوع تنش شدید خشکی و افزایش دما برای پرکردن دانه بهره برداری کند. اساساً باید همبستگی بالایی بین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه وجود داشته باشد که این در عامل سوم دیده می‌شود. عامل سوم می‌تواند به عنوان یک معیار مهم گزینش ژنوتیپ‌ها برای شرایط خشکی مؤثر باشد. در توافق با نتایج این آزمایش در مطالعه‌ای روی صفات مرتبط با عملکرد دانه گندم مشخص شد که پنج مؤلفه اول ۸۰/۴ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کنند (۱۰). بابایی و همکاران (۴) در ارزیابی تنوع ژنتیکی گندم ۵ عامل مستقیم از هم را که مجموعاً ۷۴/۹۹ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

زکی‌زاده و همکاران (۲۰) در مطالعه خود روی ۷۰ لاین گندم پس از تجزیه به عامل‌ها مشاهده نمود که ۳ عامل اول ۹۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کنند. اسماعیل طوسی مجرد و همکاران (۱۹) با انجام تجزیه به عامل‌ها ۵ عامل را شناسایی کردند که در مجموع ۶۷/۷۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. نتایج حاصل از بررسی ضرایب عاملی نشانگر اهمیت صفات طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، ارتفاع بوته و صفات مربوط به زودرسی در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب برای شرایط خشکی می‌باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

جدول ۳- تجزیه واریانس برای خصوصیات زراعی

Table 3. Variance analysis of wheat of agronomic trais

صفات	درجه آزادی	میانگین مربعات تکرار	میانگین مربعات تیمار	خطا	ضریب تغییرات (٪)	صفات	درجه آزادی	میانگین مربعات تکرار	میانگین مربعات تیمار	خطا	ضریب تغییرات (٪)
		۲	۴۲	۸۴				۲	۴۲	۸۴	
ارتفاع بوته (سانتی متر)		۲۵۰**	۱۱۶/۴۸**	۲۵/۹۵	٪۷/۷۰	وزن سنبله (گرم)		۰/۰۵^{ns}	۰/۷۸**	۰/۱۵	٪۱۴/۳۵
طول برگ پرچم(سانتی متر)		۰/۹۷^{ns}	۳/۹۴**	۱/۱۷	٪۱۰/۱۶	تعداد دانه در سنبله		۷۸/۳۵^{ns}	۳۲۱/۱۷**	۳۲/۹۴	٪۱۲/۲۷
طول سنبله (سانتی متر)		۰/۰۰۴^{ns}	۲/۲۲**	۱/۱۵	٪۱۱/۲۲	وزن دانه در سنبله(گرم)		۰/۰۵^{ns}	۰/۴۵**	۰/۰۹	٪۱۵/۶۵
طول پدانکل (سانتی متر)		۲۳/۴۹**	۵۲/۶۱**	۶/۰۷	٪۱۰/۵۰	وزن هزار دانه (گرم)		۲۰/۷۸^{ns}	۶۶/۱۹**	۱۱/۶۹	٪۸/۰۱
طول بیرون آمدگی پدانکل (سانتی متر)		۲۰/۹۶**	۲۱/۴۲**	۴/۰۲	٪۱۸/۳۴	طول دوره پر شدن دانه		۱۵/۲۷^{ns}	۳۷/۵۹**	۱۴/۳۱	٪۶/۵۸
طول دومین میانگره (سانتی متر)		۲/۴۲^{ns}	۷/۹۵**	۲/۲۱	٪۹/۸۴	سرعت پر شدن دانه		۰/۰۱^{ns}	۰/۰۲**	۰/۰۰۵	٪۱۰/۲۷
روز تا گرده افشانی		۴۱/۰۹**	۸/۶۹**	۴/۰۵	٪۱/۶۴	عملکرد دانه (تن)		۱/۳۶*	۱/۲۰**	۰/۲۹	٪۲۳/۳۵
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک		۰/۱۹^{ns}	۱۷/۲۷**	۶/۸۲	٪۱/۴۵	عملکرد بیولوژیک (تن)		۳/۹۲^{ns}	۹/۹۴**	۲/۱۶	٪۱۶/۹۷
تعداد سنبله در متر مربع		۱۰۲۸/۴۷^{ns}	۲۰۰۹/۱۳^{ns}	۱۴۸۹/۲۰	٪۲۱/۸۴	شاخص برداشت		۵۶/۵۲^{ns}	۵۷/۰۵*	۳۵/۲۵	٪۲۲/۱۵

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

جدول ۴- نتایج مربوط به تجزیه عاملها

Table 4. Results of factor analysis

صفت	۵	۴	۳	۲	۱
ارتفاع(سانتی‌متر)	۰/۰۴	۰/۱۲	-۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۸۵
طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	-۰/۰۸	-۰/۵۲	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۳۷
طول سنبله (سانتی‌متر)	-۰/۴۶	۰/۴۸	-۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۱۰
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۰/۲۸	-۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۸۰
طول بیرون آمدگی پدانکل (سانتی‌متر)	۰/۳۱	-۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۷۸
طول دومین میانگره (سانتی‌متر)	-۰/۰۲	۰/۱۳	-۰/۲۶	۰/۰۱	۰/۷۵
روز تا گرده‌افشانی	۰/۰۷	۰/۲۵	-۰/۷۲	-۰/۰۹	۰/۰۸
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	-۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۸۳	۰/۱۷	-۰/۰۵
تعداد سنبله در متر مربع	-۰/۳۴	۰/۴۰	-۰/۲۱	-۰/۳۷	۰/۱۰
وزن سنبله(گرم)	۰/۰۶	-۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۹۵	۰/۱۴
تعداد دانه در سنبله	-۰/۳۶	۰	۰/۱۴	۰/۹۰	۰/۰۲
وزن دانه در سنبله (گرم)	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۹۵	۰/۱۵
وزن هزار دانه (گرم)	۰/۸۸	۰/۱۲	-۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۲۸
طول دوره پر شدن دانه	-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۹۶	۰/۱۳	-۰/۰۵
سرعت پر شدن دانه	۰/۷۳	۰/۰۶	-۰/۵۶	-۰/۰۹	۰/۲۲
عملکرد دانه (تن)	۰/۰۵	۰/۷۲	۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۵۶
عملکرد بیولوژیک(تن)	-۰/۰۱	۰/۲۹	-۰/۱۳	-۰/۰۲	۰/۶۴
شاخص برداشت	۰/۰۶۸	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۴
مقدار ویژه	۱/۹۹	۲/۰۳	۲/۷۹	۳/۰۳	۳/۶۵
درصد واریانس	۱۱/۰۷	۱۱/۲۹	۱۵/۵۱	۱۶/۸۵	۲۰/۲۷
درصد تجمعی واریانس	۷۵/۰۲	۶۳/۹۵	۵۲/۶۲	۳۷/۱۳	۲۰/۲۷

ژنوتیپ‌های موجود در هر گونه گیاهی دارای تنوع زیادی از نظر صفات مختلف کمی و کیفی می‌باشند. محققین جهت انتخاب بهترین ارقام و ژنوتیپ‌ها از روش‌های مختلف آماری بهره می‌گیرند که یکی از روش‌ها برای این مهم استفاده از روش تجزیه کلاستر به روش UPGMA می‌باشد. با گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش رطوبتی شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عکس‌العمل مشابه بهتر انجام می‌گیرد به طوری که ژنوتیپ‌هایی که در یک گروه قرار می‌گیرند شباهت ژنتیکی بیش‌تری به یکدیگر دارند (۱۳). تجزیه کلاستر در آزمایش تنش خشکی ژنوتیپ‌ها را به ۳ گروه تقسیم کرد (شکل ۱). گروه اول دارای ۳۴ ژنوتیپ، گروه دوم ۸ ژنوتیپ، گروه سوم ۱ ژنوتیپ را در خود جای دادند. گروه اول در رابطه با صفات طول سنبله، طول برگ پرچم، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و طول دوره پر شدن دانه از میانگین جامعه بالاتر بوده و در سایر موارد مقدار پایین‌تری از میانگین جامعه را دارا بودند (جدول ۵). در این بررسی، عملکرد دانه این گروه در جایگاه سوم قرار گرفت. در رابطه با صفت تعداد سنبله در متر مربع به عنوان صفت تأثیرگذار در عملکرد در رتبه دوم قرار دارد. اما علت کم بودن عملکرد دانه در این گروه می‌توان به کم بودن وزن هزار دانه نسبت داد که این امر را می‌توان به دلیل زیاد بودن تعداد دانه در سنبله که در این گروه در حداکثر مقدار خود می‌باشد دانست. صفات طول سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در سنبله در این گروه در حداکثر مقدار خود بوده و نسبت به سایر گروها در رتبه اول قرار می‌گیرند. اما برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، طول دومین میانگره، وزن هزار دانه، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک حداقل مقدار بوده و در رتبه آخر قرار می‌گیرد. این گروه را می‌توان گروهی نسبتاً دیررس با ارتفاع پایین دانست. گروه دوم شامل ۸ ژنوتیپ بوده که از نظر صفات روز تا گرده‌افشانی، تعداد سنبله در متر مربع، طول دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت دارای حداکثر مقدار بوده و نسبت به سایر گروه‌ها در رتبه اول قرار می‌گیرد. به دلیل زیاد بودن تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد دانه در این گروه به حداکثر مقدار خود رسیده است. اما برای صفات طول برگ پرچم، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله دارای حداقل مقدار بوده و در رتبه سوم قرار می‌گیرد. گروه سوم شامل ژنوتیپ شماره ۲۶ بوده و از نظر صفات ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل، طول دومین میانگره، وزن سنبله، وزن هزار دانه، سرعت پر شدن دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر از سایر گروه‌ها می‌باشد و در رتبه اول قرار دارد. به دلیل اینکه در تمام صفات وابسته به ارتفاع در حداکثر مقدار خود قرار دارد پس ژنوتیپ موجود در این گروه به عنوان ژنوتیپی با ارتفاع نسبتاً بالا نسبت به سایر گروه‌ها شناخته می‌شود. بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه دارای ارتفاع بیش‌تری نسبت به دو گروه دیگر بوده که بیانگر اهمیت این گروه در جهت استفاده برای مناطق خشک می‌باشد زیرا به‌واسطه ارتفاع بلندشان و ذخیره سازی بیش‌تر مواد غذایی در پدانکل تحمل به شرایط خشکی در آنان افزایش می‌یابد. احمدی و همکاران (۱) ارقام گندم بهاره را با روش کلاستربندی UPGMA در ۳ گروه مجزا طبقه‌بندی کردند. عظیمی و همکاران (۲) نیز در تجزیه کلاستر در آزمایش تحت تنش خشکی ۵۰ ژنوتیپ را در ۵ گروه تقسیم کرد گروه اول ۱۷ ژنوتیپ، گروه دوم ۱، گروه سوم ۱۷، گروه چهارم ۲ و گروه پنجم ۱۳ ژنوتیپ را در خود جای داد. در این تحقیق گروه سوم بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده است، از میان صفات مربوط به عملکرد نیز صفت عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله در مترمربع بیش‌تر از سایر گروه‌ها بود به‌دلیل زیاد بودن تعداد سنبله در مترمربع افزایش عملکرد دانه به حداکثر مقدار خود در این گروه رسیده است. پیردشتی و همکاران (۱۴) در بررسی صفات مؤثر برعملکرد دانه ۶۰ ژنوتیپ گندم نان با استفاده از روش‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

آماری مختلف گزارش نمودند در تجزیه کلاستر، صفات در ۳ کلاستر گروه‌بندی شدند. این محققین گزارش کردند که صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه در یک گروه قرار گرفتند و دستیابی به ژنوتیپ‌های گندم دارای عملکرد بالا با انتخاب مواد اصلاحی دارای قطر ساقه، تعداد دانه پر شده و وزن هزار دانه بالا میسر است.

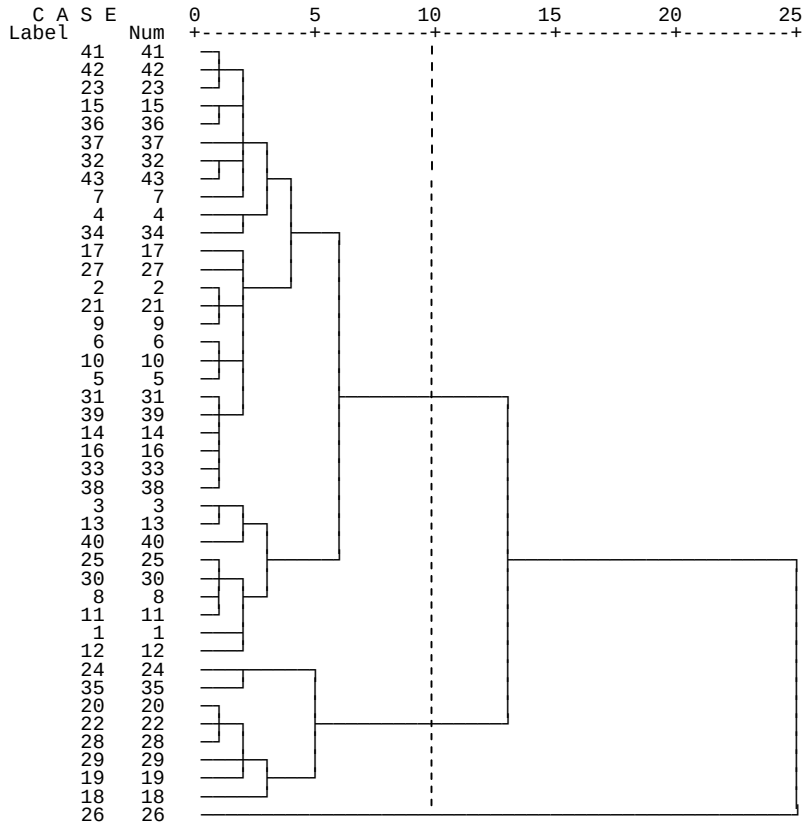
تشکر و قدردانی

از بذل توجه و همکاری های ارزشمند دکتر رضا دریکوند در مراحل اجرای پایان نامه صمیمانه سپاسگزاری می نمایم.

جدول ۵- مقایسه گروه‌های حاصل از تجزیه کلاستر

Table 5. Compare groups of cluster analysis

صفات	۱	۲	۳	میانگین جامعه
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۶۶/۳۳	۶۶/۹۰	۸۷/۴۲	۶۶/۱۴
طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۱۰/۷۷	۹/۹۵	۱۳/۳۶	۱۰/۶۷
طول سنبله (سانتی‌متر)	۹/۴۷	۹/۳۳	۷/۱۷	۹/۳۹
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۲۳/۰۳	۲۳/۱۳	۳۹/۸۷	۲۳/۴۴
طول بیرون آمدگی پدانکل (سانتی‌متر)	۱۰/۵۷	۱۱/۰۳	۲۲/۵۷	۱۰/۹۳
طول دومین میانگره (سانتی‌متر)	۱۴/۹۱	۱۵/۷۸	۱۷/۱۰	۱۵/۱۲
روز تا گرده‌افشانی	۱۲۲/۵۵	۱۲۲/۷۴	۱۲۱	۱۲۲/۵۵
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۱۷۹/۹۷	۱۷۹/۷۵	۱۷۶/۳۳	۱۷۹/۸۴
تعداد سنبله در متر مربع	۱۶۹/۲۲	۲۱۶/۱۲	۱۱۲/۶۷	۱۷۶/۶۳
وزن سنبله (گرم)	۲/۷۵	۲/۴۷	۳/۱۹	۲/۷۱
تعداد دانه در سنبله	۴۸/۰۵	۴۲/۱۲	۴۰/۶۶	۴۶/۷۸
وزن دانه در سنبله (گرم)	۱/۹۹	۱/۸۰	۲/۲۸	۱/۹۶
وزن هزار دانه (گرم۹	۴۲/۰۱	۴۳/۷۱	۵۷/۷۵	۴۲/۶۹
طول دوره پر شدن دانه	۵۷/۵۱	۵۷/۵۴	۵۶	۵۷/۴۸
سرعت پر شدن دانه	۰/۷۲	۰/۷۵	۱/۰۱	۰/۷۳
عملکرد دانه (تن)	۲/۲۰	۲/۷۹	۲/۷۸	۲/۳۲
عملکرد بیولوژیک (تن)	۸/۳۹	۹/۵۲	۱۱/۱۶	۸/۶۶
شاخص برداشت	۲۶/۲۷	۲۹/۲۷	۲۴/۷۹	۲۶/۸۰



شکل ۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم براساس کلیه صفات حاصل از تجزیه کلاستر

Figure 1. Grouping of genotypes wheat based on studied traits of cluster analysis

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

منابع

1. Ahmadi, J., M. Khatibi, H. Amirshekari and M. Amini Dehag .2012. Evaluation of the effective morpho-physiological indices on the yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) using multivariate statistical methods. Journal of Agronomy Science, 4: 55-66 (In Persian).
2. Azimi, M. Study of plant traits related to terminal drought tolerance and dry matter remobilization in bread wheat lines. 2011. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University Karaj Branch. 268 pp.
3. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, pp: 38-78.
4. Babaei Zarch, M.J., M.H. Fotokian and S. Mahmoudi. 2014. Evaluation of Genetic Diversity of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Genotypes for Morphological Traits using Multivarite Analysis Methods, Journal of Crop Breeding, 6: 1-14.
5. Chaves, M.M. and M.M. Olivera. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany, 55: 2365-2384.
6. Evans, L.T. and R.A. Fischer. 1999. Yield potential. Crop Science, 39: 1544-1551.
7. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
8. Guttieri, M.J., J.C. Stark, K. O'B rien and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science, 41: 327-335.
9. Gupta, N.K., S. Gupta and A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. Journal of Agronomy and Crop Science, 186: 55-62.
10. Heidari, B., G. Saeidi and B. Sayed-Tabatabaei. 2008. Factor analysis for quantitative traits and path analysis for grain yield in wheat. Water and Soil Science Journal, 11: 135-143.
11. Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of improving crop yield in water-limited environments. Advances in Agronomy, 43: 107-153.
12. Moghaddam, M., B. Ehdaie and J.G. Waines. 1997. Genetic variartion and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern Iran. Euphytica, 95: 361-369.
13. Maleki Nejad, R. and M.M. Majidi. 2015. Evaluation of Iranian and Foreign Safflower Germplasms under Normal and Drought Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 7: 1-15.
14. Pirdashti, H., A. Ahmadpour, F. Shafaati, S. Hosseini, A. Shahsavari and A. Arab. 2012. Evaluation of most effective variables based on statistically analysis on different wheat genotypes. International Journal of Agriculture: Research and Review, 2: 381-388.
15. Rostae, M., D. Sadeghzadeh and U. Arshad. 2003. Study of relationship among grain yield agronomic traits using factor analysis in rainfed conditions. Journal of Agriculture Science, 13: 1-10(In Persian).
16. Rajaram, S., H.J. Braun and M. Ginkel. 1996. CIMMYT ' s approach to bread for drought tolerance. Eupgytica, 92: 147-153.
17. Rosielle, A.T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress enviroments. Crop Science, 21:943-945
18. Stone, P. J. and M.E. Nicolas. 1995. A survey of the effects of high temperature wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research, 46: 475-492.
19. Tousi Mojarad, M., M.R. Ghanadha and M. Khodarahmi. 2005. Factor analysis for grain yield and other attributes in bread wheat. Pajoush and Sazandegi, 67: 9-16 (In Persian).
20. Zakizadeh, M., M. Esmaeilzadeh and D. Kahrizi. 2010. Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 12: 18-30 (In Persian).
21. Zhong-hu, H. and S. Rajaram. 1993. Differential responses of bread wheat characters to high temperature. Euphytica, 72: 197-303.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]

Evaluation of Different Characteristics of wheat Genotypes under Drought Stress using Multivariate Statistical

Azam Rahimi Chegeni[1], Mohammad Reza Bihamta[2] and Manoocher Khodarahmi[3]

1- Graduated M.Sc., Plant Breeding, Department of Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran (Corresponding Author: rahimiazam20@yahoo.com)
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
Received: May 24, 2015 Accepted: November 1, 2015

Abstract

In order to evaluate and grouping wheat genotypes based on grain yield and important agronomic traits under drought stress, a field experiment was conducted with 43 wheat genotypes using a Randomized Complete Block design in three replication at Azad University, khorramabad, Iran in 2012-2013 cropping season. Evaluated traits were: day to maturity, day to pollination, grain filling rate, grain filling period, plant height, second internode length, peduncle length, peduncle extrusion, spike length, flag leaf length, spike weight, grain per spike, harvest index, thousand weight kernel, grain weight per spike, spike per square meter, biological yield, grain yield. Analysis of variance showed that there were significant difference among genotypes for most traits under drought stress. Factor analysis based on principle components and varimax rotation showed that 5 factors, yield, growth characteristics, spike index and factor affecting of grain characteristics explained 75.02% of data total variance under drought stress. Lastly cluster analysis based on UPGMA method was used for grouping genotyprs and genotypes were divided into 3 groups. The first group was the third place for grain yield. The second group was consist of 8 genotype and the maximum grain yield was compared to the other groups. 35, 18,19,24 genotypes showed the highest yield. The third group was in all related traits height the maximum amount.

Keywords: Cluster analysis, Drought Stress, Factors analysis, Wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.147]