دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های جو با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

زهرا صارمی[۱]، مریم شهبازی[۲]، مهرشاد زین‌العابدینی[۳]، اسلام مجیدی هروان[۴] و رضا عزیزی‌نژاد[۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه بیوتکنولوژی و به نژادی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسوول: maryam.shahbazi@gau.ac.ir)
۳- دانشیار، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استاد، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۵- استادیار، عضو هیأت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲
صفحه: ۱۰ تا ۱۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش خشکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد و تولید جو در دیمزارهای مناطق خشک بوده و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به‌عنوان راهکاری مفید برای افزایش عملکرد جو است. لذا اصلاح ارقام جو متحمل به تنش و مناسب برای مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تحمل به خشکی ۱۲۱ ژنوتیپ، لاین و ارقام جو و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس براساس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در شرایط دیم و آبی انجام شد. صفات ارزیابی شده شامل تعداد سنبله، تعداد دانه، وزن هزار دانه، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و عملکرد دانه بود.

یافته‌ها: نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی نشان داد که شاخص تحمل (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HM) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی داشتند و شاخص‌های مناسبی جهت گزینش ارقام پرمحصول در هر دو محیط دیم و آبی دارند. همچنین صفات تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های STI، GMP، MP و HM در هر دو شرایط داشتند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس شاخص تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبی، سه مؤلفه در مجموع ۸۱ درصد از تنوع داده‌های اولیه را توجیه کرد. در شرایط دیم نیز، سه مؤلفه در حدود ۸۸ درصد از کل تنوع را توصیف نمودند.

نتیجه‌گیری: در شرایط این تحقیق، ژنوتیپ‌های ۱۰ (۷۱۵۵۷)، ۱۰۰ (Tokak/Demir-2) و ۳۸ (۷۲۴۸۰) در دو محیط دیم و آبی، پتانسیل تولید دانه بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه اصلی، تجزیه همبستگی، جو، شاخص‌های تحمل

مقدمه

جو (*Horduem vulgare* L.) یکی از محصولات اصلی زراعی است که از نظر سطح زیر کشت و اهمیت غذایی در میان غلات، بعد از گندم، ذرت و برنج رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است (۶). جو در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، دارای سازگاری اکولوژیکی متمایزی بوده و در شرایط متنوع آب و هوایی قابل کشت است (۲۲).

تنش‌های محیطی نظیر خشکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد و تولید جو در دیمزارهای مناطق خشک بوده و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به‌عنوان راهکاری مفید برای افزایش عملکرد جو است. لذا اصلاح ارقام جو متحمل به تنش و مناسب برای مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری است (۱۱). ایران روی کمربند خشکی دنیا واقع شده و با گذر از فصل بهار به تابستان از میزان و پراکنش بارندگی‌ها میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و گیاهان زراعت دیم در اواخر فصل رشد، رسیدگی و پرشدن دانه با خشکی مواجه می‌گردند. در ایران نیز از مجموع ۱۲ میلیون هکتار اراضی زیر کشت کشور بالغ بر ۶/۵ میلیون هکتار آن به کشت دیم اختصاص داشته و تنش خشکی از عوامل عمده محدود کننده تولید محصول در دیمزارهای ایران است (۲۴). بنابراین، انجام پژوهش‌هایی برای یافتن راهکارها و شاخص‌هایی برای گزینش ژنوتیپ‌هایی متحمل خشکی در جهت افزایش عملکرد جو دیم با توجه به سطح زیرکشت آن و گسترش روزافزون خشکی ضرورت دارد (۴).

شاخص‌های متعدد آماری برای ارزیابی واکنش گیاهان نسبت به تنش خشکی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است. فیشر و مورر (۸) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را معرفی نمودند که شدت تنش را براساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط مطلوب و خشکی محاسبه می‌کند. شاخص‌های تحمل (TOL) (تفاوت عملکرد گیاه در دو شرایط محیطی متفاوت) و بهره‌وری متوسط (MP) (میانگین تولید در شرایط تنش و بدون تنش) برای اولین بار توسط رزیل و هامبلین (۲۱) معرفی گردید. سپس فرناندز (۷) شاخص‌های حساسیت به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را پیشنهاد نمودند که مقادیر بالای STI نشانه تحمل خشکی است. آزمایش ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل نشان داد که شاخص STI، MP و GMP شاخص‌هایی مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی هستند (۹). در مطالعه‌ای بر روی ژنوتیپ‌های جو، شاخص‌های GMP، STI و MP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در شرایط تنش و بدون تنش برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول معرفی کردند (۱۷).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و نیز در شرایط آبی به‌عنوان یک نقطه عطف برای شناسایی صفات مربوط به تحمل خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای نواحی خشک است (۱۲،۱۴).

کرمی و همکاران (۱۳)، در بررسی ۲۶ ژنوتیپ جو تحت شرایط فاریاب و دیم با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی، از قبیل: میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری(GMP)، شاخص حساسیت به تنش(SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI) گزارش کردند که تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های جو هستند.

نتایج تحقیقی روی ۲۱ ژنوتیپ جو در دو وضعیت آبیاری نرمال و تنش خشکی نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، HARM وMP که بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش داشتند، به‌عنوان شاخص‌های برتر برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شدند (۲۳). احمدزاده و همکاران (۱) گزارش کردند که شاخص‌های تنش، MP، STI، YI، HMP وGMP بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد در هر دو شرایط تنش و مطلوب را دارند.

رحمتی و همکاران (۱۹) با مطالعه بر روی ۱۰ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، گزارش نمودند که ضرایب همبستگی بین شاخص‌های HAM، STI، MP و GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد دانه بودند، که این شاخص‌ها، بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر هستند. با توجه به تحقیقات در زمینه توده‌های کلکسیون جو بانک ژن گیاهی ملی ایران از لحاظ تحمل به خشکی و همچنین نحوه سازگاری اکوتیپ‌های بومی مناطق گرم و خشک، ارزیابی تخصصی این منابع ژنتیکی در وضعیت دیم و آبی و شناسایی صفات مرتبط با تحمل به خشکی، به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل و استفاده از آن‌ها در تحقیقات کاربردی ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو، این مطالعه با هدف ارزیابی پاسخ تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های جو دریافتی از بانک ژن به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسه آن‌ها از نظر عملکرد و سایر صفات در دو شرایط دیم و آبی و تعیین شاخص‌های مؤثر در تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل و حساس از نظر تحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش حاضر، بذر ۱۲۱ ژنوتیپ جو شامل ۵۷ توده بومی ایرانی، ۴۲ توده بومی از سایر کشورها منتخب از ۲۵۰ توده بومی جو دریافتی از بانک ژن ملی ایران، ۱۱ لاین پیشرفته و ۱۱ رقم تجاری از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه تهیه شد. آزمایش در دو شرایط دیم و آبی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو تکرار طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد.

برای آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش، در پاییز سال قبل از کاشت از گاوآهن برای شخم به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید و به‌منظور وجین علف‌های هرز از پنجه غازی و دیسک استفاده شد. براساس آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام گرفته در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (از منبع اوره) در هکتار در پاییز استفاده شد. در هر آزمایش، ژنوتیپ‌ها در کرت‌هایی به ابعاد ۱/۲ در ۳ متر و با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه کشت گردیدند. با توجه به داده‌های هواشناسی (جدول ۱) آبیاری شرایط آبی در مراحل بوتینگ و اواسط گرده‌افشانی انجام گردید، در حالی‌که در شرایط دیم هیچ‌گونه آبی در طی فصل زراعی به گیاهان داده نشد. در این آزمایش صفاتی چون تعداد دانه، تعداد سنبله، وزن هزار دانه، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری این صفات تعداد ۸ سنبله به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و اندازه‌گیری‌های مورد نظر انجام شد. در مرحله برداشت برای از بین بردن اثر حاشیه، دو خط کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای خط میانی حذف گردید و عملکرد دانه براساس وزن دانه بر حسب گرم در ۱/۲ متر مربع تعیین گردید. شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی براساس روش فیشر و ماور(۸)، فرناندز (۷) و روزیل و هامبلین (۲۱) اندازه‌گیری شد. شاخص‌های کمی تحمل به تنش با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط نرمال (Yp)، تنش (Ys)، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب Yp و در شرایط تنش Ys به شرح زیر محاسبه شدند (جدول ۲).

جدول ۱- داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ ایستگاه هواشناسی مراغه

Table 1. Maragheh weather data for 2014 and 2015

ماه	بارندگی میلی‌متر	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	متوسط دما	تعداد روز زیر صفر	درصد رطوبت نسبی	تبخیر میلی‌متر	متوسط دمای حداقل	متوسط دمای حداکثر
مهر	۱۳۸/۷	۲	۲۵/۴	۱۲/۱	۰	۶۲/۱	۱۴۸/۳	۷/۵	۱۶/۸
آبان	۲۲/۲	-۶/۵	۱۶/۴	۴/۳۱	۱۳	۶۷/۷	۲۷/۵	۳	۸/۳
آذر	۸۹/۴	-۶	۱۰/۶	۱	۱۹	۸۴/۵	۰	-۱/۳۵	۳/۴
دی	۸/۵	-۱۰	۱۰	-۱/۵	۲۹	۶۷/۷	۰	-۵/۵	۲/۵
بهمن	۴۱/۷	-۱۰	۱۲/۴	۹۹	۲۵	۶۶/۶	۰	-۳/۴	۵/۲
اسفند	۱۸/۶	-۱۲/۵	۱۶	۱/۵۳	۲۱	۶۰	۰	-۳/۷۷	۶/۸
فروردین	۵۱/۳	-۴	۲۲	۶/۲۳	۱۰	۶۵	۰	۱/۴۲	۱۱
اردیبهشت	۴۹/۵	-۳	۲۵/۴	۱۱/۸	۲	۴۹/۸	۱۷۴/۵	۶/۲	۱۷/۳
خرداد	۵	۶	۳۲	۱۸/۸	۰	۳۶	۳۱۰	۱۲	۲۵/۷
تیر	۲/۷	۱۰	۳۷/۴	۲۴	۰	۳۳/۴	۴۲۳	۱۷/۷	۳۰/۴

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی لاین‌های مورد مطالعه جو

Table 2. Evaluation indices of studied barley lines

شاخص	معادله	منبع
شدت تنش	SI = 1- (Ys/Yp)	(۸)
شاخص حساسیت به تنش	SSI = [1-(Ys/Yp)]/SI	(۸)
شاخص تحمل	TOL = Yp-Ys	(۲۱)
شاخص تحمل به تنش	STI = (Yp × Ys)/ (Yp)2	(۷)
شاخص میانگین بهره‌وری	MP = (Yp+Ys)/2	(۲۱)
میانگین هندسی بهره‌وری	GMP = $\sqrt{(Yp \times Ys)}$	(۷)
میانگین هارمونیک	HM = 2 (YP)(YS)/(YP+YS)	(۷)
شاخص پایداری عملکرد	YSI = Ys/Yp	(۳)

با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش اعمال شده بررسی شد. براساس همبستگی میان عملکرد در شرایط دیم و آبی، بهترین شاخص برای ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌ها تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ و SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. (لیست اسامی ژنوتیپ‌ها به علت تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها ارائه نشده است).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش اختلاف آماری معنی‌داری را بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد (جدول ۳). به‌علاوه، انجام آبیاری در مراحل بوتینگ و اواسط گرده‌افشانی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شد. نتایج تحمل به شرایط دیم بر اساس شاخص‌های MP، GMP، STI و HM نشان داد که ژنوتیپ شماره (۷۱۵۵۷)۱۰ با داشتن بیشترین مقدار این شاخص‌ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، تحمل بیشتری به شرایط دیم داشت و در گروه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در شرایط مزرعه قرارگرفت (جدول ۴).

بعد از ژنوتیپ شماره ۱۰، ژنوتیپ‌های (۷۲۴۸۰) ۳۸ و (Tokak/Demir-2) ۱۰۰ از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI و HM در محیط دیم و آبی عملکرد بالایی داشتند (جدول ۴). بررسی مشابهی در گیاه جو و مقایسه شاخص‌های MP، GMP، STI و HM ژنوتیپ‌های مختلف نشان داد که انتخاب براساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌شود (۱۸).

ارزیابی اکوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI مواد آزمایشی را براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند و این شاخص را می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن‌ها به‌کار برد (۱۰،۱۶). شاخص SSI نشان داد که ژنوتیپ ۵۴ با کمترین مقدار SSI یعنی ۰/۰۱ متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به شرایط دیم بود (جدول ۴).

ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند در محیط دیم تغییر عملکردی کمتری از خود نشان می‌دهند. از نظر شاخص TOL ژنوتیپ‌های ۵۴ و ۵۷ کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (جدول ۴)، پایین بودن شاخص TOL به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نیست چون ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کمتری همراه باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل معرفی شود (۱۵).

ژنوتیپی که توسط شاخص YSI به‌عنوان رقمی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش شناسایی می‌شود، از پایین‌ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار است در این آزمایش ژنوتیپ‌های ۴۶ و ۲۳ از نظر شاخص YSI در رتبه بالاتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند (جدول ۴). شاخص YSI همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش برآورد می‌شود. بنابراین، این دو شاخص فاقد توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند.

راضی و آساد و غفاری (۱۰،۲۰) اعلام داشتند که استفاده از شاخص تحمل خشکی (STI) منجر به انتخاب هیبریدهایی می‌شود که هم تحمل بالایی به خشکی دارند و هم در شرایط آبیاری کامل از عملکرد مطلوبی برخوردارند و بهترین شاخص برای گزینش اکوتیپ‌ها به شمار می‌روند. برخی از محققان از جمله دانشیان و جنوبی (۵) معتقدند که علاوه بر این شاخص، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص مناسب دیگری برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب است.

میانگین، واریانس، خطای معیار، حداکثر و حداقل ارزش نتاج برای شاخص‌های تحمل و صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۵ آورده شده است که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی مناسب در جمعیت است. نتایج این مطالعه نشان داد که ژرم پلاسم جو مورد مطالعه دارای تنوع بالایی از نظر اکثر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد ارزیابی هستند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم و آبی
Table 3. Combined analysis of variance on grain yield in barley genotypes under rainfed and irrigated Conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
آبیاری	۱	۶۱۴۵۸۹۷۰*
خطای محیط	۲	۳۱۶۷۵۳۷
ژنوتیپ	۱۲۰	۲۰۰۱۰۸۷**
ژنوتیپ × آبیاری	۱۲۰	۳۵۰۹۸۰ns
خطای آزمایش	۲۴۰	۴۳۸۱۲۲
کل	۴۸۳	
ضریب تغییرات CV% =۱۸		

ns, *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- حداکثر و حداقل عملکرد دانه و شاخص‌های کمی تحمل تنش خشکی ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم و آبی
Table 4. Maximum and minimum grain yield and quantitative indices of drought tolerance of genotypes in rainfed and irrigated conditions

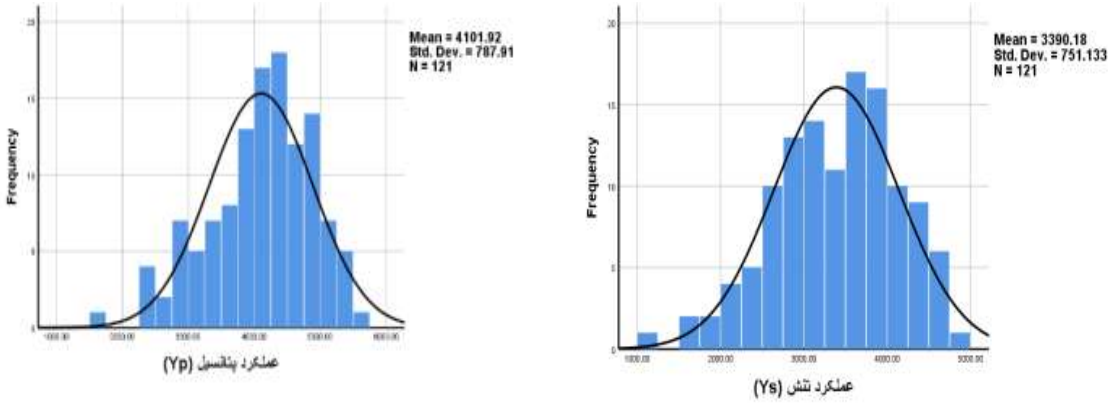
ژنوتیپ	میانگین هارمونیک	شاخص تحمل به تنش	میانگین هندسی بهره‌وری	شاخص حساسیت تنش	میانگین بهره‌وری	شاخص تحمل	شاخص پایداری عملکرد	عملکرد در شرایط آبی	عملکرد در شرایط دیم
۲	۱۶۸۷	۰/۱۷	۱۶۹۶	۱/۰۵	۱۷۰۵	۳۴۲	۱۲۲	۱۸۷۶	۱۵۳۳
۱۰	۴۹۶۱	۱/۴۶	۴۹۶۵	۰/۴۳	۴۹۶۹	۴۹۶۹	۱۰۸	۵۱۶۲	۴۷۷۶
۲۳	۲۲۲۲	۰/۳۵	۲۴۴۳	۳/۳۹	۲۶۸۶	۲۶۸۶	۲۴۲	۳۸۰۳	۱۵۷۰
۳۸	۴۸۳۴	۱/۴	۳۴۴۱	۰/۹۵	۴۸۷۳	۸۷۷	۱۲۰	۵۳۱۲	۴۴۳۵
۴۶	۱۶۰۲	۰/۱۸	۳۴۶۷	۳/۲	۱۸۷۹	۱۴۴۴	۲۲۵	۲۶۰۱	۱۱۵۷
۵۴	۳۴۸۵	۰/۷۲	۴۵۵۲	۰/۰۱	۳۴۸۵	۶	۱۰۰	۳۴۸۸	۳۴۸۲
۵۷	۳۹۴۵	۰/۹۲	۲۳۹۱	۰/۰۲	۳۹۴۵	۱۲	۱۰۰	۳۹۵۲	۳۹۳۹
۱۰۰	۴۸۶۵	۱/۴۱	۴۸۶۷	۰/۲۸	۴۸۶۸	۲۴۵	۱۰۵	۴۹۹۱	۴۷۴۵

جدول ۵- مقادیر آماره‌های توصیفی شاخص‌های تحمل خشکی و صفات ارزیابی شده درژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه
Table 5. Values of descriptive statistics of drought tolerance indices and evaluated traits in studied barley genotypes

	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای معیار	واریانس
عملکرد در شرایط تنش(YS) (کیلوگرم در هکتار)	۱۲۱	۱۱۵۷	۴۷۷۶	۳۳۰۹/۲	۶۸/۳	۵۶۴۲۰۱/۱
عملکرد در شرایط مطلوب (Yp) (کیلوگرم در هکتار)	۱۲۱	۱۵۳۳	۶۲۸۵	۴۱۰۱/۹	۷۱/۶	۶۲۰۸۰۱/۶
شاخص پایداری عملکرد (YSI)	۱۲۱	۱۰۰	۱۸۷۶	۱۳۸/۵	۱۴/۶	۲۵۹۸۳/۸
مقاومت به تنش (TOL)	۱۲۱	۶	۲۶۹۴	۷۰۸/۶	۵۳/۹	۳۵۲۰۵۹
میانگین هندسی(MP)	۱۲۱	۱۷۰۵	۴۶۶۹	۳۷۴۶/۷	۶۴/۳	۵۰۰۲۳۴/۲
شاخص حساسیت به تنش(SSI)	۱۲۱	۰/۰۱	۳/۳۹	۰/۹۷	۰/۰۶۶	۰/۵۴
میانگین هندسی بهره وری(GMP)	۱۲۱	۱۶۹۶	۴۹۶۵	۳۷۱۷/۲	۶۴/۷	۵۰۶۶۵۲/۵
شاخص تحمل به تنش (STI)	۱۲۱	۰/۱۷	۱/۴۶	۰/۸۵	۰/۰۲۷	۰/۰۸۹
میانگین هارمونی (HM)	۱۲۱	۱۶۰۲	۴۹۶۱	۳۶۸۸/۶	۶۵/۳	۵۱۶۳۷۴/۵
تعداد سنبله در مترمربع (نرمال)	۱۲۱	۲۰۰	۵۲۰	۳۶۹/۱	۶/۹	۵۷۸۰/۷
تعداد دانه در مترمربع (نرمال)	۱۲۱	۵۴۶۵	۱۶۹۸۰	۱۱۴۱۳/۱	۱۹۱/۲	۴۴۲۴۷۶۹/۶
وزن هزاردانه برحسب گرم (نرمال)	۱۲۱	۳۰	۵۳	۴۳/۲	۰/۴۳	۲۲/۴
روز تا سنبله دهی (نرمال)	۱۲۱	۱۳۴	۱۴۴	۱۴۱/۶	۰/۱۸	۴/۲
روز تا رسیدگی (نرمال)	۱۲۱	۱۶۶/۵	۷۱۴/۵	۱۷۱/۸	۰/۱۳	۲/۰۶
تعداد سنبله در مترمربع (تنش)	۱۲۱	۱۶۰	۴۹۵	۳۴۳/۸	۷/۲	۶۲۲۰/۷
تعداد دانه در مترمربع (تنش)	۱۲۱	۴۳۸۰	۱۶۰۰۰	۱۱۶۲	۲۲۶/۹	۶۲۳۲۴۰۴/۴
وزن هزاردانه برحسب گرم (تنش)	۱۲۱	۲۷	۴۸	۳۶/۸	۰/۴۱	۲۰/۶
روز تا سنبله دهی (تنش)	۱۲۱	۱۳۲	۱۴۷	۱۴۲	۰/۳۱	۱۲/۲
روز تا رسیدگی (تنش)	۱۲۱	۱۶۶	۱۷۷/۵	۱۷۴/۲	۰/۱۶	۳/۳

توزیع فراوانی جمعیت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات اجزای عملکرد، در دو وضعیت دیم و آبی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که این توزیع برای همه صفات به صورت پیوسته و نرمال بود که توزیع فنوتیپی عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم و آبی در شکل۱ ارائه شده است. پیوسته بودن و تابعیت این توزیع از توزیع نرمال نشان‌دهنده‌ی کمی بودن صفات مورد بررسی و دخالت چندین ژن در کنترل این صفات بود. این احتمال، شناسایی ژن‌های تحمل به خشکی را افزایش می‌دهد و نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها شامل آلل‌های مطلوب و نامطلوب در صفات مختلف می‌باشند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]



شکل ۱- توزیع فنوتیپی میانگین عملکرد مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم و آبی
Figure 1. Phenotypic distribution of mean yield in barley genotypes under rainfed and irrigated Conditions

ضرایب همبستگی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که بین شاخص Yp و شاخص Ys همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد.

بررسی ضرایب همبستگی میان عملکرد در وضعیت نرمال (Yp) و عملکرد در شرایط تنش (Ys) با شاخص‌های تنش MP، TOL, SSI, YSI, HM, GMP و STI (جدول ۶) نشان‌دهنده همبستگی بیشتر عملکردها با شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HM) است، بنابراین این شاخص‌ها به‌عنوان بهترین معیار برای مقایسه ژنوتیپ‌ها در این آزمایش شناخته شدند.

این همبستگی بالا نشان‌دهنده توانایی این شاخص‌ها در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش می‌باشد، لذا می‌توان شاخص‌های فوق را به‌عنوان شاخص‌های موفق برای ارزیابی تحمل تنش خشکی درنظر گرفت.

با توجه به جدول همبستگی شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی (جدول ۶)، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد در شرایط نرمال و عملکرد در شرایط دیم وجود داشت که بیانگر ارتباط نزدیک بین عملکرد در دو شرایط است، بر این اساس امکان اصلاح همزمان (در دو شرایط دیم و آبی) وجود دارد. براساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که به صورت میانگین حاصل جمع عملکرد در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر می‌باشند که مقادیر بیشتری از این شاخص را کسب نموده باشند (۲۱).

طبق نظر فرناندز (۷) شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش باشد، به طوری که براساس نوع همبستگی باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردد، به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شود.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط دیم و آبی با شاخص‌های کمی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های جو به روش پیرسون
Table 6. Correlation coefficient between yield under rainfed and irrigated conditions and quantitative indices of drought tolerance in barley genotypes by Pearson method

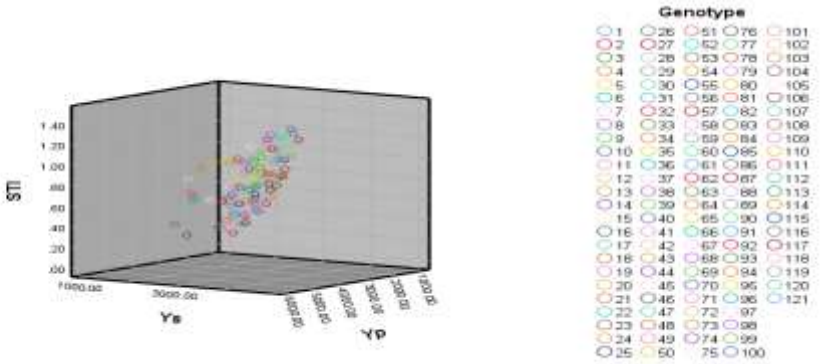
	پتانسیل عملکرد	عملکرد تنش	شاخص پایداری عملکرد	شاخص تحمل	میانگین بهره‌وری	شاخص حساسیت تنش	میانگین هندسی بهره‌وری	شاخص تحمل به تنش	میانگین هارمونیک
عملکرد	۱	۰/۷۰۱**	-۰/۲۷۱**	۰/۴۲۲**	۰/۹۲۵**	۰/۱۹۱*	۰/۹**	۰/۸۸۶**	۰/۸۷۳**
عملکرد تنش	۰/۷۰۱**	۱	-۰/۳۰۹**	-۰/۳۴۷**	۰/۹۱۹**	-۰/۵۵۱**	۰/۹۴۱**	۰/۹۳۷**	۰/۹۵۸**

** و *: همبستگی به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار است

با توجه به کارایی شاخص‌های MP، GMP، STI و HM در تعیین ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، نمودار سه‌بعدی مربوط به شاخص STI ارائه شده است. در بررسی این شکل ملاحظه شد که در مورد این شاخص ژنوتیپ‌های ۱۰ ، ۱۰۰ و ۳۸ (شکل ۲)، در هر دو محیط دیم و آبی بالاترین عملکرد و ژنوتیپ‌های ۲و۴۶ کمترین میزان را نشان دادند. به‌دلیل همبستگی بالا میان چهار شاخص STI, GMP, MP و HM همان‌طور که انتظار می‌رفت نتایج مشابهی برای شاخص‌های GMP، HM و MP نیز به‌دست آمد.

ضرایب همبستگی میان شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HM) و صفات مورد ارزیابی در دو وضعیت رطوبتی دیم و آبی در جدول ۷، نشان می‌دهد که در وضعیت رطوبتی نرمال، صفات تعداد سنبله و وزن هزار دانه همبستگی معنادار در سطح احتمال ۱ درصد با این چهار شاخص دارد. این در حالی است که در وضعیت دیم، صفات تعداد سنبله و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد و صفت تعداد دانه در سطح ۵ درصد همبستگی بالایی با شاخص‌ها نشان دادند. همبستگی مثبت و معنادار این شاخص با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه و وزن هزار دانه که از اجزای عملکرد است، منطقی و توجیه‌پذیر به‌نظر می‌رسد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]



شکل ۲- رابطه میان شاخص تحمل به تنش (STI) و عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبی و دیم
Figure 2. Relationship between Stress Tolerance Index (STI) and yield of genotypes under rainfed and irrigated conditions

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های کمی تحمل خشکی و صفات در شرایط آبی (بالای قطر) و دیم (پایین قطر)
Table 7. Correlation coefficient among drought tolerance indices and traits under irrigated (high diameter) and rainfed (low diameter) conditions

	SpikeNo	SeedNo	TKW	DHE	DMA	STI	GMP	MP	HM
تعداد سنبلهSpikeNo	۱	۰/۳۹۴**	۰/۵۰۹**	۰/۰۵۹	-۰/۰۸۴	۰/۵۴۴**	۰/۵۵۵**	۰/۵۶۴**	۰/۵۴۴**
تعداد دانهSeedNo	۰/۷۹۲**	۱	-۰/۲۰۵*	۰/۰۵	-۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۱۵	۰/۱۲۸	۰/۱۰۳
وزن هزار دانه TKW	۰/۱۴۱	-۰/۳۴۷**	۱	۰/۱۱۶	۰/۱۲۳	۰/۵۰۶**	۰/۵۱۰**	۰/۵۱۰**	۰/۵۰۸**
روز تا سنبله دهیDHE	۰/۰۳۷	۰/۱۵۶	-۰/۱۹۰*	۱	۰/۳۴۲**	۰/۰۹۶	۰/۱۰۲	۰/۱۱۱	۰/۰۹۳
روز تا رسیدگیDMA	-۰/۰۱۲	۰/۱۰۶	-۰/۱۵۶	۰/۸۳۳**	۱	-۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۳
شاخص تحمل به تنشSTI	۰/۳۲۶**	۰/۲۰۹*	۰/۳۳۵**	-۰/۰۶۵	-۰/۰۱۲	۱	۰/۹۹۲**	۰/۹۸۹**	۰/۹۹۰**
میانگین هندسی عملکردGMP	۰/۳۳۶**	۰/۲۱۶*	۰/۳۴۷**	-۰/۰۷۱	-۰/۰۰۵	۰/۹۹۲**	۱	۰/۹۹۸**	۰/۹۹۸**
میانگین هندسی MP	۰/۳۳۸**	۰/۲۱۶*	۰/۳۵۷**	-۰/۰۵۸	۰/۰۰۴	۰/۹۹۸**	۰/۹۹۸**	۱	۰/۹۹۲**
میانگین هارمونیکHM	۰/۳۳۳**	۰/۲۱۶*	۰/۳۳۶**	-۰/۰۸۳	-۰/۰۱۳	۰/۹۹۰**	۰/۹۹۸**	۰/۹۹۲**	۱

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها و بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنش و صفات تحت ارزیابی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک به‌طور جداگانه در هر دو وضعیت دیم و آبی انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌ها در وضعیت رطوبتی نرمال (جدول ۸) نشان داد که سه مؤلفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک دارند، در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند که در مجموع ۸۱ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. در مؤلفه اول که ۵۵ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داده، صفات تعداد سنبله و وزن هزار دانه و شاخص‌های STI، GMP و MP بیشترین ضریب را داشتند (جدول ۸). بنابراین مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه تحمل به خشکی نامید و انتخاب براساس مقادیر بیشتر این مؤلفه، می‌تواند موجب گزینش اکوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش محیطی شود که در هر دو محیط دیم و آبی دارای عملکرد بالایی باشند.

چهارده درصد از واریانس توسط مؤلفه دوم ایجاد شده و بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به صفات روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی بود، پس می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر منفی‌بزرگ‌تر در مؤلفه دوم و مقادیر مثبت بیشتری در مؤلفه اول باشند، ژنوتیپ‌های متحمل‌تری از دیگر ژنوتیپ‌ها هستند. بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به مؤلفه سوم نیز مربوط به صفات تعداد دانه و روز تا ظهور سنبله بود.

تجزیه به مؤلفه‌ها در وضعیت دیم (جدول ۹)، سه مؤلفه را که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک دارند معرفی نمود و این مؤلفه‌ها در مجموع ۸۸ درصد از واریانس صفات را توجیه کردند. مؤلفه اول ۵۲ درصد از این واریانس را به خود اختصاص داد و بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به STI، GMP MP و HM همچنین عملکرد در وضعیت تنش (YS) با مقادیر مثبت بود. این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر تحمل نامگذاری کرد (جدول ۹). نتایج نشان می‌دهد ۲۰/۵ درصد از واریانس توسط مؤلفه دوم ایجاد شده است. مؤلفه دوم که دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد دانه، روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی بود تحت عنوان عامل مؤثر بر وزن دانه نامیده شد. ضریب مربوط به مؤلفه سوم، صفات تعداد سنبله و تعداد دانه با مقادیر منفی و صفت روز تا رسیدگی با مقدار مثبت است که ۱۵/۲۴ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده و با توجه به صفات مؤثر در مؤلفه‌های مذکور می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای تولید ارقامی از جو با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی، گیاهانی که دارای صفات تعداد دانه و تعداد سنبله و روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی بالا هستند را باید انتخاب نمود. اشکانی و همکاران (۲) در تحقیقی پنج عامل را که ۹۶٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد، در شرایط تنش خشکی معرفی کردند. آن‌ها عاملی را که در آن عملکرد دانه دارای بالاترین ضریب عاملی معنی‌دار بود، عامل بهره‌وری نامیدند. در مجموع به این نکته می‌توان اشاره نمود که از تجزیه به مؤلفه‌ها، برای کاهش داده‌ها، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در جامعه و تبیین سهم هر صفت در تنوع کل، همچنین گروه‌بندی صفات براساس روابط داخلی آن‌ها و بررسی گوناگونی ژنتیکی آن‌ها استفاده می‌شود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

جدول ۸- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای سه مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو در وضعیت رطوبتی نرمال
Table 8. Eigen values, relative variance and coefficients of variables for the three main components in barley genotypes under normal moisture conditions

صفات	مؤلفه۱	مؤلفه ۲	مؤلفه۳
تعداد سنبلهSpikeNo	۰/۶۷۰	-۰/۲۵۱	۰/۲۷۴
تعداد دانهSeedNo	۰/۱۶۷	-۰/۴۹۵	۰/۸۰۵
وزن هزار دانهTKW	۰/۶۰۳	۰/۲۹۲	۰/۲۸۸
روز تا سنبله دهیDHE	۰/۱۵۰	۰/۶۳۳	۰/۵۲۸
روز تا رسیدگیDMA	۰/۰۳۵	۰/۷۸۲	۰/۲۷۱
شاخص تحمل به تنشSTI	۰/۹۷۴	-۰/۰۳۰	-۰/۰۹۱
میانگین هندسی عملکردGMP	۰/۹۸۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۶۹
میانگین هندسیMP	۰/۹۸۶	-۰/۰۱۰	-۰/۰۵۲
میانگین هارمونیک HM	۰/۹۷۴	-۰/۰۰۸	-۰/۰۸۵
عملکرد پتانسیلYp	۰/۹۲۶	۰/۰۰۷	۰/۰۶۱
مقادیر ویژه	۵/۵۵	۱/۴۰	۱/۱۸
واریانس نسبی	۵۵/۵۴	۱۴/۰۶	۱۱/۸۴

جدول ۹- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای سه مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های جو در وضعیت دیم
Table 9. Eigen values, relative variance and coefficients of variables for the three main components in barley genotypes under rainfed

صفات	مؤلفه۱	مؤلفه۲	مؤلفه۳
تعداد سنبله SpikeNo	۰/۴۴۶	۰/۴۱۹	-۰/۶۴۱
تعداد دانه SeedNo	۰/۲۹۳	۰/۶۴۴	-۰/۶۸۱
وزن هزار دانه TKW	۰/۳۷۹	-۰/۴۴۳	۰/۲۶۴
روز تا سنبله دهی DH	-۰/۱۰۷	۰/۸۱۴	۰/۴۸۰
روز تا رسیدگی DMA	-۰/۰۴۸	۰/۷۷۴	۰/۵۵۷
شاخص تحمل به تنش STI	۰/۹۸۳	-۰/۰۱۱	۰/۱۰۹
میانگین هندسی عملکرد GMP	۰/۹۹۸	-۰/۰۱۰	۰/۱۰۵
میانگین هندسی MP	۰/۹۸۴	-۰/۰۰۲	۰/۱۱۲
میانگین هارمونیک HM	۰/۹۹۰	-۰/۰۱۶	۰/۰۹۸
عملکرد تنش Ys	۰/۹۵۰	-۰/۰۴۸	۰/۰۵۵
مقادیر ویژه	۵/۲۳۸	۲/۰۵۰	۱/۵۲۴
واریانس نسبی	۵۲/۳۸	۲۰/۵۰	۱۵/۲۴

نتیجه‌گیری کلی

براساس همبستگی شاخص‌های تنش با عملکرد در شرایط دیم و آبی، شاخص STI، HM، GMP و MP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در جو شناخته شدند. با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط آبی و دیم، سه مؤلفه اول توانستند در مجموع به ترتیب ۸۱ و ۸۸ درصد از واریانس صفات را توجیه نمایند. براساس شاخص STI، HM، GMP و MP و نمودار سه‌بعدی مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط آبی و دیم ژنوتیپ‌های ۱۰(۷۱۵۵۷)، ۱۰۰(Tokak/Demir-2) و ۳۸ (۷۲۴۸۰) جز ژنوتیپ‌های مقاوم و پرمحصول در برابر خشکی شناسایی شدند.

بررسی ضرایب همبستگی صفات مختلف در شرایط آبی و دیم با شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هارمونیک (HM) نشان داد که صفات تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه و عملکرد دانه با شاخص STI، GMP، MP و HM همبستگی معنی‌داری داشتند که نشان‌دهنده اهمیت توجه به این صفات در برنامه‌های اصلاحی جهت دست‌یابی به ژنوتیپ‌های متحمل و پرمحصول است.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود داشت. شاخص‌ها STI، MP، GMP و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بودند. در نهایت به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های ۱۰،۱۰۰ و ۳۸ در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی شناخته شدند که می‌توانند در شرایط آب و هوایی مشابه محل اجرای آزمایش کشت شوند و برای تولید واریته‌های اصلاح شده در منطقه در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

منابع

1. Ahmadzadeh, R., H. Pakniyat, E. Tavakol and S. Shahrasbi. 2019. Assessment barley genotypes using stress tolerance indices in normal and rainfed conditions in Badjgah region, Fars Province.Plant Ecophysiology Journal, 36: 240-255 (In Persian).
2. Ashkani, J.SH., H. Pakniat and V. Ghotbi. 2003. Evalution of seed yield-related character in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) sing factor analysis. Abstracts of the 8th Iranian Crop Sciences Congress, 22(2): 179-189 (In Persian).
3. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybeans. I. evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24(5): 933-937.
4. Cattivelli, L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, A. Tondelli and A.M. Santaca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research, 105: 1-14.
5. Daneshian, J. and P. Jonoubi. 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress. In Proceedings of the 5th International Crop Science Congress. Jejo, Korea. 189 pp.
6. FAO. 2013. FAO database collection. Available Online At: Http:// Www.Fao.Org.
7. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crop in Temperature and Water Stress. Taiwan, 257-270.
8. Fisher, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield Responses In Spring Wheat. Australian Journal of Agricultural Science, 29: 892-912.
9. Geravandi, M., E. Farshadfar and D. Kahrizi. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 233-252.
10. Ghafari, M. 2008. Evaluation and selection of sunflower inbred lines under normal and drought stress conditions. Plant and Seed Journal, 23: 633-649.
11. Golparvar, A.R., I.M. Harvan and E.G. Pirbaloti. 2003. Genetic improvement yield potential and water stress resistance in wheat genotypes (*Triticum Aestivum*). Aridity Seasonal and Agricultural Drought, 13: 13-21.
12. Jiban, M. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Current Science, pp:758-763.
13. Karami, E., M.R. Ghannadha, M.R. Naghavi and M. Mardi. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iranian Journal Agriculture Science, 36(3): 547-560 (In Persian).
14. Mezer, M., A. Turska-Taraska, Z. Kaczmarek, K. Glowacka, B. Swarcewicz and T. Rorat. 2014. Differential physiological and molecular response of barley genotypes to water deficit. Plant Physiology and Biochemistry, 80: 234-248.
15. Moghaddam, A. and M. Hadizadeh. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant, 18(3): 212-255 (In Persian).
16. Naderi, A., E. Majidi-Heravan, A. Hashemi-Dezfuli, A. Rezaie and G. Nour-Mohamadi. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Seed and Plant, 15(4): 390-402.
17. Nazari, L. and H. Pakniyat. 2010. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. Journal Applied Sciences, 10(2): 151-156.
18. Nourmand Moayyed, F., M.A. Rostami and M.R. Ghannadha. 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal Agriculture Science, 32(4): 795-805 (In Persian).
19. Rahmati, H., A. Nakhzari Moghadam, A. Rahemi Karizaki and Z. Evarsaji. 2020. Evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 12(33): 174-183 (In Persian).
20. Razi, H. and M.T. Assad. 1998. Evaluating variability of important agronomic traits and drought tolerant criteria in sunflower cultivars. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing, 2(1): 31-44 (In Persian).
21. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection fir yield in stress and non stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
22. Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development, 25(1): 145-149.
23. Soleimani, A., M.R. Bihamta, S.A. Peyghambari and R. Maali Amiri. 2017. Evaluation of late season drought in barley genotypes using some drought tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 9(23): 166-176 (In Persian).
24. Statistical Center of Iran. 2018. Abstract of the results of the agriculture survey. Country budget program organization.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]

Evaluation of Drought Tolerance in Barley Genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using Drought Tolerance Indices

Zahra Saremi[1], Maryam Shabazi[2], Mehrshad Zinalabdini[3], Eslam Majidi Haravan[4] and Reza Azizinezhad[5]

1- Ph.D Student, Department of Plant Breeding and Biotecnology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding author: maryam.shahbazi@gau.ac.ir)
3- Associate Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
Received: 30 August 2021 Accepted: 2 January 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Drought stress is one of the most important factors in reducing yield and barley production in rainfed arid regions, and counteracting or reducing the effect of stresses as a useful solution to increase barley yield. Therefore, improvement of stress-tolerant and suitable barley cultivars for arid and semi-arid regions is essential.

Material and Methods: In order to evaluate drought tolerance of 121 genotypes, lines and barley cultivars and identify tolerant and susceptible genotypes based on grain yield and drought tolerance indices, an experiment in a randomized complete block design with two replications in Maragheh rainfed agricultural research station was carried out in rainfed and irrigated conditions during the cropping years of 1394-94 and 1394-95. Evaluated traits included spikes number, seeds numder, 1000-seed weight, days to heading, days to maturity and grain yield.

Results: The results of correlation between drought tolerance indices and grain yield in rainfed and irrigated conditions showed that tolerance index (STI), mean productivity (MP), harmonic mean (HM) and geometric mean productivity (GMP) were positively correlated, and had significance with grain yield traits in both environmental conditions. So, they were suitable indicators for selecting high yielding cultivars in both rainfed and irrigated environments. Also, the number of fertile spikes and 1000-seed weight had a significant correlation with STI, GMP, MP and HM indices in both conditions. In the principal components analysis based on drought tolerance index and grain yield under water conditions, the three components together accounted for 81% of the diversity of the initial data. In rainfed conditions, the three components described about 88% of the total diversity.

Conclusion: In this study, genotypes 10 (71557), 100 (Tokak / Demir-2) and 38 (72480) in both rainfed and irrigated environments showed higher grain production potential than other genotypes.

Keywords: Barley, Correlation Analysis, Principle Components Analysis, Tolerance Indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOI: 10.52547/jcb.14.41.10]