دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و ششم، ۱۳۹۸

ارزیابی ژنوتیپ‌های جو با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش در شرایط آبی و دیم منطقه باجگاه فارس

رسول احمدزاده[۱]، حسن پاک‌نیت[۲]، الهه توکل[۳]، صادق شهراسبی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/٤ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۸

چکیده

به‌منظور بررسی میزان تحمل جو به تنش خشکی، هشت لاین خارجی و دو رقم زراعی در دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین میانگین عملکرد دانه در شرایط مطلوب مربوطه به لاین‌های ۷۹، ۹۵، ۱۲۰و رقم یوسف (با متوسط ۹۳۵/۳ گرم در متر مربع) و در شرایط تنش مربوط به لاین‌های ۹۵ و ۱۲۰ (با متوسط ۸۳٤/۲۷گرم در متر مربع) بود. در هر دو شرایط، کمترین عملکرد مربوط به لاین شماره ۲۱ (۲۲۷/۰۳ گرم در متر مربع) بود. از نظر شاخص‌های سه‌گانه ارزیابی حساسیت به خشکی، شامل تحمل، افت محصول دهی و شاخص حساسیت به تنش، لاین‌های ۱۲۵، ۹۷، ۲۱ و رقم ریحان به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس و کم محصول تشخیص داده شدند اما از نظر شاخص‌های چهارگانه ارزیابی تحمل خشکی، شامل میانگین محصول‌دهی، تحمل به تنش، میانگین هندسی محصول‌دهی و میانگین هارمونیک، لاین‌های شماره ۹۵، ۱۲۰ و رقم یوسف به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناخته شدند. برای انتخاب و معرفی بهترین معیار(های) تحمل به خشکی، همبستگی هر یک از شاخص‌های فوق با عملکرد تحت شرایط مساعد و تنش محاسبه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از میزان همبستگی بین شاخص‌های تنش، MP، GMP، HMP، YI و STI بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد در هر دو شرایط تنش و مطلوب را نشان دادند. با توجه به این شاخص‌ها و عملکرد بالای ژنوتیپ‌ها در دو شرایط محیطی، بهترین ژنوتیپ‌ها متحمل به تنش خشکی، لاین‌های ۹۵ و۱۲۰ تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: جو، شرایط دیم، تنش خشکی، شاخص تحمل خشکی

احمدزاده، ر.، ح. پاک نیت، ا. توکل و ص. شهراسبی. ۱۳۹۸. ارزیابی ژنوتیپ‌های جو با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش در شرایط آبی و دیم منطقه باجگاه فارس. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٦: ۲۵۵-۲٤۰.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- عضو هیات علمی بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران- مسئول کاتبات. پست الکترونیک: pakniyat@shirazu.ac.ir

۳- عضو هیات علمی بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌روند و مقابله و یا تخفیف اثر تنش‌ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مدنظر قرار گرفته است. در میان تنش‌های زنده، خشکی تا حد زیادی پیچیده و مخرب‌ترین در سطح جهان است و انتظار می‌رود فراوانی آن در نتیجه تغییرات آب و هوایی افزایش یابد (سکارلی و همکاران، ۲۰۱۰). تحمل به خشکی صفت کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد از این رو این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (زارع، ۲۰۱۲). معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و یا تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتری تولید کنند، اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند. عملکرد و پایداری ارقام در شرایط تنش، می‌تواند به‌عنوان شاخص گزینش ارقام مقاوم مد نظر قرار گیرد، البته باید در نظر داشت که عملکرد بالا در شرایط تنش، به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مقاومت به خشکی یک ژنوتیپ باشد، زیرا جنبه فرار از خشکی و یا توانایی ژنوتیپی نیز باید مورد توجه قرار گیرد (واعظی و احمدی‌خواه، ۱۳۸۹). به عقیده برخی محققان، گزینش برای عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش می‌تواند باعث بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش شود (بلوم، ۲۰۰۱) اما برعکس، گزینش برای تحمل در شرایط تنش غالباً به کاهش عملکرد گیاهان به هنگام کاشت در شرایط بدون تنش منجر می‌شود (اورتیز و همکاران، ۲۰۰۱). در مواردی، گزینش در شرایط بدون تنش برای عملکرد بالا تا حدودی توانست به طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی شود که نمونه بارز آن آزادسازی رقم جو گرافیک بود که برای شرایط آبی اصلاح شد، ولی در شرایط کم‌آبی اکثر نواحی مدیترانه‌ای اروپا نیز دارای عملکرد و پایداری بالایی بود (تامبوسی و همکاران، ۲۰۰۵). پژوهش‌های مختلف روی گیاهان مختلف زراعی نشان می‌دهد که به طورکلی در شرایط دیم اکثر ژنوتیپ‌ها از نظر همه ویژگی‌های مورد مطالعه دچار کاهش نسبی می‌گردنـد (باقری و حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸ و آکاش و همکاران، ۲۰۰۹). آکاش و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی عملکـرد ۵ ژنوتیپ جو زراعی در دو شرایط آبی و دیم نتیجه گیری کردند که عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانـه تمام ارقام مورد بررسی در شرایط دیم کم‌تر از شرایط آبی بود؛ به طوریکه اثر منفی تنش خشکی بـر عملکـرد بیولوژیک بین ۱۹ تا ٤۵ درصد و بر عملکرد دانه بین ۱۳ تا ۳۷ درصد برآورد گردید. آن‌ها براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، رقم موتاه[1] را به عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی کردند. نظری و پاک‌نیت (۲۰۱۰) در پژوهشی تحمل خشکی را در ۱٦ ژنوتیپ مختلف جو با محاسبه شاخص‌های ارزیابی تحمل خشکی در شرایط تنش و بدون تنش مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها بیان نمودند که میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب (Yp) و میزان عملکرد در شرایط تنش (Ys)، هر دو همبستگی مثبت و معنی‌داری با میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) دارند و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری را بین شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (TOL) در شرایط تنش دارند. ریتزا و همکاران (۲۰۰٤) از شاخص حساسیت به تنش فیشر و مورر (۱۹۷۸) در ۲۰ ژنوتیپ مختلف جو استفاده کردند. آن‌ها مشاهده کردند که هشت ژنوتیپ برتر در هر دو محیط عملکرد بالایی داشتند. همچنین آن‌ها با پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص حساسیت به تنش در برابر عملکرد نسبی در هر دو محیط مشاهده نمودند که این هشت ژنوتیپ در ناحیه‌ای از بای‌پلات قرار گرفتند که حساسیت کمتر و عملکرد نسبی بیشتری در شرایط تنش داشتند. استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که مقادیر بالای آن نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش می‌باشد، اغلب منجر به‌گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم‌تحمل به شرایط تنش می‌گردد (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱). سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که شاخص MP زمانی مناسب است که شدت تنش زیاد نباشد و اختلاف کمی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش باشد. همواره هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی، معرفی ارقامی بوده که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کم‌تری داشته باشند (تامبوسی و همکاران، ۲۰۰۵). بطور کلی این پژوهش به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های جو به تنش خشکی، دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد دانه بالا، ارائه مناسب‌ترین شاخص (های) مقاومت به خشکی در جهت انجام گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و تعیین همبستگی بین صفات مهم زراعی و شاخص‌های مقاومت به خشکی با عملکرد در دو شرایط دیم و آبی انجام شد.

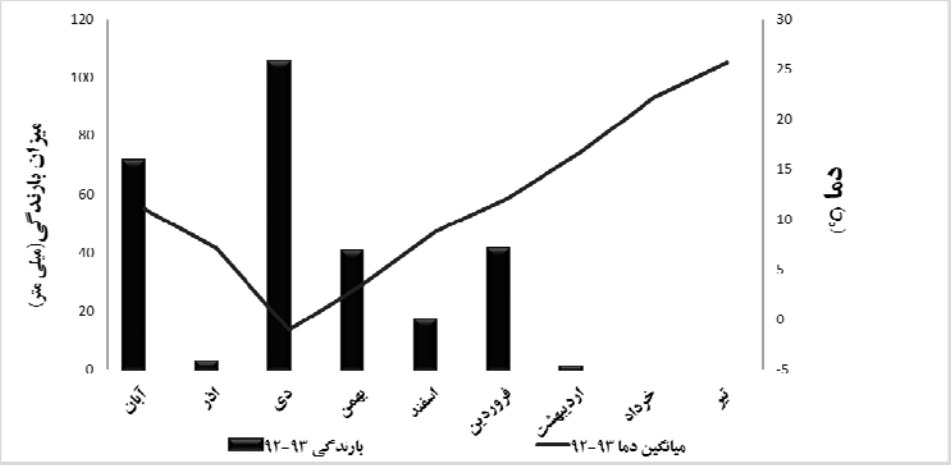
مواد و روش‌ها

1-Mutah

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت دو آزمایش جداگانه با آبیاری مطلوب و تنش آبی با نقشه‌های مشابه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه باجگاه شیراز (طول جغرافیایی۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ٤۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) صورت گرفت. به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در این پژوهش مواد گیاهی مورد استفاده شامل ۸ لاین خارجی جو و۲رقم زراعی ایرانی (رقم متحمل یوسف و رقم ریحان به‌عنوان رقم حساس) بود. پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحت شرایط تنش و بدون تنش با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای بدون آبیاری (دیم) و آبیاری کامل و فاکتور فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ جو بود (جدول ۱). بافت خاک محل اجرای طرح، رسی-شنی دارای ٤۰ ٪ رس، ٤۲ ٪ شن و ۱۸ ٪ شن بود. اطلاعات هواشناسی نیز در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده

۱.	G21
۲.	G28
۳.	G79
٤.	G87



شکل۱- میانگین دما و بارش کل ماهانه در طول فصل رشد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

آماده سازی زمین مورد نظر در زمان مناسب و پس از اولین بارندگی مؤثر به صورت شخم، دیسک، تسطیح و کودپاشی انجام شد. هر کرت فرعی شامل چهار پشته به طول ۳ متر بود. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر و فاصله گیاهان روی ردیف ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت به‌وسیله یک ردیف کشت نشده از کرت بعدی جدا شد. دو آزمایش بافاصله ۲۰ متر زمین نکاشت از هم جداشدند. بذور ژنوتیپ‌های مورد بررسی پس از تهیه زمین و ضدعفونی با با قارچ کش کربوکسین در عمق ٤-۳ سانتی متر در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۲ کشت شدند. دو آزمایش از نظر نقشه کاشت و صفات اندازه گیری شده کاملا مشابه بودند، تنها تفاوت آن‌ها در این بود که در شرایط تنش خشکی تا پایان دوره رشد و رسیدن کامل آبیاری صورت نگرفت. برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری از درصد رطوبت وزنی خاک استفاده شد. برای انجام این کار قبل از هر آبیاری از دو عمق خاک مزرعه (۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲٤ ساعت خشک شد و میزان رطوبت وزنی خاک تعیین گردید. سپس میزان آب مورد نیاز برای هر آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک تا عمق ریشه گیاه به حد ظرفیت مزرعه از رابطه زیر محاسبه شد.

(مایکل و اوجا، ۱۹۸۷)

با توجه به نتایج آزمون خاک و مشخص شدن عدم احتیاج به عناصری از قبیل پتاسیم و فسفر تنها کود مورد استفاده میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۲ نوبت (نیمی در زمان کاشت و نیمی در زمان طویل شدن ساقه) و ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به کرت‌ها داده شد. در طول دوره رشد برای مقابله با سن، سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار در مرحله ظهور خوشه و برای کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی، علف‌کش 2,4-D به میزان یک لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله پنجه‌زنی استفاده شد و همچنین وجین دستی نیز در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری به صورت کاملا مشابه برای هر دو آزمایش انجام پذیرفت. برداشت زمانی انجام گرفت که حدود ۹۰ درصد بوته های آزمایش به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیده بودند. در نهایت با استفاده از عملکرد گیاهان در آزمایش آبی (Yp) و آزمایش دیم (Ys) برای بررسی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر حساسیت و تحمل به خشکی از شاخص‌های حساسیت به تنش[1] (SSI)، تحمل تنش[2] (TOL)، میانگین بهره‌وری[3] (MP)، شاخص عملکرد[4] (YI)، شاخص تحمل به تنش[5] (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری[6] (GMP)، میانگین هارمونیک[7] (HMP) استفاده گردید. برای محاسبه شاخص‌های مورد نظر از روابط زیر استفاده شد.

شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و مورر، ۱۹۸۷)

$$SSI = \frac{1-\frac{Ys}{Yp}}{1-\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}}$$

۱- شاخص تحمل به تنش (TOL) (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$TOL = Yp - Ys$$

۲- شاخص میانگین بهره‌وری (MP) (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$MP = \frac{Ys + Yp}{2}$$

$$dn = \frac{(Pc - \theta m \times \rho b)D}{100}$$

۳- شاخص عملکرد (YI) (لین و همکاران، ۱۹۸۶)

$$YI = \frac{Ys}{\bar{Y}s}$$

۴- شاخص تحمل به تنش (STI)(فرناندز، ۱۹۹۲)

$$STI = \frac{Yp \times Ys}{\bar{Y}p^2}$$

۵- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$GMP = \sqrt{(Ys \times Yp)}$$

۶- شاخص میانگین هارمونیک (HMP) (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$HMP = \frac{2Yp \times Ys}{Yp + Ys}$$

در این روابط Yp، Ys، $\bar{Y}p$، $\bar{Y}s$ به ترتیب میزان عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب، میزان عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش است.

وراثت‌پذیری (h^2) بر اساس روش سینگ و چودری (۱۹۸۵) و روش مول و همکاران (۱۹۶۰) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

1- Stress Susceptibility Index (SSI)
2- Tolerance (TOL)
3- Mean Productivity (MP)
4- Yield Index (YI)
5- Stress Tolerance Index (STI)
6- Geometric Mean Productivity (GMP)
7- Harmonic Mean Productivity (HMP)

$$\sigma^2_g = \frac{MS_g - MS_e}{r} \qquad \text{Heritability } (h^2) = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_p} \qquad \sigma^2_p = \sigma^2_g + \sigma^2_e$$

که در آن $\sigma^2 g$: واریانس ژنتیکی و $\sigma^2 p$: واریانس فنوتیپی می باشند که با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (فرشادفر، ۱۳۷٦).

که در آن MS_g: میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها، MS_e: میانگین مربعات خطا، r: تکرار و σ^2_e: واریانس محیطی می‌باشند. واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی برای تخمین ضریب تنوع ژنتیکی[1] (GCV) و ضریب تنوع فنوتیپی[2] (PCV) با فرمول‌های زیر محاسبه شد (سینگ و چودری، ۱۹۸۵).

σ_g: انحراف معیار ژنتیکی، σ_p: انحراف معیار فنوتیپی و $\bar{X}$: میانگین نمونه‌ها

برای محاسبه بهره ژنتیکی ناشی از انتخاب (R) از فرمول زیر استفاده گردید (فالکونر، ۱۹۹٦)

$$PCV = \frac{\sigma_p}{\bar{X}} \times 100 \quad h^2 \sigma_{GCV} = \frac{\sigma_g}{\bar{X}} \times 100$$

که در این فرمول: i : شدت گزینش (برابر ۲/۰٦) و σ_p: انحراف معیار فنوتیپی

بهره ژنتیکی محاسبه شده (R) به‌صورت درصدی از میانگین کل ژنوتیپ‌ها (μ) و در قالب فرمول زیر محاسبه گردید. نیز بر اساس روش شاکلا و همکاران (۲۰۰٦) محاسبه گردید.

بهره ژنتیکی (برحسب درصد میانگین) $= \{(R/\mu) \times 100\}$

پس از محاسبه شاخص‌های کمی، این شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند سپس با استفاده از نرم افزار SPSS 16 همبستگی بین میانگین شاخص‌های محاسبه شده و عملکرد آبی و دیم بدست آمد. همچنین نتایج حاصل به صورت نمودار سه بعدی توسط نرم-افزار SPSS 16 نمایش داده شد. به منظور انتخاب چند متغیره از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات و به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌های مطلوب جهت دورگ گیری از تجزیه کلاستر (خوشه‌ای) به روش WARD استفاده شد و نتایج حاصل یه صورت دندوگرام (فتوگرام) ارائه گردید.

نتایج و بحث

بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌های مقاومت به خشکی و همچنین عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبی و دیم اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به خشکی است. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب برابر ۹٤۲/۲ گرم در مترمربع برای لاین ۹۵ و در شرایط دیم برابر ۸٤۸/۸ گرم در مترمربع برای لاین ۱۲۰بود (جدول۲). در حالی که کمترین میزان عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم مربوط به لاین ۲۱ و به ترتیب برابر با ۳٦۸/۵ و ۲۲۷/۰ گرم درمترمربع بود (جدول ۲). به طور کلی ارزیابی عملکرد دانه تحت شرایط تنش آبی و آبیاری یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی در برنامه‌های اصلاحی جو گندم معرفی شده است. میزان عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم نسبت به شرایط مطلوب کاهش معنی‌داری را نشان داد و پاسخ ژنوتیپ‌های جو متفاوت بود. به طور میانگین، عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در شرایط مطلوب ۲٦/۵ درصد بیشتر از شرایط دیم بود (جدول ۲).

1- Genetic Coefficient f Variation
2 - Phenotypic Coefficient of Variation

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط آبیاری مطلوب و دیم

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب		دیم	
	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)		عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	
۲۱	۳۶۸/۴۷	e	۲۲۷/۰۳	f
۲۸	۷۱۸/۰۰	bc	۶۵۰/۱۳	bc
۷۹	۹۲۷/۴۷	a	۶۴۶/۰۷	bc
۸۷	۷۵۷/۳۳	b	۵۵۷/۹۳	cd
۹۵	۹۴۲/۱۷	a	۸۱۹/۷۷	a
۹۷	۶۰۱/۱۳	cd	۴۴۰/۹۰	de
۱۲۰	۹۳۶/۲۳	a	۸۴۸/۷۷	a
۱۲۵	۶۰۴/۳۰	cd	۴۵۲/۹۹	de
ریحان	۴۸۷/۸۳	de	۳۶۵/۲۷	e
یوسف	۹۳۵/۳۷	a	۷۴۵/۱۷	ab

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

زاهدی (۱۳۹۱) گزارش کرد که تنش خشکی پیش از ظهور سنبله موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام جو گردید که این کاهش به طور میانگین در بین سی و دو ژنوتیپ و رقم جو مورد مطالعه ٤۰/۷ درصد بود. در پژوهش نوروزی (۱۳۹۳) نیز تنش آبی موجب کاهش ۵۱/۳ درصدی ارقام جو گردید. کرت‌های تحت تیمار دیم در این پژوهش تنها در موقع کاشت آبیاری شدند و پس از آن تا پایان مرحله برداشت آبیاری صورت نگرفت. بنابرین، علت تفاوت قابل توجه کاهش عملکرد دانه در این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر، به دلیل طول دوره بیشتر تنش خشکی بود. تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه در همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید هر چند میزان کاهش در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (جدول۲). کمترین کاهش عملکرد دانه در اثر تنش آبی برابر با ۹/۳٤ و ۹/٤۵ درصد به ترتیب در لاین‌های ۱۲۰ و ۲۸ مشاهده شد. لاین‌های ۲۱ و ۷۹ با ۳۸/٤ و ۳۰/٤ درصد کاهش در عملکرد دانه بیشترین پاسخ را به تنش خشکی از خود نشان دادند (جدول۲). با توجه به تسریع پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و کوتاه شدن مدت زمان مراحل نموی گیاه در اثر تنش خشکی (ریو و همکاران، ۲۰۰۰)، اجزا عملکرد و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های جو در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد. تفاوت معنی‌داری از لحاظ شاخص‌های SSI، MP، YI، STI، GMP، HMP بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت، بدین معنی که از نظر صفت تحمل خشکی تنوع قابل توجهی بین ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه قابل مشاهده است. گلستانی و پاک نیت (۱۳۸٦) با بررسی بر روی ژنوتیپ‌های کنجد مشاهده کردند که اختلاف بسیار معنی داری بین ژنوتیپ ها از نظر کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده و عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود وجود دارد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. در این پژوهش بر اساس شاخص حساسیت به تنش SSI که مقادیر کمتر آن به‌منزله تحمل بیشتر ژنوتیپ مربوطه می‌باشد لاین‌های ۲۸ و ۱۲۰ کمترین حساسیت را به تنش آبی نشان داد و لاین ۲۱ حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. با استفاده از شاخصSSI، می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن‌ها مشخص کرد (فرناندز، ۱۹۹۲). رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص تحمل (TOL) که نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد نشان داد که لاین‌های ۲۱ و ۷۹ حساس‌ترین و لاین‌های ۲۸، ۱۲۰ و ۹۵ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. این شاخص، به‌نوعی بیانگر میزان تغییر حاصل از اعمال تنش می‌باشد، به عبارتی ژنوتیپ‌هایی که دارای شاخص TOL کمتری هستند، در محیط تنش تغییر کمتری از خود نشان می‌دهند. نکته قابل ذکر دیگر در مورد این شاخص این است که پایین بودن شاخص TOL الزاماً به معنای بالا بودن عملکرد در محیط تنش نمی‌باشد، زیرا ممکن است عملکرد ژنوتیپی در شرایط عادی پایین و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه

باشد که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ متحمل معرفی گردد (مقدم و هادی‌زاده، ۲۰۰۲). پس انتخاب بر اساس شاخص تحمل ممکن است موجب گزینش ارقامی شود که در شرایط بدون تنش، عملکرد پایینی دارند (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱). اشکانی و پاک نیت (۱۳۸۲) با بررسی ژنتیکی شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی بر روی هشت رقم ولاین گلرنگ بهاره نشان دادند که می‌توان از شاخص‌های تحمل تنش برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی استفاده کرد. استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که مقادیر بالای آن نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش می‌باشد، اغلب منجر به‌گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم‌تحمل به شرایط تنش می‌گردد (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱). در بین ژنوتیپ‌های مختلف جو، لاین ۷۹ کمترین میزان MP (حساس‌ترین) و لاین‌های ۱۲۰ و ۲۸ بیشترین میزان MP (مقاوم‌ترین) را دارا بودند. شاخص MP برای گزینش ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش، دارای عملکرد خوبی هستند، چندان مناسب نیست. سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که شاخص MP زمانی مناسب است که شدت تنش زیاد نباشد و اختلاف کمی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش باشد. بر اساس شاخص GMP نیز که مقادیر بالای آن نشان دهنده تحمل ژنوتیپ‌ها می‌باشد، لاین‌های ۱۲۰، ۹۵ و رقم یوسف بیشترین میزان GMP را دارا بودند در حالی‌که کمترین میزان GMP به لاین ۲۱ و رقم ریحان تعلق داشت. بر اساس شاخص تحمل STI که مقادیر عددی بالای آن، نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد، لاین‌های ۱۲۰ و ۹۵ بیشترین و لاین ۹۷ و رقم ریحان کمترین میزان شاخص STI را داشتند. طبق نظر برخی از پژوهشگران (مقدم و هادی‌زاده، ۲۰۰۲ و فرناندز، ۱۹۹۲) بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص تحمل به تنش (STI) می‌باشد، زیرا قادر است ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند را از ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط تنش و یا فقط در شرایط عدم تنش عملکرد بالایی دارند، تفکیک نماید. نتایج نشان داد لاین ۹۷ کمترین و لاین‌های ۱۲۰، ۹۵ و رقم یوسف بیشترین میزان YI را به خود اختصاص دادند. همچنین بیشترین میزان شاخص HMP مربوط به لاین‌های ۱۲۰ و ۹۵ و کمترین میزان آن مربوط به لاین ۹۷ و رقم ریحان می‌باشد. بر اساس رتبه‌بندی انجام شده برای ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف تحمل به تنش به نظر می‌رسد که لاین ۹۷ حساس‌ترین و لاین‌های ۱۲۰ و ۹۵ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش آبی باشند.

جدول ۳- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد ژنوتیپ‌های جو

	Yp	Ys	SSI	TOL	MP	STI	GMP	YI	HMP
Yp	۱								
Ys	۰/۹۱**	۱							
SSI	-۰/۳۲	-۰/۲۵	۱						
TOL	۰/۴۶**	۰/۵۳**	۰/۷۶**	۱					
MP	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۴۹**	۰/۰۵	۱				
STI	۰/۹۵**	۰/۹۶**	-۰/۳۰	-۰/۰۱	۰/۹۷**	۱			
GMP	۰/۹۷**	۰/۹۸**	-۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۱		
YI	۰/۹۱**	۰/۹۵**	-۰/۲۳	-۰/۱۶	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱	
HMP	۰/۹۶**	۰/۹۹**	-۰/۱۵	-۰/۰۱	۰/۸۹**	۰/۹۹**	۰/۹۱**	۰/۹۹**	۱

*و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

همبستگی بین شاخص‌های مورد مطالعه و عملکرد ژنوتیپ‌ها

همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در دو شرایط می‌تواند به‌عنوان یک معیار غیرمستقیم برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و بهترین شاخص استفاده شود. از آنجا که تغییرات و اختلافاتی در ارتباط با شاخص‌های مربوط به تنش برای انتخاب ژنوتیپ‌ها مناسب مشاهده گردید، جهت بررسی بهترین شاخص‌ها و رابطه آن‌ها با عملکرد و باهمدیگر، ضرایب همبستگی بین این شاخص‌ها باهم محاسبه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از میزان همبستگی بین شاخص‌های تنش، شاخص‌های MP، GMP، HMP، YI و STI بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد در هر دو شرایط تنش و مطلوب را نشان دادند (جدول۳) و بنابرین به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای

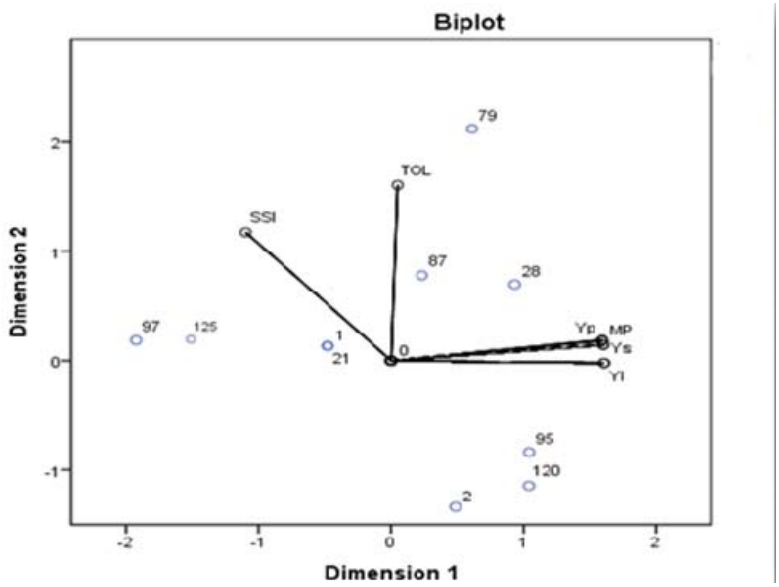
نشان دادن ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس معرفی می‌گردند. نظری و پاک‌نیت (۲۰۱۰) در پژوهشی با محاسبه شاخص‌های ارزیابی تحمل خشکی در شرایط تنش و بدون تنش، تحمل خشکی را در ۱٦ ژنوتیپ مختلف جو مورد مقایسه قرار دادند و مشاهده کردند که میزان عملکرد در شرایط مطلوب (Yp) و میزان عملکرد در شرایط تنش (Ys)، هر دو همبستگی مثبت و معنی‌داری با میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) دارند و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری را بین شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (TOL) در شرایط تنش گزارش نمودند. زارع (۲۰۱۲) در ارزیابی از شاخص‌های تحمل خشکی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جو نشان داد که MP، STI، GMP و HAR بهترین معیارها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل هستند. عیوضی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تحمل به خشکی جو، همبستگی منفی بین شاخص TOL و حساسیت به تنش SSI در شرایط تنش آبی گزارش کردند و بیان داشتند که بین عملکرد دانه در شرایط آبی و تنش، همبستگی مثبتی وجود دارد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

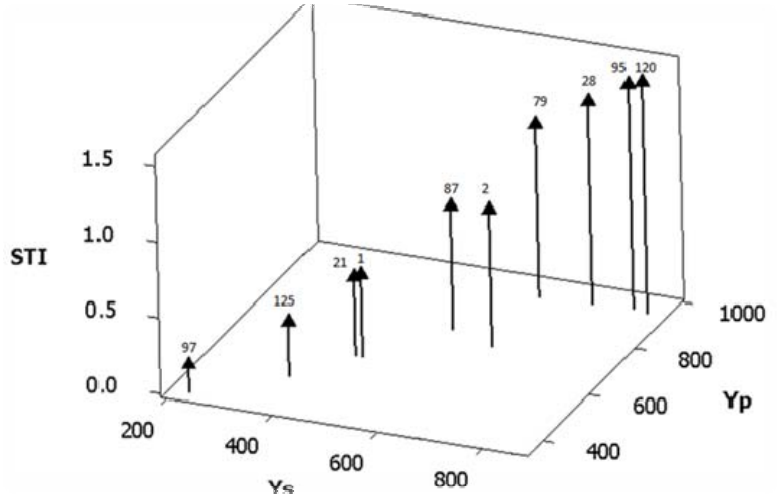
یکی از روش‌هایی که با استفاده از آن می‌توان همه شاخص‌های تنش را باهم جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب مورد استفاده قرار داد، روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است که می‌تواند تعداد زیادی متغیر را به‌شرط داشتن همبستگی تقریباً بالا باهم به تعداد کمتری مؤلفه تبدیل کند. در این پژوهش دو مؤلفه اول توانستند حدود ۹۹ درصد (مؤلفه اول ۸۲ درصد و مؤلفه دوم ۱۷ درصد) از تغییرات را توجیه نمایند (جدول ٤). از آنجا که شاخص‌های مقاومت دارای ضرایب بالایی در مؤلفه اول و شاخص‌های حساسیت دارای ضرایب بالا در مؤلفه دوم بودند، می‌توان مؤلفه‌های اول و دوم را به ترتیب به‌عنوان مؤلفه مقاومت و مؤلفه حساسیت نام‌گذاری نمود. بر این اساس نمودار بای‌پلات با در نظر گرفتن دو مؤلفه اول در تجزیه به مولفه‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفت (شکل۲). ژنوتیپ‌هایی که دارای میزان بالاتر و مثبت‌تری از مؤلفه اول هستند، ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر و ژنوتیپ‌هایی را که دارای مقادیر بالاتر و مثبت مؤلفه دوم هستند جزء ژنوتیپ‌های حساس دسته‌بندی می‌شوند (شکل۲). بنابراین به‌صورت کلی می‌توان ژنوتیپ‌ها را به چهار دسته شامل ژنوتیپ‌هایی که دارای ضرایب منفی برای هردو عامل یا ضرایب مثبت برای هر دو عامل هستند که جزء ژنوتیپ‌های حد واسط تقسیم‌بندی می‌گردند، ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر مثبت از مؤلفه اول و مقادیر منفی از مؤلفه دوم هستند که جزء ژنوتیپ-های مقاوم و مناسب گروه‌بندی می‌شوند و در نهایت ژنوتیپ-هایی که دارای مقادیر مثبت برای مؤلفه دوم و مقادیر منفی برای مؤلفه اول هستند جزء ژنوتیپ‌های حساس دسته‌بندی می‌گردند. با این شرح و توصیف لاین‌های ۹۵، ۱۲۰ و رقم یوسف (عدد ۲ در شکل‌های ۲و ۳) را می‌توان مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم در این آزمایش معرفی کرد. نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص STI به همراه عملکرد در شرایط تنش و مطلوب رسم گردید (**Error! Reference source not found.**۳). بر این اساس لاین‌های ۹۵ و ۱۲۰ از جمله ژنوتیپ‌های مطلوب شناخته شدند و از طرفی لاین‌های ۱۲۵، ۹۷، ۲۱ و رقم ریحان (عدد ۱ در شکل‌های ۲ و ۳) به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس و کم محصول تشخیص داده شدند.

جدول ٤- درصد توجیه هر مؤلفه و ضرایب شاخص‌های تحمل به تنش برای دو مؤلفه اصلی اول

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	سهم تجمعی	Yp	Ys	HMP	GMP	YI	SSI	STI	MP	TOL
۱	۷/٤۰	۸۲/۲۲	۸۲/۲۲	۰/۹۳	۰/۹٦	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۱	-۰/٦۸	۰/۹٤	۰/۹۸	۰/۰۳
۲	۱/۵۷	۱۷/۵۳	۹۹/۷۵	۰/۱۲	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۹	-۰/۰٦	۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۹۵



شکل ۲- نمودار بای‌پلات مربوط به شاخص‌های تحمل به تنش و ژنوتیپ‌های جو



شکل۳- نمودار سه‌بعدی شاخص STI

تجزیه ضرایب مسیر

سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند به طور غیرمستقیم تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد. تجزیه ضرایب مسیر یک روش آماری برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیرمستقیم آن‌ها از طریق صفات دیگر می‌باشد و می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آن‌ها فراهم نماید (بنزمان و همکاران، ۲۰۰۱). جداول ۵ و ٦ نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد را در دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم نشان داده است. عملکرد بیولوژیک بیشترین تأثیر مثبت مستقیم را بر عملکرد دانه در هردو شرایط آبیاری مطلوب و دیم داشت، در حالی که بیشترین تأثیر غیرمستقیم مثبت آن در شرایط آبیاری مطلوب از طریق تعداد سنبله بارور (۰/۰۲٤۹) و در شرایط دیم از طریق وزن هزار دانه (۰/۰٤٦٤) بود. شاخص برداشت با ۰/۳۲ و ۰/۳۸ به ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب و دیم بیشترین تأثیر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بعد از عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۵ و ٦). در

این پژوهش مشخص گردید که عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم را نسبت به سایر صفات بر عملکرد دانه داشت؛ بنابراین گزینش بر اساس این صفت در افزایش غیرمستقیم عملکرد دانه نقش زیادی خواهد داشت. رودریگز و همکاران (۲۰۰۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان کردند که در دهه اخیر نقش عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در افزایش عملکرد به‌مراتب از شاخص‌های دیگر مؤثرتر بوده است. ریتزا و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی ارقام جو به این نتیجه رسید که عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشته و لذا به‌عنوان بهترین شاخص‌های انتخاب در زمینه بهبود ژنتیکی این صفت معرفی نمود.

جدول ۵- تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه جو در شرایط آبیاری مطلوب

صفات	اثرت مستقیم	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه	وزن هزار دانه	همستگی با عملکرد
عملکرد بیولوژیک (x_1)	۱/۰۵۹٦	–	-۰/۱۷٤۷	۰/۰۲٤۹	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۸۰	۰/۹۴
شاخص برداشت (x_2)	۰/۳۲۱۹	۰/۲۳۱۵	-	-۰/۰۲۰۶	۰/۰۰۸۵	-۰/۰۰۴۳	۰/۵۳
تعداد سنبله بارور (x_3)	۰/۰٤۱۹	۰/٦۳۱۲	-۰/۱٦۸۱	–	-۰/۰۱۱۰	۰/۰۰۷۹	۰/۵۱
تعداد دانه (x_4)	۰/۰۳۳۵	۰/۳۹۷۸۵۱	۰/۰۸۷۰۲۵	-۰/۰۱۳۸۸	–	-۰/۰۰۲۶۲	۰/۵۱
وزن هزار دانه (x_5)	۰/۰۱۶۲	۰/۵۳۰۲۵۲	-۰/۰۹۱۸۸	۰/۰۲۰۵۳۳	-۰/۰۰۵۴۲۴	–	۰/۴۷

جدول٦-تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه جو در شرایط دیم

صفات	اثرت مستقیم	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه	وزن هزار دانه	همبستگی با عملکرد
عملکرد بیولوژیک (x_1)	۰/۹۰۸٤	–	-۰/۰٦۰۹	۰/۰۲٦۱	۰/۰۳۸۳	۰/۰٤٦٤	۰/۹٦
شاخص برداشت (x_2)	۰/۳۸۰۷	۰/۱۶۹۸	-	-۰/۰۱۱۲	۰/۰۱۶	-۰/۰۰۱۸	۰/۵۵
تعداد سنبله بارور (x_3)	۰/۰۷٤۹	۰/۵٦۳۲	-۰/۰۰٦۰	۰/۰۲۰٤	-۰/۰۰۳۷	–	۰/٦٤
تعداد دانه (x_4)	۰/۰٦۸۰	۰/۵۱۲۱	۰/۰۵۶۰	-۰/۰۰۴۲	-	-۰/۰۰۴۲	۰/۶۳
وزن هزار دانه (x_5)	۰/۰۰۵۱	۰/۳۳۷۴	۰/۰۱۷۸	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۷۶	۰/۰۰۵۵	۰/۴۱

تجزیه کلاستر (خوشه ای)

به‌منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با صفات اندازه‌گیری شده از تجزیه خوشه‌ای استفاده گردید. برای انجام گروه‌بندی روش‌های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش وارد و فاصله اقلیدوسی استفاده گردیده است. در هر دو شرایط مطلوب و تنش آبی لاین‌های ۹۵ و ۱۲۰ که بر اساس تجزیه مؤلفه‌ها جزو ژنوتیپ‌های مقاوم بودند در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۷ و ۸). تجزیه خوشه‌ای انجام شده بر مبنای صفات تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در شرایط آبیاری مطلوب و دیم، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در سه گروه اصلی قرار داد. با توجه به این صفات، لاین ۲۱، رقم ریحان، لاین‌های ۱۲۵ و ۹۷ در گروه اول، گروه دوم، لاین‌های ۲۸، ۷۹، ۸۷ و رقم یوسف و در نهایت ۲ لاین باقیمانده ۹۵ و ۱۲۰ در گروه سوم قرار گرفتند.میانگین صفات مورد بررسی در تجزیه خوشه‌ای به‌طور جداگانه برای هر ۳ گروه در شرایط آبیاری مطلوب و دیم در جدول۷ و ۸ آورده شده است.نتایج نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های گروه سوم به‌طور میانگین دارای بیشترین تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و در مقابل دارای کمترین شاخص برداشت می‌باشند. برخلاف آن‌ها،

ژنوتیپ‌های گروه اول به‌طور میانگین کمترین تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک را در بین سه گروه به خود اختصاص دادند رقم حساس ریحان نیز در این خوشه قرار گرفت. با در نظر گرفتن میانگین صفات در هر گروه و درصد فاصله بین ژنوتیپ‌های درون گروه‌ها و با توجه به هدف اصلاحی مورد نظر می‌توان انتخاب مناسبی را از بین این ژنوتیپ‌ها انجام داد.

جدول۷-میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو در تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری مطلوب

گروه	میانگین صفات					
	عملکرد دانه (گرم)	تعداد دانه (در مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله (در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
گروه اول	۵۱۵/۴۳b	۳۹/۳۸b	۳۹/۵۶b	۵۷۲/۰۰b	۱۱۹۱/۰۰c	۴۳/۳۲a
گروه دوم	۸۳۴/۵۴a	۴۳/۹۶ab	۴۱/۵۷ab	۶۶۱/۶۷a	۲۰۷۲/۹۰b	۴۰/۲۵ab
گروه سوم	۹۳۹/۲۰a	۵۱/۶۲a	۴۶/۲۸a	۷۰۵/۳۳a	۲۴۴۶/۶۰a	۳۸/۶۹b

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

جدول ۸- میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو در تجزیه خوشه‌ای در شرایط دیم

گروه	میانگین صفات					
	عملکرد دانه (گرم)	تعداد دانه (در مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله (در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
گروه اول	۳۷۱/۵۵c	۳۳/۴۳b	۳۵/۶۱b	۵۷۳/۰۸b	۹۹۱/۱۰c	۳۷/۶۲a
گروه دوم	۶۴۹/۸۳b	۴۱/۱۶a	۳۸/۳۴b	۶۶۰/۶۷a	۱۸۵۱/۹۰b	۳۵/۱۵a
گروه سوم	۸۳۴/۲۷a	۴۵/۴۳a	۴۵/۴۳a	۷۱۰/۳۳a	۲۲۶۲/۰۰a	۳۷/۰۱a

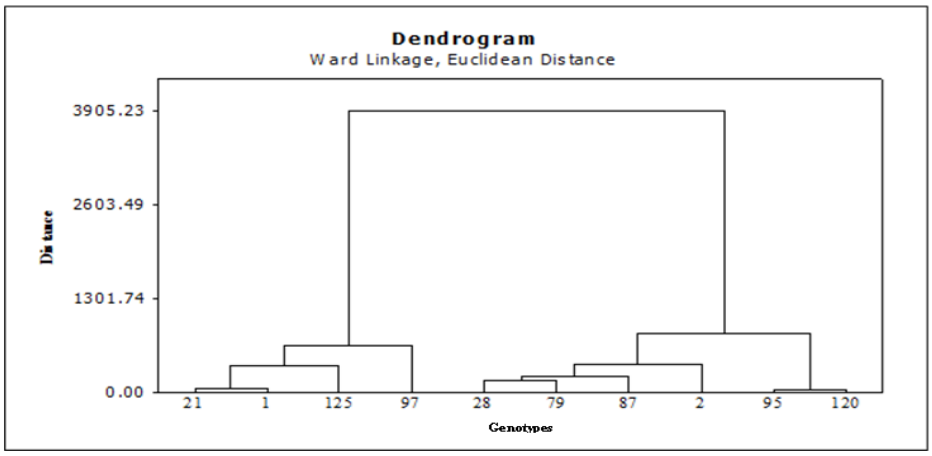
میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

دندروگرام صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ-های جو در شرایط آبیاری مطلوب و دیم در شکل ٤ آمده است. هدف از این تجزیه، مشخص نمودن ژنوتیپ‌هایی است که بیشترین اختلاف را با یکدیگر دارند، زیرا در برنامه‌های دورگه گیری استفاده از ژنوتیپ‌هایی که کمترین قرابت را دارند، تنوع لازم را جهت پیشبرد برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌آورد. همچنین با دسته‌بندی افراد در گروه‌های مشابه می‌توان از حجم کارهای اصلاحی کاسته و در هزینه‌ها صرفه‌جویی به عمل آورد (زکی زاده، ۱۳۸۹).به طور کلی نتایج نشان داد لاین‌های ۱۲۰ و ۹۵ متحمل به خشکی بودند و در هر دو شرایط مطلوب و تنش آبی دارای عملکرد بالایی بودند. همچنین لاین‌های ۹۷ و ۱۲۵ بیشترین حساسیت به تنش آبی را نشان دادند و دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط آبیاری بودند.

وراثت‌پذیری عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو

بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب مربوط به تعداد دانه (۸۷/۳۳ درصد) و شاخص برداشت (٦٦/٢٤ درصد) بود (جدول ۹) و بیشترین و کمترین مقدار آن در شرایط دیم نیز به ترتیب با ۹۰/۳۵ درصد و ٦۹/۵۸ درصد مربوط به تعداد دانه و طول سنبله بود (جدول ۱۰) . حیدری (۱۳۸۹) بیشترین توارث‌پذیری را در صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۹۱) و عملکرد دانه (۰/۸۵) مشاهده نمود. زهراوی و همکاران (۱۳۹۰) نیز برای صفات مربوط به عملکرد دانه، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک وراثت‌پذیری بالایی بین ۷۳/۷۸ تا ۸۰/٤٤ درصد را گزارش کردند. با توجه به نتایج جدول‌های ۹ و ۱۰ و مقایسه وراثت‌پذیری صفات در شرایط آبیاری نرمال و دیم، می‌توان نتیجه گرفت که تنش کمبود آب بر میزان وراثت‌پذیری عمومی صفات تأثیر گذار بوده است که این مشاهدات با نتایج نووسلویک و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد. در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین ضریب تنوع ژنوتیپی مربوط به صفات عملکرد بیولوژیک (۳۰/۲۱)، عملکرد دانه (۲۷/۹۸) و تعداد دانه در سنبله

(۲۳/۳۱) بود؛ اما برای سایر صفات کمتر از ۱۵ درصد بود. در شرایط دیم، بیشترین ضریب تنوع ژنوتیپی برای صفت عملکرد بیولوژیک (۳٤/٦۹) و کمترین به صفت شاخص برداشت (۸/۳۹) تعلق داشت. با توجه به اینکه ضریب تغییرات ژنتیکی فاقد مقیاس است، بنابراین معیار مناسب‌تری نسبت به واریانس ژنتیکی در سنجش میزان تنوع به شمار می‌رود (خزایی و همکاران، ۱۳۹۰). محاسبه بهره ژنتیکی ناشی از انتخاب نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال شاخص برداشت (۱۳/۳۲ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۵۷/۰۸ رصد) داری کمترین و بیشترین بهره-ژنتیکی بودند. در شرایط دیم نیز به شاخص برداشت (۱٤/٦٦ درصد) و عملکرد دانه (٦۷/۵۳ رصد) داری کمترین و بیشترین بهره ژنتیکی اختصاص یافت (جداول ۹ و ۱۰).



شکل٤- دندروگرام صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب و دیم

جدول ۹- برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب

صفت	میانگین کل	حداقل	حداکثر	واریانس ژنتیکی	واریانس خطا	واریانس فنوتیپی	ضریب تنوع ژنوتیپی (٪)	ضریب تنوع فنوتیپی (٪)	وراثت‌پذیری عمومی	بهره ژنتیکی بر اساس میانگین (٪)
تعداد سنبله بارور	۶۳۴/۵۳	٤٤٦/۰۰	۷٦٦/۰۰	۷۴۸۵/۱۱	۱۵۰۰/۷۶	۸۹۸۵/۸۷	۱۳/٦۳	۱٤/۹۳	۸۳/۲۹	۲۵/۶۳
طول سنبله	۸/۰۷	٦/٦۰	۱۰/۱۰	۱/۰۲	۰/۳۸	۱/۴۰	۱۲/۵۰	۱٤/٦۲	۷۲/٦۳	۲۱/۹۵
تعداد دانه	۴۳/۶۶	۲۵/۵۰	٦۰/٤۰	۱۰۳/۶۱	۱۵/۰۲	۱۱۸/۶۳	۲۳/۳۱	۲٤/۹٤	۸۷/۳۳	۴۴/۸۹
وزن هزار دانه (گرم در مترمربع)	۴۱/۷۱	۳۰/٤۰	۵۰/۲۰	۲۱/۸۷	۱۱/۱۳	۳۳/۰۰	۱۱/۲۱	۱۳/۷۷	٦٦/۲۸	۱۸/۸۱
عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	۱۷۹۴/۸۸	۷۵۸/۲۰	۲۹٤٦/۷۰	۲۹۴۰۲۷/۶۲	۵۵۵۰۶/۷۳	۳۴۹۵۳۴/۳۵	۳۰/۲۱	۳۲/۹۳	۸٤/۱۱	۵۷/۰۸
شاخص برداشت (درصد)	۴۱/۱۷	۳۳/٤۳	٤۸/۰۲	۱۰/۷۰	۵/۴۵	۱۶/۱۶	۷/۹٤	۹/۷٦	٦٦/۲٤	۱۳/۳۲
عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	۷۲۷/۸۳	۳۳۸/۹۰	۹۵۰/۷۰	۴۱۴۷۲/۸۲	۶۰۲۰/۷۵	۴۷۴۹۳/۵۷	۲۷/۹۸	۲۹/۹٤	۸۷/۳۲	۵۳/۸۶

جدول۱۰-برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم

صفت	میانگین کل	حداقل	حداکثر	واریانس ژنتیکی	واریانس خطا	واریانس فنوتیپی	ضریب تنوع ژنوتیپی (٪)	ضریب تنوع فنوتیپی (٪)	وراثت‌پذیری عمومی	بهره ژنتیکی بر اساس میانگین (٪)
تعداد سنبله بارور	۶۳۵/۵۷	۴۴۲/۰۰	۷۵۰/۰۰	۷۴۶۳/۱۳	۱۵۳۸/۱۸	۹۰۰۱/۳۱	۱۳/۵۹	۱۴/۹۳	۸۲/۹۱	۲۵/۵۰
طول سنبله	۷/۷۵	۶/۳۰	۹/۹۰	۰/۹۸	۰/۴۳	۱/۴۱	۱۲/۷۶	۱۵/۳۰	۶۹/۵۸	۲۱/۹۳
تعداد دانه	۳۸/۹۲	۲۴/۰۰	۵۲/۴۰	۷۶/۴۶	۸/۱۶	۸۴/۶۳	۲۲/۴۷	۲۳/۶۳	۹۰/۳۵	۴۳/۹۹
وزن هزار دانه (گرم در مترمربع)	۳۸/۶۷	۲۷/۸۰	۴۹/۱۰	۳۶/۸۶	۶/۵۴	۴۳/۴۰	۱۵/۷۰	۱۷/۰۴	۸۴/۹۳	۲۹/۸۱
عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	۱۵۸۹/۵۸	۳۶۳/۲۰	۲۵۱۱/۷۰	۳۰۴۱۲۶/۳۹	۳۸۲۲۰/۱۰	۳۴۲۳۴۶/۴۹	۳۴/۶۹	۳۶/۸۱	۸۸/۸۴	۶۷/۳۶
شاخص برداشت (درصد)	۳۶/۵۱	۲۹/۵۳	۴۵/۴۴	۹/۳۷	۳/۶۴	۱۳/۰۱	۸/۳۹	۹/۸۸	۷۲/۰۳	۱۴/۶۶
عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	۵۷۵/۴۰	۱۳۶/۲۰	۹۳۱/۳۰	۳۹۸۲۹/۸۷	۴۷۵۶/۹۴	۴۴۵۸۶/۸۲	۳۴/۶۸	۳۶/۷۰	۸۹/۳۳	۶۷/۵۳

منابع

اشکانی، ج؛ و ح. پاک نیت. ۱۳۸۲. بررسی ژنتیکی شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی در گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.). مجله علوم و صنایع کشاورزی. دوره ۱۷، شماره ۱: ۳۵-۳۱.

حیدری، ب. ۱۳۸۹. تنوع ژنتیکی و بهره ژنتیکی ناشی از انتخاب در گندم نان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. دوره ۳، شماره ۳: ۲۴۶-۲۳۹.

خزایی، ع.، م. مقدم و س. نور محمدی. ۱۳۹۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی توده های بومی جو پاییزه غرب ایران. مجله علوم زراعی ایران. دوره ۱۳، شماره ٤: ٦٨٣- ٦٧١.

زاهدی، م. ب. ۱۳۹۱. ارزیابی معیارهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط باتحمل خشکی در جو (*Hordeum vulgare* L) پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

زکی‌زاده، م.، م. اسماعیل‌زاده مقدم و د. کهریزی. ۱۳۸۹. بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات مختلف عملکرد دانه در ژنو تیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) سنبله بلند با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. مجله علوم زراعی ایران. دوره ۱۲، شماره ۱: ۲۰-۱۸.

زهراوی، م.، ا. تقی‌نژاد.، ا. افضلی فر.، م. بی همتا.، ج. مظفری و س. شفاءالدین. ۱۳۹۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات آگرومورفولوژیکی در ژرم پلاسم جو اسپانتانئوم (*Hordeum spontaneum* L.) ایران. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. دوره ۱۹، شماره ۱: ۷۰-۵۵.

سی و سه مرده، ع. و ع. احمدی. ۱۳۸۲. روابط بین شاخص‌های رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم‌های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. دوره ۳٤، شماره ۳: ٦٦٧ -٦٧٩.

فرشادفر، ع. ۱۳۷٦. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان. دانشگاه رازی کرمانشاه. ۹۵ صفحه.

گلستانی، م. و ح. پاک نیت. ۱۳۸٦. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد. مجله علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۱۱، شماره ٤۱: ۱۵۰-۱٤۱.

نوروزی، ا. ۱۳۹۳. مطالعه تنوع ژنتیکی ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) برای تحمل به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

واعظی، ب و ا. احمدی‌خواه. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل دوازده ژنوتیپ اصلاح‌شده جو در برابر تنش خشکی در شرایط خشک و گرم. پژوهش‌های تولید گیاهی. دوره ۱۷، شماره ۱: ٤٤-۲۳

Akash, M.W., Al-abdallat, A.M., Saoub, H.M., and Ayad, J.Y. 2009. Molecular and field comparison of selected barley cultivars for drought tolerance. J. New Seeds, 10: 2. 98-111.

Bagheri, A., and Heidari SharifAbad, H. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield, yield components, and ion content of hull-less barley (*Hordeum sativum* L.). J. New Agric. Sci. 3: 7. 3-8

Blum, A. 2001. Wheat cellular thermo tolerance is related to yield under heat stress. Emph. 117: 117-123.

Bensemane, L., H. Bouzerzour, A. Benmahammed and H. Mimouni. 2011. Assessment of the phenotypic variation within two-and six-rowed barley (*Hordeumvulgare* L.) breeding lines grown under semi-arid conditions. Advance. Environ. Bio. 5: 1454-1460.

Ceccarelli, S., S. Grando, M. Maatougui, M. Michael, M. Slash, R. Haghparast, M. Rahmanian, A. Taheri, A. Al-Yassin, A. Benbelkacem, M. Labdi, H. Mimoun, M. Nachit. 2010. Plant breeding and climate changes. J. Agric. Sci. 148: 1–11

Eivazi, A. R., S. Mohammadi, M. Rezaei, S. Ashori and F. H. Pour. 2013. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. International J. Agron. Plant Produc. 4: 813-821.

Falconer, D. S. 1996. "Introduction to Quantitative Genetics (3) Wiley." New York (1989): 139-144.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of a Symposium. Taiwan. 257-270.

Fisher, R.A and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.

Michael, A. M. and T. P. Ojha. 1987. Principles of agricultural engineering. Vol. II. New Delhi Jain Brothers Publisher. 320 pp.

Moll, R.H., F.H. Robinson and C.C. Cockerham. 1960. Genetic variability in advanced generation of a cross of two open-pollinated varieties of Corn. Agron. J. 52:171-173.

Moghaddam, A and M. H. Hadizadeh. 2002. Response of corn (Zea mays L.) Hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed. Plant. Improv. J. 18: 255-272.

Nazari, L and H. Pakniyat. 2010. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. J. App. Sci.10: 151-156.

Novoselovic, D., M. Baric, G. Drezner, J. Gunjaca and A. Lalic. 2004. Quantitative inheritance of some wheat plant traits. Genetics. Molecul. Bio, 27:1. 92-98.

Ortiz, R., Ekanayake, I., Mahalakshmi, V., Kamara, A., Menkir, A., Nigam, S.N., Singh, B.B., and Saxena, N.P. 2001. Breeding of drought resistant and water stress tolerant crops. Patancheru, India, 321p.

Ritzza, F., F.W. Badeck, L. Cattivelli, O. Lidestri, N. D. Fozo and A.M. Stanca. 2004. Use of a water stress index to identify barely genotypes adapted to rain fed and irrigated conditions. Crop Sci. 44: 2127-2137

Royo, C., M. Abaza, R. Blanco and L.F. Garcia Del Moral. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Aust. J. Plant Physiol. 27: 1051-1059.

Rodrigues, O., J. C. B. Lhamby, A. D. Didonet and J. A. Marchese. 2007. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 42: 817-825.

Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical Aspects of Selection for Yield in Stress and Non-stress Environments. Crop Sci. 21: 943-946.

Singh, R. K and B. D. Chaudhary. 1985. Biometrical methods in Quantitative Genetic analysis. Kalyani Publishers, New Delhi India pp. 253-260.

Shukla, S., A. Bhargava, A. Chatterjee, J. Sirivastava, N. Singh and S. P. Singh. 2006. Mineral profile and variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor*). Pl. Foods Hum. Nut. 61. 23-28.

Tambussi, E.A., Nogu´es, S., Ferrio, J.P., Voltas, J., and Araus, J.L. 2005. Does a higher yield potential improve barley performance under Mediterranean conditions? A case study. Field Crop Res. 91: 149-160.

Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crop Res. 115: 1-14.

Zare, M. 2012. Evaluation of drought tolerance indices for the selection of Iranian barley (*Hordeum vulgare* L) cultivars. African Journal of Biotechnology, 11(93): 15975-15981.

Assessment barley genotypes using stress tolerance indices in normal and rainfed conditions in Badjgah region, Fars Province

R. Ahmadzadeh[14], H. Pakniyat[15], E. Tavakol[2], S. Shahrasbi[2]

Received: 2016-11-24 Accepted: 2017-1-3

Abstract

To evaluate the drought tolerance of barley, eight foreign lines and two Iranian cultivars were studied in two rainfed and irrigated conditions during 2013-2014 in a RCB design with three replications. The results of comparison showed that the highest grain yield under irrigated conditions were belonged to lines 79, 95 & 120 and Yousef cultivar (with average yield 935.3 g/m^2) and under rainfed conditions belonged to lines 95 and 120 (average yield 834.3 g/m^2). In both conditions, the lowest yield was found in line 21 (average yield 227.0 g/m^2). There was not correlation between the results obtained by two group indices (sensitive evaluation indices vs. tolerance evaluation indices) in identification of tolerant genotypes, so that based on TOL, LOS and SSI, lines 21, 97 & 125 and Reyhan cultivar were sensitive and low yielding genotypes, while based on MP, STI, GMP and HAR, lines 95 & 120 and Yousef cultivar had highest drought tolerance. To selection and introduce the best criteria of drought tolerance, the correlation of above indices with yield under normal and drought stress was evaluated. According to the results of the correlation between stress indices MP, GMP, HMP, YI and STI had significant correlation with yield under both normal and stress conditions, which indicating that using these criteria for evaluation of drought tolerance will be more desirable in breeding programs. According to these indices and high yield of genotypes under both environmental conditions, lines 95 and 120 were found to be the best genotypes.

Keywords: Barley, rainfed condition, drought stress, drought tolerance

14- Graduated Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, College of Agricultural, Shiraz University, Shiraz, Iran
15- Academic Staff, Department of Crop Production and Plant Breeding, College of Agricultural, Shiraz University, Shiraz, Iran