



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

رسول احمدزاده<sup>۱</sup>، حسن پاک‌نیت<sup>۲</sup>، الهه توکل<sup>۳</sup>، صادق شهراسبی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۸

### چکیده

به منظور بررسی میزان تحمل جو به تنش خشکی، هشت لاین خارجی و دو رقم زراعی در دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بیشترین میانگین عملکرد دانه در شرایط مطلوب مربوطه به لاین‌های ۷۹، ۹۵، ۱۲۰ و رقم یوسف (با متوسط ۹۳۵/۳ گرم در متر مربع) و در شرایط تنش مربوطه به لاین‌های ۹۵ و ۱۲۰ (با متوسط ۸۳۴/۲۷ گرم 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 به عنوان ژنوتیپ‌های حساس و کم محصول تشخیص داده شدند اما از نظر شاخص‌های چهارگانه ارزیابی تحمل خشکی، شامل میانگین محصول دهی، تحمل به تنش، میانگین هندسی محصول دهی 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 و ۱۲۰ تشخیص داده شدند.

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

احمدزاده، ر. ح. پاک‌نیت، 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. ۳۶: ۲۵۵-۲۴۰.

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

تنش های محیطی یکی از مهم ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار می روند و مقابله و یا تخفیف اثر تنش ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مدنظر قرار گرفته است. در میان تنش های زنده، خشکی تا حد زیادی پیچیده و مخرب ترین در سطح جهان است و انتظار می رود فراوانی آن در نتیجه تغییرات آب و هوایی افزایش یابد (سکارلی و همکاران، ۲۰۱۰). تحمل به خشکی صفت کمی است و روش اندازه گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد از این رو این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی می شود (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 می کند. عملکرد و پایداری ارقام در شرایط تنش، می تواند به عنوان شاخص گزینش ارقام مقاوم مد نظر قرار گیرد، البته باید در نظر داشت که عملکرد بالا در شرایط تنش، به تنهایی نمی تواند بیانگر مقاومت به خشکی یک ژنوتیپ باشد، زیرا جنبه فرار از خشکی و یا توانایی ژنوتیپی نیز باید مورد توجه قرار گیرد (واعظی و احمدی خواه، ۱۳۸۹). به عقیده برخی محققان، گزینش برای عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش می تواند 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 می شود (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 کم آبی اکثر نواحی مدیترانه ای اروپا نیز دارای عملکرد و پایداری بالایی بود (تامبوسی و همکاران، ۲۰۰۵). پژوهش های مختلف روی گیاهان مختلف زراعی نشان می دهد که به طور کلی در شرایط دیم اکثر ژنوتیپ ها از نظر همه ویژگی های مورد مطالعه دچار کاهش نسبی می گردند (باقری و حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸ و آکاش و همکاران، ۲۰۰۹). آکاش و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی عملکرد ۵ ژنوتیپ جو زراعی در دو شرایط آبی و دیم نتیجه گیری کردند که عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه تمام ارقام مورد بررسی در شرایط دیم کم تر از شرایط آبی بود؛ به طوری که اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک بین ۱۹ تا ۴۵ درصد و بر عملکرد دانه بین ۱۳ تا ۳۷ درصد برآورد گردید. آن ها براساس

شاخص حساسیت به تنش (SSI)، رقم موتاه<sup>۱</sup> را به عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی کردند. نظری و پاکنیت (۲۰۱۰) در پژوهشی تحمل خشکی را در ۱۶ ژنوتیپ مختلف جو با محاسبه شاخص های ارزیابی تحمل خشکی در شرایط تنش و بدون تنش مورد مقایسه قرار دادند. آن ها بیان نمودند که میزان عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط مطلوب (Yp) و میزان عملکرد در شرایط تنش (Ys)، هر دو همبستگی مثبت و معنی داری با میانگین بهره وری (MP)، میانگین هندسی بهره وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) دارند و همچنین همبستگی منفی و معنی داری را بین شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (TOL) در شرایط تنش دارند. ریتزا و همکاران (۲۰۰۴) از شاخص حساسیت به تنش فیشر و مورر (۱۹۷۸) در ۲۰ ژنوتیپ مختلف جو استفاده کردند. آن ها مشاهده کردند که هشت ژنوتیپ برتر در هر دو محیط عملکرد بالایی داشتند. همچنین آن ها با پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس شاخص حساسیت به تنش در برابر عملکرد نسبی در هر دو محیط مشاهده نمودند که این هشت ژنوتیپ در ناحیه ای از بای پلات قرار گرفتند که حساسیت کمتر و عملکرد نسبی بیشتری در شرایط تنش داشتند. استفاده از شاخص بهره وری متوسط (MP) که مقادیر بالای آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، اغلب منجر به گزینش ژنوتیپ های با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می گردد (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 به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها 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 ژنوتیپ های جو به تنش خشکی، دستیابی به ژنوتیپ های متحمل به خشکی با عملکرد دانه بالا، ارائه مناسب ترین شاخص (های) مقاومت به خشکی در جهت انجام گزینش ژنوتیپ های متحمل و تعیین همبستگی بین صفات مهم زراعی و شاخص های مقاومت به خشکی با عملکرد در دو شرایط دیم و آبی انجام شد.

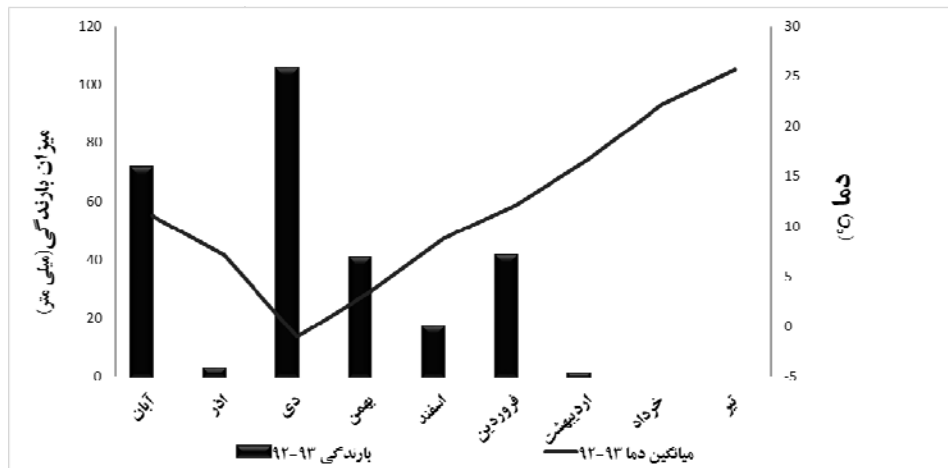
## مواد و روش ها

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 ۴۰٪ رس، ۴۲٪ شن و ۱۸٪ شن بود. اطلاعات هواشناسی نیز در شکل ۱ آورده شده است.

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 جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ 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 و ۲ رقم زراعی ایرانی (رقم متحمل یوسف و رقم

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده

۱.	G21
۲.	G28
۳.	G79
۴.	G87



شکل ۱- میانگین دما و بارش کل ماهانه در طول فصل رشد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

کاملاً 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 (۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ 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.

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 جدا شدند. بذور ژنوتیپ‌های مورد بررسی پس از تهیه زمین و ضدعفونی با با قارچ کش کربوکسین در عمق ۳-۴ سانتی متر در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۲ کشت شدند. دو آزمایش از نظر نقشه کاشت و صفات اندازه گیری شده

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

(مایکل و اوجا، ۱۹۸۷)

۳- شاخص عملکرد (YI) (لین و

$$YI = \frac{Ys}{\bar{Ys}} \quad \text{همکاران، ۱۹۸۶}$$

۴- شاخص تحمل به تنش

(STI) (فرناندز، ۱۹۹۲)

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

۵- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)

$$GMP = \sqrt{Ys \times Yp} \quad \text{(فرناندز، ۱۹۹۲)}$$

۶- شاخص میانگین هارمونیک (HMP)

$$HMP = \frac{2Yp \times Ys}{Yp + Ys} \quad \text{(فرناندز، ۱۹۹۲)}$$

در این روابط  $Ys, Yp, \bar{Ys}, \bar{Yp}$  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.

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 کاملاً 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<sup>۱</sup> (SSI)، تحمل تنش<sup>۲</sup> (TOL)، میانگین بهره‌وری<sup>۳</sup> (MP)، شاخص عملکرد<sup>۴</sup> (YI)، شاخص تحمل به تنش<sup>۵</sup> (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری<sup>۶</sup> (GMP)، میانگین هارمونیک<sup>۷</sup> (HMP) استفاده گردید. برای محاسبه شاخص‌های مورد نظر از روابط زیر استفاده شد.

شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و

$$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{1 - \frac{\bar{Ys}}{\bar{Yp}}} \quad \text{(مور، ۱۹۸۷)}$$

۱- شاخص تحمل به تنش (TOL)

(روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$TOL = Yp - Ys$$

۲- شاخص میانگین بهره‌وری (MP)

و هامبلین، ۱۹۸۱)

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

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)

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

### 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 ۹۴۲/۲ گرم در مترمربع برای لاین ۹۵ و در شرایط دیم برابر ۸۴۸/۸ گرم در مترمربع برای لاین ۱۲۰ بود (جدول ۲). در حالی که کمترین میزان عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم مربوط به لاین ۲۱ و به ترتیب برابر با ۳۳۸/۵ و ۲۲۷/۰ گرم در مترمربع 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 ۲۶/۵ درصد بیشتر از شرایط دیم بود (جدول ۲).

که در آن  $\sigma^2_g$ : واریانس ژنتیکی و  $\sigma^2_p$ : واریانس فنوتیپی می‌باشند که با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (فرشادفر، ۱۳۷۶).

که در آن  $MS_g$ : میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها،  $MS_e$ : میانگین مربعات خطا،  $r$ : تکرار و  $\sigma^2_e$ : واریانس محیطی می‌باشند. واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی برای تخمین ضریب تنوع ژنتیکی<sup>۱</sup> ( $GCV$ ) و ضریب تنوع فنوتیپی<sup>۲</sup> ( $PCV$ ) با فرمول‌های زیر محاسبه شد (سینگ و چودری، ۱۹۸۵).

$\sigma_g$ : انحراف معیار ژنتیکی،  $\sigma_p$ : انحراف معیار فنوتیپی و  $\bar{X}$ : میانگین نمونه‌ها  
برای محاسبه بهره ژنتیکی ناشی از انتخاب ( $R$ ) از فرمول زیر استفاده گردید (فالکونر، ۱۹۹۶)

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

که در این فرمول:  $i$ : شدت گزینش (برابر ۲/۰۶) و  $\sigma_p$ : انحراف معیار فنوتیپی

بهره ژنتیکی محاسبه شده ( $R$ ) به صورت درصدی از میانگین کل ژنوتیپ‌ها ( $\mu$ ) و در قالب فرمول زیر محاسبه گردید. نیز بر اساس روش شاگلا و همکاران (۲۰۰۶) محاسبه گردید.

$$\text{بهره ژنتیکی (بر حسب درصد میانگین)} = \left\{ \left( \frac{R}{\mu} \right) \times 100 \right\}$$

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 به صورت دندوگرام (فتوگرام) ارائه گردید.

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

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

ژنوتیپ	آبیاری مطلوب عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	دیم 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

میانگین های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارد.

که از نظر صفت تحمل خشکی تنوع قابل توجهی بین ژنوتیپ ها مورد مطالعه قابل مشاهده است. گلستانی و پاک نیت (۱۳۸۶) با بررسی بر روی ژنوتیپ های کنجد مشاهده کردند که اختلاف بسیار معنی داری بین ژنوتیپ ها از نظر کلیه شاخص های اندازه گیری شده و عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود وجود دارد که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ ها می باشد. در این پژوهش بر اساس شاخص حساسیت به تنش SSI که مقادیر کمتر آن به منزله تحمل بیشتر ژنوتیپ مربوطه می باشد لاین های ۲۸ و ۱۲۰ کمترین حساسیت را به تنش آبی نشان داد و لاین ۲۱ حساس ترین ژنوتیپ ها بودند. با استفاده از شاخص SSI، می توان ژنوتیپ های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن ها مشخص کرد (فرناندز، ۱۹۹۲). رتبه بندی ژنوتیپ ها بر اساس شاخص تحمل (TOL) که نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ ها می باشد نشان داد که لاین های ۲۱ و ۷۹ حساس ترین و لاین های ۲۸، ۱۲۰ و ۹۵ متحمل ترین ژنوتیپ ها بودند. این شاخص، به نوعی بیانگر میزان تغییر حاصل از اعمال تنش می باشد، به عبارتی ژنوتیپ هایی که دارای شاخص TOL کمتری هستند، در محیط تنش تغییر کمتری از خود نشان می دهند. نکته قابل ذکر دیگر در مورد این شاخص این است که پایین بودن شاخص TOL الزاماً به معنای بالا بودن عملکرد در محیط تنش نمی باشد، زیرا ممکن است عملکرد ژنوتیپی در شرایط عادی پایین و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه

زاهدی (۱۳۹۱) گزارش کرد که تنش خشکی پیش از ظهور سنبله موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه ارقام جو گردید که این کاهش به طور میانگین در بین سی و دو ژنوتیپ و رقم جو مورد مطالعه ۴۰/۷ درصد بود. در پژوهش نوروزی (۱۳۹۳) نیز تنش آبی موجب کاهش ۵۱/۳ درصدی ارقام جو گردید. کرت های تحت تیمار دیم در این پژوهش تنها در موقع کاشت آبیاری شدند و پس از آن تا پایان مرحله برداشت آبیاری صورت نگرفت. بنابراین، علت تفاوت قابل توجه کاهش عملکرد دانه در این پژوهش ها با پژوهش حاضر، به دلیل طول دوره بیشتر تنش خشکی بود. تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه در همه ژنوتیپ های مورد مطالعه گردید هر چند میزان کاهش در ژنوتیپ ها متفاوت بود (جدول ۲). کمترین کاهش عملکرد دانه در اثر تنش آبی برابر با ۹/۳۴ و ۹/۴۵ درصد به ترتیب در لاین های ۱۲۰ و ۲۸ مشاهده شد. لاین های ۲۱ و ۷۹ با ۳۸/۴ و ۳۰/۴ درصد کاهش در عملکرد دانه بیشترین پاسخ را به تنش خشکی از خود نشان دادند (جدول ۲). با توجه به تسریع پیری برگ ها، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و کوتاه شدن مدت زمان مراحل نمو گیاه در اثر تنش خشکی (ریو و همکاران، ۲۰۰۰)، اجزا عملکرد و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش می یابد. کاهش عملکرد در ژنوتیپ های جو در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد. تفاوت معنی داری از لحاظ شاخص های SSI، MP، YI، STI، GMP، HMP بین ژنوتیپ ها وجود داشت، بدین معنی

آن نشان دهنده تحمل ژنوتیپها می‌باشد، لاین‌های ۱۲۰، ۹۵ و رقم یوسف بیشترین میزان GMP را دارا بودند در حالی که 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.

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 پاک‌نیت (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 به گزینش 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

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

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

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

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 GMP، HMP، YI و STI بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد در هر دو شرایط تنش و مطلوب را نشان دادند (جدول ۳) و بنابراین به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای

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

شاخص های مقاومت دارای ضرایب بالایی در مؤلفه اول و شاخص های حساسیت دارای ضرایب بالا در مؤلفه دوم بودند، می توان مؤلفه های اول و دوم را به ترتیب به عنوان مؤلفه مقاومت و مؤلفه حساسیت نام گذاری نمود. بر این اساس نمودار بای پلات با در نظر گرفتن دو مؤلفه اول در تجزیه به مؤلفه های اصلی مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). ژنوتیپ هایی که دارای میزان بالاتر و مثبت تری از مؤلفه اول هستند، ژنوتیپ های مقاوم تر و ژنوتیپ هایی که دارای مقادیر بالاتر و مثبت مؤلفه دوم هستند جزء ژنوتیپ های حساس دسته بندی می شوند (شکل ۲). بنابراین به صورت کلی می توان ژنوتیپ ها را به چهار دسته شامل ژنوتیپ هایی که دارای ضرایب منفی برای هر دو عامل یا ضرایب مثبت برای هر دو عامل هستند که جزء ژنوتیپ های حد واسط تقسیم بندی می گردند، ژنوتیپ هایی که دارای مقادیر مثبت از مؤلفه اول و مقادیر منفی از مؤلفه دوم هستند که جزء ژنوتیپ های مقاوم و مناسب گروه بندی می شوند و در نهایت ژنوتیپ هایی که دارای مقادیر مثبت برای مؤلفه دوم و مقادیر منفی برای مؤلفه اول هستند جزء ژنوتیپ های حساس دسته بندی می گردند. با این شرح و توصیف لاین های ۹۵، ۱۲۰ و رقم یوسف (عدد ۲ در شکل های ۲ و ۳) را می توان مقاوم ترین ژنوتیپ ها در شرایط دیم در این آزمایش معرفی کرد. نمودار سه بعدی بر اساس شاخص STI به همراه عملکرد در شرایط تنش و مطلوب رسم گردید (**Error! Reference source not found.**). بر این اساس لاین های ۹۵ و ۱۲۰ از جمله ژنوتیپ های مطلوب شناخته شدند و از طرفی لاین های ۹۷، ۱۲۵، ۲۱ و رقم ریحان (عدد ۱ در شکل های ۲ و ۳) به عنوان ژنوتیپ های حساس و کم محصول تشخیص داده شدند.

نشان دادن ژنوتیپ های مقاوم و حساس معرفی می گردند. نظری و پاکنیت (۲۰۱۰) در پژوهشی با محاسبه شاخص های ارزیابی تحمل خشکی در شرایط تنش و بدون تنش، تحمل خشکی را در ۱۶ 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 معنی داری با میانگین بهره وری (MP)، میانگین هندسی بهره وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) دارند و همچنین همبستگی منفی و معنی داری را بین شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل تنش (TOL) در شرایط تنش گزارش نمودند. زارع (۲۰۱۲) در ارزیابی از شاخص های تحمل خشکی برای انتخاب ژنوتیپ ها جو نشان داد که GMP، STI، MP و HAR بهترین معیارها برای انتخاب ژنوتیپ های 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.

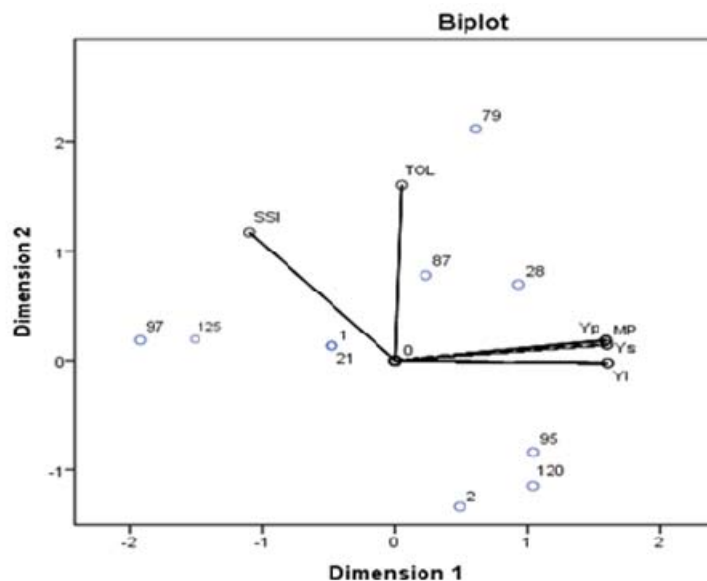
#### تجزیه به مؤلفه های اصلی

یکی از روش هایی که با استفاده از آن می توان همه شاخص های تنش را باهم جهت انتخاب ژنوتیپ های مناسب مورد استفاده قرار داد، روش تجزیه به مؤلفه های اصلی است که می تواند تعداد زیادی متغیر را به شرط 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 ۴). از آنجا که

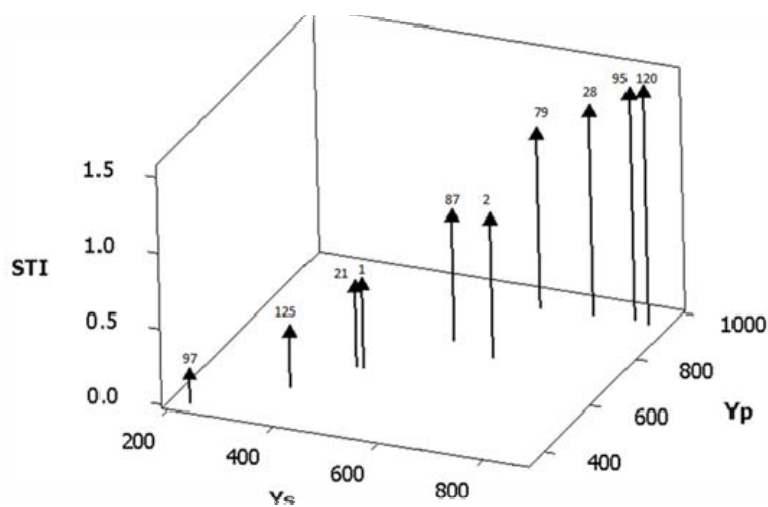
جدول ۴- درصد توجیه هر مؤلفه و ضرایب شاخص های تحمل به تنش برای دو مؤلفه اصلی اول

رقم	مقادیر ویژه	درصد واریانس	بهم تنجی	Yp	Ys	HMP	GMP	YI	SSI	STI	MP	TOL
۱	۷/۴۰	۸۲/۲۲	۸۲/۲۲	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۱	-۰/۶۸	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۰۳
۲	۱/۵۷	۱۷/۵۳	۹۹/۷۵	۰/۱۲	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۹	-۰/۰۶	۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۹۵





شکل ۲- نمودار بای پلات مربوط به شاخص های تحمل به تنش و ژنوتیپ های جو



شکل ۳- نمودار سه بعدی شاخص STI

را در دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم نشان داده است. عملکرد بیولوژیک بیشترین تأثیر مثبت مستقیم را بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم داشت، در حالی که بیشترین تأثیر غیرمستقیم مثبت آن در شرایط آبیاری مطلوب از طریق تعداد سنبله بارور (۰/۰۲۴۹) و در شرایط دیم از طریق وزن هزار دانه (۰/۰۴۶۴) 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 ۶). در

#### تجزیه ضرایب مسیر

سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می تواند 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 می باشد و می تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم نماید (بنزمان و همکاران، ۲۰۰۱). جداول ۵ و ۶ نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد

به مراتب از شاخص های دیگر مؤثرتر بوده است. ریتزا و همکاران (۲۰۰۴) 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 به عنوان بهترین شاخص های انتخاب در زمینه بهبود ژنتیکی این صفت معرفی نمود.

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

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

صفات	اثر مستقیم	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه	وزن هزار دانه	همبستگی با عملکرد
عملکرد بیولوژیک (X <sub>1</sub> )	۱/۰۵۹۶	-	-۰/۱۷۴۷	۰/۰۲۴۹	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۸۰	۰/۹۴
شاخص برداشت (X <sub>2</sub> )	۰/۳۲۱۹	۰/۲۳۱۵	-	-۰/۰۲۰۶	۰/۰۰۸۵	-۰/۰۰۴۳	۰/۵۳
تعداد سنبله بارور (X <sub>3</sub> )	۰/۰۴۱۹	۰/۶۳۱۲	-۰/۱۶۸۱	-	-۰/۰۱۱۰	۰/۰۰۷۹	۰/۵۱
تعداد دانه (X <sub>4</sub> )	۰/۰۳۳۵	۰/۳۹۷۸۵۱	۰/۰۸۷۰۲۵	-۰/۰۱۳۸۸	-	-۰/۰۰۲۶۲	۰/۵۱
وزن هزار دانه (X <sub>5</sub> )	۰/۰۱۶۲	۰/۵۳۰۲۵۲	-۰/۰۹۱۸۸	۰/۰۲۰۵۳۳	-	-	۰/۴۷
					۰/۰۰۵۴۲۴		

جدول ۶- تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه جو در شرایط دیم

صفات	اثر مستقیم	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله بارور	تعداد دانه	وزن هزار دانه	همبستگی با عملکرد
عملکرد بیولوژیک (X <sub>1</sub> )	۰/۹۰۸۴	-	-۰/۰۶۰۹	۰/۰۲۶۱	۰/۰۳۸۳	۰/۰۴۶۴	۰/۹۶
شاخص برداشت (X <sub>2</sub> )	۰/۳۸۰۷	۰/۱۶۹۸	-	-۰/۰۱۱۲	۰/۰۱۶	-۰/۰۰۱۸	۰/۵۵
تعداد سنبله بارور (X <sub>3</sub> )	۰/۰۷۴۹	۰/۵۶۳۲	-۰/۰۰۶۰	۰/۰۲۰۴	-۰/۰۰۳۷	-	۰/۶۴
تعداد دانه (X <sub>4</sub> )	۰/۰۶۸۰	۰/۵۱۲۱	۰/۰۵۶۰	-۰/۰۰۴۲	-	-۰/۰۰۴۲	۰/۶۳
وزن هزار دانه (X <sub>5</sub> )	۰/۰۰۵۱	۰/۳۳۷۴	۰/۰۱۷۸	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۷۶	۰/۰۰۵۵	۰/۴۱

#### تجزیه کلاستر (خوشه ای)

به منظور تعیین قرابت ژنوتیپ های مورد بررسی و گروه بندی آن ها در ارتباط با صفات اندازه گیری شده از تجزیه خوشه ای استفاده گردید. برای انجام گروه بندی روش های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش وارد و فاصله اقلیدوسی استفاده گردیده است. در هر دو شرایط مطلوب و تنش آبی لاین های ۹۵ و ۱۲۰ که بر اساس تجزیه مؤلفه ها جزو ژنوتیپ های مقاوم بودند در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۷ و ۸). تجزیه خوشه ای 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،

مورد بررسی و تعیین قرابت ژنوتیپ های مورد بررسی و گروه بندی آن ها در ارتباط با صفات اندازه گیری شده از تجزیه خوشه ای استفاده گردید. برای انجام گروه بندی روش های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش وارد و فاصله اقلیدوسی استفاده گردیده است. در هر دو شرایط مطلوب و تنش آبی لاین های ۹۵ و ۱۲۰ که بر اساس تجزیه مؤلفه ها جزو ژنوتیپ های مقاوم بودند در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۷ و ۸). تجزیه خوشه ای 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،

توجه به هدف اصلاحی مورد نظر می‌توان انتخاب مناسبی را از بین این ژنوتیپ‌ها انجام داد.

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

جدول ۷- میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های جو در تجزیه خوشه‌ای در شرایط آبیاری مطلوب

میانگین صفات						
گروه	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

میانگین صفات						
گروه	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.

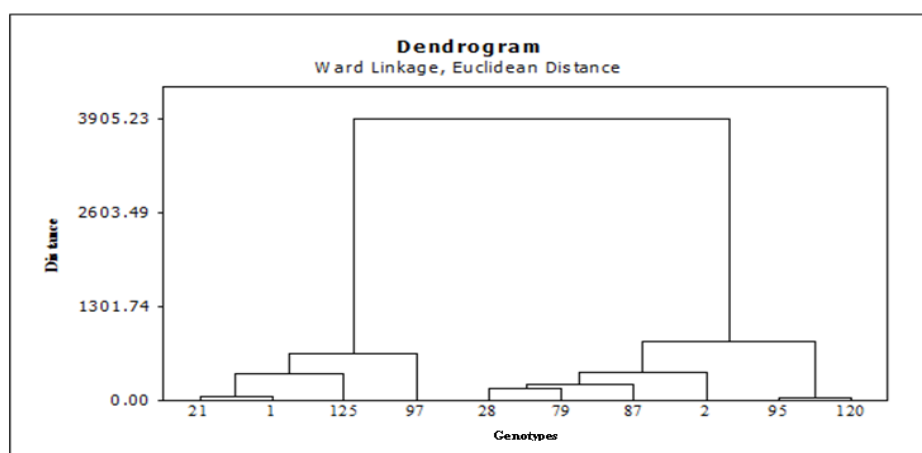
بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب مربوط به تعداد دانه (۸۷/۳۳ درصد) و شاخص برداشت (۶۶/۲۴ درصد) بود (جدول ۹) و بیشترین و کمترین مقدار آن در شرایط دیم نیز به ترتیب با ۹۰/۳۵ درصد و ۶۹/۵۸ درصد مربوط به تعداد دانه و طول سنبله بود (جدول ۱۰). حیدری (۱۳۸۹) بیشترین توارث‌پذیری را در صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۹۱) و عملکرد دانه (۰/۸۵) مشاهده نمود. زهرای و همکاران (۱۳۹۰) نیز برای صفات مربوط به عملکرد دانه، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک وراثت‌پذیری بالایی بین ۷۳/۷۸ تا ۸۰/۴۴ 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 نوسلوویک و همکاران (۲۰۰۴) 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

دندروگرام صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب و دیم در شکل ۴ آمده است. هدف از این تجزیه، مشخص نمودن ژنوتیپ‌هایی است که بیشترین اختلاف را با یکدیگر دارند، زیرا در برنامه‌های دورگه‌گیری 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

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 درصد) داری کمترین و بیشترین بهره-ژنتیکی بودند. در شرایط دیم نیز به شاخص برداشت (۱۴/۶۶ درصد) و عملکرد دانه (۶۷/۵۳ درصد) داری کمترین و بیشترین بهره ژنتیکی اختصاص یافت (جداول ۹ و ۱۰).

(۲۳/۳۱) بود؛ اما برای سایر صفات کمتر از ۱۵ درصد بود. در شرایط دیم، بیشترین ضریب تنوع ژنوتیپی برای صفت عملکرد بیولوژیک (۳۴/۶۹) 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



شکل ۴- دندروگرام صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب و دیم

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

بهره ژنتیکی بر اساس میانگین (%)	وراثت پذیری عمومی	ضریب تنوع فنوتیپی (%)	ضریب تنوع ژنوتیپی (%)	واریانس فنوتیپی	واریانس خطا	واریانس ژنتیکی	حداکثر	حداقل	میانگین کل	صفت
۲۵/۶۳	۸۳/۲۹	۱۴/۹۳	۱۳/۶۳	۸۹۸۵/۸۷	۱۵۰۰/۷۶	۷۴۸۵/۱۱	۷۶۶۷۰۰	۴۴۶۷۰۰	۶۳۴/۵۳	تعداد سنبله بارور
۲۱/۹۵	۷۲/۶۳	۱۴/۶۲	۱۲/۵۰	۱/۴۰	۰/۳۸	۱/۰۲	۱۰/۱۰	۶/۶۰	۸/۰۷	طول سنبله
۴۴/۸۹	۸۷/۳۳	۲۴/۹۴	۲۳/۳۱	۱۱۸/۶۳	۱۵/۰۲	۱۰۳/۶۱	۶۰/۴۰	۲۵/۵۰	۴۳/۶۶	تعداد دانه
۱۸/۸۱	۶۶/۲۸	۱۳/۷۷	۱۱/۲۱	۳۳/۰۰	۱۱/۱۳	۲۱/۸۷	۵۰/۲۰	۳۰/۴۰	۴۱/۷۱	وزن هزار دانه (گرم در مترمربع)
۵۷/۰۸	۸۴/۱۱	۳۲/۹۳	۳۰/۲۱	۳۴۹۵۳۴/۳۵	۵۵۵۰۶/۷۳	۲۹۴۰۲۷/۶۲	۲۹۴۶۷۰	۷۵۸/۲۰	۱۷۹۴/۸۸	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)
۱۳/۳۲	۶۶/۲۴	۹/۷۶	۷/۹۴	۱۶/۱۶	۵/۴۵	۱۰/۷۰	۴۸/۰۲	۳۳/۴۳	۴۱/۱۷	شاخص برداشت (درصد)
۵۳/۸۶	۸۷/۳۲	۲۹/۹۴	۲۷/۹۸	۴۷۴۹۳/۵۷	۶۰۲۰/۷۵	۴۱۴۷۲/۸۲	۹۵۰/۷۰	۳۳۸/۹۰	۷۲۷/۸۲	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)

جدول ۱۰- برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و وراثت پذیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط دیم

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

## منابع

- اشکانی، ح؛ و ح. پاک نیت. ۱۳۸۲. بررسی ژنتیکی شاخص های کمی مقاومت به خشکی در گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.). مجله علوم و صنایع کشاورزی. دوره ۱۷، شماره ۱: ۳۱-۳۵.
- 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 ۴: ۶۸۳-۶۷۱.
- زاهدی، م. ب. ۱۳۹۱. ارزیابی معیارهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تحمل خشکی در جو (*Hordeum vulgare* L.) پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
- زکی زاده، م، م. اسماعیل زاده مقدم و د. کهریزی. ۱۳۸۹. بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات مختلف عملکرد دانه در ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) سنبله بلند با استفاده از روش های آماری چند متغیره. مجله علوم زراعی ایران. دوره ۱۲، شماره ۱: ۲۰-۱۸.
- زهرای، م، ا. تقی نژاد، ا. افضلی فر، م. بی همتا، ج. مظفری و س. شفاء الدین. ۱۳۹۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات آگرومورفولوژیک در ژرم پلاسما جو اسپانتانوم (*Hordeum spontaneum* L.) ایران. فصلنامه 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 شاخص های رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. دوره ۳۴، شماره ۳: ۶۶۷-۶۷۹.
- فرشادفر، ع. ۱۳۷۶. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان. دانشگاه رازی کرمانشاه. ۹۵ صفحه.
- گلستانی، م. و ح. پاک نیت. ۱۳۸۶. ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در لاین های کنجد. مجله علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۱۱، شماره ۴۱: ۱۵۰-۱۴۱.
- 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. احمدی خواه. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل دوازده ژنوتیپ اصلاح شده جو در برابر تنش خشکی در شرایط خشک و گرم. پژوهش های تولید گیاهی. دوره ۱۷، شماره ۱: ۴۴-۲۳.
- 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. Lefkovich. 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.
- Ritza, 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., Nogués, 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<sup>14</sup>, H. Pakniyat<sup>15</sup>, E. Tavakol<sup>2</sup>, S. Shahrabi<sup>2</sup>

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<sup>2</sup>) and under rainfed conditions belonged to lines 95 and 120 (average yield 834.3 g/m<sup>2</sup>). In both conditions, the lowest yield was found in line 21 (average yield 227.0 g/m<sup>2</sup>). 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