

واکنش لاین‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل

## Response of Chitti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines to Drought Stress Based on Tolerance Indices

بهروز اسدی<sup>۱</sup> و حسین آسترکی<sup>۲</sup>

۱- محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک

۲- محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، خرم‌آباد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲

### چکیده

اسدی، ب. و آسترکی، ح. ۱۳۹۴. واکنش لاین‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱: ۲۴۸-۲۳۳.

به منظور بررسی واکنش ارقام و لاین‌های لوبیا چیتی به تنش خشکی، بیست لاین لوبیا چیتی و رقم صدری (شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات لوبیا خمین مورد بررسی قرار گرفتند. بذر لاین‌ها روی سه خط به طول ۳ متر کاشته شد. آبیاری در شرایط مطلوب و تنش به ترتیب پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل طول دوره رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد و وزن صددانه بود. نتایج تجزیه واریانس صفات در هر دو سال حاکی از تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها با یک‌دیگر در هر دو شرایط آبیاری بود. تنش خشکی منجر به کاهش صفات مورد بررسی شد و بیشترین تاثیر تنش خشکی بر صفت تعداد دانه در بوته بود. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که بهترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام و لاین‌های متحمل، شاخص‌های MP، GMP و STI بودند. بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های مورد ارزیابی و همچنین نمودار شاخص‌های STI و SSI لاین‌های KS21181، KS21247، KS21255 و KS21216 به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: لوبیا، عملکرد، اجزاء عملکرد، تجزیه به مولفه‌های اصلی.

## مقدمه

حبوبات پس از غلات، بیشترین منبع غذایی بشر را تشکیل داده و لوبیا از مهم‌ترین حبوبات جهان و ایران محسوب می‌شود. لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* دارای  $2n = 2x = 22$  کروموزوم و گیاهی خودگشن است. در بسیاری از مناطق دنیا تنش‌های زیستی و غیر زیستی متعددی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان بوده و منجر به اختلافات قابل توجه بین عملکرد یک محصول در مناطق مختلف می‌شود (Anonymous, 2005). خشکی معمولاً به عنوان شایع‌ترین تنش غیر زیستی که گیاهان زراعی با آن مواجه هستند، شناخته شده است. ایران از نظر منابع آبی محدودیت داشته به نحوی که با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر، یک سوم متوسط بارندگی جهان را دارا است. وقوع خشکسالی‌های مداوم در سال‌های اخیر زنگ خطری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا در آورده است. با توجه به قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک جهان، توجه به اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه ضروری به نظر می‌رسد. اصلاح ارقام متحمل به خشکی از مهم‌ترین راه حل‌های مبارزه با مشکل خشکی است (Rebetzke et al., 2006). اهمیت تولید حبوبات و به ویژه لوبیا شناسایی، تولید و معرفی ارقام پر محصول و متحمل به تنش خشکی و همچنین زودرس یکی از راهکارهای موثری

است که در تلفیق با سایر روش‌های مدیریت آبیاری می‌تواند تاثیر پدیده خشکی را به حداقل برساند. نتایج آزمایش‌های انجام شده در شرایط کنترل شده نشان داده است که لوبیا در مقایسه با سایر بقولات به تنش خشکی نسبتاً حساس است (Singh, 2007). شن کات و بریک (Shenkut and Brick, 2003) گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد استفاده متفاوت است. بیات و همکاران (Bayat et al, 2010) در بررسی ۹ ژنوتیپ لوبیا چیتی در سه شرایط آبیاری گزارش کردند که تنش کمبود آب بر عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی اثر منفی داشته است. همچنین دو ژنوتیپ COS16 و Taylor در تیمارهای کمبود آب پایداری بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند و کاهش عملکرد دانه آن‌ها در تیمارهای پس از ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. عمادی و همکاران (Emadi et al, 2012) در بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و خصوصیات ریخت شناسی لوبیا چیتی رقم COS16 در منطقه یاسوج گزارش کردند که اعمال تنش خشکی در مراحل زایشی و رویشی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، اجزاء عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، متوسط وزن صد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد. محمد زاده و همکاران

(Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) توسط فرناندز (Fernandez, 1992) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوب داشته باشند پیشنهاد شد. با توجه به این که بهترین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌هایی هستند که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط و همچنین متحمل به تنش خشکی شوند، لذا شاخص‌های GMP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و شاخص SSI جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با کمترین حساسیت به تنش خشکی مناسب معرفی شدند. انتخاب بر اساس STI و علیه SSI بهترین ژنوتیپ‌ها را از نظر عملکرد و تحمل به خشکی مشخص می‌کند. گراسیاک و همکاران (Grezesaik *et al.*, 1996) مقدار شاخص SSI در ارقام مقاوم را کمتر از ۰/۳۱ و در ارقام حساس بیشتر از ۰/۴۴ عنوان کردند. اشنایدر و همکاران (Schneider *et al.*, 2004) نیز شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را GMP معرفی کردند. برای اولین بار بوسلاما و اسچاپاواگ (Bousslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI) و گاووزی و همکاران (Gavuzzi *et al.*, 1997) شاخص عملکرد (YI) را به منظور گزینش ارقام معرفی

(Mohammadzade *et al.*, 2012) در بررسی اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیکی دو ژنوتیپ لوبیا قرمز گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل، عملکرد دانه، کاهش دمای سایه‌انداز گیاه و محتوای پرولین برگ می‌شود. اصلاح گیاهان برای مقاومت به خشکی در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی مورد مطالعه قرار گرفته و همواره مورد توجه به‌نژادگران گیاهی بوده است. پیشرفت و توسعه ژنتیکی برای تحمل تنش در گیاهان زراعی نیازمند مطالعه و بررسی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تحمل تنش است (Abde Mishani and Shahnejate Bushehri, 1997). در اصلاح لوبیا برای محیط‌های دارای تنش خشکی، هدف اولیه به حداکثر رساندن عملکرد نیست بلکه تمایل بر این است که از یک حداقل عملکردی که هزینه‌های تولید را پوشش داده و نیز مقداری بازده افزوده برای زارع داشته باشد اطمینان حاصل شود (Bagheri *et al.*, 1991). تاکنون شاخص‌های متعددی برای تشریح پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا ارائه شده است. فیشر و مائورر (Fisher and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد کردند. همچنین شاخص‌های تحمل (TOL) و بهره‌وری متوسط (MP) توسط روزیلی و هامبلین

اساس آمار هواشناسی ۳۰۰ میلی‌متر در سال و دمای حداقل و حداکثر سالیانه آن به ترتیب ۵/۶ و ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد است. بیست لاین لوبیا چیتی و رقم صدری در دو آزمایش جداگانه (شرایط آبیاری مطلوب و شرایط تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق پائیزه، شخم سطحی بهاره، دیسک و لولر انجام شد. عناصر غذایی ماکرو و میکرو بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد. برای کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش پیش کاشت تریفلورالین به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. پس از ایجاد جوی و پشته به فواصل ۵۰ سانتی‌متر از یک‌دیگر، بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی سه خط به طول ۳ متر کاشته و فواصل بوته‌ها در روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از کاشت اقدام به آبیاری تیمارها در هر دو شرایط شد. آبیاری در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تا مرحله استقرار کامل گیاهچه (ظهور سومین سه برگچه) به صورت یکسان انجام شد. در شرایط مطلوب، آبیاری در هر مرحله پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر و در شرایط تنش خشکی آبیاری در هر مرحله پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. حجم آب استفاده شده در هر مرحله آبیاری در دو شرایط آبیاری یکسان در نظر گرفته شد. آبیاری در هر دو شرایط آزمایش تا مرحله رسیدگی لوبیا انجام شد. لازم

کردند. در واقع شاخص پایداری عملکرد نشان دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی است و در نتیجه رقمی با میزان بالای شاخص عملکرد باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید می‌کند (Bousslama and Schapaugh, 1984). شاخص عملکرد موجب رتبه‌بندی ارقام بر اساس میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌شود (Sio-Se Marde *et al.*, 2006). خاقانی و همکاران (Khaghani *et al.*, 2009) در بررسی صفات کمی و کیفی لوبیای سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی، از GMP، MP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی یاد کردند. با توجه به اهمیت لوبیا به عنوان یکی از منابع تامین کننده پروتئین، هدف از انجام این پژوهش ارزیابی عکس‌العمل لاین‌های لوبیا به تنش خشکی و گزینش لاین‌های متحمل بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش ارقام و لاین‌های لوبیا چیتی به تنش خشکی آزمایشی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات لوبیا خمین اجرا شد. این ایستگاه در خرم دشت شهرستان خمین با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه و در ارتفاع ۱۹۳۰ متری از سطح دریا واقع شده است. متوسط بلند مدت بارندگی در این منطقه بر

۳- شاخص تحمل (روزیلی و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۴- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری متوسط (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$GMP = \sqrt{(Y_p * Y_s)}$$

۵- شاخص تحمل به تنش (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$STI = (Y_p)(Y_s) / (\bar{Y}_p)^2$$

در این روابط  $Y_p$  عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط آبیاری مطلوب،  $Y_s$  عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی،  $Y_p$  میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری مطلوب و  $Y_s$  میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی هستند. از نرم‌افزار SPSS نسخه برای انجام تجزیه واریانس مرکب، مقایسات میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن، پارامترهای آماری، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی با توجه به شاخص‌های محاسبه شده و رسم بای‌پلات استفاده شد.

### نتایج و بحث

نام و مشخصات ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. پیش از انجام تجزیه واریانس مرکب، به منظور آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام شد و فرض همگنی واریانس خطای آزمایش‌ها در سطح ۱٪ رد نشد. نتایج تجزیه واریانس مرکب در جدول ۲ ارائه شده است. اثر سال برای کلیه

به ذکر است که دری و دادپور (گزارش منتشر نشده) در سال ۱۳۸۳ به منظور انتخاب بهترین زمان اعمال تنش خشکی آزمایشی را به مدت سه سال در این ایستگاه انجام دادند و بر اساس آن بهترین زمان اعمال تنش خشکی را پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A گزارش کردند. در طول دوران رشد و نمو علاوه بر مراقبت‌های زراعی صفات زمان تا گلدهی، زمان تا رسیدگی، تیپ بوته، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد و وزن صددانه یادداشت برداری شد. برای اندازه‌گیری صفات پس از حذف اثر حاشیه از هر تیمار پنج بوته به طور تصادفی از خطوط میانی هر کرت انتخاب و یادداشت‌برداری‌ها انجام شد. برای تعیین عملکرد، بوته‌های هر کرت در زمان رسیدگی کامل برداشت و پس از خشک شدن کامل خرمن کوبی و به آزمایشگاه منتقل و توزین شد و وزن صددانه نیز محاسبه شد. با استفاده از عملکرد ارقام و لاین‌ها در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، شاخص‌های زیر محاسبه شد:

۱- شاخص حساسیت به تنش (فیشر و مائورر، ۱۹۷۸)

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_S}{Y_P}}{1 - \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}}$$

۲- شاخص بهره‌وری متوسط (روزیلی و هامبلین، ۱۹۸۱)

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

جدول ۱- نام و مشخصات ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی ارزیابی شده در این آزمایش  
Table 1. Name and characteristics of chitti bean genotypes evaluated in this experiment

| ردیف | ژنوتیپ        | فرم بوته  | ردیف | ژنوتیپ        | فرم بوته  |
|------|---------------|-----------|------|---------------|-----------|
| No.  | Genotype code | Bush type | No.  | Genotype code | Bush type |
| 1    | KS21212*      | 1         | 12   | KS21201       | 2         |
| 2    | KS21238       | 3         | 13   | KS21191       | 3         |
| 3    | KS21221       | 1         | 14   | KS21233       | 3         |
| 4    | KS21216       | 1         | 15   | KS21321       | 3         |
| 5    | KS21456       | 3         | 16   | KS21193       | 2         |
| 6    | KS21204       | 2         | 17   | KS21397       | 1         |
| 7    | KS21263       | 3         | 18   | KS21248       | 1         |
| 8    | KS21247       | 1         | 19   | KS21184       | 3         |
| 9    | KS21255       | 3         | 20   | Sadri (check) | 3         |
| 10   | KS21239       | 1         | 21   | KS21488       | 1         |
| 11   | KS21181       | 1         |      |               |           |

\* کلیه لاین‌ها از سیات دریافت شده است.

\* All genotypes have been received from CIAT.

مربوط به لاین KS21488 بود. لاین‌های KS21184 دارای بیشترین تعداد دانه در بوته و لاین KS21488 دارای کمترین تعداد بود. بیشترین مقدار وزن صدانه متعلق به لاین KS21379 و کمترین آن مربوط به لاین KS21247 بود. لاین KS21321 با ۳۵۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد را داشت و پس از آن لاین KS21193 قرار داشت. لاین KS21238 با ۱۷۵۲ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد را دارا بود. در شرایط تنش خشکی، از نظر دوره رسیدگی لاین‌های KS21321، KS21184 و رقم صدری دیررس‌ترین و لاین KS21488 زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. بیشترین وزن صدانه متعلق به لاین KS21321 و کمترین آن مربوط به لاین KS21247 بود. لاین KS21247 با مقدار ۱۹۳۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد

صفات به جز تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود که حاکی از تفاوت سال‌های مورد بررسی از نظر میزان دما، بارندگی و ... شرایط دیگر بود. بین ژنوتیپ‌های لوبیا از نظر کلیه صفات تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل رقم در سال برای کلیه صفات مورد ارزیابی در هر دو شرایط اجرای آزمایش معنی‌دار بود که بیانگر اختلاف واکنش ارقام و لاین‌های مورد بررسی در سال‌های متفاوت بود. مقایسه میانگین دو ساله صفات مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. در شرایط آبیاری مطلوب، از نظر دوره رسیدگی، لاین‌های KS21184 و KS21321 دیررس‌ترین و لاین KS21488 زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. از نظر اجزاء عملکرد، بیشترین تعداد غلاف در بوته متعلق به لاین KS21216 و کمترین مقدار این صفت

جدول ۲ - تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در شرایط تنش و بدون تنش در دو سال

Table 2. Combined analysis of variance for different traits of chitti bean genotypes in stress and nono-stress conditions in two years

| S.O.V.          | منابع تغییرات | درجه آزادی<br>df. | میانگین مربعات MS                 |         |                                   |         |                             |          |                                  |         |
|-----------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------|----------|----------------------------------|---------|
|                 |               |                   | روز تا گلدهی<br>Days to flowering |         | روز تا رسیدگی<br>Days to maturity |         | ارتفاع بوته<br>Plant height |          | تعداد غلاف در بوته<br>Pods/plant |         |
|                 |               |                   | N                                 | S       | N                                 | S       | N                           | S        | N                                | S       |
| Year            | سال           | 1                 | 79.4**                            | 205.7** | 504.0**                           | 40.0**  | 2698.5**                    | 4532.4** | 165.9**                          | 295.0** |
| Error           | خطا           | 4                 | 2.5                               | 2.2     | 75.9                              | 12.0    | 86.2                        | 388.0    | 11.2                             | 8.0     |
| Genotype        | ژنوتیپ        | 20                | 153.7**                           | 235.7** | 588.7**                           | 376.1** | 8035.5**                    | 6682.2** | 29.9**                           | 34.9**  |
| Genotype × Year | ژنوتیپ × سال  | 20                | 17.3**                            | 65.4**  | 181.2**                           | 85.4**  | 673.9**                     | 147.0**  | 19.9**                           | 32.4**  |
| Error           | خطا           | 80                | 0.33                              | 0.58    | 81.34                             | 1.89    | 130.01                      | 51.17    | 6.62                             | 3.42    |

N: Non stress condition

S: Stress condition

\* and \*\*: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

N: شرایط بدون تنش

S: شرایط تنش

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

| S.O.V.          | منابع تغییرات | درجه آزادی<br>df. | میانگین مربعات MS                 |          |                                 |        |                                |         |                           |              |
|-----------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|----------|---------------------------------|--------|--------------------------------|---------|---------------------------|--------------|
|                 |               |                   | تعداد دانه در بوته<br>Seeds/plant |          | تعداد دانه در غلاف<br>Seeds/pod |        | وزن صد دانه<br>100 Seed weight |         | عملکرد دانه<br>Seed yield |              |
|                 |               |                   | N                                 | S        | N                               | S      | N                              | S       | N                         | S            |
| Year            | سال           | 1                 | 2234.4**                          | 1250.2** | 0.10                            | 0.22   | 284.70**                       | 563.3** | 9671178.3**               | 11390000.0** |
| Error           | خطا           | 4                 | 215.2                             | 22.9     | 0.13                            | 0.36   | 3.65                           | 23.9    | 294558.5                  | 172209.8     |
| Genotype        | ژنوتیپ        | 20                | 495.8**                           | 279.9**  | 1.23**                          | 0.99** | 302.60**                       | 239.1** | 1760705.1**               | 628993.1**   |
| Genotype × Year | ژنوتیپ × سال  | 20                | 472.2**                           | 214.6**  | 0.35**                          | 0.66** | 21.20**                        | 30.6**  | 744375.7**                | 314790.9**   |
| Error           | خطا           | 80                | 88.7                              | 42.8     | 0.15                            | 0.12   | 4.15                           | 6.05    | 168138.7                  | 54379.6      |

N: Non stress condition

S: Stress condition

\* and \*\*: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

N: شرایط بدون تنش

S: شرایط تنش

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در شرایط بدون تنش  
 Table 3. Comparison of means of different traits of chitti bean genotypes in non stress conditions

| ژنوتیپ   | روز تا گلدهی      | روز تا رسیدگی    | ارتفاع            | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن صد دانه         | عملکرد دانه                      |
|----------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Genotype | Days to flowering | Days to maturity | Plant height (cm) | Pods/plant         | Seeds/plant        | Seeds/pod          | 100 Seed weight (g) | Seed yield (kg/ha <sup>1</sup> ) |
| 1        | 46.5k             | 96.8c-h          | 39.5ij            | 9.5cde             | 30.2d-f            | 3.2d-i             | 31.5fg              | 2432.0d-h                        |
| 2        | 47.3jk            | 90.2fgh          | 67.9f             | 11.2a-d            | 28.8ef             | 2.6i               | 32.0fg              | 1752.0h                          |
| 3        | 51.5h             | 104.8a-f         | 41.2ij            | 13.2a-d            | 43.9a-e            | 3.3c-h             | 31.3fg              | 2756.0b-e                        |
| 4        | 53.3e             | 105.3a-f         | 44.3hij           | 15.4a              | 51.8ab             | 3.3c-h             | 30.4g               | 2687.0b-f                        |
| 5        | 55.2d             | 105.0a-f         | 112.0bc           | 14.5ab             | 42.8a-e            | 2.9f-i             | 42.8cd              | 2582.0c-g                        |
| 6        | 52.7ef            | 99.5b-g          | 63.9fg            | 12.5a-d            | 36.7 b-f           | 3.0e-i             | 44.8bc              | 2226.0f-h                        |
| 7        | 52.5efg           | 106.2a-f         | 96.3cd            | 13.8abc            | 44.8a-e            | 3.2d-i             | 34.2f               | 2407.0d-h                        |
| 8        | 51.7gh            | 106.3a-e         | 47.5ghi           | 13.2a-d            | 47.2abc            | 3.6a-f             | 26.7h               | 3013.0a-d                        |
| 9        | 62.5a             | 115.5ab          | 87.8de            | 12.4a-d            | 43.2a-e            | 3.5b-g             | 44.7bc              | 3021.0a-d                        |
| 10       | 47.0jk            | 87.8gh           | 31.1ij            | 12.1a-d            | 32.4c-f            | 2.7hi              | 34.1f               | 1858.0h                          |
| 11       | 47.5j             | 110.3a-d         | 46.9ghi           | 10.3b-e            | 40.1a-f            | 3.9abc             | 30.4g               | 3167.0abc                        |
| 12       | 53.0ef            | 93.8f-h          | 67.8f             | 8.9de              | 25.3f              | 2.8ghi             | 40.3de              | 2306.0d-h                        |
| 13       | 58.0c             | 112.7abc         | 141.6a            | 13.1a-d            | 54.5a              | 4.2a               | 44.7bc              | 3341.0ab                         |
| 14       | 52.2fgh           | 99.8b-g          | 64.6fg            | 11.5a-d            | 36.4 b-f           | 3.2d-i             | 37.9e               | 1921.0gh                         |
| 15       | 62.0ab            | 118.3a           | 127.0b            | 11.5a-d            | 46.9a-d            | 4.0ab              | 44.6bc              | 3589.0a                          |
| 16       | 52.8ef            | 95.5d-h          | 76.2ef            | 9.4cde             | 39.5a-f            | 4.1ab              | 48.6a               | 3358.0ab                         |
| 17       | 53.2e             | 94.7d-h          | 61.0fgh           | 11.6a-d            | 43.7a-e            | 3.7a-d             | 49.4a               | 2033.0fgh                        |
| 18       | 48.7i             | 108.8a-e         | 40.3ij            | 9.8cde             | 36.2b-f            | 3.7a-d             | 30.3g               | 2159.0e-h                        |
| 19       | 61.5b             | 118.8a           | 139.0a            | 14.7ab             | 55.7a              | 3.6a-e             | 46.5ab              | 2985.0a-d                        |
| 20       | 49.5i             | 99.5b-g          | 126.0ab           | 9.2de              | 30.4c-f            | 3.3c-h             | 42.3cd              | 2669.0b-f                        |
| 21       | 44.8l             | 82.2h            | 25.3j             | 6.5e               | 23.8f              | 3.7a-d             | 42.7cd              | 1985.0fgh                        |
| میانگین  |                   |                  |                   |                    |                    |                    |                     |                                  |
| Mean     | 52.5              | 102.5            | 73.6              | 11.6               | 39.7               | 3.4                | 38.6                | 2583                             |

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level of probability (Duncan's multiple range test).

For name of genotypes see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

در جدول ۳ نشان می‌دهد که به جز تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی، سایر صفات دچار کاهش شدند به طوری که بیشترین تاثیر تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه بود که متاثر از اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه) می‌باشد. غالباً کاهش عملکرد در لوبیا به اجزای عملکرد نسبت داده می‌شود (Gebeyehu, 2006). اکوستا و آدامز

و لاین KS21204 با ۸۶۶ کیلو گرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت. اختلاف ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری بیانگر وجود ظرفیت تولید در ژنوتیپ‌های مختلف است که در صورت فراهم بودن شرایط مناسب می‌توانند عملکرد متفاوتی بسته به ظرفیت ژنوتیپ تولید کنند. لذا با وجود این گونه تنوع امکان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی وجود دارد. میزان تغییرات صفات ناشی از تنش خشکی



جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های لویا چیتی در شرایط تنش  
Table 4. Comparison of means of different traits of chitti bean genotypes in stress conditions

| ژنوتیپ                                   | روز تا گلدهی      | روز تا رسیدگی    | ارتفاع            | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن صددانه          | عملکرد دانه                      |
|--|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Genotype                                 | Days to flowering | Days to maturity | Plant height (cm) | Pods/plant         | Seeds/plant        | Seeds/pod          | 100 Seed weight (g) | Seed yield (kg/ha <sup>1</sup> ) |
| 1  | 44.5n             | 101.2fg          | 29.1f             | 13.3abc            | 37.9abc            | 2.8b-f             | 26.9hi              | 1354.0c-h                        |
| 2  | 49.0kl            | 100.7fgh         | 78.6c             | 10d-h              | 22.0e-h            | 2.2g               | 29.9fgh             | 1055.0ghi                        |
| 3  | 50.0ij            | 101.7efg         | 30.7f             | 12.1a-e            | 33.9a-d            | 2.8b-f             | 26.6hi              | 1418.0c-g                        |
| 4  | 58.5d             | 111.7b           | 29.6f             | 13.1ab             | 33.5a-e            | 2.7d-g             | 26.0hi              | 1597.0a-e                        |
| 5  | 58.7d             | 105.2c           | 79.1c             | 8.5f-i             | 24.5d-h            | 2.9b-e             | 35.0cde             | 1141f-i                          |
| 6  | 52.8g             | 104.8c           | 46.9e             | 10.3c-h            | 28.9b-h            | 2.7c-g             | 41.9a               | 866.0i                           |
| 7  | 54.0f             | 104.2cd          | 80.6c             | 14.5a              | 28.9b-h            | 2.3fg              | 28.8gh              | 1354.0c-h                        |
| 8  | 50.7ij            | 103.8cde         | 31.2f             | 11.5a-f            | 37.9abc            | 3.3abc             | 24.1i               | 1930.0a                          |
| 9  | 66.0a             | 111.5b           | 105.5b            | 13.3abc            | 38.4ab             | 3.0bcd             | 41.7a               | 1615.0a-d                        |
| 10                                       | 48.2l             | 96.0k            | 24.7f             | 9.2e-i             | 21.8fgh            | 2.4e-g             | 28.6gh              | 1026.0ijk                        |
| 11                                       | 50.0jk            | 102.5def         | 31.1f             | 10.3c-h            | 32.7a-f            | 3.2a-d             | 26.2hi              | 1920.0a                          |
| 12                                       | 57.8de            | 98.8hij          | 54.2e             | 10.2c-h            | 27.9b-h            | 2.6d-g             | 34.1cde             | 955.0hi                          |
| 13                                       | 64.2b             | 110.7b           | 111.9ab           | 10.3c-h            | 38.8ab             | 3.7a               | 41.6a               | 1737.0abc                        |
| 14                                       | 51.5hi            | 98.0ijk          | 52.9e             | 9.7e-h             | 29.8b-h            | 3.0bcd             | 31.2efg             | 982.0hi                          |
| 15                                       | 60.8c             | 114.2a           | 117.5a            | 6.3i               | 18.3h              | 2.7c-g             | 42.5a               | 1856.0ab                         |
| 16                                       | 50.0jk            | 100.2ghi         | 65.9d             | 7.1hi              | 25.9d-h            | 3.7a               | 39.7ab              | 1507.0b-f                        |
| 17                                       | 52.2gh            | 97.5jk           | 51.9e             | 9.4e-h             | 30.2b-g            | 3.2a-d             | 41.1ab              | 1287.0d-h                        |
| 18                                       | 50.7ij            | 111.2b           | 28.1f             | 7.8ghi             | 26.6c-h            | 3.4ab              | 26.9hi              | 1204.0e-i                        |
| 19                                       | 57.0e             | 114.3a           | 113ab             | 14ab               | 42.0a              | 3.0bcd             | 37.5bc              | 1428.0c-g                        |
| 20                                       | 46.5m             | 114.7a           | 104.6b            | 11.0b-g            | 34.7a-d            | 3.1a-d             | 33.1def             | 1109.0f-i                        |
| 21                                       | 41.3o             | 81.5l            | 24.1f             | 6.3i               | 18.7gh             | 2.9b-e             | 35.3cd              | 1204.0e-i                        |
| Total mean                               | 53.1              | 104              | 61.5              | 10.4               | 30.2               | 2.9                | 33.3                | 1359.0                           |
| Reduction percentage to normal condition | -1.1*             | -1.5             | 16.4              | 10.3               | 23.9               | 14.7               | 13.7                | 47.38                            |

\*-: علامت منفی نشان دهنده افزایش صفت با اعمال تنش خشکی است.

\*- : Indicates increase in trait with drought stress.

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level of probability (Duncan's multiple range test).

For name of genotypes see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

برگ، ارتفاع گیاه و اجزاء عملکرد در لویا سیاه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تنش در مرحله رویشی کوتاه‌ترین گیاهان را با عملکرد دانه کم به علت کاهش در تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به وجود آورد.  
در مرحله بعد ارزیابی ارقام و لاین‌ها بر

(Acosta and Adams, 1991) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش بیوماس، تعداد دانه در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه در لویا می‌شود. نیلسن و نیلسن (Nielsen and Nelson, 1998) اثر تنش آبی را در مراحل مختلف رشد روی شاخص سطح

جدول ۵- شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های لویا چیتی  
Table 5. Drought tolerance indices in chitti bean genotypes

| ژنوتیپ<br>Genotype | YP   | YS   | MP     | GMP    | TOL    | STI  | SSI  |
|--------------------|------|------|--------|--------|--------|------|------|
| KS21212            | 2432 | 1354 | 1892.7 | 1814.4 | 1077.6 | 0.49 | 0.94 |
| KS21238            | 1752 | 1055 | 1403.6 | 1359.7 | 696.2  | 0.28 | 0.85 |
| KS21221            | 2756 | 1418 | 2087.0 | 1977.0 | 1327.3 | 0.59 | 1.03 |
| KS21216            | 2687 | 1597 | 2141.7 | 2071.2 | 1090.5 | 0.64 | 0.86 |
| KS21456            | 2582 | 1141 | 1861.2 | 1716.1 | 1440.8 | 0.44 | 1.19 |
| KS21204            | 2226 | 866  | 1546.3 | 1388.9 | 1359.6 | 0.29 | 1.30 |
| KS21263            | 2407 | 1354 | 1881.3 | 1806.3 | 1052.0 | 0.49 | 0.93 |
| KS21247            | 3013 | 1930 | 2471.2 | 2411.2 | 1083.1 | 0.87 | 0.76 |
| KS21255            | 3021 | 1615 | 2317.6 | 2208.5 | 1405.7 | 0.73 | 0.99 |
| KS21239            | 1858 | 1026 | 1440.8 | 1379.8 | 829.6  | 0.29 | 0.95 |
| KS21181            | 3167 | 1920 | 2543.4 | 2465.9 | 1246.5 | 0.91 | 0.84 |
| KS21201            | 2306 | 955  | 1630.5 | 1484.1 | 1350.3 | 0.33 | 1.25 |
| KS21191            | 3341 | 1737 | 2538.9 | 2408.9 | 1603.8 | 0.87 | 1.02 |
| KS21233            | 1921 | 982  | 1451.0 | 1372.9 | 939.0  | 0.28 | 1.04 |
| KS21321            | 3589 | 1856 | 2722.2 | 2580.6 | 1723.2 | 1.00 | 1.03 |
| KS21193            | 3358 | 1507 | 2432.4 | 2249.6 | 1850.1 | 0.76 | 1.17 |
| KS21397            | 2033 | 1287 | 1660.2 | 1617.7 | 746.1  | 0.39 | 0.78 |
| KS21248            | 2159 | 1204 | 1681.4 | 1612.1 | 955.5  | 0.39 | 0.94 |
| KS21184            | 2985 | 1428 | 2206.5 | 2064.5 | 1557.3 | 0.64 | 1.11 |
| Sadri              | 2669 | 1109 | 1888.9 | 1720.5 | 1559.2 | 0.44 | 1.24 |
| KS21488            | 1985 | 1204 | 1594.3 | 1545.7 | 781.3  | 0.36 | 0.84 |

Y<sub>p</sub>: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ Y<sub>s</sub>: عملکرد در شرایط تنش؛ MP: میانگین تولید؛ GMP: میانگین هندسی عملکرد؛ TOL: شاخص تحمل؛ ST: شاخص تحمل به تنش؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش.

Y<sub>p</sub>: Yield in non stress condition; Y<sub>s</sub>: Yield in stress condition; MP: Mean productivity; GMP: Geometric mean productivity; TOL: Tolerance; STI: Stress tolerance index; SSI: Stress susceptibility index.

و عملکرد در هر دو شرایط انجام شد (جدول ۶). شاخصی که با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بالا و یکسان را نشان داد به عنوان بهترین شاخص انتخاب شد. بر این اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب با تحمل، میانگین تولید، شاخص تحمل و میانگین هندسی تولید دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. عملکرد در شرایط تنش خشکی با میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2008) در بررسی

اساس شاخص‌های تحمل به خشکی انجام شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۲۱ و ۲ دارای کمترین مقدار SSI و TOL در مقایسه با سایرین بودند و در گروه ژنوتیپ‌های با حساسیت کمتر به تنش خشکی قرار گرفتند. بررسی نتایج تحمل به تنش بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۱، ۸، ۱۳، ۱۶ و ۹ با بیشترین مقادیر، تحمل بیشتری نسبت به شرایط تنش خشکی داشتند. برای شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از مناسب‌ترین شاخص یا شاخص‌ها، همبستگی بین شاخص‌ها

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی  
Table 6. Correlation coefficients between drought tolerance indices

| شاخص‌ها<br>Indices | YP     | YS     | MP     | GMP    | TOL    | STI   |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| YS                 | 0.81** |        |        |        |        |       |
| MP                 | 0.97** | 0.93** |        |        |        |       |
| GMP                | 0.94** | 0.96** | 0.99** |        |        |       |
| TOL                | 0.83** | 0.35   | 0.68** | 0.6**  |        |       |
| STI                | 0.94** | 0.96** | 0.99** | 0.99** | 0.59** |       |
| SSI                | 0.15   | -0.44* | -0.07* | -0.18  | 0.67** | -0.18 |

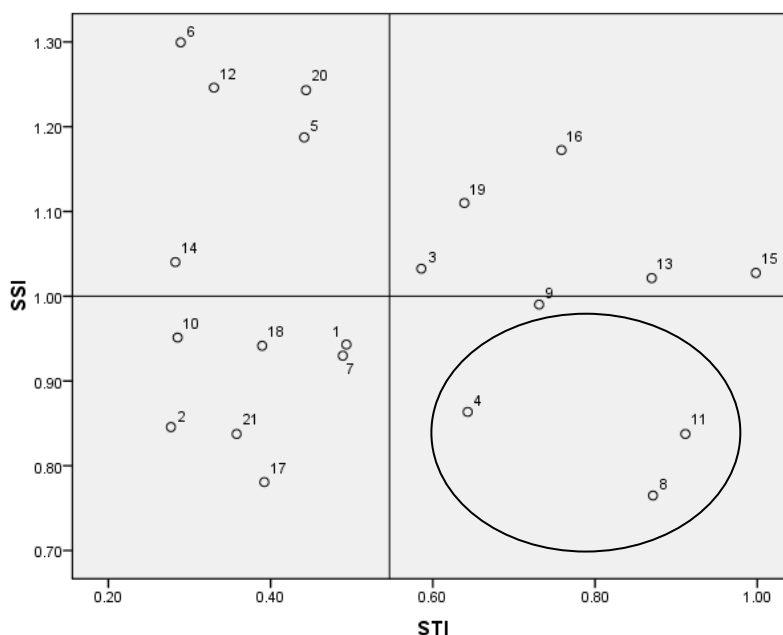
برای اختصار شاخص‌ها به جدول ۵ مراجعه شود.

For abbreviations of indices see Table 5.

بالا و SSI پائین می‌توان بهترین ژنوتیپ‌ها را از نظر عملکرد و تحمل به خشکی شناسایی کرد (شکل ۱).

بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی روی شاخص‌های ارزیابی شده و عملکرد در دو شرایط، ملاحظه شد که دو مولفه اصلی با ۹۹/۷ درصد تغییرات کل داده‌ها را شامل می‌شوند (جدول ۷). مولفه اول ۷۳/۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد. بیشترین ضرایب مثبت مولفه‌ای مربوط به عملکرد در هر دو شرایط، شاخص‌های میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل بود. لذا این مولفه با عنوان مولفه عملکرد و تحمل به تنش نامگذاری شد. با توجه به این که مقادیر بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند، اگر به مقادیر مثبت و بالای این مولفه توجه شود، می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالایی در هر دو شرایط تنش و غیر تنش و دارای مقادیر بالای GMP و STI هستند گزینش کرد. مولفه دوم ۲۶/۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را

پانزده ژنوتیپ لویا سفید در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی گزارش کردند که شاخص‌های GMP، STI و SSI با عملکرد همبستگی مثبت معنی‌دار ولی با شاخص‌های TOL و MP همبستگی منفی داشت و با استفاده از بای‌پلات مولفه‌های مقاومت و حساسیت به تنش دو ژنوتیپ متحمل به تنش را شناسایی کردند. آیب و همکاران (Abebe *et al.*, 1998) و وایت و همکاران (White *et al.*, 1994) موثرترین معیار انتخاب جهت تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی را در میان صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، فنولوژیکی، عملکرد و صفات وابسته به عملکرد، میانگین حسابی و هندسی عملکرد دانه گزارش کردند. با توجه به این که بهترین شاخص‌ها آن‌هائی هستند که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط شده و همچنین متحمل به تنش خشکی باشند، لذا انتخاب بر اساس شاخص‌های STI، MP و GMP می‌تواند مفید باشد. بر اساس STI



شکل ۱- بای پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی

Fig. 1. Biplot based on STI and SSI indices

اعداد داخل شکل شماره ژنوتیپ‌ها هستند (جدول ۱).

Numbers inside the figure are genotype No. (see Table 1).

جدول ۷- تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 7. Principal component analysis of drought tolerance indices

| TOL         | SSI         | STI         | GMP         | MP          | YS          | YP          | درصد واریانس<br>Percentage of variance | مولفه<br>Component |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--------------------|
| 0.57        | -0.21       | <u>0.99</u> | <u>0.99</u> | <u>0.99</u> | <u>0.97</u> | <u>0.93</u> | 73.6                                   | 1                  |
| <u>0.82</u> | <u>0.97</u> | 0.03        | 0.04        | 0.14        | 0.24        | 0.36        | 26.1                                   | 2                  |

برای اختصار شاخص‌ها به جدول ۵ مراجعه شود.

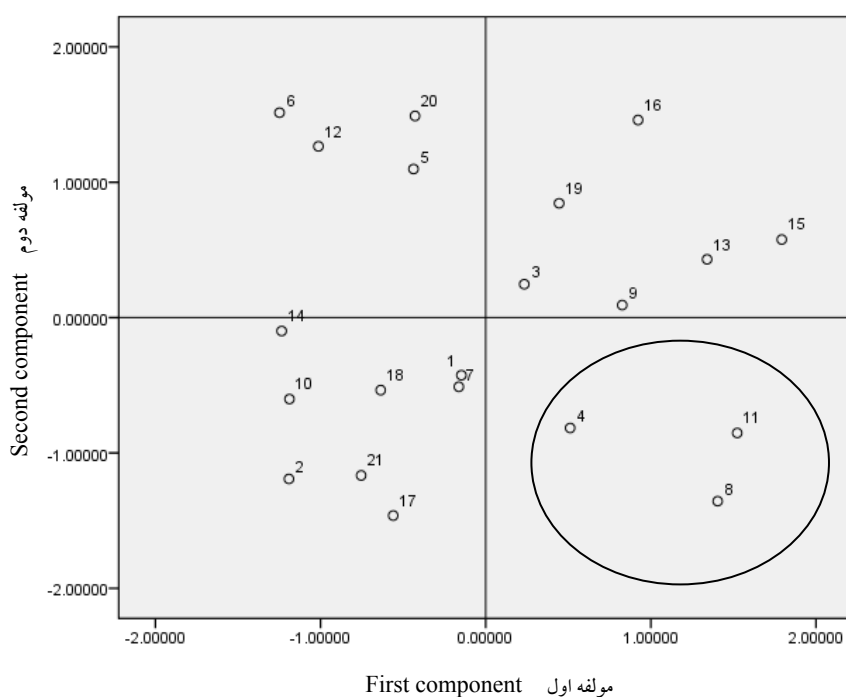
For abbreviations of indices see Table 5.

محمدی و همکاران (۲۰۰۸) بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل گزارش کردند که دو مولفه اصلی ۹۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد و بر اساس این دو مولفه پنج ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی را گزینش کردند.

توجیه کرد. بیشترین ضرایب مثبت عاملی مربوط به شاخص حساسیت به تنش و تحمل بود. از این رو این مولفه با عنوان مولفه حساسیت به تنش خشکی نامگذاری شد. لذا ارقام و لاین‌هایی که مقادیر پائین این مولفه را دارا باشند، دارای کمترین حساسیت به تنش خشکی هستند.

قرار گرفتند که می‌توان ژنوتیپ‌هایی که دارای بیشترین میزان مولفه اول (مولفه عملکرد و KS21255 و KS21216 به عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند. با توجه به این که لاین‌های مذکور بخشی از مجموعه ارقام لویا ایستگاه لویا خمین هستند می‌توان انتظار داشت که از بین مواد موجودی که در این مجموعه نگهداری می‌شوند، ارقام و لاین‌های دیگری را نیز مورد شناسایی قرار داد و در برنامه‌های به‌نژادی این محصول و معرفی ارقام متحمل به تنش خشکی بهره‌گرفت.

بر اساس بای‌پلات حاصل از دو مولفه (شکل ۲) لاین‌های مورد بررسی در چهار ناحیه تحمل به تنش) و کمترین میزان مولفه دوم (مولفه حساسیت به تنش) بودند را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی گزینش کرد. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق بر اساس تجزیه به عامل‌های اصلی شاخص‌های مورد بررسی و نمودار مربوطه و همچنین نتایج حاصل از نمودار شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش (شکل ۱) ژنوتیپ‌های KS21181، KS21247،



شکل ۲- بای‌پلات شاخص‌های تحمل به تنش خشکی بر اساس دو مولفه اصلی  
 Fig. 2. Biplot of drought tolerance indices based on the two principal components  
 اعداد داخل شکل شماره ژنوتیپ‌ها هستند (جدول ۱).

Numbers inside the figure are genotype No. (see Table 1).

سپاسگزاری  
 بدینوسیله از همکاران ایستگاه تحقیقات لوبیا  
 خمین در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی  
 می‌شود.

## References

- Abebe, A., Brick, M. A., and Kirkby, R. 1998.** Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Research* 58: 15-23.
- Abde Mishani, S., and Shahnejate Boushehri, A. A. 1997.** *Supplementary of Plant Breeding*. Tehran University Press, Tehran, Iran.
- Acosta Gallegos, J. A., and Adams, M. W. 1991.** Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 117: 213-219.
- Anonymous 2005.** *Common Bean From Planting to Harvesting*. Published by Markazi Province Agricultural Organization, Arak, Iran (in Persian).
- Bagheri, A., Mohmoudi, A., and Ghezeli, F. 1991.** *Common Beans Research for Crop Improvement*. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Press. Mashhad, Iran. 556 pp. (in Persian).
- Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmad, G., and Dorri, H. R. 2010.** Effect of water deficit stress on yield and yield component of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 12 (1): 42-54 (in Persian).
- Bousslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984.** Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
- Emadi, N., Balouchi, H. R., and Jahanbin, Sh. 2012.** Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production* 5 (2): 1-17 (in Persian).
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Tainan, Taiwan.

- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997.** Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77: 523-531.
- Gebeyehu, S. 2006.** Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Ph.D. Thesis, University of Giessen, Germany.
- Grezaik, S., Filek, W., Skrudlik, G., and Nizoli, B. 1996.** Screening for drought tolerance: evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science 177: 245-252.
- Khaghani, Sh., Bihamta, M. R., Changizi, M., Dori, H. R., Khaghani, Sh., Bakhtiari, A., and Safapour, M. 2009.** Compare quantitative and quality traits in white and red bean in common irrigation and drought stress. Journal of Environmental Stress in Plant Science. 1 (2): 169-181 (in Persian).
- Mohammadi, A., Bihamta, M. R., Soluoki, M., and Dorii, H. R. 2008.** Study of quantitative and qualitative traits and their relationships with grain yield in white bean (*Phaseolus vulgaris*) under optimum and limited irrigation condition. Iranian Journal of Crop Sciences 10(3): 231-243 (in Persian).
- Mohammadzade, A., Majnoon Hoseini, N., Moghadam, H., and Akbari, M. 2012.** Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes. Iranian Journal of Crop Science 14 (3): 294-307 (in Persian).
- Nielsen, D. C., and Nelson, N. O. 1998.** Black bean sensitive to water stress at various growth stages. Crop Science 38: 422-427.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condon, A. G., and Farquhar, G. D. 2006.** Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 14: 324-341.
- Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspect of selection for yield in stress and non - stress environment. Crop Science 21: 943-946.

- Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramírez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J. D. 2004.** Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science* 37: 43-50.
- Shenkut, A. A., and Brick, M. A. 2003.** Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica* 133(3): 339-347.
- Singh, S. P. 2007.** Drought resistance in the race durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal* 99: 1219-1225.
- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crops Research* 98: 222-229.
- White, J. W., Ochoa, R. M., Ibarra, F. P., and Singh, S. P. 1994.** Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfed conditions. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 122: 265-273.