مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۲، سال ۱۳۹۴

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

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

بهروز اسدی[۱] و حسین آسترکی[۲]

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸**

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.

نویسنده مسئول: behroz_89@yahoo.com تلفـــــن: ۰۸۶۵۸۶۱۵۶۹۷

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 معمولا 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 نسبتا 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

(Mohammadzade *et al.*, 2012) در بررسی اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوزیکی 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 (Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) توسط فرناندز (Fernandez, 1992) برای شناسائی 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 ژنوتیپ‌هائی 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 اسچاپااوگ (Bouslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI) و گاووزی و همکاران (Gavuzzi *et al.*, 1997) شاخص عملکرد (YI) را به منظور گزینش ارقام معرفی

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 (Bouslama 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 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 غذائی 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

به ذکر است که دری و دادیور (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 خرمن‌کوبی 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)

$$SSI = \frac{1 - \frac{YS}{YP}}{1 - \frac{\bar{Y}S}{\bar{Y}P}}$$

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

$$MP = (Y_P + Y_S)/2$$

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، $\bar{Y}p$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری مطلوب و $\bar{Y}s$ 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

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 No.	ژنوتیپ Genotype code	فرم بوته Bush type	ردیف No.	ژنوتیپ Genotype code	فرم بوته 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 لاین ها از سیات دریافت شده است.

* All genotypes have been received from CIAT.

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 مربوط به لاین KS21488 بود. لاین‌های KS21184 دارای بیشترین تعداد دانه در بوته و لاین KS21488 دارای کمترین تعداد بود. بیشترین مقدار وزن صددانه 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 صددانه متعلق به لاین KS21321 و کمترین آن مربوط به لاین KS21247 بود. لاین KS21247 با مقدار ۱۹۳۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد

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 df.	میانگین مربعات MS: روز تا گلدهی Days to flowering		روز تا رسیدگی Days to maturity		ارتفاع بوته Plant height		تعداد غلاف در بوته 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 جدول۲

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS: تعداد دانه در بوته Seeds/plant		تعداد دانه در غلاف Seeds/pod		وزن صد دانه 100 Seed weight		عملکرد دانه 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.

جدول۳ – 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 Genotype	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در بوته Seeds/plant	تعداد دانه در غلاف Seeds/pod	وزن صددانه 100 Seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)
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).

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود. For name of genotypes see Table 1.

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 شناسائی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی وجود دارد.

میزان تغییرات صفات ناشی از تنش خشکی 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 صددانه) می‌باشد. غالباً کاهش عملکرد در لوبیا به اجزای عملکرد نسبت داده می‌شود (Gebeyehu, 2006). اکوستا و آدامز

جدول۴ – مقایسه میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در شرایط تنش

Table 4. Comparison of means of different traits of chitti bean genotypes in stress conditions

ژنوتیپ Genotype	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در بوته Seeds/plant	تعداد دانه در غلاف Seeds/pod	وزن صددانه 100 Seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)
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).

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

For name of genotypes see Table 1.

(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 لوبیا می‌شود. نیلسن و نلسن (Nielsen and Nelson, 1998) اثر تنش آبی را در مراحل مختلف رشد روی شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و اجزاء عملکرد در لوبیا سیاه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تنش در مرحله رویشی کوتاه قدترین 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

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

ژنوتیپ 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_p: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ Y_s: 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_p: Yield in non stress condition; Y_s: Yield in stress condition; MP: Mean prodectivety; GMP: Geometric mean productivity; TOL: Tolerance; STI: Stress tolerance index; SSI: Stress susceptibility index.

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 GMP،MP 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 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

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

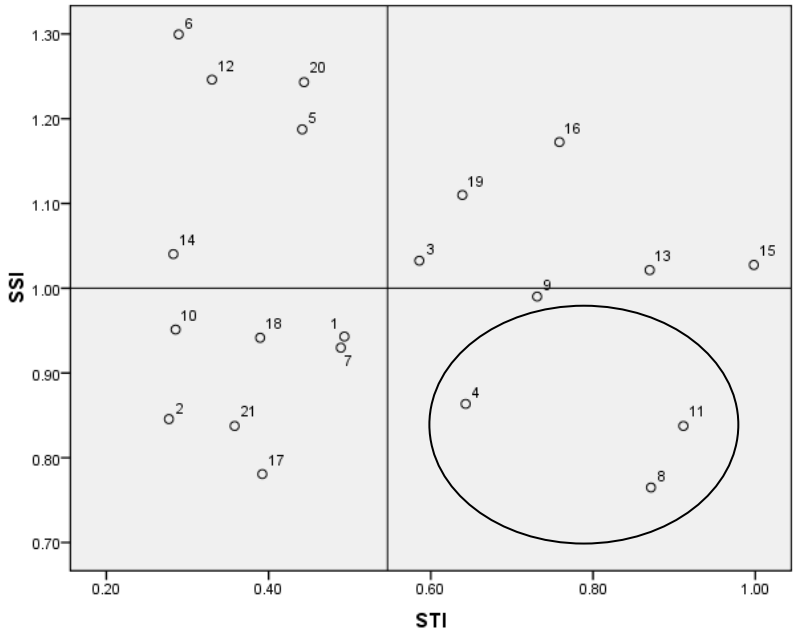
شاخص‌ها Indices	YP	YS	MP	GMP	TOL	STI
YS	0.81**					
MP	0.97**	0.93**				
GMP	0.94**	0.96**	0.99**			
TOL	0.83**	0.35	0.68**	0.6**		
STI	0.94**	0.96**	0.99**	0.99**	0.59**	
SSI	0.15	-0.44*	-0.07*	-0.18	0.67**	-0.18

برای اختصار شاخص‌ها به جدول ۵ مراجعه شود.

For abbreviations of indices see Table 5.

پانزده ژنوتیپ لوبیا 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. آبب 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 بالا و SSI پائین می‌توان بهترین ژنوتیپ‌ها را از نظر عملکرد و تحمل به خشکی شناسائی 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 بالائی 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



شکل ۱- بای‌پلات 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).

جدول۷- 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 Percentage of variance	مولفه Componenet
0.57	-0.21	0.99	0.99	0.99	0.97	0.93	73.6	1
0.82	0.97	0.03	0.04	0.14	0.24	0.36	26.1	2

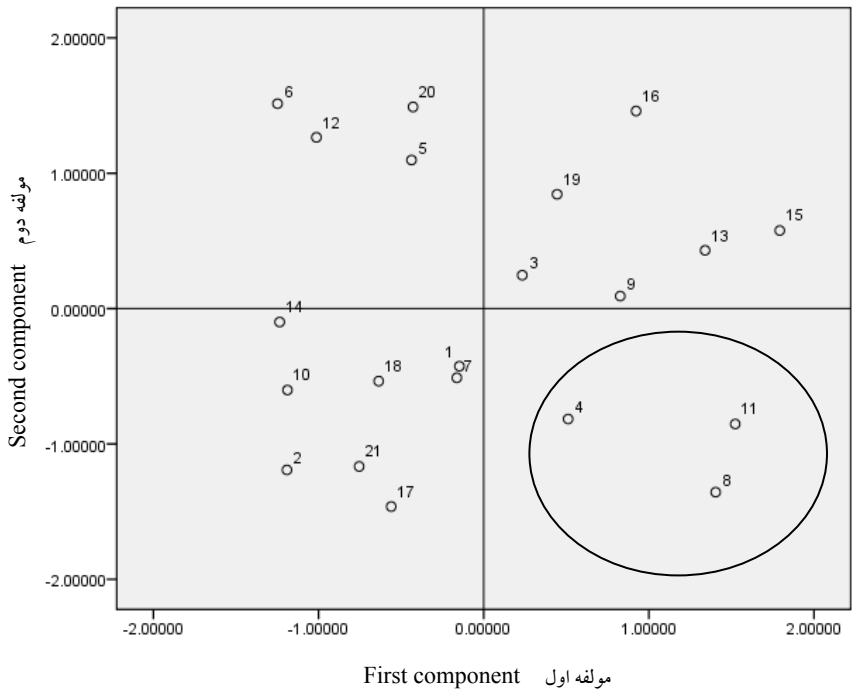
برای اختصار شاخص‌ها به جدول ۵ مراجعه شود.

For abbreviations of indices see Table 5.

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.

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.

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 ژنوتیپ های 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، KS21255 و KS21216 به عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی شناسائی شدند. با توجه به این که لاین‌های مذکور بخشی از مجموعه ارقام لوبیا ایستگاه لوبیا 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 بهره گرفت.



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

خمین در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

بدینوسیله از همکاران ایستگاه تحقیقات لوبیا

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).

Bouslama, 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.

Grezesaik, 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 varius growth stages. Cop Science 38: 422-427.

Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condonl, 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 selectionfor 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 Cropس 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.