نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۲۲-۱۰۹ نیمهٔ دوم ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 109-122

بررسی تأثیر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط مزرعه

محمد دشتکی[1*]، هادی محمدعلی پوریامچی[2] و محمدرضا بی‌همتا[3]

۱- کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران-کرج

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران-کرج

۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران-کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه و ارزیابی شاخص‌های تحمل خشکی تعداد ۳۳ ژنوتیپ لوبیا از بین ژنوتیپ‌های موجود در بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت دو آزمایش جداگانه در دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی ارزیابی شدند. عامل‌ها شامل دو سطح آبیاری بدون تنش و تنش (به‌ترتیب با ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) و ۳۳ ژنوتیپ لوبیا بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، روز تا مرحله رسیدگی، اندازه بذر در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد در ژنوتیپ ۲۸ با میزان ۲۴۵/۶ و کمترین در ژنوتیپ ۱۲ با ۶۰/۶۱ گرم در مترمربع بود. در تنش رطوبتی بیشترین عملکرد در ژنوتیپ ۱۴ با ۱۳۲/۷۷ و کمترین در ژنوتیپ ۲۵ با ۱/۴ گرم در مترمربع بود. نتایج تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه نشان داد که شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) دارای همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش می‌باشند و برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند. همچنین براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش، دو مؤلفه اول به‌ترتیب ۷۲ و ۷۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه رگرسیون، تنش رطوبتی، شاخص مقاومت، لوبیا، همبستگی

مقدمه

حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی انسان به شمار رفته و به‌عنوان یک مکمل غذایی طبیعی و با ارزش برای غلات محسوب می‌شوند. لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) مهم‌ترین لگوم خوراکی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه است. دانه لوبیا دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد کربوهیدرات بوده و در مقایسه با غلات دارای ۲ تا ۳ برابر پروتئین است. تنش خشکی می‌تواند عملکرد این لگوم را تحت تأثیر قرار دهد (Majnoun Hosseini, 2008).

محدودیت آب یکی از مشکلات اساسی رشد و تولید محصول گیاهان زراعی در مناطق نیمه‌خشک دنیا است. با توجه به این که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در بخش کشاورزی است، تلاش‌های زیادی برای حفظ عملکرد گیاهان تحت شرایط خشکی صورت گرفته است. در حالی‌که انتخاب طبیعی، ساز و کار مناسبی برای سازگاری و حفظ حیات گیاه در شرایط کم آبی می‌باشد ولی هدف اصلاح‌گران انتخاب مستقیم جهت افزایش عملکرد اقتصادی ارقام زراعی می‌باشد (Cattivelli *et al.,* 2008). بنابراین شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی در لوبیا که در شرایط محدودیت آب بتوانند عملکرد قابل قبولی داشته باشد از اهمیت خاصی برخوردار است.

تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌ها ابداع شده و مورد استفاده به‌نژادگران قرارگرفته است. اولین بار بهبود عملکرد دانه براساس اصلاح اجزای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی عملکرد در گیاهان پیشنهاد شد (Abiri *et al.,* 2012). Bayat *et al.* (2010) گزارش کردند که تنش آبی تأثیر کاهندهٔ معنی‌داری در صفات عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و شاخص برداشت در لوبیا چشم بلبلی داشته است. Szilagyi (2003) نیز نشان داد که تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰ درصد، تعداد غلاف در بوته را ۶۰ درصد، تعداد دانه در غلاف را ۲۶ درصد و وزن صد دانه را ۱۳ درصد کاهش داده است.

*نویسنده مسئول: همراه: ۰۹۱۲۵۶۷۵۹۷۳، md_dashtaki@yahoo.com

Kristin *et al,* (1997) در ارقام لوبیا، Farshadfar *et al,* (2001) در ارقام نخود و Haghparas (1995) در ارقام گندم نان شاخص‌های میانگین هندسی و حسابی را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا (YP) و متحمل به تنش معرفی نمودند. Fathi *et al,* (2012) در مطالعه‌ای بر روی ۲۳۸ ژنوتیپ لوبیا چشم بلبلی، شاخص‌های میانگین حسابی، هندسی، هارمونیک و تحمل تنش را به‌عنوان شاخص‌های مهم شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کردند.

Shafiee *et al,* (2012) صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه در ۶۴۸ ژنوتیپ لوبیا تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی را بررسی و بیان داشتند که براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تحت شرایط تنش و بدون تنش، دو مؤلفه اصلی به‌ترتیب ۷۳/۳۷٪ و ۷۲/۵۷٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. همچنین Rahnamaie Tak *et al*, (2006) با بررسی ۲۵۰ نمونه از کلکسیون لوبیا قرمز بانک ژن گیاهی ملی ایران بیان داشتند که براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، هفت مؤلفه اصلی مشخص شدند که ۶۹/۴٪ از تغییرات کل را توجیه می‌کنند.

هدف از این تحقیق ارزیابی اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای آن و تعیین مناسب‌ترین شاخص تحمل به تنش خشکی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در لوبیا، ارزیابی رابطه عملکرد دانه با سایر صفات با استفاده از روش‌های آماری و همچنین تعیین روابط علت و معلولی صفات از طریق تجزیه علیت و تعیین عوامل پنهانی مؤثر بر عملکرد به روش تجزیه به مؤلفه‌ها و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با تجزیه کلاستر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش و شناسایی اجزا عملکرد تعداد ۳۰ ژنوتیپ لوبیا به همراه سه رقم شاهد رقم دانشکده (لوبیا سفید)، رقم گلی (لوبیا قرمز) و رقم خمین (لوبیا چیتی) از کلکسیون حبوبات گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی دانشگاه تهران انتخاب و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌صورت دو آزمایش جداگانه در دو شرایط بدون تنش و تحت تنش رطوبتی در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در دولت‌آباد کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند. عملیات تهیه زمین با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر در پاییز ۱۳۹۰ آغاز و قبل از کشت آماده‌سازی زمین با یک شخم بهاره و دیسک انجام شد. در ضمن نوع خاک محل آزمایش لومی، PH خاک ۸ و EC حدود ۱/۷۴ دسی زیمنس بر متر بود و براساس آزمایش خاک میزان ۷۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم به تمامی کرت‌های آزمایش داده شد. کاشت بذور در دهم خردادماه ۱۳۹۱ به‌صورت دستی انجام شد، به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف به طول ۲/۵ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متری و فاصله بذور بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمارهای آبیاری در دو سطح، یکی بدون تنش (۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و دیگری به‌صورت تنش از آغاز ۵۰ درصد گلدهی با کم آبیاری (۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) به‌صورت آبیاری نشتی اعمال گردید. در مرحلهٔ داشت، مبارزه با علف‌های هرز به روش وجین دستی صورت گرفته و زمانی‌که حدوداً ۹۰ درصد بوته‌های آزمایش رسیده بودند، برداشت انجام شد. یادداشت‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های لازم از ۱۰ بوته که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند انجام گرفت. صفات مورد بررسی شامل روز تا رسیدگی بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، طول دانه، عرض دانه، قطر دانه و عملکرد دانه بودند. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس، تجزیه رگرسیون، برآورد ضرایب همبستگی (همبستگی ساده بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی)، شاخص‌های تحمل به تنش شامل شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص پایداری (YSI) و شاخص عملکرد (YI) برمبنای روابط زیر به منظور تشخیص ارقام متحمل و تعیین مناسب‌ترین شاخص یا شاخص‌ها که در هر دو محیط دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد بودند با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1، MSTAT-C و SPSS 18 محاسبه گردید.

شاخص حساسیت به تنش (SSI):

$$SI = 1 - (Ys / Yp) \quad ، \quad SSI = (1 - (Ysi / Ypi)) / SI$$

شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط(MP):

$$MP = (Ypi + Ysi)/2 \quad ، \quad TOL = Ypi - Ysi$$

شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP):

$$GMP = \sqrt{(Ypi \times Ysi)} \quad ، \quad STI = (Ypi \times Ysi)/(Yp)^2$$

در این روابط Ys و Yp به‌ترتیب میانگین عملکرد دانه کلیه ارقام در شرایط تنش آبی و بدون تنش است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از دو محیط (شرایط) اجرای آزمایش مبین اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات به‌جز صفت تعداد روز تا رسیدگی در سطح احتمال ۱ درصد و عملکردهای آبی و تنش بود که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. همچنین بین دو شرایط هم اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. به‌طوری‌که تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌داری در اکثر صفات مورد بررسی گردید (جدول ۱). همچنین اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای کلیه صفات به‌جز صفت قطر بذر معنی‌دار گردید که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی می‌باشد. همچنین محیط‌های آزمایشی اثرات متفاوتی را بر روی صفات نشان دادند.

با توجه به میانگین ژنوتیپ‌های مورد بررسی (جداول ۲ و ۳)، در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی بیشترین عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ شماره ۲۸ (Yp=۲۴۵/۱۶ و Ys=۱۲۵) در متر مربع و کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با میانگین ۶۰/۶۲ گرم مربوط به ژنوتیپ ۱۲ و در شرایط تنش رطوبتی با میانگین ۱/۴۳ گرم در متر مربع مربوط به ژنوتیپ ۲۷ بود و نهایتاً با توجه به عملکرد نسبتاً بالا و مناسب در هر دو محیط ژنوتیپ‌های ۲۸، ۱۴، ۵ و ۳۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به تنش رطوبتی شناسایی شد.

جدول ۱- تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ۳۳ ژنوتیپ لوبیا در دو محیط تنش و بدون تنش رطوبتی

Table 1. Combined analysis of variance of yield and component of yield in 33 bean genotypes in stress and non-stress irrigation condition

		میانگین مربعات (MS)							
منابع تغییر	درجه آزادی	تعدادغلاف در بوته	تعداد بذر در غلاف	وزن صددانه	تعداد روز تارسیدن	طول بذر	عرض بذر	قطر بذر	عملکرد
S.O.V	df	Pods/plant	Seeds/ pod	Seed-100 weight	Days to maturity	Seed length	Seed wide	Seed diameter	Yield/plant
محیط Enviroment	1	196405**	2.6164**	2588**	3955**	422.7**	97.52**	73.93**	1401408**
بلوک (محیط) Block	4	245.6	0.0180	68.43	608.4	12.5	3.81	2.2	94.03
ژنوتیپ Genotype	32	2188**	0.1156**	320.7**	478.8ns	17.38**	4.82**	2.92**	19367**
ژنوتیپ × محیط Env.*Genotype	32	1877**	0.0640**	146.7**	971.3**	9.04*	3.61**	1.6ns	11034**
اشتباه آزمایشی Experimental error	128	166.82	0.0348	59.19	378.7	5.87	1.94	1.22	280.02
ضریب تغییرات % CV	-	15.88	23.77	30	19.9	22.38	20.6	22.16	10.7

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن

ns, ** and *: no significant and significant at probability levels of 1% and 5%, respectively

جهت بررسی اثر تنش رطوبتی بر ژنوتیپ‌ها کلیه شاخص‌های مربوطه در ارتباط با تنش رطوبتی با توجه به فرمول تعریف شده آن در جدول ۴ خلاصه شده است. در شاخص حساسیت به تنش (SSI) مقدار عددی کمتر نشان‌دهنده تحمل بیشتر به تنش می‌باشد. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌گردد که ژنوتیپ ۲۷ با مقدار ۰/۹۹ حساس‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۴ و ۳۳ به‌ترتیب با ۰/۳۵-، ۰/۴۴- و ۰/۵۰- مقدار مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در شاخص حساسیت به تنش علاوه بر میزان عملکرد ارقام در شرایط تنش، تغییر یا آسیب وارده به ژنوتیپ‌ها در اثر تنش نیز مدنظر قرار می‌گیرد. بدین معنی که اگر ژنوتیپی در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد، اما درصد تغییر زیادی نشان می‌دهد به‌عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی نمی‌شود. براساس شاخص بهره‌وری متوسط (MP) که میزان بالای عددی این شاخص نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش است. ژنوتیپ شماره ۲۸ با عملکرد مناسب ۳۷۰/۲ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی و ژنوتیپ ۹ با ۱۸/۱ حساس‌ترین ژنوتیپ به تنش رطوبتی معرفی گردید. در شاخص تحمل (TOL) مقادیر عددی پایین نشان‌دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد. گروه‌بندی ارقام با استفاده از این شاخص نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۳ و ۳۳ به‌ترتیب با ۵۸/۷، ۵۴/۶ و ۶۴/۷ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و

ژنوتیپ ۲۷ با ۴۸۲ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی معرفی گردید. با بررسی عملکرد ارقام در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مشخص شد که شاخص TOL در گزینش ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش موفق بوده است ولی در گزینش رقم‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد مناسب باشند، موفق نبود. در واقع شاخص TOL به نوعی تغییر حاصل از شرایط تنش را بیان می‌کند.

براساس شاخص میانگین هندسی (GMP)، با توجه به این‌که مقادیر عددی بالا نشان‌دهنده تحمل نسبی است، ژنوتیپ شماره ۲۸ با ۳۵۰/۰۶ با عملکرد بالا به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ ۲۷ با ۳۶/۵۵ حساس‌ترین ژنوتیپ به خشکی معرفی گردید. مقادیر بالای شاخص تحمل به تنش (STI)، نیز نشان‌دهنده تحمل ژنوتیپ به شرایط تنش می‌باشد. براساس این شاخص ژنوتیپ شماره‌های ۳۳، ۱۴ و ۱۳ به‌ترتیب با ۲/۳۷، ۲/۳۷ و ۲/۲۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ ۲۷ با ۰/۰۲ حساس به خشکی معرفی گردید. ممکن است ژنوتیپ‌های شناسایی شده ژنوتیپ‌های متحمل نباشند، زیرا امکان دارد ژنوتیپ دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش ولی دارای عملکرد پایین در شرایط تنش باشد. بنابراین شاخص زمانی قابل اعتماد است که ژنوتیپ دارای عملکرد بالا در شرایط تنش نیز باشد. شاخص YSi نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ۲۸، ۱۴و ۱۳ دارای بالاترین عملکرد در دو حالت تنش و بدون تنش بوده و ژنوتیپ ۲۷ دارای پایین‌ترین عملکرد می‌باشد.

همبستگی

با محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بدون تنش (جدول ۵)، بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته ($r=۰/۵۳۵^{**}$) و زمان رسیدن غلاف‌ها ($r=۰/۶۲۰^{**}$) و وزن صد دانه ($r=۰/۵۵۱^{**}$) مشاهده شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا تحت شرایط بدون تنش

Table 2. Comparison of mean of yield and component of yield in bean genotypes in non-stress condition

ژنوتیپ Genotype	تعداد غلاف Pods/plant	تعداد بذر در غلاف Seeds/pod	وزن صددانه (گرم) 100-seed weight	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	طول بذر (میلی‌متر) Seed length	عرض بذر (میلی‌متر) Seed wide	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter	عملکرد (گرم در۰/۵ متر مربع) Yield/plant
1	109.6 ±14.1	5.32 ±0.28	16.5 ±0.9	97.3±1.7	8.5±0.2	6.3±0.1	4.5±0.1	99.7±12.3
2	130.7±15.5	3.52 ±0.24	29. ±2.4	100.6±0.9	9.7±2.9	7.7±0.2	5.1±0.2	107.6±8.5
3	144.7±4.24	4.26 ±0.24	23.7 ±1.2	100.6±2.2	11.3±0.2	7.7±0.2	5.7±0.2	98.8±3.9
4	117.4±15.7	3.86 ±0.76	22.4 ±1	101±2	11.3±0.2	7.2±0.4	5.2±0.2	94.9±2.6
5	144.4±22.6	4 ±0.34	22.5 ±2.4	99.3±1.7	11.3±0.3	7.4±0.1	5.9±0.4	134.1±2.7
6	80.5±2.5	3.72 ±0.24	51.9 ±4.8	120.3±6.3	16.1±0.2	7.7±0.2	5.5±0.6	133.5±3.7
7	150.2±5.6	5.06 ±0.36	22.3 ±1.2	98.3±1.2	11.0±0.2	6.6±0.2	5.4±0.1	142.2±8.6
8	101.7±4.9	3.52 ±0.28	21.3 ±0.8	97±2	11.6±0.3	7.6±0.2	4.4±0.2	83.0±4.5
9	79.4±6.6	4.06 ±0.18	33.5 ±3.1	103.6±0.9	13.5±0.4	7.6±0.2	5.9±0.2	72.5±6.3
10	70.1±7.7	5.32 ±0.46	40.5 ±2.7	99±3.8	13.5±0.4	9.6±0.2	7.2±0.1	109.2±7.6
11	83.4±3.1	5.2 ±0.22	16.2 ±0.7	99±2.5	8.9±0.1	6.0±0.1	4.5±0.1	78.4±5.4
12	75.3±6.1	3.86 ±0.28	25.4 ±1.4	98.6±0.3	10.1±0.3	7.0±0.2	6.0±0.1	60.6±2.1
13	77.2±5.9	4.6 ±0.12	30.2 ±1.7	103.3±0.3	13.6±0.1	7.5±0.2	5.6±0.1	73.8±12.6
14	119.4±4.7	4.8 ±0.58	28.2 ±2.9	97.6±1.9	14.7±0.4	6.8±0.2	4.7±0.3	112.4±2.3
15	83.9±2.5	4.32 ±0.26	33.3 ±3.1	99.6±0.7	12.8±0.1	8.2±0.2	6.1±0.1	96.1±9.7
16	83.9±5.9	4 ±0.58	32.1 ±3.7	98.6±1.4	13.6±0.2	8.3±0.1	6.5±0.1	93.5±5.3
17	128.2±1.6	5.46 ±0.18	16.6 ±1.1	101±0.3	10.0±0.3	5.7±0.3	4.4±0.06	108.5±0.6
18	125.5±5.5	4.72 ±0.28	23.9 ±0.6	102.3±0.9	11.8±0.1	7.0±0.1	5.4±0.1	118.3±6.1
19	137.4±0.6	4.4 ±0.3	30.6 ±2.2	101±1.1	13.6±0.4	8.2±0.3	5.9±0.1	157±6.6
20	83.9±4.4	4.72 ±0.34	29.7 ±2.5	104±1.1	11.9±0.2	7.2±0.3	5.4±0.2	93.2±4.1
21	96±3.5	4.8 ±0.76	26.6 ±2.6	99.6±1.3	12.1±0.1	7.2±0.2	5.5±0.5	96.4±8.4
22	132.4±3.7	4.66 ±0.14	31.7 ±0.8	100.6±1.8	12.0±0.1	7.1±0.3	5.9±0.2	180.6±9.7
23	147.4±0.1	5.8 ±0.3	28.4 ±1.4	96±0.6	11.7±0.2	7.8±0.2	5.1±0.2	181.4±2.8
24	163.2±12.2	4.92 ±0.46	27.6 ±1.7	100.6±0.9	13.3±0.5	7.5±0.3	5.0±0.3	191.6±5.7
25	139.6±7.3	4.2 ±0.3	24.8 ±2.3	101±0.6	12.9±0.5	7.4±0.2	5.7±0.3	114.1±2.9
26	96.4±8.2	4.12 ±0.14	39.1 ±2.3	102±1.7	14.9±0.2	6.8±0.1	5.8±0.2	118.6±3.2
27	126.1±23.7	4.52 ±0.24	52.9 ±0.1	125.6±0.3	13.8±0.5	8.8±0.3	5.8±0.3	242.2±4.5
28	122.2±6.4	4.46 ±0.38	49.3 ±10.1	128±0.6	14.5±0.2	8.6±0.4	6.6±0.3	245.1±3.6
29	115.96±3.5	4.2 ±0.5	39.2 ±3.7	101±2	15.6±0.5	8.8±0.3	6.7±0.2	130.6±2.8
30	79.60±2.6	3.66 ±0.18	34.3 ±3.9	98.6±0.7	12.6±0.7	8.2±0.8	6.7±0.1	103.1±5.9
31	134.93±6.2	5.12 ±0.44	21.4 ±1.3	93.6±0.9	11.7±0.1	6.3±0.2	5.0±0.2	118.4±8.7
32	146.04±5.7	5.4 ±0.2	17.7 ±0.8	100.6±1.4	10.2±0.2	6.6±0.2	5.1±0.2	95.2±4.6
33	96.21±4.5	3.72 ±0.78	19.3 ±1.7	96.3±1.4	10.4±0.3	6.1±0.1	5.0±0.1	67.5±4.4

مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا تحت شرایط تنش رطوبتی

Table 3. Comparison of mean of yield and component of yield in bean genotypes in drought stress condition

ژنوتیپ Genotype	تعداد غلاف Pods/plant	تعداد بذر در غلاف Seeds/pod	وزن صددانه (گرم) 100-seed weight	تعدادروزتارسیدگی Days to maturity	طول بذر (میلی‌متر) Seed length	عرض بذر (میلی‌متر) Seed wide	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter	عملکرد (گرم در۰/۵ متر مربع) Yield/plant
1	71.55±8.1	5.6 ±0.22	15.1 ±0.3	96±1	8.4±0.3	5.9±0.2	4.2±0.2	44.3±3.3
2	31.90±1.9	2.06 ±1.22	13.8 ±7.1	67±33.5	8.8±4.44	5.1±2.6	3.9±1.9	18.1±2.6
3	46.75±4.1	2.92 ±0.88	19.2 ±3.7	103.6±2.4	11.4±0.4	7.3±0.1	5.6±0.1	31.8±0.9
4	48.2±6.1	3.66 ±0.24	19.3 ±3.9	102±2.6	8.5±0.2	5.3±0.1	3.8±0.2	28.6±1
5	43.8±1.9	2.06 ±0.68	15.9 ±8.1	66.3±33.2	8.1±4	4.8±2.4	3.6±1.9	55.4±2.7
6	13.1±2.6	3.86 ±0.26	36.2 ±4.4	106.3±3.2	15.5±0.3	8.0±0.03	4.6±0.1	12.1±2.2
7	83.9±12.2	4.6 ±0.88	25.4 ±2.3	98.6±1.8	10.5±0.4	6.6±0.1	4.5±0.4	51.5±5.9
8	42.3±9.9	3.2 ±0.2	18.1 ±3.8	97.3±2.2	9.2±0.5	6.7±0.1	3.9±0.2	21±2
9	23.2±3.2	3.26 ±0.64	17.1 ±2.6	118±9.6	9.9±0.2	6.1±0.2	4.4±0.2	8.5±2
10	10.5±1.3	3.12 ±0.88	32.4 ±1.8	107.3±1.8	9.5±0.3	8.5±0.2	5.4±0.2	9.4±0.7
11	46.1±5.9	4.4 ±0.94	15.1 ±0.5	100±3.8	8.0±0.2	5.7±0.07	4.1±0.06	31.3±2.4
12	57.7±0.7	3.06 ±0.06	21.8 ±2.2	96.3±0.8	8.4±0.7	6.1±0.2	5.6±0.5	31.2±3
13	103.3±0.9	3.06 ±0.14	43.3 ±12.6	118±10.5	11.4±0.2	6.7±0.4	4.9±0.2	41.4±2
14	105.7±3.5	4.06 ±0.18	24.9 ±2.3	100±2	11.6±0.7	5.4±0.2	3.7±0.08	66.3±6
15	73.8±1.8	3.4 ±0.3	30.2 ±4.3	99.6±1.2	9.5±0	7.2±0.2	4.3±0.2	51.8±0.7
16	53.1±3.7	3.2 ±0.42	23.1 ±0.5	101±1.1	9.1±0.4	7±0.1	4.3±0.4	34.5±2.8
17	38.4±6.7	4.8 ±0.3	13.4 ±0.3	98±1	7.6±0.08	5.3±0.2	3.6±0.3	16.3±1.5
18	23.1±4.7	3.32 ±0.18	15.9 ±3.8	102.6±1.4	9.3±0.3	5.9±0.2	4.7±0.2	17.2±0.4
19	66.5±11.1	3.52 ±0.64	22.5 ±0.8	105±1.5	10.7±0.4	6.8±0.2	4.8±0.2	49.6±0.8
20	16.3±1.4	1.4 ±1.4	8.9 ±8.9	33.6±33	3.9±3.9	2.1±2.2	1.6±1.7	11.3±0
21	58.0±1.0	3.72 ±0.4	24.3 ±4.7	99±0	11.1±0.2	6.7±0.4	5.4±0.2	44.6±2.9
22	41.7±1.2	3.32 ±0.38	26.7 ±2.4	99.6±1.2	12.0±0.2	7.1±0.1	5.8±0.2	36.3±3.5
23	70.4±13.7	4.12 ±0.64	26.3 ±1.5	96.6±0.6	10.9±0.2	6.7±0.1	4.5±0.3	63.0±2
24	29.2±0.7	2.06 ±1.04	15.8 ±8.8	70±35	6.8±3.4	4.5±2.3	3.1±1.6	25.3±2.6
25	40.6±5.3	4.06 ±0.54	23.1 ±3.2	103.3±0.6	10.1±0.6	6.4±0.1	4.8±0.6	29.7±0.9
26	47.9±9.1	3.46 ±0.06	27.5 ±2.2	101.3±1.2	11.5±0.2	6.2±0.1	4.8±0.1	34.7±0.7
27	1.6±1.7	0.8 ±0.78	15.1 ±15.1	42.3±42	5.2±5.1	3.0±2.9	2.3±2.4	68.72±0.4
28	47.6±2.3	1.2 ±1.18	13.6 ±13.6	41.3±41	4.2±4.1	2.9±2.9	2.2±2.2	125±2.9
29	66±9.3	3.46 ±0.26	39.6 ±2.4	103.3±1.3	11.4±0.7	6.8±0.3	5.4±0.2	26.4±1.8
30	37.6±3.1	4 ±0.42	26.8 ±3.3	99.6±0.6	9.4±0.2	8.4±0.4	5.9±0.4	39.0±3.3
31	64.6±4.9	5.06 ±0.28	16.8 ±1.6	99.6±1.2	9.8±0.4	5.4±0.3	3.9±0.2	42.5±2
32	54.7±2.4	3.32 ±0.4	16.6 ±2.7	100.3±2.3	9.3±0.6	6.1±0.3	4.2±0.2	36.0±1.4
33	84.1±6.4	3.26 ±0.46	19.4 ±0.6	98±1	6.9±2.8	5.9±0.06	4.7±0.4	40.2±1.7

مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

همچنین تحت شرایط تنش رطوبتی (جدول ۶)، ضریب همبستگی مثبت معنی‌داری بین صفات تعداد غلاف در بوته (r=۰/۵۷۰**) با عملکرد دانه مشاهده شد. Farshadfar & Farshadfar (2008) نیز نشان دادند که بیشترین همبستگی مثبت با ۷۸ درصد بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته وجود دارد. Nasir Zadeh (2008) نیز در بررسی خود تعداد غلاف در بوته را حساس‌ترین جزء عملکرد به تنش رطوبتی دانست. Fageria *et al,* (2008)، German *et al,* (2006) و Shree & Singh (2007) نیز در تحقیقات خود دریافتند که بروز تنش در مرحله گلدهی عملکرد دانه را کاهش خواهند داد. Saleem *et al,* (2002) در مطالعه‌ای روی ۲۰ رقم نخود زراعی، نشان دادند عملکرد دانه در گیاه به‌طور مثبت و معنی‌داری با تعداد روز تا گلدهی، کل وزن خشک گیاه، تعداد غلاف در گیاه و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی نشان داد.

همچنین با توجه به جدول همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش (جدول ۷) مشاهده می‌گردد که بین شاخص‌های GMP، STI و MP با عملکرد در شرایط تنش همبستگی بالایی وجود دارد و می‌توان به‌عنوان شاخص‌های معیار، در تعیین ارقام متحمل به خشکی استفاده گردد. از طرفی بین دو شاخص GMP و STI نیز همبستگی بالایی وجود دارد. Abiri *et al.* (2012) در تحقیق خود بر روی جو در دو شرایط تنش و بدون تنش بیان داشتند که شاخص‌های بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک و شاخص عملکرد به دلیل همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش، شاخص‌های مناسبی هستند که می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و تخمین پایداری عملکرد در هر دو شرایط به‌کار روند. Schneider *et al,* (1997) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری را برای انتخاب ژنوتیپ‌های لوبیا معمولی مناسب‌تر دانستند. همچنین Samizadeh (1996) در تحقیقات خود روی نخود سفید به منظور بررسی و تعیین مناسب‌ترین شاخص حساسیت به خشکی تعداد ۷۲ لاین را در دو محیط تنش و بدون تنش مقایسه نمود و از بین شاخص‌های مورد مطالعه شاخص‌های میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به خشکی (STI) را شاخص‌های مناسبی برای برآورد

پایداری عملکرد و همچنین دستیابی به ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط معرفی نمود.

جدول ۴- شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی

Table 4. Drought tolerance Indices and grain-yield in bean genotypes in stress and non-stress condition

ژنوتیپ	حساسیت به تنش	شاخص تحمل	بهره‌وری متوسط	تحمل به تنش	میانگین هندسی بهره‌وری	شاخص پایداری	شاخص عملکرد	میانگین عملکرد نرمال	میانگین عملکرد تنش
Genotype	SSI	TOL	MP	STI	GMP	Ysi	Yr	YP	YS
1	0.1907	110.85	144.098	1.8097	132.922	0.44967	55.048	199.52	88.673
2	0.7963	179.02	125.795	0.6807	87.959	0.16933	83.078	215.3	36.286
3	0.524	133.96	130.671	1.2917	112.188	0.32267	67.742	197.65	63.691
4	0.567	132.57	123.674	1.2093	104.379	0.30267	69.771	189.96	57.39
5	0.293	157.32	189.603	1.6527	172.339	0.41433	58.558	268.26	110.944
6	0.987	242.82	145.69	0.36	79.654	0.092	90.799	267.1	24.278
7	0.4327	181.37	193.813	1.4633	170.957	0.36167	63.847	284.5	103.127
8	0.663	124.13	104.065	1.0207	83.478	0.252	74.805	166.13	42
9	0.8583	128.05	81.142	0.4517	48.366	0.12467	87.531	145.17	17.117
10	0.9047	199.75	118.681	0.3427	63.833	0.08733	91.259	218.56	18.806
11	0.3233	94.11	109.822	1.5913	98.829	0.40567	59.417	156.88	62.769
12	-0.0667	58.77	91.832	2.0573	86.738	0.517	48.289	121.22	62.444
13	-0.349	64.74	115.358	2.247	109.901	0.59133	40.862	147/73	82.987
14	-0.442	92.13	178.841	2.362	172.438	0.591	40.925	224.9	132.778
15	-0.1993	88.51	147.971	2.152	140.732	0.552	44.789	192.23	103.714
16	0.4053	117.98	128.073	1.465	113.175	0.375	62.505	187.06	69.083
17	0.8227	184.34	124.853	0.6023	84.032	0.15067	84.934	217.02	32.685
18	0.828	202.17	135.583	0.5817	90.24	0.14667	85.315	236.67	34.5
19	0.535	214.61	206.694	1.2657	176.545	0.31767	68.218	314	99.389
20	0.8603	163.8	104.658	0.488	65.128	0.12233	87.75	186.56	22.76
21	-0.1153	103.68	141.048	1.829	130.405	0.47567	52.452	192.89	89.206
22	0.7467	288.6	216.944	0.797	161.444	0.20233	79.744	361.25	72.643
23	0.478	236.82	244.508	1.2943	213.909	0.34733	65.272	362.92	126.098
24	0.8467	332.67	217	0.5257	138.776	0.133	86.69	383.33	50.667
25	0.6473	168.8	143.845	1.0423	116.446	0.26067	73.932	228.24	59.446
26	0.5853	167.84	153.413	1.171	128.382	0.29367	70.671	237.33	69.492
27	0.9943	481.59	243.666	0.024	36.555	0.00567	99.41	484.46	68.72
28	-0.0407	240.33	370.167	2.0397	350.064	0.51	48.998	490.33	250
29	0.7457	208.36	157.069	0.8097	117.392	0.20267	79.734	261.25	52.889
30	0.392	128.12	142.189	1.5293	126.912	0.378	62.216	206.25	78.129
31	0.43	151.94	160.972	1.425	141.39	0.36567	63.435	236.94	85
32	0.3863	118.24	131.296	1.5157	117.108	0.381	61.897	190.42	72.175
33	-0.497	54.57	107.855	2.3717	104.04	0.60433	39.548	135.14	80.571

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی و عملکرد در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا تحت شرایط بدون تنش

Table 5. Simple correlation coefficients between traits and yield in 33 bean genotypes in non-stress condition

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	1							
2. Seeds/pod	تعداد بذر در غلاف	0.309	1						
3. 100-seedweight	وزن ۱۰۰ دانه	-0.261	-0.259	1					
4. Days to maturity	روز تا رسیدگی	-0.044	-0.148	0.762**	1				
5. Seed length	طول بذر	-0.163	-0.240	0.802**	0.473**	1			
6. Seed wide	عرض بذر	-0.162	-0.252	0.746**	0.411*	0.620**	1		
7. Seed diameter	قطر بذر	-0.308	-0.283	0.647**	0.274	0.545**	0.787**	1	
8. Yield/plant	عملکرد دانه	0.535**	0.225	0.551**	0.620**	0.378*	0.394*	0.203	1

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند.

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

به منظور تعیین اهمیت این صفات در تغییرات مربوط به عملکرد، تجزیه رگرسیون گام به گام انجام شد. با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش (جدول ۸)، مشاهده گردید که صفات روز تا رسیدگی ژنوتیپ‌های لوبیا، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب وارد مدل شده و بیشترین تأثیر را روی عملکرد در شرایط بدون تنش داشتند. همچنین به‌طوری‌که روز تا رسیدگی ژنوتیپ‌های لوبیا به تنهایی ۳۶/۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. در محاسبه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش رطوبتی (جدول ۹) صفات تعداد غلاف در بوته و

روز تا رسیدگی ژنوتیپ‌های لوبیا به‌ترتیب بیشترین تأثیر بر روی عملکرد داشته و به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند که صفت تعداد غلاف در بوته به تنهایی ۳۰/۴ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی و عملکرد در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا تحت شرایط تنش رطوبتی

Table 6. Simple correlation coefficients between traits and yield in 33 bean genotypes in drought stress condition

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	1							
2. Seeds/pod	تعداد بذر در غلاف	0.441*	1						
3. 100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.345*	0.229	1					
4. Days to maturity	روز تا رسیدگی	0.381*	0.731**	0.561**	1				
5. Seed length	طول بذر	0.259	0.516**	0.708**	0.753**	1			
6. Seed wide	عرض بذر	0.192	0.552**	0.685**	0.831**	0.777**	1		
7. Seed diameter	قطر بذر	0.229	0.483**	0.609**	0.788**	0.711**	0.883**	1	
8.Yield/plant	عملکرد دانه	0.570**	0.020	0.015	-0.154	-0.096	-0.132	-0.120	1

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند.

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

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین میانگین‌های شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه

Table 7. Simple correlation coefficients between tolerance indices and yield in bean genotypes

		YP	Ys	MP	GMP	HARM	STI	TOL	SSI
		میانگین عملکرد نرمال	میانگین عملکرد تنش	بهره‌وری متوسط	میانگین هندسی بهره‌وری	هارمونیک	تحمل به تنش	شاخص تحمل	حساسیت به تنش
YP	میانگین عملکرد نرمال	1							
Ys	میانگین عملکرد تنش	0.342	1						
MP	بهره‌وری متوسط	0.927**	0.668**	1					
GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.525**	0.954**	0.795**	1				
HARM	هارمونیک	0.393*	0.991**	0.705**	0.982**	1			
STI	تحمل به تنش	0.927**	0.668**	1.000**	0.795**	0.705**	1		
TOL	شاخص تحمل	0.869**	-0.169	0.620**	0.048	-0.111	0.620**	1	
SSI	حساسیت به تنش	0.295	-0.706**	-0.047	-0.498**	-0.640**	-0.047	0.682**	1

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

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

Farshadfar & Farshadfar (2008) نیز با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون نشان دادند که تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه در نخود داشته به‌طوری‌که تقریباً ۶۲ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند و Mardi *et al,* (2003) نشان دادند که تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارد.

با توجه به اینکه تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه از جمله فاکتورهای اصلی اجزای عملکرد دانه تک بوته در لوبیا هستند و در تحقیق حاضر نیز این دو صفت بیشترین تأثیر مستقیم و صفت روز تا رسیدگی تأثیر غیرمستقیم و مثبت را روی عملکرد دانه داشتند، بنابراین می‌توانند به‌عنوان معیارهایی برای انتخاب ارقام پر محصول در لوبیا در شرایط بدون تنش معرفی شوند (جدول ۱۰).

در شرایط تنش رطوبتی نیز بیشترین اثر مستقیم مثبت به‌ترتیب توسط صفت تعداد غلاف در بوته (۰/۷۳۵) و بیشترین اثر مستقیم منفی، توسط صفت روز تا رسیدگی (۰/۱۵۴-) مشاهده گردید.

جدول ۸- تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا بدون تنش رطوبتی

Table 8. Stepwise regression analysis for seed yield per plant and other studied traits in 33 bean genotypes in non-stress condition

مرحله Step	Traits	صفات	a	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2 تصحیح‌شده	P-value مدل
1	Days to maturity	روز تا رسیدگی	-502.644**	7.276**	-	-	-	0.365	<0.001
2	Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	-742.708**	7.565**	1.866**	-	-	0.681	<0.001
3	100-seed weight	وزن صد دانه	-438.716**	2.616ns	2.290**	5.242**	-	0.798	<0.001
4	no. seed pod	تعداد دانه در غلاف	-567.349**	2.557ns	2.106**	5.670**	31.76**	0.838	<0.001

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

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

جدول ۹- تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش رطوبتی

Table 9. Stepwise regression analysis for seed yield per plant and other studied traits in 33 bean genotypes in drought stress condition

مرحله Step	Traits	صفات	a	b_1	b_2	R^2 تصحیح‌شده	P-value مدل
1	Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	19.652ns	1.037**	-	0.304	<0.001
2	Days to maturity	روز تا رسیدگی	93.441**	1.339**	-0.954**	0.453	<0.001

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند.

ns, * and **: no significant and significant at probability levels of 5% and 1%, respectively

همچنین تعداد غلاف در بوته از طریق صفت روز تا رسیدگی (۰/۱۶۶-) بیشترین اثر غیرمستقیم منفی و صفت روز تا رسیدگی از طریق تعداد غلاف در بوته (۰/۲۸) بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت را روی عملکرد دانه داشتند (جدول ۱۱).

تجزیه به عامل‌ها قبل از تجزیه خوشه‌ای انجام شد تا اهمیت متغیرهایی که در گروه‌ها نقش دارند، روشن شود (Jackson, 1991). نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۱۲) برای کلیه صفات در شرایط بدون تنش نشان داد که حدود ۷۲ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه اول (PC1 و PC2) توجیه شدند.

اولین مؤلفه اصلی ۴۸/۵ درصد از کل تغییرات را بیان می‌کند و این مؤلفه همبستگی بالایی با وزن صد دانه، طول بذر، عرض بذر، تعداد روز تا رسیدگی و قطر بذر دارد.

جدول ۱۰- تجزیه علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های لوبیا تحت شرایط بدون تنش خشکی

Table 10. Phenotypic path coefficient analysis for grain yield bean genotypes in non-stress condition

Plant characteristics	صفات گیاهی	ضریب همبستگی (r_p)	اثر مستقیم Direct effect	1	2	3	4
Days to maturity	روز تا رسیدگی	0.62	0.216	-	-0.28	0.463	-0.33
Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	0.535	0.635	-0.1	-	-0.159	0.067
100-seed weight	وزن صد دانه	0.55	0.608	0.165	-0.166	-	-0.57
No. seed pod	تعداد دانه در غلاف	0.224	0.218	-0.33	0.196	-0.158	-
Residual=0.102							

جدول ۱۱- تجزیه ضرایب علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های لوبیا تحت شرایط تنش رطوبتی

Table 11. Phenotypic path coefficient analysis for grain yield of bean genotypes in drought stress condition

Plant characteristics	صفات گیاهی	ضریب همبستگی (r_p)	اثر مستقیم Direct effect	1	2
Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	0.569	0.735	-	-0.166
Days to maturity	روز تا رسیدگی	-0.154	-0.435	0.28	-
Residual=0.102					

دومین مؤلفه حدود ۲۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد. این مؤلفه‌ها هم همبستگی بالایی به‌ترتیب با تعداد غلاف در بوته و تعداد بذر در غلاف و عملکرد دانه داشتند. در مؤلفهٔ اول وزن صد دانه، طول بذر و عرض بذر تأثیر زیادی داشته و در صورتی‌که انتخاب براساس مؤلفهٔ اول انجام شود این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه خواهد داشت و ژنوتیپ‌های برگزیده شده بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان خواهند داد. در مؤلفهٔ دوم تعداد بذر در غلاف و تعداد غلاف در بوته با بار مثبت مهم‌ترین نقش را دارند. با توجه به اینکه صفات ارائه شده کلاً شامل عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشند و این دو مؤلفه همه صفات را در برگرفتند، با انتخاب براساس این دو مؤلفه می‌توان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را شناسایی نمود.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۱۳) برای صفات در شرایط تنش نشان داد که حدود ۷۶ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه اول (PC1 و PC2) بیان گردید. اولین مؤلفه اصلی ۵۶ درصد از کل تغییرات را بیان می‌کند و این مؤلفه همبستگی بالایی با تعداد روز تا رسیدگی، عرض بذر، قطر بذر و طول بذر دارد. دومین مؤلفه حدود ۲۰ درصد از تغییرات را بیان می‌کند. این مؤلفه‌ها هم همبستگی بالایی به‌ترتیب با تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و تعداد بذر در غلاف داشتند. در مؤلفه اول تعداد روز تا رسیدگی، عرض بذر، قطر بذر و طول بذر تأثیر زیادی داشته و در صورتی‌که انتخاب براساس مؤلفه اول انجام شود این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه خواهد داشت و ژنوتیپ‌های برگزیده شده بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان خواهند داد.

از آن‌جایی‌که مؤلفه اول تغییراتی را در برمی‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تعیین نمی‌شود و بالعکس، از این رو می‌توان وضعیت ژنوتیپ‌ها را براساس این دو مؤلفه تبیین نمود و از این جهت دو مؤلفه را می‌توان به‌صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را براساس این دو مؤلفه در سطح نمودار فوق مشخص نمود.

با توجه به این که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی، دو مؤلفه اصلی اول و دوم بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در این مؤلفه‌ها قرار داشتند، از این دو مؤلفه جهت به‌دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های ۲۸، ۲۷، ۱۹ و ۲۲ که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، عملکرد دانه بیشتری نیز داشتند (شکل ۱).

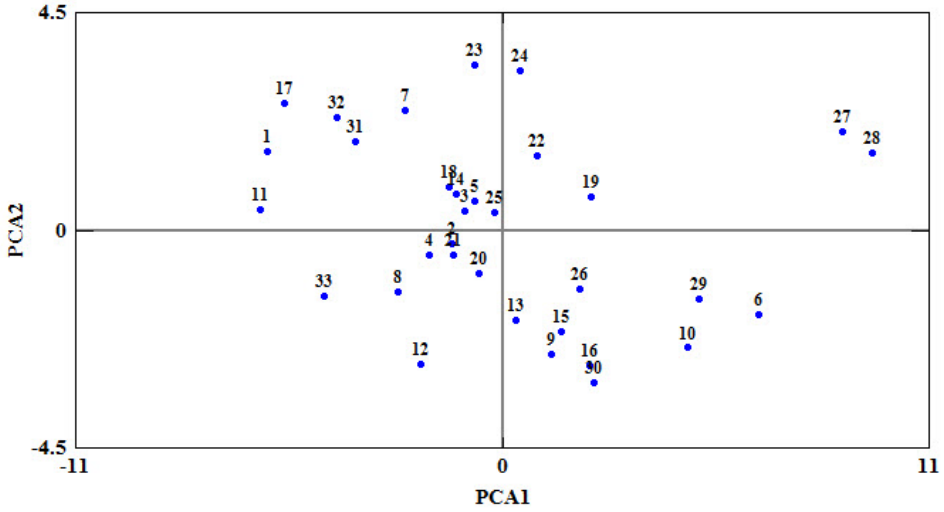
در شرایط تنش رطوبتی نیز موقعیت ژنوتیپ‌ها براساس دو عامل اصلی اول و دوم بررسی شد (شکل ۲) و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۹، ۳۱، ۲۱، ۱۹، ۲۳ و ۷ که دارای عامل اول و دوم مثبت و بالاتری بودند، عملکرد دانه بیشتری در شرایط تنش رطوبتی نیز نشان دادند.

از بررسی خطوط در نمودار بای پلات که شاخص‌ها را نشان می‌دهند (شکل ۳) می‌توان به همبستگی شاخص‌ها پی برد به‌طوری‌که مشاهده می‌شود شاخص SSI همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارد و شاخص‌های HARM و GMP و YSI با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بالایی دارند. همانطور که از نمودار مشاهده می‌شود شاخص STI و MP به عملکرد بدون تنش و شاخص HARM و GMP به عملکرد در شرایط تنش نزدیک‌تر می‌باشند.

جدول ۱۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا تحت شرایط بدون تنش

Table 12. Principal component analysis in 33 bean genotypes in non-stress condition

Traits	صفات	مؤلفه اول (First)	مؤلفه دوم (Second)
Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	-0.083	0.846
Seeds/pod	تعداد بذر در غلاف	-0.231	0.627
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.957	-0.116
Days to maturity	روز تا رسیدگی	0.758	0.196
Seed length	طول بذر	0.810	-0.151
Seed wide	عرض بذر	0.830	-0.212
Seed diameter	قطر بذر	0.714	-0.401
Yield/plant	عملکرد دانه	0.663	0.705
Eigenvalues	مقادیر ویژه	3.887	1.844
Cumulative of variance	درصد واریانس تجمعی	48.586	71.631



شکل ۱- توزیع ژنوتیپ‌ها براساس مؤلفه‌های اول و دوم براساس صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط بدون تنش

Fig. 1. Biplot for 33 genotypes of bean based on the first and second components in non-stress condition

جدول ۱۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ۳۳ ژنوتیپ لوبیا تحت شرایط تنش رطوبتی

Table 13. Principal component analysis in 33 bean genotypes in drought stress condition

Traits	صفات	مؤلفه اول (First)	مؤلفه دوم (Second)
Pods/plant	تعداد غلاف در بوته	0.316	0.869
Seeds/pod	تعداد بذر در غلاف	0.664	0.281
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.741	0.121
Days to maturity	روز تا رسیدگی	0.924	0.069
Seed length	طول بذر	0.881	0.016
Seed wide	عرض بذر	0.939	-0.060
Seed diameter	قطر بذر	0.894	-0.041
Yield/plant	عملکرد دانه	-0.173	0.886
Eigenvalues	مقادیر ویژه	4.481	1.592
Cumulative of variance	درصد واریانس تجمعی	56.018	75.922

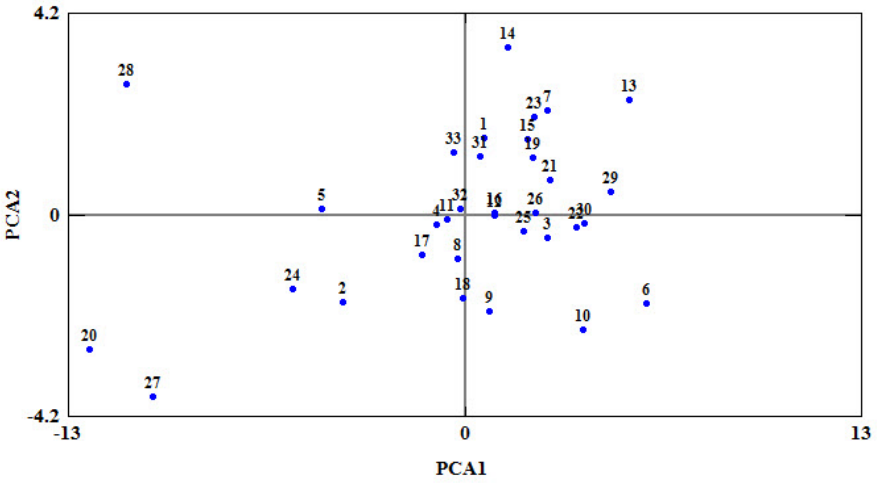
لذا می‌توان عنوان کرد که شاخص STI و MP بیشتر متمایل به ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش دارند در حالی‌که شاخص HARM و GMP بیشتر متمایل به ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند. شاخص‌های STI و MP با توجه به نزدیکی خطوط آنها به هم نشان از همبستگی بالای این شاخص‌ها نسبت به یکدیگر دارد و با توجه به قرارگرفتن در حد وسط خطوط عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌توان آنها را به همراه شاخص GMP و HARM به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد بالایی برخوردارند انتخاب نمود.

Fernandez (1992) در لوبیا و Sori *et al,* (2005) در نخود از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات به منظور انتخاب ارقام متحمل به خشکی بهره گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

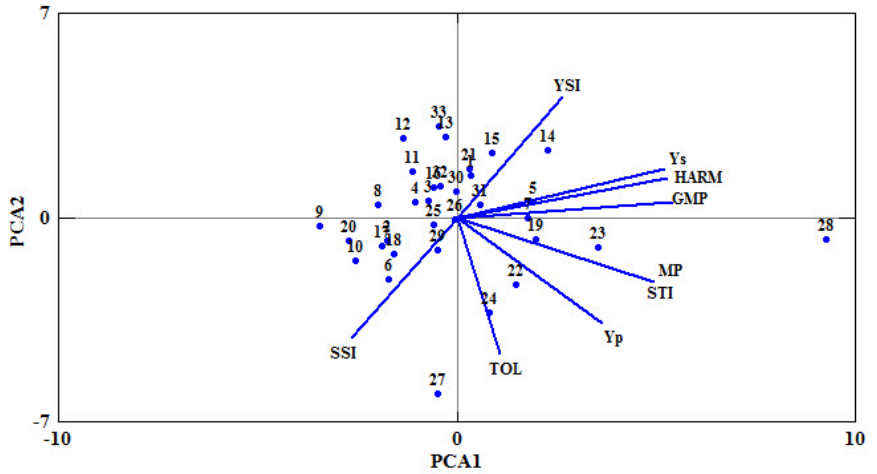
به‌طور کلی آزمایشات نشان دادند که تنش رطوبتی آخر فصل باعث کاهش معنی‌داری در صفات عملکرد و اجزای عملکرد گردید. استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی خواهد توانست یک راهکار مناسب در رابطه با تنش آخر فصل در لوبیا را میسر سازد. همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد نشان داد که بین شاخص‌های GMP، STI و MP یک همبستگی بالایی وجود دارد و خواهد توانست در انتخاب دقیق ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کمک شایانی نماید. با توجه به میانگین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی بیشترین عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ شماره ۲۸ و کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به ژنوتیپ ۱۲ و در شرایط تنش رطوبتی مربوط به ژنوتیپ ۲۷ بود و نهایتاً با توجه به عملکرد نسبتاً بالا و مناسب در هر دو محیط ژنوتیپ‌های

۲۸، ۱۴، ۵ و ۳۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به تنش رطوبتی شناسایی شد.



شکل ۲- توزیع ژنوتیپ‌ها براساس مؤلفه‌های اول و دوم براساس صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط تنش رطوبتی

Fig. 2. Biplot for 33 genotypes of bean based on the first and second components in drought stress condition



شکل ۳- توزیع ژنوتیپ‌ها براساس مؤلفه‌های اول و دوم براساس صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی با استفاده از شاخص‌های تحمل

Fig. 3. Biplot for 33 genotypes of bean based on the first and second components with stress indexes

از بررسی خطوط در نمودار بای پلات مشاهده می‌شود شاخص SSI همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارد و شاخص‌های HARM و GMP و YSI با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بالایی دارند. همانطور که از نمودار مشاهده می‌شود شاخص STI و MP به عملکرد بدون تنش و شاخص HARM و GMP به عملکرد در شرایط تنش نزدیک‌تر می‌باشند. لذا می‌توان عنوان کرد که شاخص STI و MP بیشتر متمایل به ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش دارند، در حالی‌که شاخص HARM و GMP بیشتر متمایل به ژنوتیپ‌هایی است عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند. همچنین براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش، دو مؤلفه اول به‌ترتیب ۷۲ درصد و ۷۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند.

منابع

1. Abiri, R., Zebarjadi, A.R., Ghobadi, M., Kafashi, A.K., and Atabak, N. 2012. Determination of advanced drought tolerant and breeder lines in *Hordeum vulgare* L. under Kermanshah conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 33(1): 175-188. (In Persian).

2. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 12(1): 42-54. (In Persian).
3. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research 105: 1-14.
4. Fageria, N.K., and Santos, A.B. 2008. Yield and physiology of dry bean. Journal of Plant Nutrition 31(6): 983-1004.
5. Farshadfar, E., Zamani, M., Motallebi, M., and Immamjomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agriculture Science 32(1): 65-77.
6. Farshadfar, M., and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arientinum* L.) landraces and lines. Journal of Applied Sciences 8(21): 3951-3956.
7. Fathi, M., Bihamta, M.R., Majnoon Hosseini, N., Shah Nejat Boushehry, A.A., and Mohammad Ali Pour Yamchi, H. 2012. Screening for terminal drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 45-54.
8. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan. 13-16 Aug.
9. German, C., Teran, H., Richard, G.A., James, L., Wright, T.D., Westerman, T., and Singh, S.P. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science 2111-2120.
10. Haghparast, R. 1995. Selection for resistance to drought in wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian).
11. Kristin, A.S., Serna, R.R., Perez, F.I., Enriques, B.C., Gallegos, J.A.A., Vallego, P.R., Wassimi, N., and Kelley, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.
12. Mardi, M., Taleei, A.R., and Omidi, M. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(2): 345-351.
13. Nasir Zadeh, L. 2008. Study on effect of nitrogen and irrigation stress on some physiological traits and yield of red bean. MSc. Thesis in Agronomy, Tehran University. (In Persian).
14. Rahnamaie Tak, A., Vaezi, S., Mozafari, J., and Shah Nejat Boshehri, A.A. 2006. Correlation and Path analysis of grain yield and related traits in beans. Journal of Agronomy and Horticulture 76. (In Persian).
15. Saleem, M., Shahzad, K., Javid, M., and Rauf. S.A. 2002. Heritability estimates for grain yield and quality characters in chickpea. International Journal of Agriculture and Biology 4(2): 275-276.
16. Samizadeh, H. 1996. Phenotypic and genotypic variation of quantitative traits and their correlation with the yield of white Chickpeas. MSc. Thesis, Islamic Azad University of Karaj. (In Persian).
17. Schneider, K.A., Rosales- Serena, F., Ibarra- Perez, B., Cacares- Enriguez, J.A., Acosta-Gallegos, R., Ramirec- Vallejo, N., Wassimi, N., and Kelly, J.P. 1997. Improvement common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.
18. Shafiee, M., Bihamta, M.R., Khialparast, F., and Naghavi, M.R. 2012. Using PCA analysis in yield evaluation and its components in 648 common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under normal and limited irrigation conditions. In: Proceedings of the 12th Iranian Crop Science Congress, Karaj. Page: 101.
19. Shree, P., and Singh, S. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean Landraces and cultivars. Agronomy Journal 99: 1219-1225.
20. Sori, J., Dehghani, H., and Sabaghpor, S.H. 2005. Study of genotypes of chickpea in water stress condition. Iranian Journal of Agriculture Science 6: 1517-1527. (In Persian).
21. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology 9: 320-330.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 2, 2015, p. 109-122

Evaluation of the effects of late season water stress on genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dashtaki[1*], M., Mohammad Ali Pour Yamchi[2], H. & Bihamta[3], M. R.

1- Former Graduate Student of Plant Breeding, University of Tehran
2- MSc. Student of Plant Breeding, Agronomy and Plant Breeding Department, University of Tehran
3- Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, University of Tehran

Received: 2 February 2013
Accepted: 7 January 2014

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) is the world's most important food legume. This staple is considered as a nearly perfect food mainly because of its high protein content and abundant fiber, complex carbohydrates, and other daily food needs such as vitamins (folate) and minerals (Cu, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn). Annual production, including both dry and snap bean, exceeds 21 million metric tons (MT), which represents more than half of the world's total food legume production. A majority of the bean production occurs under low input agriculture on small-scale farms in developing countries. Beans produced by these resource-poor farmers are more vulnerable to attack by disease and insect pests and to abiotic stresses including drought and low soil fertility. Development of cultivars with improved resistance to biotic and abiotic stresses is a primary goal of bean breeding programs throughout the world. As much as 60% of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in the developing world occurs under conditions of significant drought stress. Selecting drought tolerant genotypes, could be a viable option to cope with the limited available water for irrigation and increasing the productivity in such climates. Terminal drought is one of the main water limiting conditions that constrain common bean production because plants rely on the stored soil water during flowering and pod-filling periods, when usually water deficit intensifies.

Materials and Methods

To evaluate of the effects of late season water stress on phenological traits, grain yield, yield components, determination of phenotypic variation and evaluation of relationship between grain yield with other traits in 33 bean genotypes an experimental design was carried out using a randomized complete block design with three replications under two conditions (stress and non-stress) in 2012 in the experimental field of college of Agriculture and natural resources of Tehran University in Karaj Campus.

Results and Discussion

Results showed that among genotypes in study traits there were significant differences which reveal genetic variation among the genotypes. The highest and lowest grain yield in non-stress condition was in 28 and 12 number genotypes, respectively. The highest and lowest grain yield in stress condition was in 14 and 25 numbers of genotypes, respectively. The analysis of tolerance index correlation showed that indices of tolerance stress (STI), mean productivity (MP) and geometric mean productivity are the best indices for identifying genotypes with high yield in both conditions. According to the results of phenotypic correlations, stepwise regression, path analysis in both normal and stress conditions, it can be concluded that, the traits of biological yield, seed and pod weight, number of filled pods, number of seeds per plant, 100 seed weight and number of seed per pod were the most important and effective traits on yield. According to principal component analysis using seven agronomic traits in both conditions, two main components were selected that in total under non stress condition 72 percent and under water stress condition 76 percent of the total variation was explained and in both conditions, the first and second factors were introduced as yield and yield component factors.

Conclusions

In crops such as common bean, where seeds are the product of interest, the main criteria for selection of agronomical resistance to drought is focused on traits that lead to a higher grain production.

* **Corresponding Author:** md_dashtaki@yahoo.com, Mobile: 09125675973

Followed by selection based on yield under stress, was suggested as the most effective strategy to improve drought resistance in common bean. It is suggested that selection under stress reveals that some of genotypes have resistant inherited genes, and are key to yield improvement of common bean.

Cultivars with improved stress resistance can reduce reliance on pesticides in high input systems, avert risk of yield loss from pests in low- and high-input systems, and enable more stable bean production across diverse and adverse environments (low precipitation, high humidity, etc.) and poor soil conditions (low fertility, hillsides, etc.).

This study reinforces the importance of characterizing drought resistant genotypes selected for particular drought types, to build a better picture of those mechanisms involved in drought resistance during specific plant developmental stages and to particular environments, knowledge that will contribute to define selection criteria for drought resistance in common bean that, after proper validation, could be used in improvement programs.

Key words: Bean genotypes, Correlation, Drought stress, Principal component analysis, Regression, Tolerance indices