نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۳، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۰۴-۹۳، نیمهٔ اول ۱۳۹۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 3, No. 1, 2012, p. 93-104

مقایسهٔ عملکرد و ارزیابی صفات در ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط متداول و کم‌آبیاری

ایمان ناصح‌غفوری[1*]، محمدرضا بی‌همتا[2]، مرضیه افضلی[3] و حمیدرضا دُری[4]

۱ و ۳- فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات به ترتیب از دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران و دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران
۴- کارشناس مؤسسهٔ تحقیقات لوبیای خمین

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۹

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تعدادی از صفات مهم زراعی مرتبط با عملکرد دانه در ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط متداول و کم‌آبیاری در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال۱۳۸۶ اجرا گردید و در آن، برخی از صفات مهم زراعی و مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها در تمام صفات مورد بررسی، تفاوت معنی‌دار وجود داشت که این موضوع حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام بود. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نشان داد که پنج عامل در شرایط متداول و کم‌آبیاری به‌ترتیب ۷۲ و ۷۳درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. تجزیهٔ ضرایب مسیر نیز نشان داد که صفت تعداد غلاف در بوته، بالاترین اثر مستقیم را در هر دو محیط متداول و کم‌آبیاری، (به‌ترتیب ۰/۶۹۷ و۰/۶۹۹) بر روی عملکرد دانه داشت. صفات تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی و طول غلاف به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۲۶ و ۰/۰۰۴- در محیط متداول آبیاری به‌طور غیرمستقیم و از طریق تعداد غلاف در بوته بر عملکرد دانه تأثیر گذاشت که منجر به کاهش همبستگی این صفت با عملکرد دانه گردید. همچنین در محیط کم‌آبیاری نیز این صفت با اثرات غیرمستقیم از طریق صفات تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه به‌ترتیب ۰/۰۸۳و ۰/۰۷۴- بر عملکرد دانه مؤثر بود. لذا می‌توان از این صفت به‌خوبی در افزایش عملکرد استفاده کرد. از طریق تجزیهٔ خوشه‌ای، تمامی ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط متداول و کم‌آبیاری به چهار گروه مجزا تقسیم شدند. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که شاخص‌های تحمل به خشکی (SST)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) و میانگین هارمونیک محصول‌دهی (HMP) بهترین شاخص‌ها برای تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی (KS-3138، KS-31112، KS-31139، KS-31150 و KS-31127) در این بررسی بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیهٔ خوشه‌ای، تنش کم‌آبی، شاخص‌های مقاومت به خشکی، ضرایب مسیر

مقدمه

توصیف دقیق صفات گونه‌های زراعی و بررسی صفات مورفولوژیک، پایه و اساس هر برنامهٔ اصلاحی است (Vander Heijden, 1990). لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از حبوبات مهم در جهان است که در بسیاری از کشورها کشت شده و یکی از منابع مهم پروتئین محسوب می‌شود. مرکز تنوع لوبیا، قارهٔ آمریکا شامل دو منطقهٔ آند (جنوب پرو، بولیوی و شمال آرژانتین) و آمریکای میانی (مکزیک) می‌باشد (Galvan *et al*., 2006). عوامل زیادی از قبیل گونهٔ گیاهی، خاک و موجودات ذره‌بینی موجود در آن، آب‌وهوای منطقه و روش‌های کشاورزی، روی تولید محصولات کشاورزی اثر می‌گذارند. حتی اگر تمامی شرایط مهیا باشد، عملکرد به‌میزان زیادی به شرایط اقلیمی به‌ویژه خشکی وابسته است. مهم‌ترین عامل که به‌طور معنی‌داری روی عملکرد دانه در محیط‌های خشک تأثیر می‌گذارد، میزان نزولات آسمانی است (Albayrak & Tongel, 2006). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد در سرتاسر جهان به‌حساب می‌آید (Teran & singh, 2002). اثر خشکی از لحاظ عمل، پیچیده بوده و عوامل و شرایط مختلف در میزان وقوع آن اثرگذارند. کیفیت و عملکرد دانهٔ لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مدت زمان کم‌آبی می‌باشد (Halterlein, 1983). تحمل به خشکی برای اولین بار توسط دانشمندی به‌نام Hall (1993) در مقایسه‌ای بین عملکرد تعدادی از ژنوتیپ‌ها بیان شد.

* **نویسنده مسئول:** کرج، پردیس کشاورزی،گروه اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم زراعی و دامی، کدپستی: ۳۱۵۸۷۷۷۸۷۱، تلفن: ۰۹۱۳۱۰۰۸۹۲۹
ighafoori@ut.ac.ir

حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌ها، اغلب با کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی، اندازه‌گیری می‌شود (Blum, 1988). همچنین عملکرد را بر اساس میانگین هندسی (Fernandez, 1992) و یا شاخص حساسیت به خشکی (Fischer & Maurer, 1978) نیز تخمین می‌زنند. انتخاب بر اساس عملکرد به‌تنهایی در شرایط خشکی نمی‌تواند تخمین دقیقی از مقاومت ژنوتیپ‌ها به خشکی باشد، زیرا ممکن است عملکرد در شرایط تنش خشکی با عملکرد در شرایط بدون تنش، همبستگی داشته باشد (Rosielle & Hamblin, 1981). با وجود این محدودیت‌ها، به‌طور کلی تخمین عملکرد لوبیا در شرایط متداول و کم‌آبیاری به‌هم شبیه می‌باشد (Schneder *et al*., 1997; White *et al*., 1994; Singh, 1995).

مدل‌های ریاضی متعددی برای مقایسهٔ تغییرات عملکرد در محیط تنش و متداول آبیاری وجود دارد (Mederski & Jeffer, 1973; Keim & Kronstand, 1979; Bidinger & Mahalakshimi, 1987a; Bidinger & Mahalakshimi, 1987b; Rosielle & Hamblin, 1981). Bidinger & Mahalakshimi (1987b) شاخص پاسخ به خشکی را برای بررسی عملکرد در شرایط تنش خشکی به‌کار بردند. این شاخص، مستقل از فنولوژی لاین‌ها و پتانسیل عملکرد در محیط مطلوب است. آنها دریافتند که همبستگی بالایی بین این شاخص و اجزای عملکرد دانه در ارزن *Pennisetum americanum* L. (Leeke) که در شرایط تنش خشکی رشد یافته بود، وجود داشت، اما همبستگی‌ها در محیط نرمال، معنی‌دار نبود.

Teran & Singh (2002) شاخص‌های درصد کاهش محصول و حساسیت به خشکی و Normand Moayyed *et al*. (2001) میانگین هندسی و تحمل به خشکی را از مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تخمین عملکرد در شرایط تنش خشکی اعلام کردند. همچنین Ramirez & Kelly (1998) نیز از میانگین هندسی محصول‌دهی و شاخص حساسیت، برای ارزیابی صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک لاین‌های لوبیای مقاوم به تنش خشکی استفاده کردند. تنش خشکی در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه باعث کاهش شدید عملکرد و وزن دانه‌ها شده و به تبعیت از آن، دوران رسیدگی گیاه کوتاه می‌شود (Singh, 1995).

تنوع ژنتیکی صفات، برای اصلاح و انتخاب تیپ مطلوب گیاه، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. از طرف دیگر تجزیهٔ همبستگی بین عملکرد و اجزای آن برای تعیین شرایط انتخاب ضروری به‌نظر می‌رسد (Ozveren yucel *et al*., 2006). Schoonhoven & Voysest (1993) مهم‌ترین هدف در اصلاح لوبیا را به‌ترتیب اهمیت، افزایش عملکرد دانه و کیفیت محصول (پروتئین بالا و اسیدهای آمینه ضروری) اعلام کردند.

Mirzaie Nadooshan (1997) اظهار داشت که صفت تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌تواند عامل مهمی در انتخاب بوته درجهت افزایش عملکرد دانه باشد. Sarafi (1978) نشان داد که عملکرد دانه در لوبیا صفت پیچیده‌ای است که دارای سه جزء تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و میانگین وزن ۱۰۰دانه می‌باشد، به‌طوری‌که بین عملکرد کل دانه و هر یک از اجزاء ذکرشده، همبستگی بالایی وجود دارد. وی بیان کرد که ضریب همبستگی بین خود اجزاء، منفی است. یعنی انتخاب درجهت افزایش یک جزء، موجب کاهش جزء دیگر خواهد شد، اما انتخاب با توجه به هر سه جزء، منجر به افزایش عملکرد می‌شود.

Amini *et al.* (2002) با انجام تجزیهٔ علیت بر روی صفات مختلف لوبیا اظهار داشتند که صفات تعداد گره روی شاخهٔ اصلی، ارتفاع بوته، طول غلاف، وزن غلاف‌ها، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف، بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. همچنین Azizi *et al.* (2000) نیز در بررسی خود روی ۱۲۱ژنوتیپ لوبیای سفید، قرمز و چیتی، تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی و اصلی را مهم‌ترین صفت در ارتباط با عملکرد اعلام کردند.

Mohamadi *et al.*(2006) در پژوهشی روی ۱۵ژنوتیپ لوبیاقرمز از تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی و دوران عامل‌ها به‌روش وریماکس بهره بردند و مشخص گردید که ۸۹درصد تغییرات کل به‌وسیلهٔ هشت عامل اصلی توجیه‌پذیر است که این عوامل به دو دستهٔ عوامل اولیه شامل صفات کمّی مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه و عوامل ثانویه دربرگیرندهٔ صفات مؤثر بر کیفیت پُخت دانه همچون قابلیت زودپزی و فُرم بوته تقسیم شدند که البته این نتایج بسته به شرایط محیطی می‌تواند متغیر باشند (Siler & Stafford, 1979).

این پژوهش به‌منظور ارزیابی عملکرد و اجزای آن در تعدادی از ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز و بررسی برخی از صفات مهم فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی و همچنین تعیین میزان ارتباط بین این صفات و عملکرد در شرایط کم‌آبیاری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۳۲ژنوتیپ از مجموعهٔ لوبیاقرمز متعلق به بانک ژن مرکز تحقیقاتی خمین و دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط کم‌آبیاری (دور آبیاری۱۱روز) بر اساس ۱۱۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و معمول آبیاری (دور آبیاری ۶روز) که بر

اساس ۷۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر برآورد شدند، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی دارای سه ردیف به طول دو متر و فاصلهٔ ردیف ۶۰سانتی‌متر بود. همچنین فاصلهٔ بذور کاشته‌شده روی ردیف، ۱۰سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات مربوط به شخم و تهیهٔ زمین در اردیبهشت سال ۱۳۸۶ و کاشت در اواسط خردادماه همان سال انجام گرفت. عملیات مبارزه با آفات و وجین علف‌های‌هرز در زمان‌های مورد نیاز صورت پذیرفت. رژیم‌های مختلف آبیاری از مرحلهٔ سبزشدن (دوبرگی) اِعمال شد.

پس از اندازه‌گیری صفات تاریخ غلاف‌دهی (تعداد روز از کاشت تا زمانی که اولین غلاف در ۵۰درصد از گیاهان تشکیل شده باشد)، تاریخ رسیدگی (تعداد روز از کاشت تا زمانی که در ۵۰درصد از گیاهان اولین غلاف شروع به تغییر رنگ و خشک‌شدن نماید) و طول گیاه (در موقع رسیدگی با اندازه‌گیری قاعدهٔ گیاه تا انتهای بوته)، در اوایل مهر همان سال برداشت محصول صورت گرفت، به‌گونه‌ایی که از هر واحد آزمایشی، پنج بوته به‌طور تصادفی با رعایت اثر حاشیه برداشت گردید و سایر صفات از جمله تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، عرض غلاف، طول، عرض و قطر دانه، رنگ دانه، رنگ گل، تیپ رشد، عرض کانوپی، عملکرد دانه، وزن غلاف، تعداد گره، طول میانگره در ساقه اصلی، وزن ۱۰۰دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور بررسی وجود تنوع در صفات بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بر روی تک‌تک صفات، تجزیه واریانس ساده در هر یک از محیط‌های معمول و کم‌آبیاری انجام گرفت. به جهت شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد و گروه‌بندی صفات، از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید. همچنین جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات دارای همبستگی بالا با عملکرد، از روش تجزیه علیت استفاده شد که توسط آن همبستگی‌های مابین صفات به اجزای مستقیم و غیرمستقیم، تقسیم و مناسب‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد تعیین شد.

با توجه به این‌که در این پژوهش، ژنوتیپ‌ها در دو محیط متداول و کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفتند، از شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده گردید. شاخص‌های مورد بررسی عبارت بودند از:

۱- شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که به‌ترتیب، تفاوت و میانگین عملکرد دانه در دو محیط می باشند:

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

۲- شاخص‌های حساسیت به خشکی (SSI) که با توجه به فرمول زیر و بر اساس Y_P عملکرد در شرایط معمول آبیاری، Y_S عملکرد در شرایط کم‌آبیاری، $\overline{Y_P}$ میانگین عملکرد کل در شرایط معمول آبیاری و $\overline{Y_S}$ میانگین عملکرد کل در شرایط کم‌آبیاری محاسبه می‌گردد:

$$SI = 1 - (\overline{Y_S} / \overline{Y_P})$$
$$SSI = [1-(Y_S/Y_P)]/SI$$

۳- میانگین هندسی بهره‌وری در دو محیط (GMP):

$$GMP = \sqrt{Y_S \times Y_P}$$

۴- شاخص تحمل به تنش خشکی (STI):

$$STI = (Y_P)(Y_S)/(\overline{Y_P})^2$$

برای گروه‌بندی نمونه‌های مورد بررسی، به‌منظور تعیین تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف و تعیین دوری یا نزدیکی آن‌ها از لحاظ تنوع ژنتیکی، تجزیهٔ خوشه‌ای به‌روش گروه‌های جفت‌شده غیر هم‌وزن، با استفاده از میانگین حسابی[1]، برای هر دو شرایط انجام گرفت. نرم‌افزارهای آماری به‌کاررفته شامل SAS، SPSS PATH 2 و Minitab بودند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین لاین‌ها از نظر همهٔ صفات در سطح ۱درصد، در هر دو شرایط آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود داشت که دلالت بر تنوع ژنتیکی موجود در بین لاین‌ها دارد. در جدول ۱، میانگین صفات برای هر دو محیط متداول و کم‌آبیاری مشاهده می‌شود. همچنین میزان تغییرات به کمک تفاوت بین میانگینِ صفات در دو محیط، نسبت به میانگینِ صفت در شرایط متداول آبیاری، بر حسب درصد مورد بررسی، به‌دست آمده و به کمک آزمون t-استیودنت، معنی‌داریِ تغییرات میانگین صفات، از محیط متداول به کم‌آبیاری محاسبه گردید. با توجه به نتایج این جدول مشاهده می‌گردد که بیشترین خسارت ناشی از تنش، مربوط به عملکرد دانه به میزان ۲۸/۲درصد نسبت به محیط متداول آبیاری می‌باشد. همچنین کمترین تأثیر تنش خشکی، مربوط به صفات عرض غلاف، طول، عرض و قطر دانه، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و تعداد گره بود. این نتایج منطبق بر نتایج تحقیقات Ramirez & Kelly (1998) بود.

1. Unweighted Paired Group Method Using Arithmetic (UPGMA)

جدول ۱- اثر تنش خشکی بر تعدادی از صفات لوبیاقرمز در محیط متداول و کم‌آبیاری

Table 1. Effect of drought stress on some traits of common bean under normal and water deficit condition

صفات (Traits)	درصد تغییرات Variation (%)	محیط کم‌آبیاری (Water deficit condition)	محیط متداول آبیاری (Normal condition)
ارتفاع بوته (Plant height)	5.8*	63.45	67.4
تعداد غلاف در بوته (Pod no. per plant)	5.0ns	17.10	18.01
وزن غلاف‌ها (Pod weight)	26.1***	24.18	32.74
طول غلاف (Pod length)	7.7***	9.59	10.40
عرض غلاف (Pod width)	0ns	8.55	8.55
تعداد دانه در غلاف (Seed no. per pod)	2.9*	5.28	5.44
طول دانه (Seed length)	1.3ns	11.64	11.80
عرض دانه (Seed width)	0ns	7.06	7.06
قطر دانه (Seed diameter)	0.1ns	5.10	5.11
تعداد میانگره در ساقهٔ اصلی (No. of node)	0ns	10.53	10.53
طول میانگره (Internode length)	6.4*	6.71	7.17
تعداد روز از کاشت تا۵۰درصد رسیدگی (Day to 50% maturity)	1.2*	84.07	85.13
تعداد روز از کاشت تا۵۰درصد غلاف‌دهی (Day to 50% podding)	0ns	63.68	63.68
عرض کانوپی (Canopy width)	8.9***	41.85	45.96
وزن۱۰۰دانه (100 seed weight)	8.1**	29.57	32.18
عملکرد دانه (Seed yield)	28.2***	16.66	23.23
شاخص برداشت (Harvest index)	4.2**	0.67	0.70

جدول ۲- تجزیهٔ علیت برای ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز در محیط متداول آبیاری

Table 2. Path analysis in 32 genotypes of common bean under normal condition

Residual effect=0.644

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق صفت Indirect effect by trait			ضریب همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه Genetic correlation coefficient with seed yield
		1	2	3	
تعداد غلاف در بوته (۱) No. pods per plant (1)	0.697	-	0.026	-0.004	0.72
تعداد روز از کاشت تا ۵۰درصد غلاف‌دهی (۲) Day to 50% podding (2)	-0.117	-0.161	-	0.063	-0.341
طول غلاف (۳) Pod length (3)	0.196	-0.014	0.037	-	0.219

شناسایی صفاتی غیر از عملکرد که بتوان از آن‌ها به‌عنوان معیاری در انتخاب والدین و یا تک‌بوته در نسل‌های در حال تفکیک استفاده کرد، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. انتخاب بر اساس اجزای عملکرد، پیشرفت ژنتیکی بیشتری را نسبت به خود عملکرد به همراه دارد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ علیت (جدول۲) برای صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی و طول غلاف که صفات واردشده به مدل رگرسیونی با فرض عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته می‌باشند، مشاهده گردید که صفت تعداد غلاف در بوته (۰/۶۹۷) بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه داشت که با نتایج به‌دست‌آمده از بررسی Amini *et al.* (2002) منطبق می‌باشد. همچنین تعداد غلاف در بوته به‌طور غیرمستقیم و به‌میزان ۰/۰۲۶ از طریق صفت تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی و همچنین از طریق صفت طول غلاف به‌صورت غیرمستقیم و منفی (۰/۰۰۴-) بر عملکرد تأثیر گذاشت. با توجه به این‌که مقدار اثر غیرمستقیم، منفی و کم است، لذا تأثیر چندانی بر روی اثر مستقیم مثبت ندارد.

همچنین اثر مستقیم طول غلاف بر عملکرد دانه، مثبت ولی کم (۰/۱۹۶) و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد غلاف در بوته و تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی بر عملکرد دانه، به‌ترتیب

۰/۰۱۴- و ۰/۰۳۷ و همچنین صفت تعداد روز تا غلاف‌دهی نیز دارای اثر مستقیم منفی (۰/۱۱۷-) بر عملکرد دانه بود.

تجزیهٔ علیت در محیط کم‌آبیاری برای صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه که صفات واردشده به مدل رگرسیونی، با فرض عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته می‌باشند، انجام شد و نشان داد که اثر مستقیم تعداد غلاف در بوته (۰/۶۹۹) و وزن ۱۰۰دانه (۰/۴۸۶) بر عملکرد مثبت بود. میزان اثر مستقیم صفت تعداد دانه در غلاف نیز ۰/۲۸۶ برآورد گردید (جدول ۳).

اثرات غیرمستقیم تعداد غلاف در بوته از طریق سایر صفات بر عملکرد دانه، کوچک و ناچیز بود. چنین به‌نظر می‌رسد که با افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در واحد سطح، به تبع آن عملکرد دانه افزایش می‌یابد. گرچه وزن ۱۰۰دانه اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دانه در شرایط کم‌آبیاری داشت ولی صفات تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، به‌طور غیرمستقیم، باعث کاهش همبستگی این صفت با وزن ۱۰۰دانه شدند. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد در محیط معمول آبیاری در اثر افزایش تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و کاهش تعداد روز از کاشت تا ۵۰درصد غلاف‌دهی ناشی می‌شود، درحالی‌که در محیط کم‌آبیاری، افزایش عملکرد در اثر افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه می‌باشد. بنابراین جهت رسیدن به یک پاسخ مؤثر در طول نسل‌های قبل از رسیدن به خلوص و افزایش عملکرد، لازم است گزینش برای صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه که از اجزای عملکرد نیز می‌باشند و صفات طول غلاف و تعداد روز از کاشت تا ۵۰درصد غلاف‌دهی، به‌طور همزمان انجام گیرد.

جدول ۳- تجزیهٔ علیت برای ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز در محیط کم‌آبیاری

Table 3. Path analysis in 32 genotypes of common bean under water deficit condition

Residual effect=0.534

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق صفت Indirect effect by trait			ضریب همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه Genetic correlation coefficient with seed yield
		1	2	3	
تعداد غلاف در بوته (۱) No. pods per plant (1)	0.699	-	0.083	-0.074	0.709
تعداد دانه در غلاف (۲) Seed no. per plant (2)	0.286	0.202	-	-0.19	0.3
وزن ۱۰۰دانه (۳) 100 seed weight (3)	0.486	-0.105	-0.112	-	0.27

تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و با چرخش متعامد وریماکس روی۲۰صفت کمّی، در شرایط متداول آبیاری انجام گرفت (جدول ۴) که با در نظرگرفتن معیار مقادیر ویژهٔ بزرگتر از یک، پنج عامل مشترک استخراج شدند که در مجموع، ۷۳/۴۹۶درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کردند.

اولین فاکتور، ۳۰/۰۶۴درصد از تغییرات داده‌ها را که شامل تعداد گره در ساقهٔ اصلی، طول دانه، ارتفاع بوته، عادت رشد، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، طول غلاف و شاخص برداشت بود، توجیه کرد. عامل دوم، ۱۵/۰۹۳درصد از تغییرات داده‌ها را که شامل وزن غلاف‌ها در یک بوته، عملکرد دانه، تعداد غلاف‌ها در یک بوته و تعداد روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی بود و عامل سوم نیز۱۲/۱۰درصد از تغییرات داده‌ها را که شامل عرض و قطر دانه و عرض غلاف بود، توجیه کردند. عامل چهارم که شامل تعداد روز تا ۵۰درصد رسیدگی و عرض کانوپی و عامل پنجم که شامل صفات رنگ گل و رنگ دانه بودند، به‌ترتیب ۱۰/۶۰درصد و ۵/۶۲درصد از تغییرات را توجیه کردند. این نتایج با بخشی از نتایج گزارش‌های Amini *et al.* (2002) و Mohamadi *et al.* (2006) مطابقت دارد. در شرایط کم‌آبیاری نیز تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل مشترک در مجموع، ۷۲/۴۶۱درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. به‌ترتیب، عامل اول شامل صفات تعداد گره در ساقهٔ اصلی، طول دانه، وزن ۱۰۰دانه، طول میانگره، عادت رشد، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف و ارتفاع گیاه بود که ۲۶/۵۳۰درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. عامل دوم شامل صفات عملکرد دانه، وزن غلاف‌ها در یک بوته، شاخص برداشت و تعداد غلاف‌ها در یک بوته بود و ۱۷/۱۲۰درصد از کل تغییرات را توجیه کرد. عامل سوم که ۱۳/۸۱۵درصد از تغییرات را توجیه کرد، شامل صفات عرض کانوپی، تعداد روز تا ۵۰درصد رسیدگی و تعداد روز تا ۵۰درصد غلافدهی بود. عامل چهارم شامل عرض غلاف، عرض و قطر دانه و رنگ گل و عامل پنجم که شامل رنگ بذر بودند، به‌ترتیب ۹/۱۶۳ و ۵/۸۳۳درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه به عامل‌های صفات کمّی برای ۳۲ژنوتیپ لوبیا در محیط متداول آبیاری

Table 4. Factor analysis for quantitative traits in 32 common bean genotypes under normal condition

صفات (Traits)	عامل ۱ (Factor1)	عامل۲ (Factor2)	عامل3 (Factor3)	عامل۴ (Factor4)	عامل۵ (Factor5)
تعداد گره درساقه اصلی (No. of node)	-0.907	$-5.977*10^{-4}$	0.172	$1.830*10^{-2}$	$6.624*10^{-2}$
طول دانه (Seed length)	0.893	$8.28*10^{-2}$	-0.100	0.154	$-1.442*10^{-2}$
ارتفاع بوته (Plant height)	-0.810	$-2.445*10^{-2}$	0.124	0.441	$1.141*10^{-2}$
عادت رشد (Plant habit)	-0.801	$-9.361*10^{-2}$	0.226	0.297	$6.837*10^{-2}$
طول میانگر (Internode length)	0.781	$-5.433*10^{-2}$	-0.229	0.357	$-4.982*10^{-3}$
تعداد دانه در غلاف (Seed no. per pod)	-0.719	$7.811*10^{-2}$	$-6.449*10^{-2}$	-0.159	-0.263
وزن ۱۰۰دانه (100 seed weight)	0.712	0.123	0.445	0.227	-0.125
طول غلاف (Pod length)	0.631	0.308	-0.118	$6.736*10^{-2}$	-0.393
شاخص برداشت (Harvest index)	-0.433	$8.092*10^{-2}$	0.395	0.368	-0.425
وزن غلاف‌ها (Pod weight)	$6.536*10^{-2}$	0.936	$-1.353*10^{-2}$	0.204	0.174
عملکرد دانه (Seed yield)	$-7.952*10^{-2}$	0.910	0.120	0.292	$5.897*10^{-2}$
تعداد غلاف در بوته (Pod no. per plant)	-0.238	0.838	-0.176	$5.969*10^{-2}$	0.284
تعداد روز تا غلاف‌دهی (Day to 50% podding)	-0.217	-0.498	-0.412	0.478	$5.957*10^{-2}$
عرض دانه (Seed width)	0.395	$-1.470*10^{-2}$	0.791	$3.644*10^{-2}$	$-9.307*10^{-3}$
قطر دانه (Seed diameter)	0.189	-0.118	0.670	0.396	0.111
عرض غلاف (Pod width)	0.324	-0.247	0.639	-0.177	0.104
تعدا روز تا رسیدگی (Day to 50% maturity)	0.480	-0.162	-0.350	0.637	-0.189
عرض کانوپی (Canopy width)	-0.422	-0.111	$1.353*10^{-2}$	0.594	-0.130
رنگ گل (Color of flower)	0.166	-0.226	0.161	$8.874*10^{-2}$	0.562
رنگ دانه (Color of seed)	0.160	-0.243	-0.205	0.394	0.434
درصد تغییرات (Variation %)	30.064	15.093	12.102	10.609	5.627
درصد واریانس تجمعی (Cumulative variation%)	30.064	45.157	57.259	67.868	73.496

در هر دو محیط آبیاری، در عامل اول، صفات تعداد گره در ساقهٔ اصلی، طول دانه، ارتفاع گیاه، عادت رشد، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف، دارای بار عاملی بالایی بودند. بنابراین می‌توان این عامل را عامل رشد رویشی و عامل درجهٔ دوم عملکرد نامید؛ درحالی‌که عامل دوم در هر دو محیط شامل صفات عملکرد، وزن غلاف و تعداد غلاف در بوته بود و به‌همین دلیل عامل درجهٔ اول عملکرد نامیده شد. عامل اول را می‌توان به‌عنوان عامل رشد رویشی و یا عامل مبدأ فیزیولوژیک در نظر گرفت، زیرا با افزایش ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقهٔ اصلی و طول میانگره افزایش یافته و منجر به افزایش شمار برگ‌ها و به عبارتی واحدهای فتوسنتزکننده می‌شود. همچنین به‌دلیل وجود صفات تعداد دانه در غلاف، طول دانه و غلاف، به‌عنوان عامل درجهٔ دوم عملکرد حایز اهمیت می‌باشند. درحالی‌که عامل دوم، به‌دلیل وجود صفات عملکرد، وزن غلاف‌ها در یک بوته و تعداد غلاف در بوته که دارای بار عاملی بالا می‌باشند، عامل عملکرد و یا عامل مقصد فیزیولوژیک تلقی می‌شود؛ زیرا با افزایش شمار غلاف‌ها و وزن غلاف‌ها، امکان ذخیرهٔ مواد فتوسنتزی بیشتری فراهم گشته و در مجموع، عملکرد افزایش می‌یابد. تفسیر فیزیولوژیک عوامل، به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و صفات اندازه‌گیری‌شده بستگی زیادی داشته و تجزیهٔ عامل‌ها، تنها الگویی از ساختار داخلی ماتریس همبستگی (کوواریانس) میان صفات را نشان می‌دهد. بنابراین در شرایط اجراشدهٔ آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که برای تولید لوبیا با عملکرد بالا بایستی توازن خاصی بین مبدأ و مقصد فیزیولوژیک به‌وجود آید، بدین‌ترتیب که حد متعادلی از رشد رویشی می‌تواند عملکرد بیشتری را فراهم سازد و در رابطه با گزینش گیاهان مطلوب در هر دو شرایط آبیاری، اولویت را به عوامل اول و دوم داد. در مجموع به این نکته می‌توان اشاره کرد که تجزیه به عامل‌ها، به صفات و ژنوتیپ‌های مورد بررسی و شرایط محیطی بستگی دارد (Seiler & Stafford, 1979).

بنابراین اطلاعات به‌دست آمده از این تجزیه برای شرایط مشابه، به‌طور خاص و برای شرایط دیگر، به‌طور عام صادق است. از تجزیه به عامل‌ها برای کاهش داده‌ها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد، گروه‌بندی صفات بر اساس روابط داخلی میان آنها و بررسی گوناگونی ژنتیکی استفاده می شود.

جدول ۵- تجزیه به عامل‌های صفات کمّی برای ۳۲ژنوتیپ لوبیا در محیط کم‌آبیاری

Table 5. Factor analysis for quantitative traits in 32 common bean genotypes under water deficit condition

صفات (Traits)	عامل۱ (Factor1)	عامل۲ (Factor2)	عامل۳ (Factor3)	عامل۴ (Factor4)	عامل۵ (Factor5)
تعداد گره درساقه اصلی (No. of node)	-0.883	-0.150	$5.296*10^{-2}$	0.284	0.105
طول دانه (Seed length)	0.868	0.271	$9.094*10^{-2}$	$-4.119*10^{-2}$	$4.117*10^{-2}$
وزن ۱۰۰دانه (100 seed weight)	0.843	0.282	0.155	0.196	$3.695* 10^{-2}$
طول میانگره (Internode length)	0.787	$-3.578*10^{-2}$	0.218	-0.342	$-9.600*10^{-2}$
عادت رشد (Plant habit)	-0.689	-0.271	0.399	0.205	$-2.181*10^{-2}$
تعداد دانه در غلاف (Seed no. per pod)	-0.624	0.370	-0.265	$-1.539*10^{-2}$	0.110
طول غلاف (Pod length)	0.589	0.323	$6.031*10^{-2}$	-0.101	0.451
ارتفاع بوته (Plant height)	-0.571	-0.354	0.506	$-7.228*10^{-3}$	0.144
عملکرد دانه (Seed yield)	-0.158	0.850	0.499	$2.580*10^{-2}$	$-1.149*10^{-2}$
وزن غلاف‌ها (Pod weight)	-0.103	0.836	0.450	$3.358*10^{-2}$	$3.103*10^{-2}$
شاخص برداشت (Harvest index)	-0.294	0.596	0.146	$-4.225*10^{-3}$	-.369
تعداد غلاف در بوته (Pod no. per plant)	-0.395	0.572	0.463	$3.097*10^{-3}$	0.144
عرض کانوپی (Canopy width)	$-5.322*10^{-2}$	-0.177	0.842	$-9.922*10^{-2}$	$-3.721*10^{-3}$
تعدا روز تا رسیدگی (Day to 50% maturity)	0.439	-0.390	0.585	$-8.655*10^{-2}$	0.229
تعداد روز تا غلاف‌دهی (Day to 50% podding)	$-5.497*10^{-2}$	-0.520	0.573	-0.236	0.185
عرض غلاف (Pod width)	0.238	-0.207	$-6.582*10^{-2}$	0.735	0.436
عرض دانه (Seed width)	0.425	0.128	0.101	0.632	$9.051* 10^{-2}$
قطر دانه (Seed diameter)	0.208	-0.169	0.285	0.553	-0.410
رنگ گل (Color of flower)	0.121	$4.022*10^{-2}$	$9.780*10^{-2}$	0.466	-0.307
رنگ دانه (Color of seed)	0.363	-0.401	0.255	$-5.738*10^{-2}$	-0.449
درصد تغییرات (Variation %)	26.530	17.120	13.815	9.163	5.833
درصد واریانس تجمعی (Cumulative variation%)	26.530	43.650	57.465	66.628	72.461

برآورد شاخص‌های تحمل به خشکی در جدول ۶، برای ۳۲ژنوتیپ در این بررسی آورده شده است که این شاخص‌ها عبارتند از: Y_p: عملکرد در محیط نرمال، Y_s: پایداری عملکرد، GMP: میانگین هندسی محصول‌دهی، HM: میانگین هارمونیک محصول‌دهی، STI: شاخص تحمل به خشکی، MP: میانگین حسابی محصول‌دهی و SSI: شاخص حساسیت به خشکی. همهٔ ژنوتیپ‌ها بر اساس این شاخص‌ها رتبه‌بندی شدند.

نظر به این‌که مقاومت به خشکی، یک صفت پیچیده است و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون ژنوتیپ‌ها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقص همراه است (Normand Moayyed *et al*., 2001).

بر طبق نظر Fernandez (1992) مناسب‌ترین معیار گزینش برای تحمل به تنش باید بتواند ژنوتیپ‌هایی را که در هر دو محیط نرمال و تنش، تظاهر مطلوبی دارند از سایر گروه‌ها تفکیک نماید؛ پس بهترین شاخص‌ها می‌بایست همبستگی بالایی را با عملکرد، تحت دو شرایط متداول و کم‌آبیاری داشته باشند. با توجه به نتایج ماتریس همبستگی (جدول ۷) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های تحمل به خشکی (STI)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) و میانگین هارمونیک محصول‌دهی (HM) دارای این‌چنین خصوصیتی بوده و با عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را دارند.

جدول ۶- نتایج حاصل از رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی در ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز

Table 6. Result of ranking genotypes based on drought resistance indices in 32 genotypes of common bean

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	پتانسیل عملکرد Yp	رتبه (Rank)	پایداری عملکرد Ys	رتبه (Rank)	حساسیت به خشکی SSI	رتبه (Rank)	شاخص تحمل TOL	رتبه (Rank)	میانگین حسابی MP	رتبه (Rank)	تحمل به خشکی STI	رتبه (Rank)	میانگین هندسی GMP	رتبه (Rank)	میانگین هارمونیک HM	رتبه (Rank)
1	ks31103	26.00	9	16.11	16	2.01	9	9.89	9	4.95	9	0.98	12	20.46	12	19.89	12
2	ks31144	20.56	16	13.95	21	1.70	15	6.61	14	3.31	14	0.67	19	16.94	19	16.62	19
3	ks31122	12.44	29	12.94	25	-0.21	24	-0.50	24	-0.25	24	0.38	28	12.69	28	12.69	27
4	ks31127	29.50	7	28.77	1	0.13	22	0.73	21	0.36	21	1.99	1	29.13	1	29.13	1
5	ks31150	32.28	4	17.99	13	2.34	8	14.29	4	7.15	4	1.36	5	24.10	5	23.10	5
6	ks31142	20.22	17	13.54	23	1.75	13	6.68	13	3.34	13	0.64	21	16.54	21	16.22	20
7	ks31143	14.68	26	12.63	26	0.74	18	2.05	20	1.02	20	0.44	25	13.62	25	13.58	25
8	ks31104	25.20	10	11.60	30	2.85	3	13.60	5	6.80	5	0.69	18	17.09	18	15.88	21
9	ks31134	21.16	13	18.40	12	0.69	19	2.76	18	1.38	18	0.91	14	19.73	14	19.68	13
10	ks31114	8.58	31	16.46	15	-4.85	31	-7.88	31	-3.94	31	0.33	31	11.89	31	11.28	30
11	ks31111	20.04	19	7.47	31	3.31	1	12.57	7	6.29	7	0.35	30	12.24	30	10.88	31
12	ks31137	19.10	21	23.29	4	-1.16	28	-4.19	28	-2.10	28	1.05	9	21.09	9	20.99	8
13	ks31138	32.68	2	25.11	2	1.22	16	7.57	11	3.79	11	1.93	2	28.64	2	28.40	2
14	ks31147	20.68	15	23.03	5	-0.60	26	-2.35	26	-1.17	26	1.12	8	21.82	8	21.79	7
15	ks31139	30.78	6	20.81	7	1.71	14	9.97	8	4.98	8	1.51	4	25.31	4	24.83	3
16	ks31123	21.50	12	24.76	3	-0.80	27	-3.26	27	-1.63	27	1.25	6	23.07	6	23.01	6
17	ks31107	32.32	3	12.32	27	3.27	2	20.00	1	10.0	1	0.94	13	19.95	13	17.84	16
18	ks31110	28.28	8	15.68	18	2.35	7	12.60	6	6.30	6	1.04	10	21.05	10	20.17	11
19	ks31112	37.50	1	18.53	11	2.67	6	18.97	2	9.49	2	1.63	3	26.36	3	24.80	4
20	ks31156	18.20	22	12.18	28	1.75	12	6.02	16	3.01	16	0.52	22	14.89	22	14.59	23
21	ks31141	21.12	14	20.73	8	0.10	23	0.39	23	0.20	23	1.03	11	20.92	11	20.92	9
22	ks31152	19.48	20	18.99	10	0.13	21	0.49	22	0.25	22	0.87	15	19.23	15	19.23	14
23	ks31157	21.62	11	13.63	22	1.95	10	7.99	10	4.00	10	0.69	17	17.16	17	16.72	18
24	ks31166	20.12	18	17.56	14	0.67	20	2.56	19	1.28	19	0.83	16	18.80	16	18.75	15
25	ks31161	16.56	24	13.18	24	1.08	17	3.38	17	1.69	17	0.51	23	14.77	23	14.68	22
26	ks31164	32.18	5	15.30	19	2.77	5	16.88	3	8.44	3	1.16	7	22.19	7	20.74	10
27	ks31167	7.98	32	20.82	6	-8.50	32	-12.84	32	-6.42	32	0.39	27	12.89	27	11.54	29
28	ks31168	12.86	28	14.29	20	-0.59	25	-1.43	25	-0.72	25	0.43	26	13.56	26	13.54	26
29	ks31169	14.78	25	19.35	9	-1.63	29	-4.57	29	-2.29	29	0.67	20	16.91	20	16.76	17
30	ks31221	9.94	30	15.80	17	-3.12	30	-5.86	30	-2.93	30	0.37	29	12.53	29	12.20	28
31	گلی (Goli)	13.10	27	6.15	32	2.80	4	6.95	12	3.48	12	0.19	32	8.97	32	8.37	32
32	اختر (Akhtar)	18.16	23	11.81	29	1.85	11	6.35	15	3.17	15	0.50	24	14.65	24	14.31	24

Y_p: Yield potential, Y_s: Yield Stability, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Stress Tolerance, MP: Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, GMP: Geometric Mean Productivity, HM: Harmonic Mean

Fernandez (1992) و Normand Moayyed *et al*. (2001) نیز در بررسی‌های جداگانه، شاخص‌های STI و GMP را برای شرایط مختلف تنش خشکی جهت شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در نظر گرفتند. با توجه به رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها (جدول ۶) و ژنوتیپ‌های برتر هر شاخص (جدول ۸)، ژنوتیپ‌های برتر مشترک بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی، میانگین هندسی محصول‌دهی و میانگین هارمونیک محصول‌دهی انتخاب شدند که شامل ژنوتیپ‌های۴، ۱۹، ۱۳، ۱۵ و ۵ (KS-31112، KS-31139، KS-3138، KS-31150 و KS-31127) می‌باشند. Schneder *et al*. (1997) پیشنهاد می‌کنند که در ابتدا، انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر بالای شاخص تحمل به خشکی انجام گیرد و سپس به‌منظور حصول اطمینان از بقای عملکرد تحت شرایط تنش، از بین ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده، آنهایی که دارای مقادیر بالای y_s هستند، انتخاب گردند. بر این اساس نیز ژنوتیپ‌های ۴ و ۱۳ (KS-31127 و KS-31138) به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب می‌شوند.

تجزیهٔ خوشه‌ای در محیط متداول و کم‌آبیاری، بر اساس میانگین تمامی صفات، به‌روش UPGMA انجام گرفت. تجزیهٔ خوشه‌ای تقریباً ژنوتیپ‌ها را بر اساس شباهت بین صفات، گروه‌بندی می‌کند (Azizi *et al*., 2000). به‌عنوان مثال، ژنوتیپ‌هایی که در گروه اول قرار می‌گیرند، نسبت به گروه چهارم که شامل ژنوتیپ‌های ۲۹، ۲۷ و ۳۱ می‌باشد، دارای بیشترین مقدار عملکرد هستند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی در ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز
Table 7. correlation coefficients between drought resistance indices in 32 genotypes of common bean

شاخص‌ها Indicators	پایداری عملکرد (Ys)	شاخص حساسیت به خشکی (SSI)	شاخص تحمل (TOL)	میانگین حسابی محصول‌دهی (MP)	شاخص تحمل به خشکی (STI)	میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)	میانگین هارمونیک محصول‌دهی (HM)
عملکرد در محیط نرمال (Yp)	0.274	0.649**	0.789**	0.789**	0.824**	0.839**	0.791**
پایداری عملکرد (Ys)		-0.402*	-0.375*	-0.375*	0.746**	0.744**	0.778**
شاخص حساسیت به خشکی (SSI)			0.883**	0.883**	0.243	0.262	0.237
شاخص تحمل (TOL)				1.000**	0.317	0.333	0.265
میانگین حسابی محصول‌دهی (MP)					0.317	0.333	0.265
شاخص تحمل به خشکی (STI)						0.989**	0.983**
میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)							0.994**

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در در سطح 0.05 =α و 0.01 =α.
*and **: Significant at α= 0.05 & α= 0.01, respectively.
Yp: Yield Potential, Ys: Yield Stability, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Stress Tolerance, MP: Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, GMP: Geometric Mean Productivity, HM: Harmonic Mean

جدول ۸- ژنوتیپ های برگزیده لوبیا قرمز بر اساس شاخص های مقاومت به خشکی
Table 8. Selected genotypes of common bean based on drought resistance indices

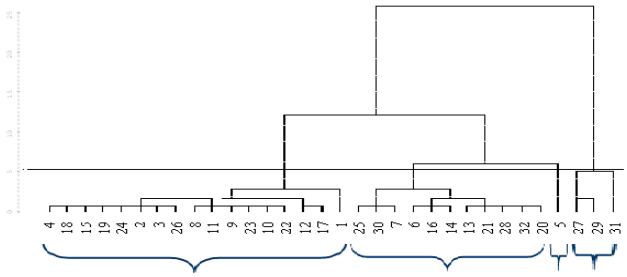
شاخص‌ها (Indicators)	شمارهٔ ژنوتیپ (Genotype No.)
عملکرد در محیط نرمال (Y_s)	19-13-17-5-26
عملکرد در محیط تنش(Y_p)	4-13-16-12-14
شاخص حساسیت به خشکی (SSI)	11-17-8-31-26
شاخص تحمل (TOL)	17-19-26-5-8
میانگین حسابی محصول‌دهی (MP)	17-19-26-5-8
شاخص تحمل به خشکی (STI)	4-13-19-15-5
میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)	4-13-19-15-5
میانگین هارمونیک محصول‌دهی (Harmonic .m)	4-13-15-19-5

شمارهٔ ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول۶ است.
Number of genotypes is based on table 6.
Yp: Yield Potential, Ys: Yield Stability, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Stress Tolerance, MP: Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, GMP: Geometric Mean Productivity, HM: Harmonic Mean

این دو گروه، دورترین فاصلهٔ ژنتیکی را نسبت به هم داشته و بنابراین جهت تولید دورگ‌های قوی، دارای بالاترین پتانسیل می‌باشند. Schoonhoven & Voysest (1993) نیز اظهار داشتند، زمانی‌که والدین دارای قرابت ژنتیکی دوری از هم باشند، هیبرید حاصل از دورگ‌گیری در لوبیا، تنوع مطلوبی جهت انتخاب بوته‌های مناسب برای به‌نژادگر فراهم می‌آورند.

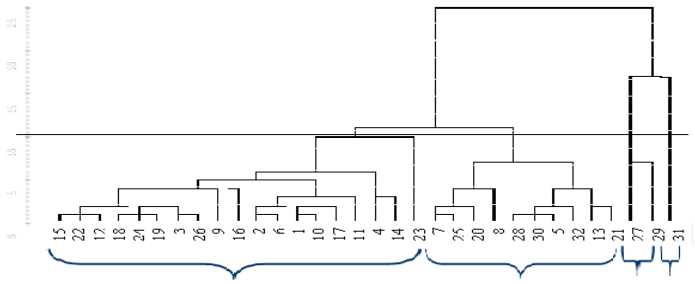
صفاتی مانند عادت رشد، تعداد گره، ارتفاع بوته، عرض کانوپی، رنگ دانه و گل در ژنوتیپ‌های گروه چهارم، بسیار به‌هم شبیه‌اند. میانگین عملکرد گروه اول تا چهارم، به‌ترتیب ۲۴/۸۹، ۲۰/۳۴، ۳۶/۸۷ و ۱۹/۸۲ می‌باشد (شکل۱).

نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای در محیط کم‌آبیاری نیز نشان داد که ۳۲ژنوتیپ لوبیاقرمز مورد بررسی، در چهار گروه طبقه‌بندی شدند (شکل۲). این شکل نشان می‌دهد که ژنوتیپ۳۱ که کمترین عملکرد را در بین سایر ژنوتیپ‌ها دارد، در یک گروه مجزا قرار گرفته است. در گروه سوم که شامل ژنوتیپ‌های ۲۷ و ۲۹ می‌باشد، از لحاظ صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، وزن غلاف‌ها در یک بوته و شاخص برداشت، بسیار به‌هم شبیه‌اند. ژنوتیپ‌های گروه دوم نیز همگی دارای وزن ۱۰۰دانهٔ بالایی می‌باشند.



شکل ۱- دندروگرام ۳۲ژنوتیپ لوبیا بر اساس تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط متداول آبیاری به‌روش غیرهم‌وزن زوج گروه‌ها با استفاده از میانگین‌حسابی

Fig. 1. Dendrogram for 32 genotypes based on all of measured traits by UPGMA method under normal condition



شکل ۲- دندروگرام ۳۲ژنوتیپ لوبیا بر اساس تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط کم‌آبیاری به‌روش غیرهم‌وزن زوج گروه‌ها با استفاده از میانگین‌حسابی

Fig. 2. Dendrogram for 32 genotypes based on all of measured traits by UPGMA method under water deficit condition

میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های گروه اول تا گروه چهارم، به‌ترتیب ۱۷/۴۷، ۱۵/۵۲، ۲۰/۰۸ و ۶/۱۴ بود. ژنوتیپ ۴ و ۱۳ که ژنوتیپ‌های مقاوم شناخته شدند، با توجه به قرارگیری این دو لاین در دو کلاستر جداگانه و حداکثر فاصلهٔ ژنتیکی بین این دو، می‌توانند جهت دورگ‌گیری و تلاقی در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، صفت تعداد غلاف در بوته که در تجزیهٔ علیت دارای بیشترین اثر مستقیم در عملکرد لوبیا، در هر دو شرایط معمول و کم‌آبیاری بود و همچنین دارای بار عاملی بالایی در عامل عملکرد در تجزیهٔ عامل‌هاست، می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین شاخص در گزینش ژنوتیپ‌های پُرمحصول، مورد استفاده قرار گیرد. با افزایش این صفت، وزن غلاف‌ها در یک بوته و در نتیجه، عملکرد افزایش یافته و در نتیجه نقش مهمی در انتخاب غیرمستقیم، جهت افزایش بهره‌وری دارد. همچنین شاخص‌های تحمل به خشکی، میانگین هندسی و هارمونیک محصول‌دهی، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش کم‌آبی شناسایی شدند.

منابع

1. Albayrak, S., and Tongel, O. 2006. Path analysis of yield and yield-related traits of common vetch (*Vicia sativa* L.) under different rainfall conditions. Journal of Faculty of Agriculture OMU 21: 27-32.
2. Amini, A., Bihamta, M.R., and Abdmishani, C. 2002. Genetic diversity between difference traits in common bean *(Phaseolus vulgaris* L.*)*. Iranian J. of Agricultural Sciences, Agricultural economics & Development 33: 605-615. (In Persian with English Summary).
3. Azizi, F., Rezaie, A.M., and Meybodi, S. 2000. Study of Genetic and phenotypic variation and factor analysis of morphological traits in common bean. Journal of Science and Technology of Agriculture and Resources 5: 127-140. (In Persian with English Summary).

4. Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V., and Rao, G.D.P. 1987a. Assessment of drought resistance in pearl millet. I. Factors affecting yields in stress. Aust. J. Agric. Res. 38: 37-48.
5. Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V., and Rao, G.D.P. 1987b. Assessment of drought resistance in pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. II. Estimation of genotype response to stress. Aust. J. Agric. Res. 38: 49-59.
6. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress environments. CRC Press, Florida. p. 212.
7. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kue (Ed.). Adaptation of food crop to temperature and water stress. AVRDC. Shanhua, Taiwan. p. 257-270.
8. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
9. Galvan, M.Z., Menndez-Sevillano, M.C., De Ron, A.M., Santalla, M., and Balatti, P.A. 2006. Genetic diversity among wild common beans from northwestern Argentina based on morpho-agronomic and RAPD data. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 891-900.
10. Hall, A.E. 1993. Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? In: T.J. Close and E.A. Bray (Eds.). Plant Responses to Cellular Dehydration during Environmental Stress. p. 1-10.
11. Halterlein, A.J. 1983. Bean. In: I.D. Teare and M.M. Peet (Eds.). Crop Water Relations. p. 157-185.
12. Keim, D.L., and Kronstand, W.E. 1979. Drought resistance and dry land adaptation in winter wheat. Crop Sci. 19: 574-576.
13. Mederski, H.J., and Jeffers, D.L. 1973. Yield response of soybean varieties grown at two soil moisture stress levels. Agron. J. 65: 410-412.
14. Mirzaie Nadooshan, H. 1997. Studying of genetic diversity and geo-morphological in collection of Iranian and foreign beans. M.Sc. Thesis. Tarbiat Modarres University, Iran. p. 112. (In Persian with English Summary).
15. Mohammadi, A., Bihamta, M.R., Soluoki, M., and Dorri, H.R. 2006. Grouping of red bean genotypes based on the relationship between some quantitative and qualitative traits-using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 178-190. (In Persian with English Summary).
16. Nourmand Moayyed, F., Rostami, M.A., and Ghandha, M.R, 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian J. Agric. Sci. 32: 795-805. (In Persian with English Summary).
17. Ozveren Yucel, D., Anlarsel, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Turk J. Agric. For. 30: 183-188.
18. Ramirez, P., and Kelly, J. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.
19. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.
20. Sarafi, A. 1978. A yield component selection experiment involving American and Iranian cultivar of the common bean. Crop Sci. 18: 5-7.
21. Schneder, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acostagallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.
22. Schoonhoven, A.V., and Voysest, O. 1993. Common bean: Research for Crop Improvement. Published in Association with CIAT. Cali, Colombia. p. 980.
23. Seiler, G.J., and Stafford, R.E. 1979. Factor analysis of components of yield in guar. Crop Sci. 25: 905-908.
24. Singh, S.P. 1995. Selection for water-stress tolerance in interracial population of common bean. Crop Sci. 35: 118-124.
25. Teran, H., and Singh, S.P. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Sci. 42: 64-70.
26. Vander Heijden, G. 1990. Determination of parameters with digital images. Prophyta 8: 246-247.
27. White, J., Ochoa-M, R., Ibarra-P, F., and Singh, S.P. 1994. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rained conditions. J. Agric. Sci. (Cambridge) 122: 265-273.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 3, No. 1, 2012, p. 93-104

Comparison of seed yield and related traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under normal and water deficit conditions

Naseh-ghafoori[1*], I., Bihamta[2], M., Afzali[3], M. & Dori[4], H.

1- Former Graduate Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Collage of Agricultural and Natural Resource of Tehran University, Karaj, Iran
2- Prof. of Department of Agronomy and Plant Breeding, Collage of Agricultural and Natural Resource of Tehran University, Karaj, Iran
3- Former Graduate Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Collage of Technology of Isfahan
4- Agricultural Research Institute of Bean, Khomein, Iran

Received: 8 March 2011
Accepted: 20 November 2011

Abstract

The effect of water stress were studied on the agronomic traits related to yield of common bean by planting 32 genotypes in normal and water deficit conditions. These genotypes were evaluated in randomized complete block design with three replications in experimental field of Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj Campus in 2007. Analysis of variance showed that there were significant differences among varieties in all traits, indicating the existence of genetic variation among varieties. Factor analysis were accomplished in both conditions indicated that there were five factors that explained 73 and 72 percent of total variations in normal and stress conditions, respectively. Path analysis for seed yield showed that number of pods per plant had the highest positive effect, 0.697 and 0.699, respectively, on seed yield in normal and stress conditions. Number of days to podding (0.026) and length of pod (-0.004) had indirect effects through number of pods on seed yield. Also, in stress condition, number of seed per pods (0.083) and 100 seed weight (-0.074) had indirect effects through number of pods on seed yield. Therefore, this trait could be used as an indicator for improving of common bean seed yield. Phenotypic clustering of genotypes (UPGMA) showed that all of the genotypes were classified in four separate groups in normal and stress conditions. Evaluation of drought resistance in common bean genotypes showed that stress tolerance index (STI), geometric mean productivity (GMP) and harmonic mean of yield were the best criteria for reorganization of tolerant genotypes as detected as KS-31127, KS-31150, KS-3138, KS-31139, KS-31112 in this experiment.

Key word: Cluster analysis, Drought resistance indices, Factor analysis, Path analysis, Water deficit

∗ **Corresponding Author:** E-mail: ighafoori@ut.ac.ir, Tel.: 09131008929