نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱، شماره ۲، صفحه ۱۵۲-۱۴۳، نیمه دوم ۱۳۸۹

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 1, No. 2, 2010, p. 143-152
Archive of SID

بررسی صفات مؤثر بر قابلیت پخت و درصد پروتئین در ۱۵ ژنوتیپ لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی

آذر محمدی[1*]، محمدرضا بی‌همتا[2] و حمیدرضا دُری[3]

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

۲- استاد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۳- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خمین

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۹/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۲/۰۷

چکیده

به منظور بررسی صفات کمّی و کیفی تأثیرگذار بر قابلیت پخت و رابطه آن با درصد پروتئین، طرحی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ ژنوتیپ لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی در سه تکرار انجام شد. صفات مورد نظر در سطح مزرعه و آزمایشگاه تغذیه بر اساس استاندارد بین‌المللی CIAT بررسی شد. تجزیه واریانس نشان داد که تحت دو شرایط آبیاری مستقل اثر ژنوتیپ‌ها روی برخی صفات کمّی (طول بوته، گره روی ساقه اصلی، روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، دوره پُرشدن دانه، اندازه دانه، وزن ۱۰۰دانه و درصد پروتئین) و برخی صفات کیفی (شاخص جذب آب، شاخص تورم، جلوه و ظاهر دانه)، معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین آماری صفات نشان داد در اثر تنش خشکی، مقدار پروتئین دانه، بیشتر، رقم دیررس‌تر و دانه، دیرپزتر شده است. در تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل پنهانی با توجیه تقریبی بیش از ۷۰درصد تغییرات، در محیط آبیاری معمولی شامل عوامل فیزیولوژیک بوته، مورفولوژی بوته، تیپ رشد و عامل قابلیت پخت و کیفیت پروتئین، دسته‌بندی شد و در شرایط تنش خشکی، عوامل اصلی به ترتیب شامل خصوصیات فیزیولوژیک بوته، مرتبط بر عملکرد بوته، کمیت دانه و عامل قابلیت پخت و زمان پخت بودند.

واژه‌های کلیدی : تجزیه به عامل، تنش خشکی، درصد پروتئین، قابلیت پخت، لوبیا قرمز

مقدمه

پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی، حبوبات است. در بین حبوبات لوبیای قرمز از لحاظ ارزش غذایی و مقدار مصرف، مقام اول را دارد. ارزش بیولوژیک پروتئین موجود در لوبیا مربوط به مقدار اسیدهای آمینه ضروری آن است (Schoonhoven & Voysest, 2001). در ایران از نظر رنگ، لوبیای قرمز بازارپسندتر می‌باشد و به لحاظ زودپزی، واریته‌ای که از لحاظ زودپزی مرغوب ولی خوش‌طعم نباشد، طرفدار ندارد. جهت بازارپسندی لوبیا بررسی قابلیت پخت مثل زودپزی، درصد پروتئین، قدرت هضم آسان، طعم و مزه و ... اهمیت دارد (Hohlberg & Stanley, 1987). در شرایط بی‌آبی شدید مولکول‌های حاوی باندهای هیدروژنی جایگزین مولکول‌های آب در گیاه می‌شود. همچنین روزنه‌ها، عمل فتوسیستم۲، وجود پروتئین‌های خاص و روبیسکو[1]، لیپیدها و قندها روی سازش و تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش خشکی اثر می‌گذارد (Schoonhoven & Voysest, 2001). ضخیمی پوست با دیرپزی همبستگی مثبت داشته و با یک ژن غالب کنترل می شود. پروتئین دانه نیز یک صفت پلی‌ژنیک است و با چند ژن کنترل می شود و شدیداً تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد (Hohlberg & Stanley, 1987). اهداف اصلاح لوبیا در ایران، بالا بردن بازارپسندی از نظر رنگ، درشتی اندازه دانه، زودپزی، نازکی پوسته دانه، عملکرد زیاد، افزایش کیفیت محصول (پروتئین زیاد و اسیدهای آمینه ضروری)، کوتاهی دوره گل‌دهی، فرم بوته و ... می‌باشد. زودپزی و نازکی پوسته دانه، فاکتورهای مهمی هستند که در شرایط انبارداری در مکان با دما و رطوبت نسبی بالا، بذور را کم‌کیفیت و دیرپز می‌کند (Schoonhoven & Voysest, 2001; Ibrahimi *et al.*, 2001). در تحقیقی خصوصیت فیزیکی و شیمیایی (میزان سختی دانه، زودپزی و درصد جوانه‌زنی دانه) لوبیای سیاه در شرایط انبارداری یخچالی (دمای ۴/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ درصد) و شرایط محیطی طبیعی (دمای ۲۵-۲۳ درجه سانتی‌گراد و

* **نویسنده مسئول:** همدان، بلوار موسیوند، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان
تلفن: ۰۸۱۱۴۴۹۴۰۰۱، پست الکترونیک: azar_mohamadi2000@yahoo.com

[1] Robissco.

www.SID.ir

Archive of SID

رطوبت نسبی ۵۰-۳۰ درصد) طی دو سال آزمایش شد و نتیجه‌گیری شد لوبیاهای انبارشده در شرایط طبیعی، دیرپزتر بودند. درصد جذب آب در روش یخچالی بیش از روش طبیعی بود ولی میزان چربی و پروتئین خام به‌خصوص گلوبولین تحت هر دو روش انبارداری، تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Berrios *et al*., 1999). در مقاله‌ای اثر محلول نمک حاوی یون‌های مونوالانت Na^+ و K^+ و دی‌والاونت Ca^{2+} و Mg^{2+} روی زمان پخت و خصوصیت غذایی لوبیای معمولی آزمایش گردید و مشخص شد زمان پخت و کیفیت پروتئین در لوبیاهای پوسته ضخیم و نازک در اثر تیمار نمک، کاهش می‌یابد (Leon *et al*., 1992). جهت تشخیص سریع آزمایشگاهی دیرپزی لوبیا، تحقیقی تحت شرایط دیم و آبیاری طبیعی با کمک دو روش شامل دیرپزکردن فیزیکی طی انبارداری ۳۵-۳۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۶درصد در مدت ۱۲۰ روز و نیز دیرپزکردن شیمیایی، خیساندن دانه در بافراستات ۰/۱ درصد و PH= ۴ در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷-۱ ساعت انجام شد. هر دو روش، زمان پخت و سختی دانه را با انحراف به ترتیب ۶/۰- ۴/۸ درصد و ۵/۸- ۱/۸ درصد تغییر داد. نتایج نشان داد که جهت غربال کردن ارقام جدید لوبیا روش شیمیایی نسبت به روش انبارداری، سریع‌تر و بهتر نتیجه می‌دهد (Reyes-Moreno *et al*., 1994). در آزمایشی به منظور بازارپسندی لوبیا و کم‌کردن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با روش‌های رگرسیون مکانی SREG[1] و دنباله ژنوتیپی GT[2] معلوم شد اثر ژنوتیپ × محیط تأثیر به‌سزایی روی کیفیت غذایی و پخت لوبیا دارد که بستگی به بافت و ساختمان دانه، فیزیولوژی گیاهی و صفات بیوشیمیایی لوبیا دارد به‌طوری‌که صفات مهم تجاری مثل شکستگی پوسته دانه، شاخص جذب آب، محتوای پروتئین خام و وزن دانه و همچنین صفت تعداد روزهای تا رسیدگی، تنوع وسیعی را نشان دادند. ژنوتیپ های با عملکرد بالا، بیشترین محتوای پروتئین ولی پایین‌ترین کیفیت پوسته دانه را داشتند که مشخصه آنها دیر به گل رفتن بوته‌ها بود درحالی‌که ژنوتیپ‌های با پوسته‌ی شکسته، کمترین ظرفیت جذب آب را داشتند (Gonzalez *et al*., 2005). محققی با تأثیر فاکتورهای غیرزنده‌ی محیطی روی کیفیت پخت و ثبات ارزش غذایی لوبیا، بیان کرد کیفیت پخت به دو عامل ژنتیکی (ساختمان دانه، فیزیولوژی آن و بیوشیمی دانه) و محیطی (دما، آب دسترسی گیاه و شرایط اکولوژیک) بستگی دارد. وی اثر فاکتورهای محیطی و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را به‌عنوان عامل عمده در نفوذپذیری پوسته دانه، سختی دانه و مقدار جذب آب طی زمان پخت بیان کرد. بررسی‌ها نشان داد کیفیت پخت وابسته به اندازه دانه، محتوی پروتئین، قندهای محلول در آب، چربی، مواد معدنی موجود در خاک، قدرت جذب آب دانه طی پخت و دیرپزی دانه می‌باشد. مثلاً نیتروژن و سولفور موجود در خاک، محتوی پروتئین دانه (متیونین) و اسیدآمینه‌های حاوی باند گوگردی (سیستئین) را افزایش می‌دهد (Kigel, 1999). تنش خشکی، محتوای نشاسته دانه را کاهش اما مقدار قندهای محلول را افزایش می‌دهد و روی پروتئین محلول و اسیدآمینه دانه بی‌تأثیر است (Leon *et al*., 1992). طبق نظریه‌ای محتوای پروتئین دانه لوبیا طی انبارداری به ویژه با دما و رطوبت نسبی بالا، تنزل می‌یابد. علت آن، آزادشدن پلی‌پپتیدهای کوچک و اسیدهای آروماتیک است که منجر به سنتز پلی‌فنل‌ها شده و تجمع لیگنین و پلیمرهای نامحلول باعث چوبی‌شدن پوسته‌ی دانه و دیرپزی دانه می‌شود (Hohlberg *et al*., 1987). بررسی‌ها نشان می‌دهد اگر قبل از پخت، حبوبات خیسانده شوند علاوه بر خوش طعمی، قدرت هضم و جذب پروتئین‌ها و نشاسته‌ی آن در بدن افزایش می‌یابد. به علت نفوذپذیری کم پوسته و سختی دانه، طی مدت پخت، آب کافی جذب نمی‌شود و به‌دلیل دیرپزی طی خیساندن، با این‌که دانه آب کافی جذب کرده اما به آسانی پخته نمی‌شود (Laing *et al*., 1983). در تحقیقی با مطالعه‌ی مواد معدنی خاک و تأثیر آن روی زمان پخت، نتیجه‌گیری شد زمان پخت و سختی دانه لوبیا در خاک‌های غنی از Ca و Mg با میانگین دمای سالانه ۲۴-۱۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با خاک با دمای ۱۸-۱۱ درجه سانتی‌گراد و فقیر نسبت به Mg و P، بیشتر است (Paredes-lopez *et al*., 1989). هدف از این آزمایش، بررسی صفات مؤثر بر قابلیت پخت و مقدار درصد پروتئین برخی ژنوتیپ‌های لوبیای قرمز به کمک شاخص آماری تجزیه به عامل‌ها به روش چرخش واریماکس و به‌کارگیری صفات استخراجی در برنامه‌های اصلاحی و به‌نژادی تحت شرایط آبیاری بدون تنش و تنش‌خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی صفات مؤثر بر قابلیت پخت و درصد پروتئین ۱۵ ژنوتیپ لوبیای قرمز در قالب طرح بلوک‌های-کامل‌تصادفی درسه تکرار تحت شرایط بدون تنش (دور آبیاری ۷ روز) و تنش (دور آبیاری۱۰روز) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی کرج در بهار سال ۱۳۸۴ اجرا گردید.

مواد گیاهی

ژنوتیپ‌ها از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خمین مطابق جدول شماره ۱ تهیه گردید.

[1] Site Regression
[2] Genotype trail

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – کد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز مورد استفاده در تحقیق

Table 1. Code of Red genotypes used in study

ردیف Row	کد ژنوتیپ Genotype code	ردیف Row	کد ژنوتیپ Genotype code	ردیف Row	کد ژنوتیپ Genotype code
1	KS31101	6	KS31106	11	KS31111
2	KS31102	7	KS31107	12	KS31138
3	KS31103	8	KS31108	13	KS31139
4	KS31104	9	KS31109	14	KS31169
5	KS31105	10	KS31110	15	KS31170

کشت، در تاریخ سوم خرداد به‌صورت خشکه‌کاری و به روش جوی و پشته‌ای با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ای پنج سانتی‌متر و در سه خط دومتری انجام شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۱ خرداد و آخرین آن با رعایت دور آبیاری در مرحله دانه‌بندی و در تاریخ ۳ شهریور انجام شد. یادداشت‌برداری صفات در زمان‌های لازم صورت گرفت. در مرحله برداشت، گیاه به‌طور کامل از سطح خاک برداشت و جهت اندازه‌گیری کیفیت پخت به آزمایشگاه تغذیه ارسال شد. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق عبارت بودند از: تعداد روز از کاشت تا ۵۰درصد جوانه‌زنی، ۵۰درصد گل‌دهی، ۵۰درصد غلاف‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل غلاف، ارتفاع بوته از سطح خاک تا انتهای ساقه اصلی، تعداد گره روی ساقه اصلی، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه (وزن دانه در پنج بوته)، طول، عرض و قطر دانه، وزن ۱۰۰دانه، درصد پروتئین با استفاده از دستگاه (NIR)[1]، مدت زمان پخت قبل و بعد از جذب آب ۱۰۰دانه به وسیله کجدال شش اجاقه، بافت و ساختمان دانه، طعم دانه، بو و رایحه دانه، جلوه و ظاهر دانه بعد از پخت، شاخص جذب آب[2] و شاخص تورم[3] برای ۱۰۰دانه بعد از ۱۶ ساعت خیساندن طبق فرمول‌های زیر:

- شاخص‌جذب‌آب

$$H.C.= \{Y-[X-(X/100)\times N_2]\}/(N_1-N_2)$$

Y، X، N_1 و N_2 به ترتیب، وزن دانه بعد از جذب آب؛ وزن دانه قبل از جذب آب؛ تعداد کل بذور استفاده‌شده؛ تعداد بذوری که آب جذب نکرده‌اند.

- شاخص تورم

$$S.C.= (Y_1-Y_2)-\{(X_1-X_2)-[(X_1-X_2)/N_1]\times N_2\}/(N_1-N_2)$$

Y_1، Y_2، X_1، X_2، N_1 و N_2 به ترتیب، حجم آب + دانه‌هایی که آب جذب کرده‌اند؛ حجم آب اضافه شده به بذوری که آب جذب کرده‌اند؛ حجم آب + بذور خشک؛ حجم آب اضافه شده به بذورخشک؛ تعداد کل بذور استفاده شده؛ تعداد بذوری که آب جذب کرده‌اند.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل‌های کلی به کمک نرم‌افزارهای SAS *v.8* و PATH 2 انجام گرفت (Manly, 1994) و اندازه‌گیری‌های صفات بر اساس دستورالعمل تحقیقات مناطق خشک CIAT[4] انجام شد. جهت اندازه‌گیری طعم، بافت و ساختمان دانه پس از پخت، طبق دستورالعمل ICARDA[5]، دانه‌های پخته‌شده توسط چندین فرد در سه تکرار خورده و مزه شد و در جدولی که بر اساس عالی، خیلی‌خوب، خوب، متوسط، بد و بسیار بد طراحی شده بود، علامت‌گذاری گردید. جهت مقایسه میانگین آماری صفات تحت دو رژیم آبیاری از روش LSD استفاده شد و با کمک فرمول زیر، ضریب تغییرات صفات محاسبه و شکل آن به کمک نرم‌افزار Excel ترسیم‌گردید.

$$\text{درصد تغییرات صفت} = \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش} - \text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

تجزیه واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو محیط

تجزیه واریانس ساده به صورت مجزا در دو محیط آبیاری طبیعی و تنش خشکی نشان داد که اثر تیمارها روی صفات طول بوته، تعداد گره روی ساقه اصلی، تعداد روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، تعداد روز تا رسیدگی کامل، طول و عرض دانه، وزن ۱۰۰دانه، درصد پروتئین، شاخص جذب آب، شاخص تورم، جلوه و ظاهر دانه معنی‌دار گردید که تنوع معنی‌دار در ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد.

[1] Near-Infrared Reflectance
[2] Hydration Capacity
[3] Swelling Capacity
[4] Centro International de Agriculture Tropical
[5] International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس بلوک های کامل تصادفی روی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا قرمز

Table 2. Results of RCBD analysis of 15 Red genotypes

تحت شرایط تنش خشکی. under drought stress condition.

S.O.V		بلوک Block	تیمار Trait	خطای a Error a
		2	14	28
Height plant	طول بوته	60.42**	51.81**	23.885
Nod no. per main shoot	تعداد گره روی ساقه اصلی	7.62**	7.77**	0.874
Days to 50% emergence	تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه زنی	0.067	7.78**	0.312
Days to 50% flowering	تعداد روز تا ۵۰٪ گل دهی	2.11	53.7**	0.914
Days to 50% poding	تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف دهی	1.16	56.1**	4.585
Seed filling duration	طول دوره پرشدن دانه	149.8**	34.65	31.665
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی کامل	177.6**	29.55	30.465
Seed no. per Plant	تعداد دانه در بوته	50.4	106.93	86.636
Seed length (mm)	طول دانه (mm)	0.291	3.03**	0.518
Seed (mm) width	عرض دانه (mm)	0.218	0.493**	0.150
Seed (mm) diameter	قطر دانه (mm)	0.067	0.372**	0.115
Seed yield (gr)	عملکرد دانه (gr)	9.136	5.29**	2.838
100 Seed weight	وزن صد دانه	14.91	26.12**	11.19
Protein percentage	درصد پروتئین	7415.5**	94.041**	0.214
Hydration capacity	شاخص جذب آب	0.027**	0.025**	0.002
Swelling capacity	شاخص تورم	0.001	0.011**	0.0008
Time before swelling	زمان پخت دانه قبل از جذب آب	594.54	226.51	452.50
Time after swelling	زمان پخت دانه بعد از جذب آب	1306.3**	451.17**	69.65
Seed appearance	جلوه و ظاهر دانه بعد از پخت	0.121	0.43**	0.150
Seed Scent	بو و عطر دانه بعد از پخت	0.076	0.269	0.250
Seed texture and structure	بافت و ساختمان دانه	0.004	0.167	0.850
Seed taste	طعم و مزه دانه بعد از پخت	0.316	0.782	0.500

تحت شرایط آبیاری طبیعی. under normal irrigation.

S.O.V		بلوک Block	تیمار Trait	خطای a Error a
		2	14	28
Height plant	طول بوته	111.4**	129.9**	30.19
Nod no. per main shoot	تعداد گره روی ساقه اصلی	2.16	6.74**	1.00
Days to 50% emergence	تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه زنی	0.45	0.698	0.398
Days to 50% flowering	تعداد روز تا ۵۰٪ گل دهی	36.87**	26.47**	2.209
Days to 50% poding	تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف دهی	7.11	19.28	21.41
Seed filling duration	طول دوره پرشدن دانه	208.7**	35.91**	6.443
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی کامل	107.5**	25.06**	5.442
Seed no. per Plant	تعداد دانه در بوته	50.4**	129.76**	0.351
Seed length (mm)	طول دانه (mm)	0.017	1.99**	0.307
Seed (mm) width	عرض دانه (mm)	0.405**	0.597**	0.127
Seed (mm) diameter	قطر دانه (mm)	0.025	0.387	0.277
Seed yield (gr)	عملکرد دانه (gr)	9.14	4.88	6.096
100 Seed weight	وزن صد دانه	12.74	47.18*	20.32
Protein percentage	درصد پروتئین	1096.6**	189.57**	41.053
Hydration capacity	شاخص جذب آب	0.003	0.062**	0.011
Swelling capacity	شاخص تورم	0.74*	0.26*	0.140
Time before swelling	زمان پخت دانه قبل از جذب آب	21.18	281.24	312.83
Time after swelling	زمان پخت دانه بعد از جذب آب	167.66	627.73	493.19
Seed appearance	جلوه و ظاهر دانه بعد از پخت	1.11**	0.771**	0.257
Seed Scent	بو و عطر دانه بعد از پخت	0.114	1.18**	0.212
Seed texture and structure	بافت و ساختمان دانه	0.425	1.28**	0.466
Seed taste	طعم و مزه دانه بعد از پخت	6.45	18.06	23.609

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱. *, **: Significant at 0.05, 0.01 levels of probability, respectively.

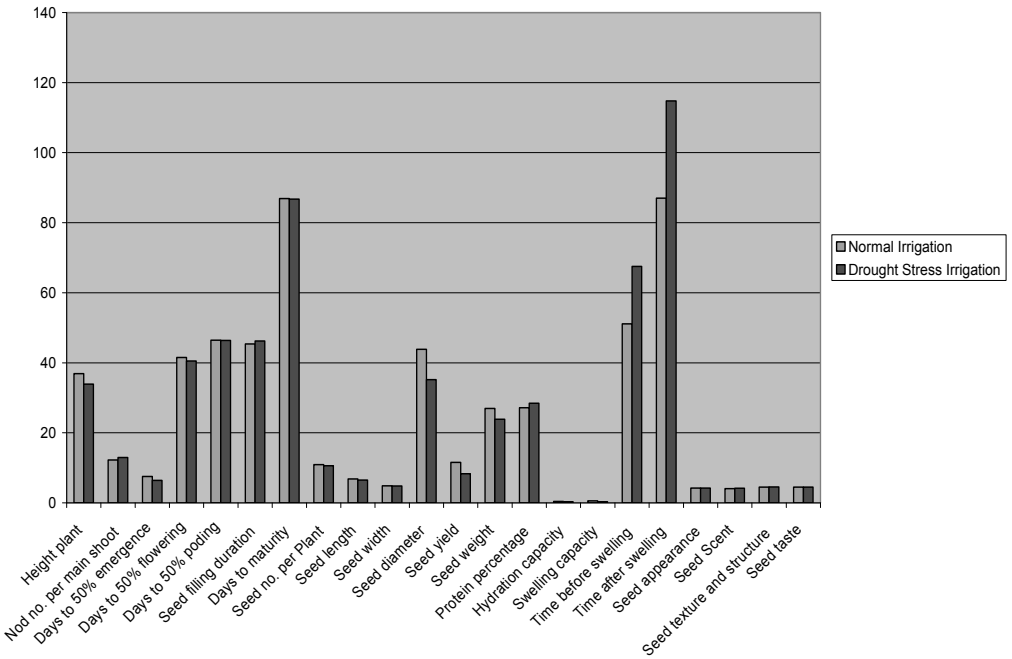
www.SID.ir

Archive of SID

اثر تیمار در شرایط آبیاری معمولی روی صفت بو و عطر دانه و در شرایط اعمال تنش روی صفت زمان پخت دانه خیسانده نشده بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). از طرفی اثر ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز روی درصد پروتئین در هر دو محیط آبیاری طبیعی و تنش خشکی به شدت معنی‌دار گردید. این مسئله بر وجود تنوع ژنتیکی بالا روی صفت پروتئین تأکید می‌کند. نتایج نشان داد که تنوع موجود در صفات مذکور با نتایج تحقیقات محققان دیگر (Ibrahimi *et al*., 2001; Amini *et al*., 2000; Raffi *et al*., 2004) مطابقت دارد.

مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ۱۵ رقم لوبیا قرمز در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی

صفات کمّی شامل تعداد گره روی ساقه اصلی، دوره‌ی پُرشدن دانه، درصد پروتئین و زمان پخت قبل و بعد از پخت، به شدت در اثر تنش افزایش یافت و صفات کیفی شامل جلوه و ظاهر دانه، بو و عطر دانه، بافت و ساختمان دانه، طعم و مزه دانه در اثر تنش خشکی به دلیل غیر معنی‌دار بودن، افزایش نامحسوسی داشتند (جدول ۳). با مقایسه میانگین صفات به روش LSD در دو محیط روی صفت طول بوته و صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد و وزن ۱۰۰دانه، تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد مشاهده شد، بدین مفهوم که تنش خشکی باعث کاهش صفات مرتبط بر عملکرد دانه گردید. همچنین مقایسه میانگین صفت پروتئین در اثر تنش، تفاوت معنی‌دار نشان داد و مقدار آن افزایش یافت. این نتایج با نتایج تحقیقات محققان دیگر، هم‌سو است (Raffi *et al*., 2004; Fransisco *et al*., 1997). زمان پخت در مقایسه میانگین، تفاوت معنی دار نشان داد یعنی تنش خشکی باعث صرف زمان بیشتر پخت و دیرپزی دانه‌ها گردید. از طرفی تنش خشکی باعث دیررسی ارقام، جذب آب کمتر هنگام پخت و کاهش طول بوته شد (شکل ۱). نتایج حاصله با نتایج تحقیق مشابه (Kigel, 1999) روی قابلیت پخت، مطابقت دارد.



شکل ۱- میانگین صفات مورد بررسی ۱۵ رقم لوبیا قرمز در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی

Fig. 1. Means of traits used for 15 Red cultivars under normal irrigation and drought stress conditions

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات با روش LSD و درصد ضریب تغییرات صفات در دو محیط آبیاری معمولی و تنش خشکی

Table 3. Mean with LSD method and coefficient of variation under normal and drought stress conditions

صفات Traits	میانگین Mean		درصد ضریب تغییرات (Coefficient of variation) %
	آبیاری تنش خشکی Drought stress irrigation	آبیاری بدون تنش Normal irrigation	
طول بوته Height plant	33.948 b	36.894 a	7.97
تعداد گره روی ساقه اصلی Nod no. per main shoot	12.960 a	12.241 a	-5.88
تعداد روز تا ۵۰٪جوانه زنی Days to 50% emergence	6.445 a	7.555 a	14.70
تعداد روز تا۵۰٪ گل دهی Days to 50% flowering	40.534 a	41.533 a	2.41
تعداد روز تا۵۰٪ غلاف دهی Days to 50% podding	46.400 a	46.466 a	0.15
طول دوره پُرشدن دانه Seed filling duration	46.223 a	45.399 a	-1.83
تعداد روز تا رسیدگی کامل Days to maturity	86.755 a	86.933 a	0.21
تعداد دانه در بوته Seed no. per Plant	10.620 a	10.955 a	3.01
طول دانه (میلی‌متر) Seed length (mm)	6.533 a	6.845 a	4.53
عرض دانه (میلی‌متر)Seed width (mm)	4.814 a	4.897 a	1.64
قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	35.196 b	43.870 a	19.79
عملکرد دانه (گرم) Seed yield (g)	8.341 b	11.605 a	28.02
وزن صد دانه 100 Seed weight	23.881 b	26.983 a	11.49
درصد پروتئین Protein percentage	28.469 a	27.193 a	-4.67
شاخص جذب آب Hydration capacity	0.303 a	0.440 a	31.14
شاخص تورم Swelling capacity	0.338 a	0.609 a	43.67
زمان پخت دانه قبل از جذب آب Time before swelling	67.533 b	51.117 a	-32.10
زمان پخت دانه بعد از جذب آب Time after swelling	114.767 b	87.033 a	-31.87
جلوه و ظاهر دانه بعد از پخت Seed appearance	4.247 a	4.233 a	-0.95
بو و عطر دانه بعد از پخت Seed Scent	4.200 a	4.100 a	-2.44
بافت و ساختمان دانه Seed texture and structure	4.567 a	4.500 a	-1.56
طعم و مزه دانه بعد از پخت Seed taste	4.533 a	4.500 a	-0.67

جدول ۴- مقادیر ویژه، نسبت‌های واریانس و واریانس تجمعی صفات کمّی لوبیا قرمز

Table 4. Eigen values, factors variances and cumulative variance of Red beans

تحت تنش خشکی on drought stress				تحت آبیاری طبیعی on normal irrigation			
عوامل Factors	مقدار ویژه Eigen value	نسبت واریانس Variance ratio	واریانس تجمعی Cumulative variance	عوامل Factors	مقدار ویژه Eigen value	نسبت واریانس Variance ratio	واریانس تجمعی Cumulative variance
عامل اول Factor 1	6.947	0.278	0.278	عامل اول Factor 1	5.586	0.207	0.207
عامل دوم Factor 2	5.498	0.219	0.598	عامل دوم Factor 2	4.629	0.171	0.378
عامل سوم Factor 3	3.183	0.127	0.625	عامل سوم Factor 3	4.351	0.161	0.639
عامل چهار Factor4	2.427	0.097	0.822	عامل چهار Factor4	3.106	0.115	0.754

تجزیه به عامل‌ها[1]

تجزیه به عامل‌ها بر روی صفات کمی به روش PAF[2] و با چرخش متعامد واریماکس انجام گرفت. با انتخاب مقادیر ویژه بزرگ‌تر از نیم در شرایط آبیاری طبیعی و تنش خشکی (جدول ۵ و ۶)، چهار عامل مشترک پنهان استخراج شد که در شرایط آبیاری طبیعی روی‌هم‌رفته بیش از ۷۵ درصد و در شرایط تنش

[1] Factor Analysis
[2] Principle Analyzing Factor

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی بیش از ۸۲ درصد کل تغییرات صفات را توجیه کردند (جدول ۴). در شرایط آبیاری طبیعی این آزمایش فاکتور اول با توجیه حدود ۲۱ درصد تغییرات دربرگیرنده صفات روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، تعداد دانه در بوته، عرض دانه و وزن ۱۰۰دانه بود که به عنوان عامل خصوصیات فیزیولوژیک بوته و کمیت دانه دسته‌بندی شد. فاکتور دوم با توجیه ۱۷ درصد تغییرات دربرگیرنده صفات تعداد گره روی ساقه اصلی، تعداد روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی و تعداد دانه در بوته بود که عامل مربوط به مورفولوژی بوته گروه‌بندی شد. فاکتور سوم با توجیه ۱۶درصد تغییرات شامل صفت طول بوته بود و عامل مرتبط با تیپ رشد دسته‌بندی شد. فاکتور چهارم با توجیه حدود ۱۲درصد تغییرات دربرگیرنده صفات طول دوره پُرشدن دانه، روز تا رسیدگی کامل، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، درصد پروتئین، شاخص جذب آب و شاخص تورم، مدت زمان پخت دانه قبل و بعد از جذب آب بوده که عامل مرتبط با قابلیت پخت و کیفیت پروتئین در دانه گروه‌بندی شد.

جدول ۵- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل‌های صفات کمّی با چرخش Varimax در ۱۵ رقم لوبیا قرمز تحت آبیاری طبیعی

Table 5. Factor analysis by varimax rotation for quantitative traits in 15 Red bean genotypes on normal irrigation

صفات کمّی Quantitative Traits	عامل اول Factor1	عامل دوم Factor2	عامل سوم Factor3	عامل چهارم Factor4
Height plant طول بوته	-0.106	-0.033	0.804	0.146
Nod no. per main shoot تعداد گره روی ساقه اصلی	0.425	-0.633	0.304	0.026
Days to emergence روز تا جوانه‌زنی	0.057	-0.318	-0.244	0.421
Days to 50% flowering روز تا۵۰درصد گل دهی	0.910	-0.217	-0.035	0.171
Days to 50% podding روز تا۵۰ درصد غلاف‌دهی	0.640	-0.518	-0.289	0.139
Seed filling duration طول دوره پُرشدن دانه	-0.571	0.168	-0.067	0.761
Days to maturity روز تا رسیدگی	0.251	-0.022	-0.118	0.924
Seed no. per plant تعداد دانه در بوته	0.777	-0.155	-0.081	0.535
Seed length طول دانه	-0.296	0.847	-0.007	0.076
Seed width عرض دانه	-0.522	0.020	-0.176	-0.529
Seed diameter قطر دانه	-0.421	-0.383	-0.211	-0.514
Seed yield عملکرد دانه	-0.104	0.066	-0.236	0.936
100 Seed weight وزن ۱۰۰دانه	-0.859	0.161	0.142	0.121
Protein % درصد پروتئین	-0.029	-0.097	-0.128	0.907
Hydration capacity شاخص جذب آب	0.097	0.158	-0.083	0.895
Swelling capacity شاخص تورم	-0.069	0.003	-0.017	0.972
Time before swelling زمان پخت دانه قبل از جذب آب	0.086	0.029	0.059	0.914
Time after swelling زمان پخت دانه بعد از جذب آب	-0.408	-0.186	0.422	0.686
Total factors جمع کل فاکتورها	**0.75**	**-1.11**	**0.039**	**7.587**

در شرایط تنش خشکی، فاکتور اول با توجیه حدود ۲۸ درصد تغییرات شامل صفات تعداد روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، قطر دانه، وزن ۱۰۰دانه، درصد پروتئین و شاخص تورم بود و عامل فیزیولوژیک بوته و کیفیت پخت دسته‌بندی شد. فاکتور دوم با توجیه ۲۲ درصد تغییرات صفات تعداد گره روی ساقه اصلی، روز تا رسیدگی کامل، طول بوته، عملکرد دانه و وزن ۱۰۰دانه را شامل گردیده و عامل مرتبط با عملکرد بوته معرفی شد. فاکتور سوم با توجیه حدود ۱۳ درصد تغییرات صفات تعداد دانه در بوته و عرض دانه را در بر گرفته و عامل کمیت در دانه شناخته گردید. فاکتور چهارم با توجیه کمتر از یک درصد تغییرات نیز صفات تعداد روز تا ۵۰درصد جوانه‌زنی، زمان رسیدگی کامل، شاخص جذب آب، زمان پخت بذور قبل و بعد از خیساندن بود و عامل مرتبط بر قابلیت پخت و زمان پخت دانه دسته‌بندی شد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد طی هر دو شرایط محیطی، چهار عامل پنهانی روی عملکرد و قابلیت پخت تأثیرگذار بودند که عامل مرتبط به کیفیت و زمان پخت، جزو آخرین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه لوبیا شناخته شد. به عبارت دیگر صفات مؤثر بر کیفیت پخت، تأثیر ثانویه و جزئی روی عملکرد داشتند. می‌توان گفت پخت به آرامی نسبت به پخت

www.SID.ir

Archive of SID

سریع، آب کمتری جذب کرده است. میزان همبستگی بین زمان پخت و شاخص جذب آب r= -۰/۷۳ بود و از این شاخص به عنوان معیار انتخاب غیرمستقیم برای زمان پخت استفاده شد (Laing *et al*., 1983). زمان پخت با اندازه دانه همبستگی مثبت نشان داد و بذور ریز، زمان پخت کمتری داشته و جهت زودپزی لوبیا بهتر است ارقام با بذور ریز انتخاب شود (Reyes-Moreno *et al*., 1994; Kigel, 1999). از طرفی همان‌گونه که انتظار می‌رفت اکثر صفات در اثر رژیم تنش خشکی کاهش یافتند، اما صفاتی چون طول دوره پُرشدن دانه، درصد پروتئین، زمان پخت قبل و بعد از پخت به شدت در اثر تنش افزایش یافت. به عبارتی نتایج نشان داد در اثر اعمال تنش خشکی، مقدار پروتئین افزایش، بذور دیرپز و ارقام دیررس شدند. البته نتایج این تحقیق نشان‌دهنده افزایش صفات کیفی مؤثر بر قابلیت پخت و بازارپسندی مانند جلوه و ظاهر دانه، بو و عطر دانه، بافت و ساختمان دانه و طعم و مزه دانه در اثر تنش خشکی اما به میزان کم نیز می‌باشد. نتایج حاصل از عوامل مؤثر بر صفات کمّی با نتایج تحقیقات دو محقق دیگر (Ibrahimi *et al*., 2001; Amini *et al*., 2000) مطابقت دارد و نتایج حاصل از عوامل پنهانی شناخته شده در رابطه با صفات مؤثر بر پخت با نتایج آزمایشات سه تحقیق دیگر انجام شده (Paredes-lopez *et al*., 1989; Kigel, 1999; Hohlberg & Stanley, 1987) انطباق دارد.

جدول ۶- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل های صفات کمی با چرخش Varimax در ۱۵ رقم لوبیا قرمز تحت تنش خشکی

Table 6. Factor analysis by varimax rotation for quantitative traits in 15 Red bean genotypes on drought stress

صفات کمّی Quantitative Traits	عامل اول Factor1	عامل دوم Factor2	عامل سوم Factor3	عامل چهارم Factor4
طول بوته Height plant	-0.034	0.045	0.175	0.196
تعداد گره روی ساقه اصلی Nod no. per main shoot	-0.097	-0.647	0.567	-0.007
روز تا جوانه‌زنی Days to emergence	-0.038	-0.002	-0.037	0.872
روز تا۵۰درصد گل دهی Days to 50% flowering	-0.862	-0.227	0.167	0.049
روز تا۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	-0.858	-0.237	0.120	-0.027
طول دوره پُرشدن دانه Seed filling duration	0.842	-0.245	-0.170	-0.029
روز تا رسیدگی Days to maturity	-0.249	-0.571	0.040	0.604
تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	-0.209	0.191	0.844	-0.156
طول دانه Seed length	0.237	0.778	-0.099	0.167
عرض دانه Seed width	0.491	0.240	-0.509	0.311
قطر دانه Seed diameter	0.862	-0.096	0.204	0.174
عملکرد دانه Seed yield	0.235	0.763	0.489	-0.054
وزن ۱۰۰دانه 100 Seed weight	0.599	0.604	-0.308	0.204
درصد پروتئین Protein %	-0.621	0.287	-0.113	0.471
شاخص جذب آب Hydration capacity	0.469	0.038	0.068	0.780
شاخص تورم Swelling capacity	0.715	0.206	0.255	0.038
زمان پخت دانه قبل از جذب آب Time before swelling	0.067	-0.103	0.456	0.735
زمان پخت دانه بعد از جذب آب Time after swelling	0.078	0.036	0.254	-0.560
جمع کل فاکتورها Total factors	**1.627**	**1.06**	**2.403**	**3.768**

منابع

1. Amini, A., and Bihamta, M.R. 2000. Factor analysis for morphological traits in common bean. Seed and Plant. 16: 210-218. (In Persian, with English Abstract)
2. Berrios, J., Barry, D.J., Swanson, G., and Adeline Cheong, W. 1999. Physico-chemical characterization of stored black beans *(Phaseolus vulgaris* L.*)*. Food Research International 32: 669-676.
3. CIAT. 1992. Annual Report. Bean Program CIAT. Cali, Colombia.
4. Fransisco, J., Ibarra-Perez, B., Ehdaie, B., and Waines, G. 1997. Estimation of outcrossing rate in common bean. Crop Sci. 37: 60-65.

www.SID.ir

Archive of SID

5. Gonzalez, A.M., Monteagudo, A.B., Casquero, P.A., De Ron, A.M., and Santalla, M. 2005. Genetic variation and environmental effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. Field Crop Research.
6. Hohlberg, A.I., and Stanley, D.W. 1987. Hard-to-cook defect in black beans protein and starch considerations. J. Agric. Food Chem. 35: 571-576.
7. Ibrahimi, M., Bihamta, M.R., and Khiyalparast, F. 2001. Study of the response of some red and white varieties of common bean to limited irrigation. MSc. Thesis. The University of Tehran, Iran. p. 112.
8. Kigel, J. 1999. Culinary and nutritional quality of *(Phaseolus vulgaris* L.) seeds as affected by environmental factors. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 3: 205-206.
9. Laing, D.R., Kretchmer, P.J., Zuluaga, S., and Jones, P.J. 1983. Field Bean. In: Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. IRRI, Los Banos, Philippnes, p. 227-245.
10. Leon, L.F., Elias, L.G., and Bressani, R. 1992. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans *(Phaseolus vulgaris* L.*)*. Food Research International 25: 131-136.
11. Manly, B.F.J. 1994. Multivariate Statistical Methods. M. Moghaddam, C. Mohammadi and M. Aghaee Sarborze (Translated). p. 254.
12. Paredes-Lopez, O., Reyes-Moreno, C., Montes-Riveira, R., and Carabez-Trejo, A. 1989. Hard-to-cook phenomenon in common beans: influence of growing location and hardening procedures. Int. Food Sci. Technol. 24: 535-542.
13. Raffi, S.A.M., Newas, A., and Khan, N. 2004. Stability analysis for pod and seed production in dry bean *(Phaseolus vulgaris* L.*)*. Plant Sci. 3: 239-242.
14. Reyes-Moreno, C., Paredes-Lopez, O., and Barradas, I. 1994. A fast laboratory procedure to assess the hard-to-cook tendency of common bean varieties. Food chemistry 49: 187-190.
15. Schoonhoven, A.V., and Voysest, O. 2001. Production and Improvement of Common Bean. A. Bagheri, A. Mahmoudi and Ghezeli, F.D. (Translators). p. 556.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 1, No. 2, 2011, p. 143-152

Effects of factors affecting cooking characteristics and protein content in 15 red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under normal irrigation and drought stress conditions

Mohammadi[1*], A., Bihamta[2], M.R. & Dorri[3], H.

1- MSc. in Plant Breeding, Islamic Azad University, Hamadan branch
2- Contribution from College of Agriculture, Tehran University
3- Contribution from Agricultural Research Center of Khomein

Received: 20 December 2008
Accepted: 27 April 2010

Abstract

In order to study the effects of quantitative and qualitative traits on cooking characteristics and protein percentage of 15 Red bean genotypes, a Randomized Complete Block Design was conducted with three replications in normal irrigation and drought stress. These traits were measured in farm and nutrition laboratory employing international standard of CIAT. Analyses of variance showed that genotype were significantly different at some quantitative and qualitative traits under two independent conditions. Some of quantitative traits consisted of plant height, number of node per main shoot, days to 50% flowering, seed filling duration, seed size, 100 seed weight and protein percentage. The qualitative traits also consisted of hydration capacity, swelling capacity and seed appearance. Results of mean comparisons showed that the protein percentage increased under drought stress. Maturing and cooking time increased with drought stress. In factor analysis, 70% of total variation was explained by four hidden factors. These factors in normal condition were growth type, cooking characteristics and protein quality. In drought stress four factors in factor analysis was included plant physiological, seed yield related, seed quantitative, cooking ability and cooking time characteristics, respectively.

Key words: Cooking ability, Drought stress, Factor analysis, Protein percentage, Red bean

[*] **Corresponding Author:** E-mail: azar_mohamadi2000@yahoo.com, Tel.: 0811-4494001

www.SID.ir