

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^{۱*}، محمدرضا بی‌همتا^۲ و حمیدرضا ذری^۳

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 کمی 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 کمی (طول بوته، گره روی ساقه اصلی، روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، دوره پُرشدن دانه، اندازه دانه، وزن ۱۰۰ دانه 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 توجه تقریبی بیش از ۷۰ درصد 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

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 می‌شود. پروتئین دانه نیز یک صفت پلی‌ژنیک است و با چند ژن کنترل می‌شود 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

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 روزه‌ها، عمل فتوسنتز، وجود پروتئین‌های خاص و رویسکو^۱،

* نویسنده مسئول: همدان، بلوار موسیوند، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

تلفن: ۰۸۱۱۴۴۹۴۰۰۱، پست الکترونیک: azar_mohamadi2000@yahoo.com

^۱ Robisco.

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 اسیدآمین‌های 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 اسیدآمین 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، آزاد شدن پلی‌پپتیدهای کوچک و اسیدهای آروماتیک است که منجر به سنتز پلی‌فنل‌ها شده و تجمع لیگنین و پلیمرهای نامحلول باعث چوبی شدن 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 به دلیل 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 تنش خشکی 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-کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط بدون تنش (دور آبیاری ۷ روز) و تنش (دور آبیاری ۱۰ روز) 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.

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 دی‌والوانت 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 دیرپز کردن فیزیکی طی انبارداری ۳۵-۳۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۶ درصد در مدت ۱۲۰ روز و نیز دیرپز کردن شیمیایی، خیس‌اندن دانه در بافراسات ۰/۱ درصد و $PH=4$ 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 کم کردن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با روش‌های رگرسیون مکانی SREG^۱ و دنباله ژنوتیپی GT^۲ 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. ژنوتیپ‌های 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). محققان 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

¹ Site Regression

² Genotype trail

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

که آب جذب کرده‌اند؛ حجم آب + بذور خشک؛ حجم آب اضافه شده به بذور خشک؛ 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^۴ انجام شد. جهت اندازه‌گیری طعم، بافت و ساختمان دانه پس از پخت، طبق دستورالعمل ICARDA^۵، دانه‌های پخته‌شده توسط چندین فرد در سه تکرار خورده و مزه شد و در جدولی که بر اساس عالی، خیلی خوب، 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 ترسیم گردید.

میزان صفت در شرایط تنش - میزان صفت در شرایط بدون تنش

$\times 100 = \text{درصد تغییرات صفت}$

میزان صفت در شرایط بدون تنش

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 رسیدگی کامل، طول دوره پُرشدن دانه، تعداد روز تا رسیدگی کامل، طول و عرض دانه، وزن ۱۰۰ دانه، درصد پروتئین، شاخص جذب آب، شاخص تورم، جلوه و ظاهر دانه معنی‌دار گردید که تنوع معنی‌دار در ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد.

کشت، در تاریخ سوم خرداد به صورت 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 ۵۰ درصد جوانه‌زنی، ۵۰ درصد گل‌دهی، ۵۰ درصد 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 ۱۰۰ دانه، درصد پروتئین با استفاده از دستگاه (NIR)^۱، مدت زمان پخت قبل و بعد از جذب آب ۱۰۰ دانه 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^۲ و شاخص تورم^۳ برای ۱۰۰ دانه بعد از ۱۶ ساعت خیساندن طبق فرمول‌های زیر:

- شاخص جذب آب

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

X, Y, 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

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

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس بلوک‌های کامل تصادفی روی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا قرمز
Table 2. Results of RCBD analysis of 15 Red genotypes

S.O.V	تحت شرایط تنش خشکی.		تحت شرایط آبیاری طبیعی.		S.O.V	تحت شرایط آبیاری طبیعی.		S.O.V
	Block	Trait	Block	Trait		Block	Trait	
	2	14	2	14	2	14	2	28
Height plant	60.42**	51.81**	111.4**	129.9**	111.4**	129.9**	30.19	
Nod no. per main shoot	7.62**	7.77**	2.16	6.74*	2.16	6.74*	1.00	
Days to 50% emergence	0.067	7.78**	0.45	0.698	0.45	0.698	0.398	
Days to 50% flowering	2.11	53.7**	36.87**	26.47**	36.87**	26.47**	2.209	
Days to 50% podding	1.16	56.1**	7.11	19.28	7.11	19.28	21.41	
Seed filling duration	149.8**	34.65	208.7**	35.91**	208.7**	35.91**	6.443	
Days to maturity	177.6**	29.55	107.5**	25.06**	107.5**	25.06**	5.442	
Seed no. per Plant	50.4	106.93	50.4	129.76**	50.4	129.76**	0.351	
Seed length (mm)	0.291	3.03**	0.017	1.99**	0.017	1.99**	0.307	
Seed (mm) width	0.218	0.493**	0.405**	0.597**	0.405**	0.597**	0.127	
Seed (mm) diameter	0.067	0.372**	0.025	0.387	0.025	0.387	0.277	
Seed yield (gr)	9.136	5.29**	9.14	4.88	9.14	4.88	6.096	
100 Seed weight	14.91	26.12**	12.74	47.18*	12.74	47.18*	20.32	
Protein percentage	7415.5**	94.041**	1096.6**	189.57**	1096.6**	189.57**	41.053	
Hydration capacity	0.027**	0.025**	0.003	0.062**	0.003	0.062**	0.011	
Swelling capacity	0.001	0.011**	0.74*	0.26*	0.74*	0.26*	0.140	
Time before swelling	594.54	226.51	21.18	281.24	21.18	281.24	312.83	
Time after swelling	1306.3**	451.17**	167.66	627.73	167.66	627.73	493.19	
Seed appearance	0.121	0.43**	1.11**	0.771**	1.11**	0.771**	0.257	
Seed Scent	0.076	0.269	0.114	1.18**	0.114	1.18**	0.212	
Seed texture and structure	0.004	0.167	0.425	1.28**	0.425	1.28**	0.466	
Seed taste	0.316	0.782	6.45	18.06	6.45	18.06	23.609	

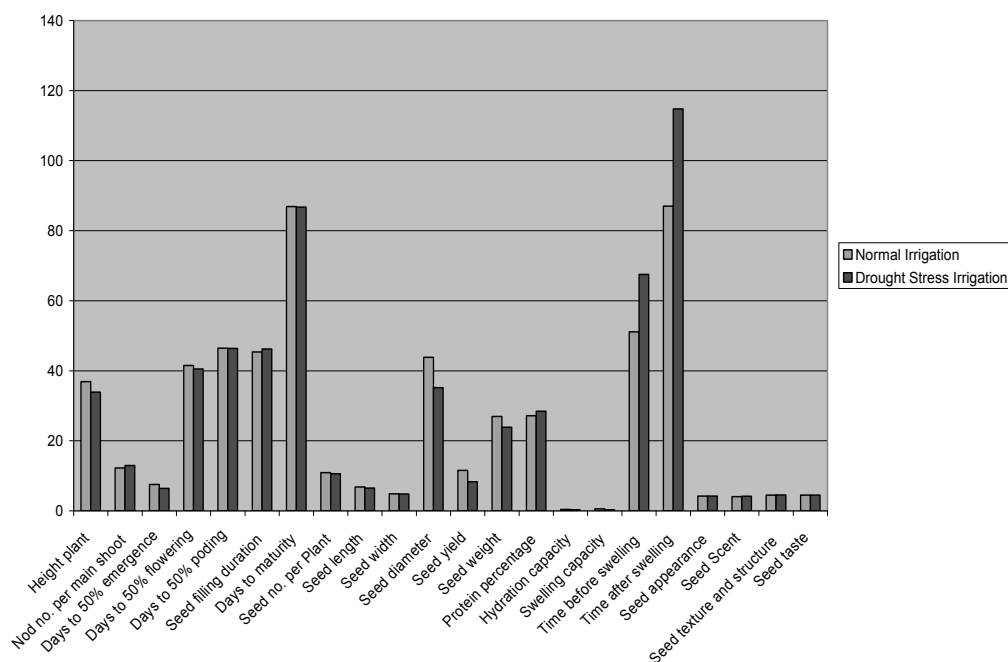
* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰.۵ / ۰.۱ و ۰.۰۱ / ۰.۰۰۱، به ترتیب احتمالاً.

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 ۱۰۰ دانه، 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 معنی‌دار 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.

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 کمی 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



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

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات با روش LSD و درصد ضریب تغییرات 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	
	Height plant طول بوته	33.948 b	
Nod no. per main shoot تعداد گره روی ساقه اصلی	12.960 a	12.241 a	-5.88
Days to 50% emergence تعداد روز تا ۵۰٪ جوانه زنی	6.445 a	7.555 a	14.70
Days to 50% flowering تعداد روز تا ۵۰٪ گل دهی	40.534 a	41.533 a	2.41
Days to 50% podding تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف دهی	46.400 a	46.466 a	0.15
Seed filling duration طول دوره پرشدن دانه	46.223 a	45.399 a	-1.83
Days to maturity تعداد روز تا رسیدگی کامل	86.755 a	86.933 a	0.21
Seed no. per Plant تعداد دانه در بوته	10.620 a	10.955 a	3.01
Seed length (mm) طول دانه (میلی‌متر)	6.533 a	6.845 a	4.53
Seed width (mm) عرض دانه (میلی‌متر)	4.814 a	4.897 a	1.64
Seed diameter (mm) قطر دانه (میلی‌متر)	35.196 b	43.870 a	19.79
Seed yield (g) عملکرد دانه (گرم)	8.341 b	11.605 a	28.02
100 Seed weight وزن صد دانه	23.881 b	26.983 a	11.49
Protein percentage درصد پروتئین	28.469 a	27.193 a	-4.67
Hydration capacity شاخص جذب آب	0.303 a	0.440 a	31.14
Swelling capacity شاخص تورم	0.338 a	0.609 a	43.67
Time before swelling زمان پخت دانه قبل از جذب آب	67.533 b	51.117 a	-32.10
Time after swelling زمان پخت دانه بعد از جذب آب	114.767 b	87.033 a	-31.87
Seed appearance جلوه و ظاهر دانه بعد از پخت	4.247 a	4.233 a	-0.95
Seed Scent بو و عطر دانه بعد از پخت	4.200 a	4.100 a	-2.44
Seed texture and structure بافت و ساختمان دانه	4.567 a	4.500 a	-1.56
Seed taste طعم و مزه دانه بعد از پخت	4.533 a	4.500 a	-0.67

جدول ۴ - مقادیر ویژه، نسبت‌های واریانس و واریانس تجمعی صفات کمی لوبیا قرمز
Table 4. Eigen values, factors variances and cumulative variance of Red beans

on drought stress تحت تنش خشکی				on normal irrigation تحت آبیاری طبیعی			
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 چهارم Factor 4	2.427	0.097	0.822	عامل چهارم Factor 4	3.106	0.115	0.754

چرخش متعامد واریانس 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 روی هم‌رفته بیش از ۷۵ درصد در شرایط تنش

تجزیه به عامل‌ها^۱

تجزیه به عامل‌ها بر روی صفات کمی به روش PAF^۲ و با

^۱ Factor Analysis

^۲ Principle Analyzing Factor

مورفولوژی بوته گروه‌بندی شد. فاکتور سوم با توجیه ۱۶ درصد تغییرات شامل صفت طول بوته بود و عامل مرتبط با تیپ رشد دسته‌بندی شد. فاکتور چهارم با توجیه حدود ۱۲ درصد 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.

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 ۵۰ درصد گل‌دهی، روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، تعداد دانه در بوته، عرض دانه و وزن ۱۰۰ دانه 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 ۵۰ درصد غلاف‌دهی و تعداد دانه در بوته بود که عامل مربوط به

جدول ۵- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل‌های صفات کمی 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 کمی 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 تا ۵۰ درصد گل‌دهی	0.910	-0.217	-0.035	0.171
Days to 50% podding روز تا ۵۰ 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 ۱۰۰ دانه	-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

شناخته گردید. فاکتور چهارم با توجیه کمتر از یک درصد تغییرات نیز صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد 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

در شرایط تنش خشکی، فاکتور اول با توجیه حدود ۲۸ درصد تغییرات شامل صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی، طول دوره پُرشدن دانه، قطر دانه، وزن ۱۰۰ دانه، 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، عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه 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

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 کمی 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.

سریع، آب کمتری جذب کرده است. میزان همبستگی بین زمان پخت و شاخص جذب آب $r = -0.73$ 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 زودپیزی 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 پرشدن 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

جدول ۶- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل‌های 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 کمی Quantitative Traits	عامل اول Factor1	عامل دوم Factor2	عامل سوم Factor3	عامل چهارم Factor4
Height plant طول بوته	-0.034	0.045	0.175	0.196
Nod no. per main shoot تعداد گره روی ساقه اصلی	-0.097	-0.647	0.567	-0.007
Days to emergence روز تا جوانه‌زنی	-0.038	-0.002	-0.037	0.872
Days to 50% flowering روز تا ۵۰ درصد گل دهی	-0.862	-0.227	0.167	0.049
Days to 50% podding روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی	-0.858	-0.237	0.120	-0.027
Seed filling duration طول دوره پرشدن دانه	0.842	-0.245	-0.170	-0.029
Days to maturity روز تا رسیدگی	-0.249	-0.571	0.040	0.604
Seed no. per plant تعداد دانه در بوته	-0.209	0.191	0.844	-0.156
Seed length طول دانه	0.237	0.778	-0.099	0.167
Seed width عرض دانه	0.491	0.240	-0.509	0.311
Seed diameter قطر دانه	0.862	-0.096	0.204	0.174
Seed yield عملکرد دانه	0.235	0.763	0.489	-0.054
100 Seed weight وزن ۱۰۰ دانه	0.599	0.604	-0.308	0.204
Protein % درصد پروتئین	-0.621	0.287	-0.113	0.471
Hydration capacity شاخص جذب آب	0.469	0.038	0.068	0.780
Swelling capacity شاخص تورم	0.715	0.206	0.255	0.038
Time before swelling زمان پخت دانه قبل از جذب آب	0.067	-0.103	0.456	0.735
Time after swelling زمان پخت دانه بعد از جذب آب	0.078	0.036	0.254	-0.560
Total factors جمع کل فاکتورها	1.627	1.06	2.403	3.768

منابع

1. Amini, A., and Bihanta, 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.

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, Philippines, 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. Aghae 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.

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., Bihamta², M.R. & Dorri³, 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