نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

مطالعه مراحل رشد و نمو و فنولوژی ژنوتیپ های لوبیا در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب

• علی اکبر قنبری، استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۲۶-۳۶۷۰۲۹۸۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: aghanbari2004@yahoo.co

چکیده

با توجه به اهمیت فنولوژی در رشد و نمو گیاهان زراعی به ویژه در شرایط تنش، این پژوهش برای ارزیابی مراحل فنولوژیکی و تعیین روابط آنها با تولید محصول ژنوتیپ های لوبیا در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) اجراء شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای اصلی، دو سطح آبیاری (نرمال و تنش آب) و تیمارهای فرعی، هشت ژنوتیپ لوبیا (اختر، D81083، AND1007، WA4502-1، WA4531-17، COS16، MCD4011، و KS21486) بود. نتایج نشان داد که کمبود آب باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره مراحل R5 (روز تا تشکیل غنچه گل)، R6 (روز تا گلدهی) و R7 (روز تا تشکیل نیام)، و طولانی‌تر شدن مراحل R8 (روز تا پر شدن دانه) و R9 (روز تا رسیدن دانه ها) و دوره پر شدن دانه گردید. این وضعیت برای تمام ژنوتیپ‌ها یکسان نبود. لاین KS21486 با کمترین دوره رشد رویشی، زودرس‌ترین ژنوتیپ در هر دو شرایط بود. در هر دو شرایط، طول دوره پر شدن دانه ژنوتیپ های لوبیا سفید نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها طولانی‌تر بود. بیشترین کاهش طول دوره پر شدن دانه متأثر از تنش، مربوط به لاین KS21486 بود. تنش در برخی از ژنوتیپ‌ها باعث تسریع رسیدگی و در بعضی دیگر باعث تأخیر در رسیدگی شد. در مجموع دو سال آزمایش، عملکرد دانه پر اثر تنش کمبود آب ۵۰ درصد کاهش نشان داد. درصد افت عملکرد متأثر از تنش، در ژنوتیپ های D81083 و AND1007 به ترتیب بیشترین و کمترین بود. میانگین عملکرد دانه انواع قرمز در شرایط نرمال و تنش کمبود آب نسبت به دو نوع دیگر بیشتر بود.

کلمات کلیدی: پر شدن دانه، خشکی، عملکرد، فنولوژی، لوبیا

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 190-199

Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions

By:

- *A. A. Ghanbari, (Corresponding Author; Tel:+98 26 36702983),Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, IRAN*

Received: April 2013 **Accepted: August 2014**

Given the importance of phenology in crop growth and development, especially in stressful conditions, this study evaluates the phenological stages and their relationship with the yield production of bean genotypes in seed and plant improvement institute (SPII). The experiments were arranged as split plot based on a randomized complete block design with four replications. Eight bean genotypes (Akhtar, D81083, AND1007, WA4502-1, WA4531-17, COS16, MCD4011, and KS21486) were evaluated under two contrasting moisture regimes (normal irrigation and water deficit conditions). The results showed that days from emergence to R5 (floral initiation), R6 (flowering) and R7 (pod set) stages shortened, while R8 (grain filling), R9 (maturity) and grain filling duration (GFD) took relatively longer time under drought conditions. The situation was not similar for all genotypes. KS21486 line had the lowest vegetative growth period but was also the earliest maturing genotype in both conditions. Under both irrigation conditions, GFD of white beans were longer than the other genotypes. The lowest decrease in GFD due to water deficit was observed in KS21486. Drought in some genotypes accelerated maturity and the others were delayed. Grain yield decreased by 50% due to water deficit. Percentage of yield loss by drought in the AND1007 and D81083 genotypes was the highest and the lowest, respectively. Average grain yield of red beans was higher than the other two groups in both normal and water deficit conditions.

key Words: Common bean, Drought, Grain filling duration, Phenology, Yield.

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی یکساله، علفی و خودگشن، از تیره *Fabaceae* و دارای n۲=۲۲ کروموزوم است. این گیاه دارای پنج گونه زراعی و حدود ۵۰ گونه وحشی است. در مرکز بین المللی تحقیقات گیاهان مناطق گرمسیری (CIAT) واقع در کلمبیا، مراحل فنولوژیکی این گیاه بر اساس صفات مورفولوژیکی تعریف و تعیین شده است. به طور کلی، مراحل فنولوژیکی لوبیا به دو فاز اصلی تقسیم می شود که شامل پنج مرحله در فاز رویشی، V (جوانه زنی بذر، سبز شدن و ظهور لپه ها در سطح خاک، ظهور برگ های اولیه، ظهور سه برگچه اول و ظهور سه برگچه سوم) که بر اساس تعداد گره روی ساقه اصلی استوار است و پنج مرحله در فاز زایشی، R (آغاز گلدهی یا تشکیل غنچه های گل، گلدهی، تشکیل نیام، پر شدن نیام و دانه و رسیدگی فیزیولوژیکی) که روی خصوصیات نیام و دانه بیشتر تکیه دارد، می‌باشد (Dorri et al., 2008; Majnoon Hosseini, 2008). تغییرات عمده مورفولوژیکی در این مراحل شامل نمو ریشه، نمو ساقه، شاخه دهی و نمو برگ ها، و تشکیل گل آذین و میوه است. در شرایط محیطی طبیعی، گلدهی، تشکیل نیام و رشد دانه به طور میانگین به ترتیب از ۴۳، ۴۵ و ۶۵ روز پس از کاشت آغاز می شود. در این شرایط، میانگین دوره رشد ارقام لوبیا بین ۹۰-۷۰ روز است (Fageria and Santos, 2008). طبق نظر White and Izquierdo (1991)، ارقام و لاین های لوبیا از نظر سرعت و دوره پر شدن دانه نیز تفاوت دارند. در لوبیا، نیام ها حدود ۲۸ روز پس از باز شدن گل ها، می رسند.

آب از جمله عواملی است که پراکنش جغرافیایی و تولید گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهد (Kotchoni and Bartels, 2003). در اکثر مناطق جهان، تغییر اقلیم ناشی از دوره های دراز مدت دماهای بالا و کاهش آب موجود است (Baker and Rosenqvist, 2004). طبق نظر کورپر و همکاران (Korir et al., 2006)، تنش کمبود آب، رشد گیاه را بیشتر از سایر تنش ها کاهش می دهد و در نتیجه باعث کاهش تولید بیوماس می شود. تنش خشکی یکی از علل اصلی افت عملکرد در سطح جهان است که باعث کاهش عملکرد تا ۵۰٪ و بیشتر می شود (Zlatev and Yordanov, 2004). لوبیا در طی رشد و نمو خود به طور معمول بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی متر بارندگی نیاز دارد (Broughton et al., 2003)، ولی حدود ۶۰٪ سطح زیر کشت جهانی لوبیا در خطر بروز خشکی‌های متناوب و یا آخر فصل است (Beebe et al., 2008).

گیاهان استراتژی های مختلفی را برای تحمل به تنش توسعه داده اند. این استراتژی ها شامل تغییر در فرایندهای متابولیکی، تغییرات ساختاری در غشاها، بیان ژن های ویژه و تولید متابولیت های ثانویه است (Kotchoni and Bartels, 2003). فنولوژی نیز نیروی تکاملی دیگری در سازگاری گیاهان یکساله به محیط‌های مختلف است (Kumar et al., 2006). از طرفی، مکانیسم های سازگاری به تنش خشکی شامل صفاتی

مانند صفات ریشه، تیپ رشد، تسریع گلدهی، تسریع رسیدگی، تجمع بیوماس اندام هوایی و انتقال مجدد آسیمیلات ها به دانه‌ها که نتیجه آن افزایش شاخص برداشت است، می باشد (Rosales-Serna et al., 2004; Teran and Singh, 2002). واکنش گیاهان به تنش ها، بستگی به عوامل متعدد مانند مرحله فنولوژیکی، زمان و شدت تنش ها نیز دارد (Nemeskeri et al., 2010). در پژوهش Kumar et al., (2006)، ژرم پلاسم های لوبیا برای تحمل خشکی در مرحله زایشی مورد نظر قرار گرفتند. بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی مانند فنولوژی، روابط آبی گیاه، پارامترهای فتوسنتزی و رشد ساقه مشاهده شد.

دوره رشد رویشی در اغلب گیاهان زراعی، مرحلهٔ مهم و طولانی از دوره رشد گیاه است. کاهش مدت این دوره موجب بروز تغییرات متفاوتی در گیاهان می شود. خشکی طی مراحل سبز شدن و رشد رویشی، باعث کاهش تراکم بوته و عملکرد بیوماس می شود. با این وجود، لوبیا در مراحل قبل از گلدهی (۱۲-۱۰ روز قبل از گلدهی) و گلدهی، نسبت به محدودیت آب حساس تر است. در این مراحل، کمبود آب باعث عدم تکامل گل آذین، کاهش تعداد نیام‌های جوان و دانه می شود (Lizana et al., 2006; Singh, 2007). طبق نظر Nielsen and Nelson (1998)، تنش کمبود آبی طی مرحله رویشی، رشد را از طریق کاهش ارتفاع بوته و سطح برگ کاهش می دهد. Singer et al., (1995) در بررسی های خود دریافتند که این مرحله از رشد لوبیا که با آغاز گلدهی پایان می‌یابد، در اثر تنش کمبود آب کوتاه تر شده و گلدهی و تشکیل نیام سریع‌تر به وقوع می‌پیوندد.

تنش طی مراحل زایشی، عملکرد دانه را از طریق کاهش بیوماس، تعداد نیام و تعداد دانه در نیام پایین می‌آورد (Nielsen and Nelson, 1998; Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998). به اعتقاد Brick et al., (2008)، خشکی باعث کاهش مقادیر صفات مرتبط با فنولوژی شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه نیز می شود. همچنین شاخص برداشت را کم می‌کند. Kumar et al., (2006) سازگاری به گرما و خشکی را در لوبیا بررسی کرده و نتیجه گرفتند که تعداد روز تا گلدهی هر قدر بیشتر باشد، تعداد نیام و عملکرد دانه افزایش می یابد.

با توجه به اهمیت فنولوژی در رشد و نمو گیاهان زراعی به ویژه در شرایط تنش، هدف این پژوهش ارزیابی مراحل فنولوژیکی و تعیین روابط آنها با تولید محصول سه گروه لوبیا سفید، قرمز و چیتی در شرایط آبیاری معمولی و محدود بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در شهرستان کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی اجراء شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۱۲/۵ متر است. میانگین بارندگی سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دماهای کمینه و بیشینه آن به ترتیب ۸/۷ و ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جدول ۱ میانگین برخی داده‌های هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال را نشان می‌دهد.

تعداد هشت ژنوتیپ لوبیا از گروه‌های مختلف سفید، قرمز و چیتی مورد ارزیابی قرار گرفتند که مبدأ همه آنها از مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق حاره (CIAT) واقع در کلمبیا می‌باشد. ژنوتیپ های مورد بررسی شامل: اختر، D81083 و AND1007 از گروه قرمز، WA4502-1 و WA4531-17 از گروه سفید، و KS21486، MCD4011 و COS16 از گروه چیتی بودند.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق پائیزه، شخم سطحی بهاره، دیسک و لولر به اجراء گذاشته شده و عناصر غذائی مورد نیاز گیاه در طول رشد و نمو بر اساس آزمون خاک تأمین گردید. بدین منظور قبل از کاشت، مقدار ۶۹ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (P_2O_5) از منبع فسفات آمونیوم و مقدار ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره در سطح مزرعه توزیع شد. جهت کنترل کامل علف‌های هرز، قبل از کاشت از علف‌کش پیش کاشت تریفلورالین به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شده و در طول فصل رشد علف‌های هرز موجود وجین دستی شدند. هم زمان با آغاز گلدهی، مقدار ۱۱/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره به صورت سرک و قبل از آبیاری در مزرعه توزیع شد.

آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی متوالی (۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) اجرا شد. تیمارهای اصلی، دو سطح آبیاری (نرمال و تنش آب) و تیمارهای فرعی، هشت ژنوتیپ لوبیا بود. در شرایط نرمال، آبیاری بر اساس ۶۰-۵۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. آبیاری محدود و اعمال تنش آبی هم پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و از زمان ظهور سومین سه برگچه ی لوبیا (مرحله V4) تا مرحله رسیدگی بر اساس ۱۱۰-۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A اجراء گردید. بذر ژنوتیپ‌ها در ۶ خط به طول ۵ متر با تراکم بوته ۴۰ بوته در متر مربع بود.

جدول۱- خلاصه آمار هواشناسی محل اجرای آزمایش طی سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۸

	خرداد		تیر		مرداد		شهریور		مهر	
آماره	۸۸	۸۹	۸۸	۸۹	۸۸	۸۹	۸۸	۸۹	۸۸	۸۹
حداقل دمای مطلق (C^o)	۹/۸	۱۱/۴	۱۴	۱۶/۳	۱۵/۲	۱۷/۳	۱۱/۸	۱۳/۶	۸/۲	۱۰/۲
حداکثر دمای مطلق (C^o)	۳۳/۴	۳۷/۴	۳۹/۸	۴۱/۸	۴۰/۸	۳۸/۶	۳۷	۳۵/۲	۲۹/۶	۳۲/۸
میانگین دما (C^o)	۲۳/۲	۲۵/۷	۲۶/۴	۲۹/۱	۲۸	۲۷/۳	۲۳/۲	۲۴/۴	۱۸/۸	۲۱/۶
رطوبت نسبی (٪)	۴۱	۳۲	۴۳	۳۳	۴۲	۳۵	۴۶	۴۰	۴۲	۴۲
میزان تبخیر (mm)	۲۶۵	۳۹۱	۳۵۱	۳۹۹	۳۰۷	۳۶۵	۲۵۸	۳۱۱	۲۱۱	۲۰۳

شکل۱- مراحل رشد و نمو (فنولوژی) لوبیا

مراحل رشد و نمو ژنوتیپ های مورد نظر در دو فاز رویشی و زایشی و بر اساس تعداد روزها از کاشت تا زمانی که ۵۰٪ بوته های هر کرت علائم ظهور هر یک از مراحل را نشان دادند، طبق روش Ghanbari and Beyzaei (2007) بررسی شدند. فاز رویشی شامل: روز تا سبز شدن (V1)، روز تا ظهور برگ های اولیه (V2)، روز تا ظهور سه برگچه ی اول (V3) و روز تا ظهور سه برگچه ی سوم (V4)؛ و فاز زایشی شامل: روز تا آغاز گلدهی یا تشکیل غنچه گل (R5)، روز تا گلدهی (R6)، روز تا تشکیل نیام (R7)، روز تا پر شدن دانه ها (R8) و روز تا رسیدن دانه (R9) بود. شکل ۱ مراحل رویشی و زایشی لوبیا را نشان می دهد.

در زمان رسیدن دانه ها، عملکرد هر تیمار با برداشت دو خط میانی هر کرت و توزین دانه های آن (با رطوبت ۱۲ درصد) تعیین شد. آزمون بارتلت برای اطمینان از متجانس بودن واریانس خطای صفات مختلف انجام و پس از اطمینان از متجانس بودن واریانس های خطا، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1 و SPSS 16 و مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال یک و پنج درصد) انجام شد. جهت تعیین ارتباط میان صفات مختلف، تجزیه و تحلیل همبستگی به روش پیرسون انجام شد.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیکی

انطباق فنولوژی لوبیا با شرایط محیطی در بهبود سازگاری به خشکی معیار مهم شناخته شده است (Acosta-Diaz et al., 2009; Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998; Rosales-Serna et al., 2004). ارقامی که تغییرات زیادی در فنولوژی ندارند، عملکرد دانه بیشتری در شرایط کمبود آب خواهند داشت (Acosta-Gallegos and White, 1995). در آزمایش حاضر، با توجه به این که تا مرحله V4 شرایط آبیاری در ژنوتیپ‌ها یکسان بود، پس تغییرات و تفاوت‌های جزئی بین تیمارها تا این مرحله رشدی ناشی از عواملی غیر از عامل رژیم آبیاری می‌باشد.

جدول۲- تجزیه مرکب صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7	عملکرد دانه
سال	۱	۷۵/۰۳*	۵۷/۷۸**	۲۲۸/۴۴**	۳۰۳/۱۹**	۱۳۶/۱۲**	۶۲۵/۶۹**	۱۱۴۰/۰۳**	۱۰۴۶/۵۳**	۲۷۳/۱۹**	۲/۰۰ ns	۳۶/۵۷**
بلوک در سال	۶	۲/۹۲	۱/۳۰	۱/۳۸	۰/۸۶	۰/۴۷	۰/۷۹	۰/۱۷	۰/۹۲	۲/۶۵	۱/۸۳	۰/۷۱
ابیاری(I)	۱	۰/۱۲ ns	۰/۵۰ ns	۱/۰۵ ns	۰/۷۳ ns	۱/۵۳ ns	۱/۷۵ ns	۱۱/۲۸**	۱/۱۲ ns	۱/۳۲ ns	۱۹/۵۳**	۲۲۹/۰۵**
سال×آبیاری	۱	۰/۵۰ ns	۰/۰۳ ns	۰/۹۴ ns	۰/۶۲ ns	۳/۱۲*	۳/۴۴*	۰/۰ ns	۴۰/۵۰ ns	۱۰۶/۹۴**	۴۰/۵۰**	۱/۱۱*
خطا	۶	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۸۴	۰/۷۲	۱/۱۹	۱/۲۲	۱/۱۲
ژنوتیپ (G)	۷	۴/۴۷**	۴/۵۵**	۷/۲۰**	۱۷/۱۰**	۳۳۹/۹۰**	۱۰۰۲/۰۱**	۱۰۸۰/۶۲**	۱۹۱۰/۴۹**	۲۰۱۵/۲۵**	۲۱۷/۱۰**	۹/۳۶**
سال×ژنوتیپ	۷	۰/۷۲**	۰/۹۵**	۴/۱۴**	۱۰/۸۲**	۲۲/۳۵**	۵۲/۳۲**	۴۳/۶۰**	۱۶۶/۱۷**	۲۱۸/۲۴**	۱۶۶/۳۲**	۱/۶۶**
ژنوتیپ×آبیاری	۷	۰/۳۲ ns	۰/۱۴ ns	۰/۲۳ ns	۰/۴۳ ns	۲/۲۹**	۴/۱۳**	۳/۶۷**	۲۳/۰۱**	۲۸/۴۰**	۱۵/۸۸**	۱/۶۱**
سال×ژنوتیپ×آبیاری	۷	۰/۵۸ ns	۰/۴۹ ns	۰/۶۴ ns	۰/۳۷ ns	۲/۱۴**	۰/۷۱ ns	۰/۴۶ ns	۲۰/۳۹**	۲۸/۱۰**	۲۰/۴۶**	۰/۲۵ns
خطا	۸۴	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۲۲
کل	۱۲۷											
ضریب تغییرات (٪)		۶۰/۵	۳۰/۴	۲۹/۳	۰۷/۲	۹۵/۱	۷۹/۱	۴۱/۱	۹۳/۰	۹۱/۰	۵۴/۲	۱۱/۷۲

ns، * و **به ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی متأثر از تیمار آبیاری گیاه لوبیا

آبیاری	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7	عملکرد دانه (g/m^2)
نرمال	۷/۱۱ a	۹۱/۹ a	۱۶/۱۱ a	۲۴/۱۶ a	۳۵/۹۱ a	۴۶/۶۴ a	۵۱/۰۸ a	۰۸/۸۶ a	۴۷/۹۵ a	۳۵/۰۰ b	۳۵۹ a
تنش	۷/۱۷ a	۰۳/۱۰ a	۱۵/۸۸ b	۲۴/۰۲ a	۳۵/۶۹ a	۴۶/۴۱ a	۵۰/۴۸ b	۲۷/۸۶ a	۶۷/۹۵ a	۳۵/۷۸ a	۱۸۰ b
درصد تغییرات	–	–	–	–	-۰/۶	-۰/۳	-۱/۱۷	+۲/۰	+۲/۰	+۲/۲	-۴۹/۹

علامت‌های + و – به ترتیب نشان دهنده افزایش و یا کاهش میزان صفت مورد مطالعه متأثر از تنش کمبود آب می‌باشند.

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

میانگین طول دوره مراحل V1، V2، V3 و V4 از کاشت تا آغاز هر یک از این مراحل به ترتیب ۷/۱، ۱۰، ۱۶ و ۲۴/۱ روز بود (جدول۳). این مراحل در ژنوتیپ‌ها به ترتیب از ۸-۶/۵، ۱۱-۹/۴، ۱۷-۱۵ و ۲۵/۵-۲۲ روز متغیر بود (جداول۴ و ۵).

مراحل R5، R6، R7، R8 و R9 در سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌دار ($p\leq0.01$) داشتند. اثر رژیم آبیاری، غیر از R7 و دوره پر شدن دانه، بر سایر مراحل غیر معنی‌دار بود. ولی ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه مراحل و دوره پر شدن دانه تفاوت معنی‌دار ($p\leq0.01$) نشان دادند (جدول۲). کمبود آب باعث کوتاه‌تر شدن هر یک از مراحل R5، R6 و R7، و طولانی‌تر شدن مراحل R8 و R9 و دوره پر شدن دانه گردید (جدول۴). البته این وضعیت برای تمام ژنوتیپ‌ها یکسان نبود (جدول۶). در هر دو شرایط، طولانی‌ترین دوره رشد رویشی (کاشت تا آغاز مرحله R5) مربوط به AND1007 بود. لاین KS21486 ضمن داشتن کمترین دوره رشد رویشی، زودرس‌ترین ژنوتیپ در هر دو شرایط نیز بود. در شرایط تنش، دوره رشد رویشی در لاین MCD4011، ۳/۵ درصد افزایش و در AND1007، ۲/۷ درصد کاهش داشت و این دو لاین بیشترین تغییرات را در بین ژنوتیپ‌ها نشان دادند (جدول۶).

در شرایط تنش، افت تعداد گل و نیام در برخی لگوم‌ها تا اندازه زیادی مربوط به محدودیت رشد رویشی است (Nunez Barrios et al., 2005). Beaver and Rosas (1998) دریافتند که انتخاب برای گلدهی سریع، باعث افزایش میزان تسهیم مواد می‌شود و دوره زایشی کوتاه‌تر منجر به انتخاب لاین‌های دانه ریز لوبیا قرمز با زودرسی هفت روزه می‌شود. طبق اظهار نظر Xoconostle-Cazares et al., (2011)، پس از دریافت تنش خشکی توسط گیاه، ابتدا تغییراتی در بیان ژن‌ها ایجاد می‌شود. در ادامه این تغییرات، بازتاب‌های سازشی مانند تسریع در گلدهی و توقف رشد مشاهده می‌شود. هر چند حس گرهای تنش خشکی هنوز ناشناخته اند، ولی ریشه اندامی است که این قابلیت را دارد.

طبق نتایج Lizana et al., (2006) تنش کمبود آب تأثیر معنی‌دار بر تغییر زمان گلدهی نداشت، ولی Acosta-Diaz et al., (2009) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد روز تا گلدهی در کلیه ارقام مورد مطالعه آنها شده است. در مطالعه Mayek-Perez et al., (2002) نیز تنش خشکی رشد رویشی ارقام لوبیا را کوتاه کرده است که علت آن را اثر منفی کمبود آب بر تقسیمات و توسعه سلولی دانسته‌اند. البته، دو وضعیت در انتخاب جهت عملکرد بالا در لوبیا مورد نظر بوده است: برخی ارقام با دوره رشد رویشی طولانی‌تر که باعث تجمع بیشتر بیوماس می‌شود و برخی دیگر با دوره‌های رشد کوتاه‌تر که نتیجه آن تسهیم مؤثرتر بیوماس و افزایش شاخص برداشت است (Scully and Wallace, 1990). طبق اظهار نظر Kumar et al., (2006) دوره‌های کوتاه‌تر تا گلدهی یا تشکیل نیام موجب افزایش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌شود.

جدول۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لوبیا متأثر از شرایط نرمال آبیاری

ژنوتیپ	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7	عملکرد دانه (g/m^2)
KS21486	۷/۰۰ b	۹/۸۸ bc	۱۵/۳۸ b	۲۲/۱۳ c	۲۷/۰۰ e	۳۲/۰۰ g	۳۵/۲۵ f	۶۵/۱۳ g	۷۲/۰۰ f	۲۹/۸۸ f	۲۲۱ d
MCD4011	۶/۸۸ bc	۹/۷۵ cd	۱۵/۷۵ b	۲۴/۰۰ a	۳۲/۷۵ d	۴۲/۱۳ e	۴۷/۰۰ d	۸۳/۳۸ e	۹۶/۱۳ c	۳۶/۳۸ c	۳۱۰ c
COS16	۶/۸۸ bc	۹/۸۸ bc	۱۶/۷۵ a	۲۵/۰۰ a	۳۹/۵۰ b	۵۶/۵۰ a	۶۰/۸۸ a	۹۵/۷۵ a	۱۰۴/۶۳ a	۳۴/۸۸ d	۴۲۷ a
D81083	۶/۵۰ c	۹/۳۸ d	۱۵/۷۵ b	۲۳/۰۰ c	۳۲/۰۰ d	۳۹/۸۸ f	۴۵/۱۳ e	۷۸/۳۸ f	۸۸/۰۰ e	۳۳/۲۵ e	۴۰۶ ab
Akhtar	۶/۸۸ bc	۹/۳۸ d	۱۵/۶۳ b	۲۴/۲۵ b	۳۹/۷۵ b	۵۰/۶۳ c	۵۵/۷۵ b	۸۵/۶۳ d	۹۳/۰۰ d	۲۹/۸۸ f	۳۴۸ c
AND1007	۷/۱۳ b	۹/۸۸ bc	۱۵/۸۸ b	۲۴/۲۵ b	۴۱/۳۸ a	۵۰/۷۵ c	۵۴/۵۰ c	۹۰/۷۵ c	۱۰۳/۰۰ b	۳۶/۲۵ c	۴۲۰ a
WA4531-17	۸/۰۰ a	۱۰/۸۸ a	۱۷/۰۰ a	۲۵/۱۳ a	۳۷/۵۰ c	۴۹/۲۵ d	۵۳/۸۸ c	۹۵/۱۳ ab	۱۰۲/۵۰ b	۴۱/۲۵ a	۳۴۹ c
WA4502-1	۷/۶۳ a	۱۰/۲۵ b	۱۶/۷۵ a	۲۵/۵۰ a	۳۷/۳۸ c	۵۲/۰۰ b	۵۶/۲۵ b	۹۴/۵۰ b	۱۰۴/۵۰ a	۳۸/۲۵ b	۳۶۹ bc

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول۵- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لوبیا متأثر از شرایط تنش کمبود آب

ژنوتیپ	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7	عملکرد دانه (g/m^2)
KS21486	۷/۵ b	۱۰/۲ b	۱۵/۳ bc	۲۲/۵ c	۲۷/۱ f	۳۱/۷ g	۳۴/۳ g	۶۳/۵ g	۷۲/۱ g	۲۹/۱ e	۱۱۳ d
MCD4011	۶/۸ c	۹/۶ cd	۱۵/۵ b	۲۴/۱ b	۳۳/۸ d	۴۱/۷ e	۴۵/۸ e	۸۱/۵ e	۹۴/۱ e	۳۵/۶ c	۱۹۳ b
COS16	۶/۷ c	۹/۷ cd	۱۶/۶ a	۲۴/۳ b	۳۸/۵ b	۵۴/۷ a	۵۹/۱ a	۹۵/۳ b	۱۰۳/۰ b	۳۶/۲ c	۲۳۳ a
D81083	۶/۷ c	۹/۵ d	۱۵/۶ b	۲۲/۷ c	۳۲/۲ e	۳۹/۷ f	۴۴/۳ f	۷۷/۷ f	۸۶/۵ f	۳۳/۳ d	۱۴۷ c
Akhtar	۶/۶ c	۹/۵ d	۱۴/۸ c	۲۴/۳ b	۳۸/۸ b	۵۰/۷ c	۵۵/۶ c	۹۰/۸ c	۹۸/۷ d	۳۵/۲ c	۱۸۰ b
AND1007	۶/۸ c	۱۰/۰ bc	۱۵/۵ b	۲۳/۸ b	۴۰/۲ a	۴۹/۲ d	۵۳/۰ d	۸۹/۰ d	۱۰۱/۱ e	۳۶/۰ c	۲۳۸ a
WA4531-17	۸/۳ a	۱۱/۲ a	۱۷/۰ a	۲۵/۰ a	۳۷/۳ c	۵۰/۵ c	۵۵/۰ c	۹۶/۶ a	۱۰۴/۵ a	۴۱/۶ a	۱۵۹ bc
WA4502-1	۷/۶ b	۱۰/۳ b	۱۶/۵ a	۲۵/۱ a	۳۷/۲ c	۵۲/۷ b	۵۶/۵ b	۹۵/۵ b	۱۰۵/۲ a	۳۹/۰ b	۱۷۸ b

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

طول دوره پر شدن دانه که در لوبیا هم صفت مهمی محسوب می‌شود، در هر دو شرایط در لاین های لوبیا سفید (WA4531-17 و WA4502-1) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها طولانی‌تر بود (جداول ۴و ۵). در شرایط تنش، تغییرات این دوره در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. در لوبیا قرمز اختر، این دوره با تفاوت قابل توجه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها طولانی‌تر گردید. بیشترین کاهش در طول این دوره متأثر از تنش خشکی مربوط به لاین KS21486 بود (جدول۶). نتایج پژوهش Ramirez-Vallejo and Kelly (1998) نشان داد که خشکی باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌شود. در اکثر گیاهان زراعی، ظرفیت عملکرد عمدتاً ناشی از تعداد دانه در واحد سطح و دوره پر شدن دانه است (Prasad et al., 2008). خشکی دوره پر شدن دانه را کوتاه کرده و باعث تولید دانه‌های کوچک‌تر می‌شود (de Souza et al., 1997).

خشکی پس از گلدهی اثر کمی بر سرعت پر شدن دانه دارد، ولی دوره پر شدن دانه را کوتاه کرده و باعث کاهش اندازه دانه یا عملکرد دانه می‌شود (Wardlaw and Willenbrink, 2000). مدارکی نیز وجود دارد که کاهش دوره پر شدن دانه تحت شرایط کمبود آب یا افزایش سرعت پر شدن دانه قابل جبران است، به ویژه زمانی که دسترسی کافی به کربوهیدرات حاصل از فتوسنتز مستقیم برگ یا اندوخته شده در ساقه یا برگ‌ها وجود داشته باشد (Prasad et al., 2008). Zhang et al., (1998) نیز اظهار داشتند که پر شدن سریع‌تر دانه و بهبود تحرک کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای می‌تواند اثرات خشکی بر عملکرد را به حداقل برساند. در سویا، اظهار شده است که تحت تنش خشکی، دوره پر شدن دانه یا افزایش سرعت پیری برگ کنترل می‌شود، که در واقع ممکن است با وضعیت نیتروژنی گیاه تنظیم گردد (de Souza et al., 1997).

همان طور که در جدول ۶ مشاهده می شود، واکنش ژنوتیپ ها به کمبود آب از نظر روز تا رسیدن دانه یا رسیدگی (R9) متفاوت بود، به طوری که تنش در برخی باعث تسریع رسیدگی و در برخی دیگر باعث افزایش تعداد روز تا رسیدگی شد. لاین MCD4011 و رقم اختر به ترتیب بیشترین کاهش و افزایش متأثر از کمبود آب را در طول دوره رشد داشتند. Brick et al., (2008) نیز از یک آزمایش دو ساله گزارش کردند که تنش کمبود آب باعث تسریع رسیدگی و کاهش تعداد روز تا رسیدگی در هر دو سال آزمایش شد. البته در آزمایش آنها نیز بین ارقام تفاوت وجود داشت. در تحقیقات متعدد، تأثیر تنش کمبود آب بر طول دوره رشد ارقام مختلف یکسان گزارش نشده است. به عنوان نمونه، طبق گزارش Singh (2007) و Urrea et al., (2009)، تنش خشکی باعث تسریع رسیدگی لوبیا تا ۴ روز می‌شود، در حالی که در پژوهش Boutraa and Sanders (2001) زمان تا رسیدگی متأثر از تنش اندکی طولانی‌تر شد. برخی محققان معتقدند که زودرسی ممکن است به فرار از خشکی کمک کند، در حالی که دیر رسی به ویژه در ارقام رشد نامحدود، ممکن

جدول۶- درصد تغییرات صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌ها متأثر از تنش کمبود آب

ژنوتیپ	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7	عملکرد دانه
KS21486	-	-	-	-	+۰/۵	-۰/۸	-۲/۵	-۲/۵	+۰/۲	-۲/۵	-۴۸/۸
MCD4011	-	-	-	-	+۳/۵	-۰/۹	-۲/۴	-۲/۳	-۲/۱	-۲/۱	-۴۶/۵
COS16	-	-	-	-	-۲/۵	-۳/۱	-۲/۹	-۰/۴	-۱/۶	+۳/۹	-۴۵/۳
D81083	-	-	-	-	+۰/۸	-۰/۳	-۱/۷	-۰/۸	-۱/۷	+۰/۴	-۶۳/۹
Akhtar	-	-	-	-	-۲/۲	+۰/۲	-۰/۲	+۶/۰	+۶/۲	+۱۶/۲	-۴۸/۳
AND1007	-	-	-	-	-۲/۷	-۲/۹	-۲/۸	-۱/۹	-۱/۸	-۰/۷	-۴۳/۳
WA4531-17	-	-	-	-	-۰/۳	+۲/۵	+۲/۱	+۱/۶	+۲/۰	+۰/۹	-۵۴/۴
WA4502-1	-	-	-	-	-۰/۳	+۱/۴	+۰/۴	+۱/۱	+۰/۷	+۲/۰	-۵۱/۷

جدول۷- تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی در شرایط نرمال آبیاری

صفت	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7
V1	۱									
V2	۰/۹۴۲**	۱								
V3	۰/۷۰۶	۰/۷۵۸*	۱							
V4	۰/۶۱۱	۰/۵۲۷	۰/۸۴۷**	۱						
R5	۰/۲۸۵	۰/۱۵۶	۰/۵۰۱	۰/۷۸۹*	۱					
R6	۰/۳۲۸	۰/۲۴۲	۰/۶۹۲	۰/۹۰۲**	۰/۹۴۰**	۱				
R7	۰/۳۰۱	۰/۲۱۲	۰/۶۸۴	۰/۹۰۲**	۰/۹۳۵**	۰/۹۹۷**	۱			
R8	۰/۵۱۱	۰/۴۶۵	۰/۸۲۹*	۰/۹۶۷**	۰/۸۶۴**	۰/۹۴۰**	۰/۹۴۲**	۱		
R9	۰/۴۳۹	۰/۴۰۰	۰/۷۵۸*	۰/۹۳۶**	۰/۸۴۶**	۰/۹۰۶**	۰/۹۰۸**	۰/۹۸۱**	۱	
R8-R7	۰/۷۴۲*	۰/۸۰۱*	۰/۷۹۷*	۰/۷۱۱*	۰/۳۶۸	۰/۴۴۵	۰/۴۴۱	۰/۷۱۷*	۰/۷۳۷*	۱
عملکرد دانه	-۰/۰۷۸	-۰/۰۷۵	۰/۴۵۴	۰/۵۵۶	۰/۷۴۸*	۰/۷۴۶*	۰/۷۶۱*	۰/۷۲۱*	۰/۷۴۶*	۰/۳۴۸

* و **به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

است باعث بهبود جزئی پس از تنش ملایم خشکی و بازیابی توان رشد و نمو گیاه گردد (Nleya et al., 2001; Singh, 2007). اعتقاد بر این است که ارقام زودرس و قد کوتاه نسبت به ارقام دیررس و قد بلند، نیاز آبی کمتری دارند (Munoz-Perea et al., 2007).

زودرسی به عنوان مکانیزم فرار لوبیا از خشکی گزارش شده است (White et al., 1994). مطابق با نظر Mitra (2001)، مکانیزم اجتناب از خشکی توانایی یک گیاه برای کامل کردن دوره رشد خود قبل از ایجاد تنش کمبود آب در گیاه است که این مکانیزم شامل سرعت در پیشرفت فنولوژیکی (تسریع گلدهی و زودرسی) است. طبق نظر White and Izquierdo (1991)، تعداد روز تا رسیدگی در اثر تنش خشکی کمتر می‌شود. زودرسی معمولاً با کاهش پتانسیل عملکرد رابطه دارد. Singh (1999) نتیجه گرفت که به ازای هر یک روز کاهش دوره رشد، عملکرد به میزان ۷۴ کیلوگرم در هکتار کاهش پیدا می‌کند. در بررسی‌های Ur-rea et al., (2009)، ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال چهار روز زودتر رسیدند. مشاهده شده است که با افزایش دوره رشد لوبیا، تعداد شاخه‌های بیشتری روی گیاه تشکیل شده و به عنوان منبعی جهت ساخت مواد فتوسنتزی و ذخیره مواد قابل دسترس برای رشد زایشی گیاه عمل می‌نماید (Amini et al., 2002) که نتیجه آن افزایش تعداد مقصد زایشی (نیام) است.

عملکرد دانه

عملکرد دانه متأثر از تنش کمبود آب اعمال شده در این آزمایش نزدیک به ۵۰ درصد کاهش نشان داد (جدول۳). لاین KS21486 در هر دو شرایط آبیاری کمترین میزان عملکرد را داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط نرمال آبیاری، با تفاوت غیر معنی دار، به ترتیب مربوط به لاین های COS16، AND1007 و D81083 بود، در حالی که در شرایط تنش، لوبیا قرمز D81083 شدیدتر از سایر ژنوتیپ ها با افت عملکرد مواجه شد (جداول۴ و ۵). ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد تفاوت بسیار معنی‌دار نشان دادند (جدول۲) که این امر می‌تواند ناشی از شدت تأثیر کمبود آب بر اجزای عملکرد آنها باشد. طبق گزارش محققان (Lopez et al., 1996; Pilbeam et al., 1992)، افت عملکرد لگوم‌های دانه‌ای در شرایط تنش خشکی عمدتاً مربوط به کاهش تعداد نیام در بوته است. با این وجود، Nunez Barrios et al., (2005) معتقدند که در تنش شدید، تعداد دانه در نیام و وزن تک دانه‌ها نقش مهمی در افت شاخص برداشت و عملکرد نهایی دارند. در برخی از مطالعات دیگر (Abebe et al., 1998; Teran and Singh, 2002)، تفاوت‌های ژنوتیپی در عملکرد دانه لوبیا (از نظر مقاومت به خشکی) گزارش شده است. Deproost et al., (2004) نتیجه گرفتند که تنش متوسط طی گلدهی باعث کاهش ۷۰-۳۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد بدون تنش می‌شود.

جدول۸- تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی در شرایط تنش کمبود آب

صفت	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	R8-R7
V1	۱									
V2	۰/۹۶۲**	۱								
V3	۰/۶۲۵	۰/۶۶۵	۱							
V4	۰/۳۵۳	۰/۴۱۶	۰/۵۸۵	۱						
R5	-۰/۱۵۲	۰/۰۴۴	۰/۲۷۶	۰/۷۳۶*	۱					
R6	۰/۰۰۰	۰/۱۴۰	۰/۵۰۱	۰/۸۴۶**	۰/۹۳۴**	۱				
R7	-۰/۰۲۶	۰/۱۱۴	۰/۴۸۴	۰/۸۳۸**	۰/۹۳۶**	۰/۹۹۸**	۱			
R8	۰/۱۲۵	۰/۲۵۷	۰/۵۸۱	۰/۹۰۱**	۰/۹۱۰**	۰/۹۷۸**	۰/۹۸۱**	۱		
R9	۰/۳۲۱	۰/۲۹۷	-۰/۲۲۰	۰/۱۸۰	۰/۰۵۶	-۰/۰۹۹	-۰/۰۹۱	۰/۰۲۱	۱	
R8-R7	۰/۴۴۶	۰/۵۴۳	۰/۷۱۴*	۰/۹۱۱**	۰/۷۲۰*	۰/۷۹۲*	۰/۷۹۴*	۰/۸۹۸*	۰/۲۷۱	۱
عملکرد دانه	-۰/۴۶۰	-۰/۲۵۹	۰/۱۵۵	۰/۴۴۸	۰/۸۱۳*	۰/۷۱۱*	۰/۷۰۳	۰/۶۳۸	-۰/۲۷۳	۰/۳۹۹

* و **به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

سایر محققان کاهش **عملکرد لوبیا** را از ۵۳٪ تا ۶۲٪ گزارش کرده‌اند (Munoz-Perea et al., 2006; Singh, 2007). طبق اظهار نظر Prasad et al., (2008)، خشکی عملکرد را در وهله اول به واسطه محدودیت تعداد دانه، از طریق تأثیر بر میزان ماده خشک تولید شده در اثر تغییر زمان گلدهی (این امر مخصوصا در انواع رشد محدود صحت دارد) و یا با تأثیر مستقیم بر گرده و تخمک و کاهش تشکیل دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد. دوماً، خشکی پر شدن دانه را از طریق عرضه آسیمیلات تحت تأثیر قرار می‌دهد که نتیجه آن کوچک‌تر شدن دانه و افت عملکرد است.

تجزیه همبستگی ساده صفات (جدول۷) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، مراحل زایشی (R5، R6، R7، R8 و R9) با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی دار داشتند. به عبارتی، با افزایش طول این مراحل بر میزان عملکرد افزوده می شود. اما در شرایط تنش، تنها مراحل R5 و R6 با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی دار بودند (جدول۸). بنابراین، در شرایط تنش، طول دوره رویشی لوبیا از اهمیت بالایی در تولید دانه برخوردار است. در این شرایط، هر چه طول مدت دوره رویشی بیشتر باشد، تولید دانه بیشتر و با کاهش دوره رویشی و تسریع در آغاز گلدهی، از عملکرد دانه کاسته خواهد شد.

نتیجه گیری

کمبود آب باعث کوتاه‌تر شدن مراحل R5، R6 و R7، و طولانی‌تر شدن مراحل R8 و R9 و دوره پر شدن دانه گردید. در هر دو شرایط، طولانی‌ترین دوره رشد رویشی (R5) مربوط به AND1007 بود. لاین KS21486 ضمن داشتن کمترین دوره رشد رویشی، زودرس‌ترین ژنوتیپ در هر دو شرایط نیز بود. تنش در برخی ژنوتیپ ها باعث تسریع رسیدگی و در برخی دیگر باعث تاخیر آن شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط نرمال آبیاری، پس از لاین های COS16 و AND1007 مربوط به D81083 بود، در حالی که در شرایط تنش، لوبیا قرمز D81083 در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها با افت شدیدتر عملکرد مواجه شد. میانگین عملکرد دانه انواع قرمز در شرایط نرمال و تنش کمبود آب نسبت به دو نوع دیگر بیشتر بود. در شرایط تنش، طول دوره رویشی لوبیا از اهمیت بالایی در تولید دانه برخوردار است. در این شرایط، هر چه طول مدت دوره رویشی بیشتر باشد، تولید دانه بیشتر و یا کاهش دوره رویشی و تسریع در آغاز گلدهی، از عملکرد دانه کاسته خواهد شد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب (۸۸۰۶۷-۰۳-۰۳-۲) موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می باشد. بدین وسیله از کلیه افرادی که در اجرای پروژه و تهیه این مقاله نقش داشتند تشکر و قدردانی می نماییم.

منابع مورد استفاده

1. Abebe, A., Brick, M.A. and Kirkby, R.A. (1998) Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Research, Vol. 58,* pp: 15-23.
2. Acosta-Diaz, E., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-Lopez, C., Padilla-Ramirez, J.S. and Amador-Ramirez, D. (2009) Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agricultura Técnica en México, Vol.* 35, pp: 419-428.
3. Acosta-Gallegos, J.A. and White, J.W. (1995) Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. *Crop Science, Vol.* 35, pp: 199-204.
4. Amini, A., Ghannadha, M.R. and Abd-Mishani, S. (2002) Genetic diversity and correlation between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science, Vol 33,* pp: 605-615 (In Farsi).
5. Baker, N.R. and Rosenqvist, E. (2004) Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany, Vol.* 55, pp: 1607-1621.
6. Beaver, J.S. and Rosas, J.C. (1998) Heritability of the length of reproductive period and rate of seed mass accumulation in common bean. *Journal of the American Society*

for Horticultural Science, *Vol.* 123, pp: 407-411.

7. Beebe, S.E., Rao, I.M., Cajiao, C. and Grajales, M. (2008) Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Science*, *Vol.* 48, pp: 582-592.
8. Boutraa, T. and Sanders, F.E. (2001) Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, *Vol.* 187, pp: 251-257.
9. Brick, M.A., Ogg, J.B., Singh, S.P., Schwartz, H.F., Johnson, J.J. and Pastor-Corrales, M.A. (2008) Registration of drought-tolerant, rust-resistant, high-yielding Pinto bean germplasm line CO46348. *Journal of Plant Registration*, *Vol.* 2, pp: 120-124.
10. Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. and Vanderleyden, J. (2003) Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant and Soil*, *Vol.* 252, pp: 55-128.
11. de Souza, P.I., Egli, D.B. and Brucening, W.P. (1997) Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agronomy Journal*, *Vol.* 98, pp: 807-812.
12. Deproost, P., Elsen, F. and Geypens, M. (2004) High yields of mechanically harvested snap beans as induced by moderate water stress during flowering. *Acta Horticultura*, *Vol.* 664, pp: 205-212.
13. Dorri, H.R., Ghanbari, A.A., Lak, M.R. and Bani Jamali, M. (2008) *Guide Bean (Plantation, Cultivation, Harvesting)*. Educational Technology Services Bureau, Iran (In Farsi).
14. Fageria, N.K. and Santos, A.B. (2008) Yield physiology of dry bean. *Journal of Plant Nutrition*, *Vol.* 31, pp: 983-1004.
15. Ghanbari, A.A. and Beyzaei, E. (2007) Study of morphological and phenological traits and correlation analysis in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines. *Journal of Agricultural Science, Vol 13,* pp: 629-638 (In Farsi).
16. Korir, P.C., Nyabundi, J.O. and Kimurto, P.K. (2006) Genotypic responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to moisture stress conditions in Kenya. *Asian Journal of Plant Sciences*, *Vol.* 5, pp: 24-32.
17. Kotchoni, S.O. and Bartels, D. (2003) Water stress induces the up-regulation of a specific set of genes in plants: Aldehyde dehydrogenases as an example. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Special Issue, pp: 37-51.
18. Kumar, A., Omae, H., Egawa, Y., Kashiwaba, K. and Shono M. (2006) Adaptation to heat and drought stresses in snap bean (*Phaseolus vulgaris*) during the reproductive Stage of development. *JARQ*, *Vol.* 40, pp: 213-216.
19. Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J.P., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, E.H. et al. (2006) Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effect of drought on yield and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, *Vol.* 57, pp: 685-697.
20. Lopez, F.B., Johansen, C. and Chauhan, Y.S. (1996) Effect of timing of drought stress on phenology, yield and yield components of a short-duration pigeon pea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *Vol.* 177, pp: 311-320.
21. Majnoun Hosseini, N. (2008) Grain legume production. University of Tehran, Iran (In Farsi).
22. Mayek-Perez, N., Garcia-Espinosa, R., Lopez-Castaneda, C., Acosta-Gallegos, J.A. and Simpson, J. (2002) Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *Vol.* 60, pp: 185-195.
23. Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, *Vol.* 80, pp: 758-763.
24. Munoz-Perea, C.G., Allen, R.G., Westermann, D.T., Wright, J.L. and Singh, S.P. (2007). Water use efficiency among dry bean landraces and cultivars in drought-stressed and non-stressed environments. *Euphytica*, *Vol.* 155, pp: 393-402.
25. Munoz-Perea, C.G., Teran, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T. and Singh, S.P. (2006) Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Science*, *Vol.* 46, pp: 2111-2120.
26. Nemeskeri, E., Sardi, E., Remenyik, J., Koszegi, B. and Nagy, P. (2010) Study of the defensive mechanism against drought in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Acta Physiologia Plantarum*, *Vol.* 10, pp: 1007-1016.
27. Nielsen, D.C. and Nelson, N.O. (1998) Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science, Vol.* 38, pp: 422-427.
28. Nleya, T.M., Slinkard, A.E. and Vandenberg, A. (2001) Differential performance of pinto bean under varying levels of soil moisture. *Canadian Journal of Plant Science*, *Vol.* 81, pp: 233-239.
29. Nunez Barrios, A., Hoogenboom, G. and Nesmith, D.S. (2005) Drought stress and distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. *Scientia Agricola*, *Vol.* 62, pp: 18-22.
30. Pilbeam, C.J., Akatse, J.K., Hebblethwaite, P.D. and Wright, C.D. (1992) Yield production in two contrasting forms of spring-sown faba beans in relation to water supply. *Field Crops Research*, *Vol.* 29, pp: 273-287.

31. Prasad, P.V.V., Staggenborg, S.A. and Ristic, Z. (2008). Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. In: Segoe, S. (ed.). *Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA, pp: 301-355.
32. Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J.D. (1998) Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, *Vol.* 99, pp: 127-136.
33. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-Lopez, C., Ortiz-Cereceres, J. and Kelly, J.D. (2004) Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Research*, *Vol.* 85, pp: 203-211.
34. Scully, B.T. and Wallace, D.H. (1990) Variation in and relationship of biomass, growth rate, harvest index, and phenology to yield of common bean. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *Vol.* 115, pp: 218-225.
35. Singer, S.M., Helmy, Y.I., Karas, A.N. and Abou-Hadid, F. (1995) Growth and development of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under water stress. *Horticultural Research*, *Vol.* 31, pp: 241-250.
36. Singh, S.P. (1999) *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
37. Singh, S.P. (2007) Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal*, *Vol.* 99, pp: 1219-1225.
38. Teran, H. and Singh, S.P. (2002) Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Science*, *Vol.* 42, pp: 64-70.
39. Urrea, C.A., Yonts, C.D., Lyon, D.J. and Koehler, A.E. (2009) Selection for drought tolerance in dry bean derived from the Mesoamerican gene pool in Western Nebraska. *Crop Science*, *Vol.* 49, pp: 1-6.
40. Wardlaw, I.F. and Willenbrink, J. (2000) Mobilization of fructan reserves and changes in enzyme activities in wheat stem correlate with water stress during kernel filling. *New Phytologist*, *Vol.* 148, pp: 413-422.
41. White, J.W. and Izquierdo, J. (1991) Physiology of yield potential and stress tolerance. In: Schoonhoven, A. and Voysest, O. (eds.). *Common Beans: Research for crop improvement*. CAB International, CIAT, Colombia, pp: 287-382.
42. White, J.W., Ochoam, R., Ibarra-Perez, F. and Singh, S.P. (1994) Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid rainfed conditions. *Agricultural Science*, *Vol.* 122, pp: 265-273.
43. Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F.A., Flores-Elenes, L. and Ruiz-Medrano, R. (2011) Drought tolerance in crop plants. *American Journal of Plant Physiology*, *Vol.* 10, pp: 1-16.
44. Zhang, J., Sui, X., Li, B., Su, B., Li, J. and Zhou, D. (1998) An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduction irrigation. *Field Crops Research*, *Vol.* 59, pp: 91-98.
45. Zlatev, Z.S. and Yordanov, I.T. (2004) Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, *Vol.* 30, pp: 3-18.