ارزیابی واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به تنش خشکی انتهایی دوره رشد

سیده حکیمه داودی[۱]، علی راحمی‌کاریزکی[۲*]، علی نخ‌زری مقدم[۲]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

۲- عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *airahemi@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۲۰ اسفند ۱۳۹۵، تاریخ بازنگری: ۱۲ خرداد ۱۳۹۶، تاریخ پذیرش: ۱۵ شهریور ۱۳۹۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تنش خشکی انتهای فصل رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام لوبیا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی انتهای فصل رشد در مرحله غلاف‌دهی در سه سطح شامل عدم تنش (شاهد)، تنش متوسط (آبیاری با تخلیه ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری با تخلیه ۷۰ تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی) و عامل دوم ۴ رقم مختلف لوبیا شامل لوبیا سفید (داران)، لوبیا قرمز (آزادشهر)، لوبیا سبز (سان‌ری) و لوبیا چیتی (سامان) بودند. کاشت بذور در گلدان‌های ۱۲ کیلویی حاوی خاک انجام شد. در این آزمایش صفات تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن دانه، وزن دانه در بوته، وزن خشک کل بوته و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد که تنش انتهای فصل رشد بر تمام صفات اثر معنی داری داشت. اثر رقم بر تمامی صفات به‌جز شاخص برداشت و تعداد دانه در بوته مشابه تنش خشکی بود. اثر متقابل تنش خشکی × ارقام به‌جز تعداد نیام در بوته در مورد بقیه صفات معنی‌دار شد. کم‌ترین عملکرد دانه طی تنش شدید مربوط به لوبیا سفید با ۰/۹۶ گرم در بوته و بیش‌ترین این مقدار مربوط به لوبیا چیتی با ۱/۲۵ گرم در بوته بود. این مطالعه نشان داد که لوبیا چیتی و لوبیا سفید به ترتیب دارای کم‌ترین و بیش‌ترین حساسیت به تنش خشکی انتهای فصل رشد بودند.

کلمات کلیدی: *تنش خشکی؛ نیام در بوته؛ وزن دانه*

مقدمه

حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی بشر پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. در بین حبوبات از لحاظ سطح زیر کشت، مقام اول متعلق به لوبیا می‌باشد. لوبیا در پنج قاره دنیا کشت می‌شود. سطح زیر کشت جهانی آن حدود ۲۴ میلیون هکتار و متوسط عملکرد آن حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است. بر اساس آمار ۹۳-۱۳۹۲، سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۱۱۶۲۳۲ هکتار و تولید آن ۲۲۶۳۶۹ تن بوده است (Ahmadi Mosavi *et al.,* 2006). دانه لوبیا دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۶۰-۵۵ درصد کربوهیدرات می‌باشد (Kuchaki and Banayanaval, 2008).

ایران در ناحیه خشک جهانی قرار دارد و متوسط بارش آن ۲۵۰ میلی‌متر است این شرایط باعث می‌گردد که گیاهان اغلب در معرض تنش خشکی قرار گیرند (Salehi *et al.,* 2005). وجود تنش‌های غیر زنده محیطی به‌ویژه تنش خشکی یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک است که رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از این طریق عملکرد گیاهان زراعی را محدود می‌کند (Aghcheli *et al.,* 2016).

در بین عوامل مختلف ایجاد کننده تنش در نخود، تنش خشکی به تنهایی ۴۵ درصد کاهش عملکرد دانه را موجب می‌شود (Amiri *et al.,* 2010). گلدانی و رضوانی (Goldani and Rezvani, 2006) بیان نمودند که در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه نخود به‌دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. طبق بررسی ژو (Zhu, 2002) کمبود مواد قابل انتقال بر اثر تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی باعث سقط دانه در نیام می‌شود.

در بررسی عمادی و همکاران (Emadi *etal.,* 2010) بیش‌ترین تعداد دانه در نیام لوبیا از تیمار آبیاری معمولی و کم‌ترین تعداد دانه در نیام از تیمار تنش خشکی در مرحله زایشی به‌دست آمد. خاقانی و همکاران (Khaghani *et al.,* 2010) با بررسی صفات کمی و کیفی لوبیا سفید و قرمز تحت تأثیر تنش خشکی بیان کردند که عملکرد تک بوته در لوبیا قرمز و وزن خشک برگ، وزن خشک بوته و وزن ۱۰۰ دانه در لوبیا سفید کاهش بیش‌تری نسبت به بقیه صفات داشتند. نتایج بررسی پاک‌مهر و همکاران (Pakmehr *et al.,* 2011) نشان دادند که در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های لوبیا از نظر تعداد نیام در بوته اختلاف معنی‌دار نداشتند اما از نظر عرض نیام و تعداد دانه در نیام در سطح پنج درصد و از نظر سایر صفات در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. اردکانی و همکاران (Ardakani *et al.,* 2012) گزارش کردند که اثر متقابل تنش خشکی × تراکم بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در لوبیا چیتی معنی‌دار بود. دشتکی و همکاران (Dashtaki *et al.,* 2016) در بررسی اثر تنش رطوبتی بر ۳۳ ژنوتیپ لوبیا بیان داشتند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، روز تا مرحله رسیدگی، اندازه بذر در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد در ژنوتیپ ۲۸ با میزان ۲۴۵/۶ و کمترین در ژنوتیپ ۱۲ با ۶۰/۶۱ گرم در مترمربع بود. در تنش رطوبتی بیشترین عملکرد در ژنوتیپ ۱۴ با ۱۳۲/۷۷ و کمترین در ژنوتیپ ۲۵ با ۱/۴ گرم در مترمربع بود.

هدف از این آزمایش بررسی اثر تنش خشکی

بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام لوبیا بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس اجرا گردید. شرایط گلخانه به گونه‌ای بود که رطوبت و گرمای درون گلخانه از طریق تهویه‌های نصب شده و در مواقع ضروری بالا دادن پلاستیک دو طرف گلخانه توسط هندل‌های تعبیه شده، تنظیم می‌شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلدان‌های ۱۲ کیلویی انجام شد. عملیات کاشت در اواسط اسفند ماه ۱۳۹۲ انجام شد. عامل اول تنش خشکی در سه سطح شامل عدم تنش (شاهد)، تنش متوسط (عدم آبیاری تا تخلیه ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش شدید (عدم آبیاری تا تخلیه ۷۰ تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی) در مرحله نیام‌دهی انجام شد. آبیاری تا زمان قبل از نیام‌دهی به صورت کامل انجام گردید و از شروع نیام‌دهی اعمال تنش خشکی آغاز و تا زمان برداشت کامل کلیه نیام‌ها صورت گرفت. مجموع وزن خاک خشک، وزن گلدان خالی، پلاستیک و آب برای پتانسیل‌های مختلف به عنوان وزن مرجع در نظر گرفته شد. گلدان‌ها به طور مرتب وزن می‌شدند و در هنگام نیاز به اندازه اختلاف از وزن مرجع به آنها آب اضافه می شد.

عامل دوم ۴ رقم مختلف لوبیا شامل لوبیا سفید (داران)، لوبیا قرمز (آزادشهر)، لوبیا سبز (سان‌ری) و لوبیا چیتی (سامان) بودند. برای تهیه خاک، خاک آزمایش شده ابتدا از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند.

پتانسیل‌های خشکی پس از تعیین درصد رس، سیلت، شن و وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده که رابطه بین پتانسیل آب خاک و رطوبت خاک را مشخص می کند، تعیین شد .این منحنی از طریق فرمول ساکستن و همکاران(Saxton *et al.*, 1986) محاسبه شد:

$$\psi m = A.\theta_v^b \qquad (۱)$$

در این رابطه ψ_m پتانسیل ماتریک بر حسب بار، θ_v نسبت رطوبت حجمی بر حسب سانتی مترمکعب آب در سانتی‌مترمکعب خاک است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta = p^b \times \theta_m \qquad (۲)$$

در این رابطه θ_m نسبت رطوبت وزنی و pb وزن مخصوص ظاهری خاک است. در رابطه (۱) A و B به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A = \exp[-4.396 - 0.0715C - 4.88\times10^{-4} \times S^2 - 4.285\times b^{-5} S^2 C]100 \qquad (۳)$$

$$B = -3140 - 0.00222c^2 - 3.48*10^{-5}*s^2c \qquad (۴)$$

که در این روابط S درصد شن خاک و C درصد رس خاک است.در این آزمایش برای ترسیم منحنی رطوبتی خاک از برنامه Psaycalc[1] استفاده شد. در این برنامه در بخش ورودی ابتدا ویژگی‌های خاک مورد نظر در بخش ورودی مدل وارد شد و خروجی مدل شامل مقدار آب خاک بر حسب گرم بر گرم و پتانسیل ماتریک گزارش شد، در نهایت با استفاده از خروجی مدل و وزن خاک گلدان مقدار آب بر حسب پتانسیل مورد نظر در هر گلدان محاسبه شد. داخل گلدان‌ها پلاستیک‌های بدون منفذ قرار داده شد، سپس تعداد ۴۰ گلدان آماده گردید و درون هر کدام ۱۲ کیلوگرم خاک آماده شده، ریخته شد. میزان مصرف کود شیمیایی بر اساس توصیه کودی برای لوبیا ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در

۱- این برنامه توسط دکتر افشین سلطانی عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شده است.

جدول ۱- مشخصات نمونه خاک مزرعه آموزشی (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Characteristics of soil sample (0-30 cm depth)

بافت خاک Soil texture	کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته گل اشباع Acidity saturation	هدایت الکتریکی EC(ds/m)	گوگرد Sulfur (ppm)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)
لوم‌رسی‌سیلتی Silt-clay-loamy-	1.16	7.6	1.1	47.3	13.4	21.2	0.07

هکتار سوپر فسفات تریپل استفاده شد که تمام کود فسفره و یک دوم کود اوره به صورت پایه مصرف شد و مابقی کود اوره در مرحله نیام‌دهی مصرف گردید.

وقتی بوته‌ها به طور کامل زرد شدند برداشت انجام گرفت. در زمان برداشت وزن کل بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن نیام در بوته و وزن دانه در بوته اندازه‌گیری شد و در نهایت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (حاصل تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک در صد) انجام شد (Goldani and Rezvani, 2006).

چون داده‌ها نیاز به برش‌دهی بعد از تجزیه واریانس داشتند بنابراین تجزیه واریانس داده‌ها از رویه Proc Glm و مقایسه میانگین‌ها به‌روش LSD با نرم‌افزار آماری SAS با نسخه ۹/۳ انجام و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شد. برای صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد از روش برش‌دهی (مجموع مربعات سطوح یک عامل در هر سطح عامل دیگر) برای تجزیه واریانس استفاده شد. برای صفاتی که اثر متقابل بر روی آن‌ها معنی‌دار نبود تنها به مقایسه میانگین سطوح فاکتوری که معنی‌دار شده بود اکتفا شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر خشکی بر تمام صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر رقم بر تمامی صفات بجز شاخص برداشت و تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل خشکی × رقم بر تمام صفات بجز تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح خشکی نشان داد که بیش‌ترین تعداد نیام در بوته مربوط به تیمار عدم تنش خشکی بود در حالی که بین دو سطح خشکی متوسط و شدید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). از آنجایی که اعمال تنش خشکی در مرحله نیام‌دهی صورت گرفت، بیشتر بودن تعداد نیام در شاهد یا شرایط نرمال به این دلیل است که شرایط رطوبتی برای تشکیل نیام مناسب بوده و نیام‌دهی به‌طور طبیعی صورت گرفته است و هیچ گونه محدودیتی برای ارقام از نظر تشکیل نیام وجود نداشته است. این نتیجه با نتیجه حاصل از بررسی شکاری و همکاران (Shekari *et al.*, 2010) مطابقت دارد. از طرف دیگر، دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو سطح تنش شدید و متوسط مربوط به زمان و نحوه اعمال تنش بود که ارقام در دو سطح خشکی متوسط و شدید فاصله زمانی کمی از نظر تخلیه رطوبتی برای تشکیل نیام با هم تفاوت داشتند و در این فاصله تفاوت نیام‌ها تشکیل شده کم بود و انتظار هم می‌رفت که از نظر تشکیل نیام بین سطوح خشکی تفاوتی مشاهده نشود نتایج امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2001) هم

این مطلب را تأیید می‌کند.

مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم لوبیا سفید تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر تعداد نیام در بوته با سایر ارقام داشت و دارای کم‌ترین تعداد نیام در بوته بود. این امر نشان‌دهنده حساسیت و عکس‌العمل بیش‌تر لوبیا سفید به تنش خشکی می‌باشد. بین سه رقم دیگر تفاوتی از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۲). برش‌دهی اثرات متقابل نشان داد که ارقام از نظر تعداد دانه در بوته در شرایط نرمال در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲). تفاوت ارقام از نظر تعداد نیام در بوته در شرایط نرمال معنی‌دار بود. جدول همبستگی صفات نشان داد که بین تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته رابطه مثبت و مستقیم وجود دارد (جدول ۴). ارقام از نظر تعداد دانه در بوته در دو سطح خشکی ملایم و شدید فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۲). تنش در مرحله نیام‌دهی معمولاً صفات نهایی مانند وزن خشک کل بوته و وزن دانه را بیش‌تر تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ لذا معنی‌دار نشدن تعداد نیام در بوته در شرایط تنش رطوبت قابل توجیه می‌باشد. مقایسه

جدول۲- تجزیه واریانس و برش‌دهی اثر متقابل خشکی× رقم برای صفات مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance and slicing of interaction , Drought × Cultivar for study traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات (MS)					
		شاخص برداشت HI	وزن خشک بوته TDW	وزن دانه در بوته SWP	وزن تک بوته SW	تعداد دانه در بوته NSPP	تعداد نیام در بوته NPPP
رقم C	3	14.22	120.30**	26.77**	0.86**	59.42 ns	81.64**
خشکی D	2	5221.44**	138.11**	112.14**	0.29**	477.06**	25.39*
رقم × خشکی C×D	6	676.50*	15.66*	13.65**	0.39*	197.19*	9.28 ns
ضریب تغییرات CV%	-	13.30	13.20	23.15	14.85	11.77	12.48

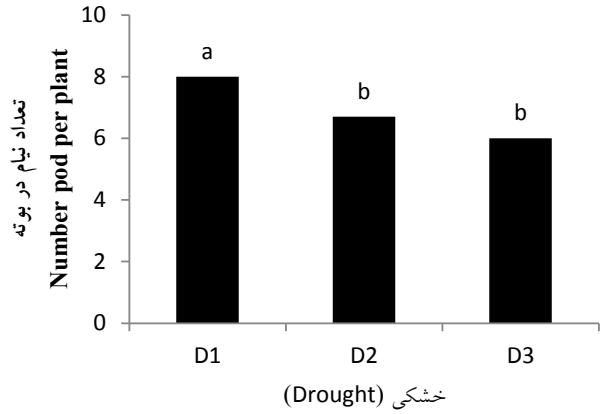
ادامه جدول ۲- برش‌دهی اثر متقابل مجموع مربعات سطوح ارقام در هر سطح تنش

Table 2- Continued- Slicing interaction effect of sum square of cultivars levels per stress level.

سطوح تنش Stress levels	درجه آزادی DF	میانگین مربعات (MS)				
		شاخص برداشت HI	وزن خشک بوته TDW	وزن دانه در بوته SWP	وزن تک بوته SW	تعداد دانه در بوته NSPP
D1	3	197.11 ns	44.39**	23.05**	0.78**	224.33**
D2	3	54.19 ns	68.51**	16.90**	0.42**	7.58 ns
D3	3	439.42*	25.06**	0.48 ns	0.05 ns	24.67 ns

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌دار، C= رقم؛ D= خشکی؛ NPP = تعداد نیام در بوته؛ NSPP = تعداد دانه در بوته؛ SW = وزن تک دانه؛ SWP = وزن دانه در بوته؛ TDW = وزن خشک بوته؛ HI = شاخص برداشت؛ D_1 = شاهد (عدم تنش)؛ D_2= تنش متوسط؛ D_3 = تنش شدید.

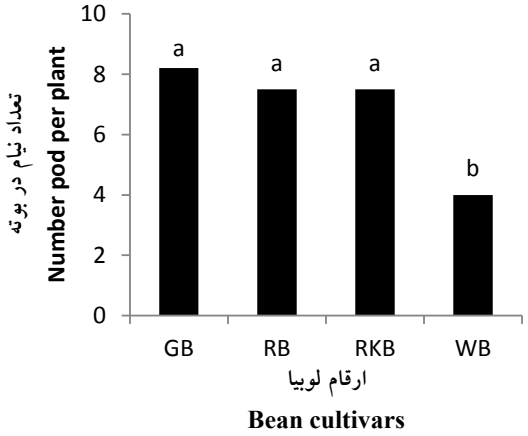
*, **: Probability level of significantly in 0.05 and 0.01 respectively; C, Cultivar; D, Drought; NPP, Number pod per plant; NSPP, Number seed per pod; SW, Seed Weight; SWP; Seed weight per plant; TDW; Total Dry weight; HI, Harvest index; D_1= Control, D_2= Slight water stress, D_3= Intensive water stress.



شکل۱- مقایسه میانگین سطوح مختلف خشکی از نظر تعداد نیام در بوته (D1 =شاهد (عدم تنش)

D2= تنش متوسط D3 = تنش شدید)

Figure 1- Mean comparison of drought stress levels for number of pod per plant (T1= Control, T2= Slight water stress, T3= Intensive water stress.).



شکل۲- مقایسه میانگین ارقام از نظر تعداد نیام در بوته طی تنش خشکی

(WB = لوبیا سفید، RKB = لوبیا قرمز، RB = لوبیا چیتی، GB = لوبیا سبز).

Figure 2- Mean comparison of cultivars for number of pod per plant during drought stress (WB= White bean, RKB= Red kidney bean, RB= Romano bean, GB =Green bean).

میانگین‌ها نشان داد که در شرایط شاهد هم اختلاف معنی‌داری بین اکثر ارقام از نظر تعداد دانه در بوته وجود نداشت و تنها لوبیا چیتی از کم‌ترین تعداد دانه در بوته برخوردار بود که با توجه به این‌که در لوبیا چیتی نسبت به سایر ارقام اختلاف عددی کم‌تری از نظر تعداد دانه در شرایط نرمال و شرایط تنش وجود دارد می‌توان بیان کرد کم بودن تعداد دانه در بوته مرتبط با خصوصیات ژنتیکی آن می‌باشد (جدول ۳). این نتیجه با بیان کوچکی و بنایان اول (Koochaki and Banayanaval, 2008) مطابقت دارد.

برش‌دهی اثرات متقابل سطوح ارقام در هر سطح خشکی نشان داد که در سطح بدون تنش خشکی و

خشکی متوسط از نظر وزن دانه و وزن دانه در بوته بین ارقام تفاوت معنی‌دار وجود داشت در حالی‌که در تنش شدید از نظر این دو صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲) زیرا با توجه به شرایط گلخانه‌ای موجود تنها عامل رطوبت و بارندگی قابل کنترل بود در صورتی‌که دمای بالا در زمان رشد باعث تشدید تنش شده و موجب شد در این حالت زوال سطح برگ سریع‌تر اتفاق افتاده و در نتیجه فتوسنتز متوقف یا به‌شدت کاهش یابد در نتیجه در کلیه ارقام تقریبا تولید و انتقال مواد و پر شدن دانه به‌شدت کاهش یابد. با اعمال تنش و تخلیه ۳۰ درصدی رطوبت از حد ظرفیت زراعی عملکرد ممکن است به دو دلیل کاهش یابد یکی این‌که سطح برگ در گیاه کاهش یابد و این باعث کاهش فتوسنتز شده که نتیجه آن کاهش اندازه منبع می‌باشد و در این حالت هر چند اندازه مخزن (دانه) بزرگ باشد اما به‌علت عدم وجود مواد فتوسنتزی برای انتقال، نقل و انتقال مواد کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، اگر تنش در زمان گرده افشانی یا نیام‌دهی اتفاق بیفتد این امر باعث کاهش تعداد دانه (اندازه مخزن) می‌شود. هنگامی که اندازه مخزن پایین باشد، مواد فتوسنتزی در عناصر آوندی تجمع می‌یابند و این امر سبب ایجاد یک بازخور منفی بر روی سیستم انتقال مواد آوندی می‌شود و در نهایت باعث کاهش نقل و انتقال مواد می‌شود که در این تحقیق احتمالاً هر دو دلیل ذکر شده باعث کاهش عملکرد دانه در بوته شد (Aghcheli *et al.*, 2016). نتایج این تحقیق با نتایج نیلسن و نیلسون (Nielsen and Nelson, 1988) و گلدانی و رضوانی (Goldani and Rezvani, 2006) مطابقت دارد. مقایسه میانگین نشان داد که رقم لوبیا چیتی نسبت به سایر ارقام در شرایط مطلوب از وزن

جدول۳- مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام در هر سطح تنش

Table 3- Mean comparison of yield and yield components of cultivars for stress levels.

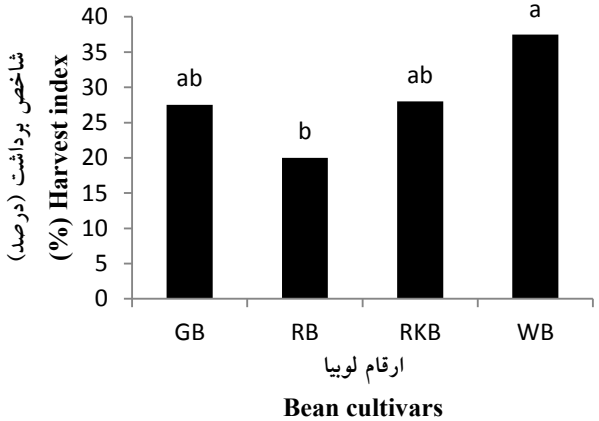
سطوح تنش Stress levels	ارقام Cultivar	میانگین ها Means			
		وزن خشک بوته TDW (g)	وزن دانه در بوته SWP (g)	وزن تک بوته SW (g)	تعداد دانه در بوته NSPP
D_1	GB	7.5^{b}	4.67^{b}	0.26^{b}	21.33^{a}
	RB	12.45^{a}	7.92^{a}	0.90^{a}	9.33^{b}
	RKB	8.63^{b}	4.79^{b}	0.31^{b}	17^{a}
	WB	8.58^{b}	4.7^{b}	0.36^{b}	17^{a}
D_2	GB	5.95^{b}	2.7^{bc}	0.43^{bc}	8.67^{a}
	RB	10.77^{a}	5^{a}	0.76^{a}	9^{a}
	RKB	6.95^{b}	3.13^{b}	0.50^{b}	10.67^{a}
	WB	4.25^{c}	1.74^{c}	0.24^{c}	10^{a}
D_3	GB	3.92^{bc}	1.09^{a}	0.34^{a}	5.67^{a}
	RB	6.48^{a}	1.25^{a}	0.35^{a}	8.67^{a}
	RKB	5.04^{ab}	1.5^{a}	0.24^{a}	9.33^{a}
	WB	2.54^{c}	0.96^{a}	0.19^{a}	7^{a}

NSPP، تعداد دانه در بوته؛ SW، وزن دانه؛ SWP، وزن دانه در بوته؛ TDW، وزن خشک بوته؛ GB، لوبیا سبز؛RB، لوبیا چیتی؛ RKB، لوبیا قرمز؛ WB، لوبیا سفید؛ D_1، شاهد (عدم تنش)؛ D_2، تنش متوسط؛ D_3 ،تنش شدید؛

NSPP, Number seed per pod; SW, Seed Weight; SWP; Seed weight per plant; TDW; Total Dry weight; WB= White bean, RKB= Red kidney bean, RB= Romano bean, GB =Green bean, D_1= Control, D_2= Slight water stress, D_3= Intensive water stress.

دانه‌ای بیش از سه برابر برخوردار بود در صورتی که لوبیا سبز از کم‌ترین وزن دانه برخوردار بود (جدول ۳). همچنین، در سطح خشکی متوسط رقم لوبیا چیتی نسبت به سایر ارقام از وزن دانه بیش‌تری برخوردار بود در حالی‌که لوبیا سفید نسبت به سایر ارقام از وزن دانه پائین‌تری برخوردار بود (جدول ۳). از آنجایی که لوبیا چیتی با داشتن تعداد دانه کم‌تر مواد حاصل از فتوسنتز خود را به دانه کم‌تری اختصاص می‌دهد در نتیجه از وزن‌دانه بیش‌تری برخوردار می‌باشد. لوبیا سبز با داشتن تعداد دانه بیش‌تر از وزن دانه کم‌تری برخوردار بود. در تنش خشکی متوسط مقدار عددی وزن دانه در لوبیا سبز بیش‌از شرایط نرمال بود که می‌تواند به‌دلیل کم‌تر بودن تعداد دانه و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به دانه در این رقم در شرایط تنش خشکی متوسط نسبت به شرایط نرمال باشد. کاهش وزن دانه هنگام تنش خشکی توسط خورگامی (Khorgami, 2000) نیز گزارش شده است. اولاه و همکاران (Ullah *et al.*, 2002) نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گل‌دهی و نیام‌دهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه چروکیده شدن و کاهش وزن دانه نخود می‌شود.

ارقام در هر سه سطح تنش خشکی از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد داشتند (جدول ۲). میزان عددی عملکرد بیولوژیک برای لوبیا چیتی و لوبیا سفید در سه سطح خشکی نشان داد که لوبیا چیتی بیش‌ترین مقدار را در هر سه سطح خشکی و لوبیا سفید کم‌ترین مقدار را در سطوح خشکی شدید و متوسط دارا بودند (جدول ۳). همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین وزن خشک بوته و وزن دانه در بوته نشان داد که بالا بودن وزن خشک بوته در لوبیا چیتی و پائین بودن آن در لوبیا سفید با توجه به بیش‌تر بودن وزن دانه در لوبیا چیتی و کمتر بودن آن در لوبیا سفید قابل توجیه است (جدول ۴). بنابراین، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده عملکرد دانه در لوبیا طی تنش خشکی، وزن دانه در بوته می‌باشد که با نتایج عمادی و همکاران (Emadi *et al.*, 2010) و



شکل ۳- میانگین ارقام از نظر شاخص برداشت در تنش شدید خشکی

(WB = لوبیا سفید، RKB = لوبیا قرمز، RB = لوبیا چیتی، GB = لوبیا سبز).

Figure 3- Mean comparison of cultivars for harvest index in intensive water stress (WB= White bean, RKB= Red kidney bean, RB= Romano bean, GB =Green bean).

جدول ۴- همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد

Table 4- Correlation of yield and yield components

Traits	5	4	3	2	1
1					1
2				1	0.91**
3			1	0.86**	0.62**
4		1	0.31ns	0.47**	0.54**
5	1	0.36*	0.59**	0.43**	0.31ns
6	-0.30 ns	0.34*	0.33*	0.65**	0.74ns

۱) وزن خشک بوته ۲) وزن دانه در بوته ۳) شاخص برداشت ۴) تعداد نیام در بوته ۵) تعداد دانه در بوته ۶) وزن دانه

1- Plant dry weight; 2- Seed weight per plant; 3- Harvest index; 4- Number of pod per plant; 5- Number of seed per plant; 6- Seed weight.

شرستا (Shrestha, 2005) هم مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از نظر شاخص برداشت تنها در شرایط خشکی شدید اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به لوبیا سفید و لوبیا چیتی بود (شکل ۳) از آنجایی که پارامتر شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد، بنابراین کاهش شاخص برداشت در لوبیا سفید بیشتر به دلیل کاهش وزن دانه است در حالی در لوبیا چیتی وزن دانه نسبت به سایر اندام‌ها کمتر تحت تاثیر تنش قرار گرفت. این نتیجه توسط پوراسماعیل و همکاران (Pooresmael *et al.*, 2006) نیز گزارش شده است.

نتیجه گیری

طبق آزمایش انجام شده بیش‌ترین تعداد نیام در بوته مربوط به تیمار عدم تنش خشکی بود در حالی که بین شرایط نرمال و تنش شدید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از آنجایی که اعمال تنش خشکی در مرحله نیام‌دهی صورت گرفت، بیش‌تر بودن تعداد نیام در شاهد یا شرایط نرمال به این دلیل است که شرایط رطوبتی برای تشکیل نیام مناسب بوده و نیام‌دهی به‌طور طبیعی صورت گرفته است و هیچ گونه محدودیتی برای ارقام از نظر تشکیل نیام وجود نداشته است. لوبیا سفید تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر تعداد نیام در بوته با سایر ارقام نشان داد و دارای کم‌ترین تعداد نیام در بوته بود. بیش‌ترین کاهش وزن دانه طی تنش خشکی مربوط به لوبیا سفید بود که علت آن کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه بود. نتایج نشان داد که لوبیا چیتی مقاوم به خشکی بود زیرا اختلاف عملکرد بیولوژیک در رقم لوبیا چیتی در سطوح مختلف تنش خشکی و شاهد از نظر عددی زیاد نبود. به بیان دیگر، کاهش عملکرد طی تنش در این رقم نسبت به سایر ارقام بسیار کم بود. همچنین از نظر شاخص برداشت، بیشترین این صفت در لوبیا چیتی و کمترین آن در لوبیا سفید مشاهده شد. حساس‌ترین رقم در این آزمایش رقم لوبیا سفید بود که طبق نتایج آزمایش بیش‌ترین کاهش عملکرد را طی تنش خشکی نشان داد.

REFERENCES

Ardakani, L., Farahi, H. and Klidari, A. 2012. The effect of drought stress and plant density on quantity and physiological traits in Romano bean. *Abstract of Third National Conference on cereals in Iran. Agricultural Jihad Organization of Kermanshah Province.* 17-1. (In Persian)

Ahmadi Mousavi, E., Kalantari, M.Kh. and Torkzadeh, M. 2006. Effects of 24-epibrassinolide on lipid peroxidation , prolin, sugar and photosynthesis pigments content of colza (*Brassica napus* L.) under water stress. *Iranian Journal of Biology,* 18 (4): 295-306. (In Persian)

Aghcheli, S., Rahemi Karizaki, A., Alamdari, G.A. and Gholizadeh, A. 2016. The effect of drought stress on some morphological traits in winter cereals in green house condition. The Second Congress of Agricultural Sciences and Natural Resources on the development of agricultural science, Gorgan. (In Persian).

Amini, A., Ghanadha, M.R. and Abdmishani, S. 2001. Genetic variability and correlations between different traits in common bean. *Plant and Seeds,* 33 (4): 605-615. (In Persian)

Amiri, M., Parsa, P. and Ganjali, A. 2010. Effect of drought stress in various phenological stages on morphological characteristics and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under the greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Research of Iran*. 8(1):157-166. (In Persian)

Dashtaki, M., Ali pour yamchi, H.M. and Bihamta, M.R. 2016. Evaluation of the effects of late season water stress on genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 6 (2): 109-123. (In Persian)

Emadi, N., Jahanbin, SH. and Balochi, H. 2010. Effect of drought stress and plant density on yield and physiological characteristics of pinto beans. Abstract of Third National Conference on cereals in Iran. *Agricultural Jihad Organization of Kermanshah Province*. 17-1. (In Persian)

FAO. 2008. http://faostat.fao.org.

Goldani, M. and Rezvani, V. 2006**.** Effects of different irrigation regimes and planting date on phenology index and growth of three varieties of peas in Mashhad. *Sciences and Agriculture*, 14: 229-224.

Khaghani, SH., Bihamta, M.R., Changizi, M., Dari, H., Khaghani, Sh., Bakhtiari, A. and Safapour, M. 2010. Compare quantitative and qualitative traits of white and kidney bean in normal irrigation and drought stress conditions. *Environmental Stress in Plant Sciences,* 1 (2): 182-169. (In Persian)

Khorgami, A. 2000**.** Evaluation of some physiological and agronomic parameters of cowpea in drought conditions. Master's Thesis. Islamic Azad University of Karaj. (In Persian)

Koochaki, A. and Bnayanaval, M. 2008. Cereals cultivation. *Publications of University of Mashhad.* Pp. 208-205. (In Persian)

Nielsen, D.C. and Nelson, N.O. 1998. Black bean sensivity to water stress at various growth stages. Crop Science, 38: 422-427.

Pakmehr, A. Rastgu, M., Shekari, F., Saba, J.V. Azayefi, M. and Zangani, A. 2011**.** Priming effect of salicylic acid on yield and yield components of cowpea under drought stress at the reproductive stage. *Research pulse Iran*, 2 (1): 53-64. (In Persian)

Pooresmael, P., Habibi, D. and Mashhadi akbar bujar, M. 2006. Investigating the use of water absorbent on the increased yield and activity of antioxidant enzymes in red bean varieties under drought stress. Master's Thesis. Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Karaj. (In Persian)

Salehi, F., Molaee, A. and Mehnatkesh, A. 2005. Investigating the status of bean cultivation in the province of Chaharmahal Bakhtiari. *First National Conference on Cereals*. *Research Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad*. 328-326. (In Persian)

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and Papendick, R.I. 1986. Estimation generalized soil water characteristics from texture. *Soil Science of Journal*, 50: 1031-1036.

Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazaefi, M. and Ghoreshi Nasab, M. Jalil. 2010. The effect of seed priming with salicylic acid on some of physiological traits of *Vigna nuguiculata* L. under deficit water stress in podding stage. *Journal of Crop Ecophysiology (agricultural science),* 4 (13): 1-17. (In Persian).

Shrestha, R. 2005. Adaptation of lentil (*Lens culinaris* Medikus) to rainfed environments response to water deficits. Ph.D. Thesis, University of Western Australia, Crawly, Australia.

Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M. and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian Journal of Plant Science*, 4: 355-357.

Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology,* 53: 247-316.

Evaluation of response of yield, yield components and harvest index of bean (*Phaseolus vulgaris*) to terminal drought stress

Seyyed Hakimeh Davoodi[1], Ali Rahemi-Karizaki[2*], Ali Nakhzari-Moghadam[2], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[2]

1- M.Sc. Student in Agroecology, Department of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavoos University, Iran
2- Assistant Professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavoos University, Iran

*Corresponding Author Email: *alirahemi@yahoo.com*

Receive: March 10, 2017; Revise: June 02, 2017; Accept: September 06, 2017

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of terminal drought stress on yield, yield components and harvest index of bean cultivars, a factorial experiment based on completely randomized design with 3 replications was conducted in greenhouse at faculty of agriculture, Gonbad Kavoos University. The treatments included terminal drought stress (Podding stage) in 3 levels i.e. full irrigation as the control, slight water stress (30% water depletion of filed capacity) and intensive water stress (70% water depletion of field capacity); and the second factors were four bean cultivars including white bean (Daran), red bean (Azadshahr), green bean (Sanrey) and pinto bean (Saman). The seeds were planted in 12 kg pots containing soil. In this study; traits such as number of pods per plant, number of seeds per pod, seed weight, seed weight per plant, total dry weight and harvest index were measured. Results showed that terminal drought stress had a significant effect on all of the studied traits. Effects of cultivar on all traits, except harvest index and number of seeds per plant, were similar to results of drought stress. It was also observed that interaction effect of drought stress and cultivar on all studied traits except the number of pods per plant, was significant. The lowest and the highest seed yields were obtained for white and pinto beans during intensity with 0.96 and 1.25 gr/plant, respectively. Overall, results of this study revealed that pinto and withe beans had the lowest and the highest sensitivity to the terminal drought stress, respectively.

Keywords: *Drought stress; Number of pods per plant; Seed weight*

How to cite this article
Davoodi SH, Rahemi-Karizaki A, Nakhzari-Moghadam A, Gholamalipour Alamdari E. Evaluation of Response of Yield, Yield Components and Harvest Index of Bean (Phaseolus vulgaris) to the Terminal Drought Stress. J Crop Sci Res Arid Reg, 2017; 1(2):155-165. DOI: 10.22034/csrar.01.02.03

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the CSRAR Journal.
The content of this article is distributed under CSRAR open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0) License. For more information, please visit http://cropscience.uoz.ac.ir/?lang=en.