Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 4, Winter 2017 (1069-1081)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.205386.654094

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۱۰۸۱-۱۰۶۹)

تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو رقم لوبیا قرمز

خیرالله بیاتی [۱]، ناصر مجنون حسینی [*۲] حسین مقدم [۳] و رضا بصیری [۴]

۱و۴. دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲و۳. به ترتیب استاد و استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۵- تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم لوبیا قرمز، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خردشدهٔ فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعهٔ پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل آبیاری عادی یا نرمال (۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر)، تنش خفیف و شدید خشکی پس از مرحلهٔ چهار برگی (به ترتیب۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) بود و تیمار کودی در چهار سطح ۰(شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دو رقم لوبیا (رقم اختر و رگه یا لاین D81083) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد، تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش شمار غلاف در بوته، شمار دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده (بیوماس)، شاخص برداشت و ارتفاع بوته شد. اعمال کود نیتروژن نیز به‌جز شاخص برداشت و ارتفاع، موجب افزایش میزان دیگر صفات شد. دو رقم لوبیا قرمز در همهٔ صفات با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند به‌طوری‌که رگهٔ D81083 نسبت به رقم اختر از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و دیگر اجزای عملکرد برتری داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و همچنین ویژگی‌های اقلیم شهر کرج و آزمون خاک منطقه، توصیه می‌شود میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی از منبع اوره در شرایط تنش خشکی (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک کلاسA)، برای کشت گیاه به‌کاربرده شود که این مدیریت می‌تواند از شدت تنش خشکی و صدمه‌های وارده شده بکاهد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، عملکرد و اجزاء عملکرد، کود نیتروژن، لوبیا قرمز.

Effects of drought stress and nitrogen on grain yield and some agronomic traits of red kidney bean cultivars

Khyrolla Bayati [1], Nasser Majnoun Hosseini[*2], Hosseini Moghadam[3] & Reza Basiri[4]
1 & 4. Respectively, M.Sc. Students, 2 Professor & 3 Assistant professor of
University of Tehran, College of Agriculture & Natural Sciences
(Received: April 24, 2016- Accepted: February 22, 2017)

ABSTRACT

To study the effects of different levels of irrigation and nitrogen on yield and yield components of two varieties of red kidney beans, a factorial split plot experiment in a randomized complete block design with four replications was conducted at research farm of College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (Karaj) in 2015. Three irrigation levels comprised of 60 (normal), 90 (mild water stress) and 120 mm (sever) cumulative evaporation from open pan were assigned as main plots, four fertilizer treatments of zero (control), 50, 100 and 150 kg N ha^{-1} and two bean cultivars (Akhtar & D81083) compound in as sub plots. The mild and severe water stress commenced after 4th leaf stage onwards. The results showed that water stress significantly reduces the number of pods per plant, seeds per pod, seed weight, seed yield, biological yield, harvest index, number of branches and plant height. Applied nitrogen fertilizer significantly intensified all traits, except pod weight, plant height and harvest index. Two varieties of kidney beans significantly differed in all traits; however, the line D81083 in terms of grain yield, biological and other components performed better than the Akhtar line. The D81083 line at normal irrigation with 150 kg N ha^{-1} and the Akhtar line at water stress condition with no N fertilizer application, respectively had the highest and the lowest harvest index and seed weight. The interaction of water stress and nitrogen fertilizer on grain yield showed that the treatments of 150 kg N ha^{-1} in normal irrigation had the highest and the control (not fertilizer) under severe water stress had the lowest yield however, the difference between 100 and 150 kg N ha- was not significant. The results showed that nitrogen supply for crops in water stress conditions can somewhat reduce the impact of drought conditions, but the cultivar yield reaction and other traits in response to rise nitrogen levels at normal condition compared to drought condition was inconsistent more and have created significant differences between different levels of nitrogen.

Key words: water stress, yield & yield components, Nitrogen fertilizer, red kidney bean.

* Corresponding author E-mail: mhoseini@ut.ac.ir

مقدمه

بی‌شک حبوبات به‌ویژه لوبیا از منابع مهم تأمین‌کنندهٔ پروتئین در بیشتر کشورها به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه است و به‌عنوان یک منبع غذایی برای بیش از ۳۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان شناخته‌شده است، چراکه از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر است. از سوی دیگر، افزایش روزافزون جمعیت جهان، کمبود مواد غذایی، محدودیت زمین‌های آبی، تولید دشوار و گران پروتئین حیوانی اهمیت تحقیق درزمینهٔ تنش خشکی در مورد گیاه لوبیا را روشن می‌سازد. لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) مهم‌ترین لگوم خوراکی به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه است. تنش خشکی و کمبود مواد غذایی خاک، به‌ویژه کمبود نیتروژن از تنش‌های غیرزیستی شایع در تولید لوبیا به شمار می‌آیند (Majnoun Hosseini, 2008). اگرچه لوبیا به‌عنوان یک گیاه حساس به تنش خشکی و کم‌آبی معرفی شده است، تولید این محصول در بسیاری از نقاط جهان، که به دلیل تأمین نشدن آب مورد نیاز گیاه در معرض تنش خشکی هستند، صورت می‌گیرد (Machado & Duraes, 2006). در ایران نیز به‌عنوان یکی از کشورهای خشک و نیمه‌خشک، این گیاه پس از نخود و عدس بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است ولی به‌رغم این اهمیت، لوبیا کمتر مورد توجه قرارگرفته است و بیشتر در اراضی حاشیه‌ای هنگامی‌که دیگر محصولات تولید مناسبی نداشته‌اند، کشت شده است (Shafiee Khorshidi *et al*., 2013). به‌طورکلی خشکی را کمبود رطوبت در محیط ریشه تعریف کرده‌اند که موجب کاهش تولید محصول می‌شود و تا حدودی تولید ۲۵ درصد زمین‌های جهان را محدود می‌کند. این تنش هنگامی در گیاهان رخ می‌دهد که آب موجود در خاک کاهش‌یافته و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک کند (Levitt, 1980). تأثیر عمدهٔ تنش خشکی در تفاوت عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی تجلی پیدا می‌کند (Nazeri, 2005). خشکی سبب کاهش در اندازهٔ برگ‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی، شاخص سطح برگ، شمار برگچه، میانگین سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود. کاهش آماس یاخته‌ای نخستین تأثیر خشکی است که موجب می‌شود سرعت رشد محصول و اندازهٔ نهایی آن کاهش‌یافته و به دنبال آن سرعت رشد و نمو، رشد ساقه و برگ در نتیجهٔ کم شدن میزان واحدهای نورساخت (فتوسنتز)کننده، تولید مواد نورساختی و انتقال آن به بخش‌های مختلف کم شده و درنهایت عملکرد کاهش یابد (Hu *et al*., 2013). تنش خشکی شدید با کاهش شمار غلاف در مترمربع به دلیل کاهش تسهیم زیست‌توده (بیوماس) به غلاف، کاهش ظرفیت نورساختی یا توان منبع، در نتیجهٔ بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش مادهٔ خشک کل گیاه و عملکرد دانه می شود(Moradi, 2005). در شرایط تنش خشکی طول دورهٔ رشد زایشی لوبیا کاهش می‌یابد، و رقم‌هایی که بیشترین عملکرد را در شرایط تنش دارند، بیشترین شمار غلاف و دانه در بوته تولید می‌کنند (Acosta *et al*., 1989).

Thomas *et al.* (2003) در آزمایشی روی ماش، تأثیر دور آبیاری را در مراحل رویشی، اوایل گل‌دهی و اوایل پر شدن غلاف بررسی و نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۵ درصد در مرحلهٔ رویشی، ۳۹ درصد در مرحلهٔ اوایل گل‌دهی و ۵۹ درصد در مرحلهٔ اوایل پرشدن غلاف نسبت به شاهد شد. آنان بیان داشتند رخداد تنش در مرحلهٔ زایشی و به‌ویژه در اوایل پر شدن غلاف، عملکرد گیاه را خیلی شدیدتر از رخداد تنش در مراحل دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد. Bayat *et al.* (2010) تأثیر تنش کم‌آبی را بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی بررسی و نشان دادند، تأثیر تیمار کم آبی بر عملکرد دانه، شمار غلاف در بوته، وزن صددانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشته و مقادیر این صفات را کاهش داد. Ramirez *et al.* (2011) در نتایج بررسی‌های خود مشاهده کردند، در بین اجزای عملکرد، شمار غلاف و شمار در بوته بیشترین کاهش را در نتیجهٔ تنش داشت. Szilagyi *et al*. (2003) نیز با بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا مشاهده کردند، تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰درصد، شمار غلاف در بوته را ۶۰درصد، شمار دانه

در غلاف را ۲۶درصد و وزن صددانه را ۱۳درصد کاهش می‌دهد.

میزان کافی از عنصرهای غذایی نیز همراه با فراهم بودن آب از عامل‌های مهم در دستیابی به عملکرد بالا به شمار می‌رود. لوبیا در مقایسه با دیگر گیاهان لگوم به‌عنوان یک تثبیت‌کنندهٔ ضعیف نیتروژن معرفی شده است و مدارک آزمایشی محدود در دسترس نشان می‌دهد، برای رسیدن به بیشترین ظرفیت عملکرد، به‌ویژه در زمینی که پیشتر زیر کشت غلات بوده، به کود نیتروژن کافی نیاز است (Sinclair & de Wit,1999). میزان تولید استیلن را در ۱۸ نمونهٔ زراعی لوبیا بررسی و گزارش شد که نیتروژن تثبیت‌شده چیزی حدود ۱۰ کیلوگرم در هکتار می باشد که بخش کوچکی از میزان کل نیتروژن جذب‌شده از ۴۰۰-۱۵۰ کیلوگرم در هکتار است (Westermann & Kolar, 1978).

کاربرد کود نیتروژن هنگام کاشت، موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد دانهٔ لوبیا شد و این افزایش عملکرد نیز موجب بالا رفتن شاخص برداشت شد (Kocon, 2003). در نتایج بررسی کاربرد کود نیتروژن در گیاه سویا (Hayati *et al*., 1996) گزارش کردند، کمبود نیتروژن قابل استفاده در خاک در آغاز پر شدن دانه باعث کاهش میزان محتوای نیتروژن دانهٔ سویا شد. بنا بر نتایج این آزمایش، میزان دسترسی گیاه به نیتروژن نقش مهمی در محتوای نیتروژن دانه خواهد داشت و کمبود نیتروژن موجب کاهش درصد نیتروژن تجمع یافته در دانه نسبت به دیگر مواد نورساختی و ذخیره‌ای در آن می‌شود. در بررسی همزمان تأثیر تنش خشکی و کاربرد کود نیتروژن روی لوبیا معمولی Anibal *et al.* (2000) نتیجه‌گیری کردند که گسترهٔ تأثیر تخریبی تنش خشکی در میان عامل‌های مختلف بیش از همه به عنصر غذایی نیتروژن بستگی دارد. آنان بیان داشتند که گیاهان در تیمارهایی که نیتروژن بیشتری در دسترس داشتند رشد رویشی بیشتری نموده و شاخ و برگ بیشتری نیز تولید کردند، در نتیجه هنگامی با تنش خشکی روبه‌رو شدند نسبت به گیاهان در تیمارهای دیگر که نیتروژن کمتری در دسترس داشتند، دچار کاهش عملکرد بیشتری شدند. به باور آنان افزایش کاربرد نیتروژن، حساسیت گیاه لوبیا را به تنش خشکی افزایش می‌دهد. هدف این آزمایش بررسی واکنش دو نژادگان (ژنوتیپ) لوبیا قرمز در سطوح مختلف کم آبیاری و نیتروژن، بر عملکرد و اجزاء عملکرد است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران با ۱۳۲۱ متر ارتفاع از سطح دریا، واقع در ۵۱ درجهٔ طول شرقی ، ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ عرض شمالی در شهرستان کرج در اردیبهشت‌ماه سال۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های *خردشدهٔ* فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از سه سطح آبیاری به‌صورت آبیاری عادی در طول دورهٔ رشد به‌عنوان شاهد (۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر)، تنش خشکی خفیف در طول دورهٔ رشد پس از مرحلهٔ چهار برگی (۹۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) و تنش خشکی شدید در طول دورهٔ رشد پس از مرحلهٔ چهار برگی (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) در کرت اصلی که در اوایل فصل رشد، میانگین میزان تبخیر روزانهٔ آب از سطح تشتک حدود ۱۱ میلی‌متر و با گرم شدن هوا در طول فصل رشد این میزان تبخیر به ۱۳ میلی‌متر نیز رسید که این میزان تبخیر با توجه به سطوح تنش، به دور آبیاری تبدیل شد (آبیاری عادی، تنش خفیف و شدید خشکی با توجه به نوسان‌های تبخیر روزانه در طول فصل رشد، به ترتیب با دور آبیاری ۹ و ۵،۷ روز انجام شد) و دو عامل کود نیتروژن (از منبع اوره) در چهار سطح شامل: عدم کاربرد کود نیتروژن (شاهد)، و کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم‌های لوبیا قرمز شامل رقم اختر و رگهٔ (لاین) D81083 به‌صورت فاکتوریل با عنوان کرت‌های فرعی منظور شدند. کوددهی بر پایهٔ آزمون خاک انجام گرفت و در همهٔ تیمارها کود پایه از نوع نیتروژن (اوره) به‌صورت تقسیط در دو نوبت (نصف در هنگام کاشت به‌صورت آغازگر یا استارتر و نصف دیگر پیش از

گلدهی)، کود فسفری (از منبع فسفات تریپل) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص و کود پتاسی (از منبع سولفات پتاسیم) به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص در نظر گرفته شد. برای هر کرت آزمایشی، مساحت ۶ مترمربع (۳متر طول در ۲ متر عرض) و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، در نظر گرفته شد. کودهای لازم برای هر خط کشت در کنار همان خط به‌صورت نواری توزیع شد و پس از پوشاندن کود با خاک، آبیاری به‌صورت قطره‌ای با نوارهای مخصوص انجام شد. تغیر برای انجام آزمون خاک، یک نمونهٔ مرکب از مزرعه تهیه و برای انجام تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. نوع خاک محل آزمایش لومی رسی، با pH= ۸، EC حدود ۱/۷۴ دسی زیمنس بر متر، با میزان آهک ۷۷ گرم بر کیلوگرم و مادهٔ آلی ۸/۴ گرم بر کیلوگرم خاک و ۱۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک پتاسیم قابل جذب بود. برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر از هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی مانند ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ فرعی، شمار غلاف در بوته، شمار دانه در غلاف و وزن صددانه اندازه‌گیری شدند و عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت از راه برداشت همهٔ کرت با در نظر گرفتن اثر حاشیه محاسبه شد. برای تجزیهٔ واریانس صفات مورد بررسی از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد و مقایسهٔ میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵درصد انجام پذیرفت، رسم نمودارها نیز به کمک نرم‌افزار EXCEL 2013 انجام گرفت.

نتایج و بحث

شمار غلاف در بوته

با توجه به جدول تجزیهٔ واریانس، شمار غلاف در بوته در سطح احتمال ۱درصد تحت تأثیر نیتروژن و در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر اثر متقابل تنش و رقم قرار گرفت (جدول۱). بنا بر جدول مقایسهٔ میانگین تنش خشکی شمار غلاف در بوته را کاهش داد که این کاهش در آبیاری عادی و تنش خشکی خفیف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۲). اثر متقابل تنش خشکی و رقم نشان داد، بیشترین و کمترین شمار غلاف به ترتیب مربوط به رقم D81083 در شرایط آبیاری عادی و رقم اختر در شرایط تنش شدید بود (شکل۱).

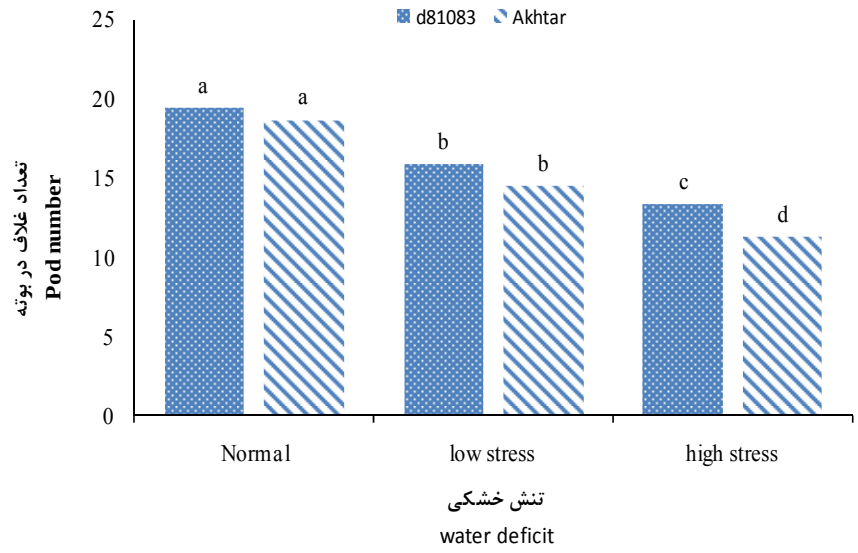
به نظر می‌رسد که شمار غلاف در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد لوبیا به تنش خشکی باشد، که به هنگام بروز تنش خشکی در مرحلهٔ گلدهی، شمار زیادی از گل‌هایی که توانایی بالقوهٔ تبدیل شدن به غلاف را داشته‌اند از بین رفته و شمار غلاف در بوته کاهش یافته است. کاهش شمار غلاف در بوتهٔ لوبیا در شرایط تنش خشکی ناشی از ریزش اندام‌های زایشی مانند گل‌ها و نیام‌ها بود. کاربرد نیتروژن باعث افزایش شمار غلاف بوته شد و بیشترین آن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (جدول۳). در تحقیقی روی لوبیا، افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش کاربرد کود نیتروژن به‌واسطهٔ افزایش شمار غلاف در بوته بیان شده است (Chuan Lee *et al.*, 1999).

تأثیر تنش خشکی، کود نیتروژن و رقم و اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن×رقم بر شمار دانه در غلاف لوبیا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۱) به‌طوری‌که رگهٔ D81083 در شرایط آبیاری عادی با کاربرد ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم اختر در شرایط تنش خشکی شدید با کاربرد ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن، به ترتیب بیشترین و کمترین شمار دانه در غلاف را داشتند (شکل۲). در گیاه نخود محدودیت آب در پایان فصل رشد که به‌طورمعمول همراه با دمای بالا است، می‌تواند ریزش دانه‌ها را افزایش دهد (Behboudian *et al.*, 2001).یکی از دلایل اصلی عملکرد پایین حبوبات کمبود مخزن است که به‌طور عمده به ریزش گل و میوه‌ها مربوط می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008).

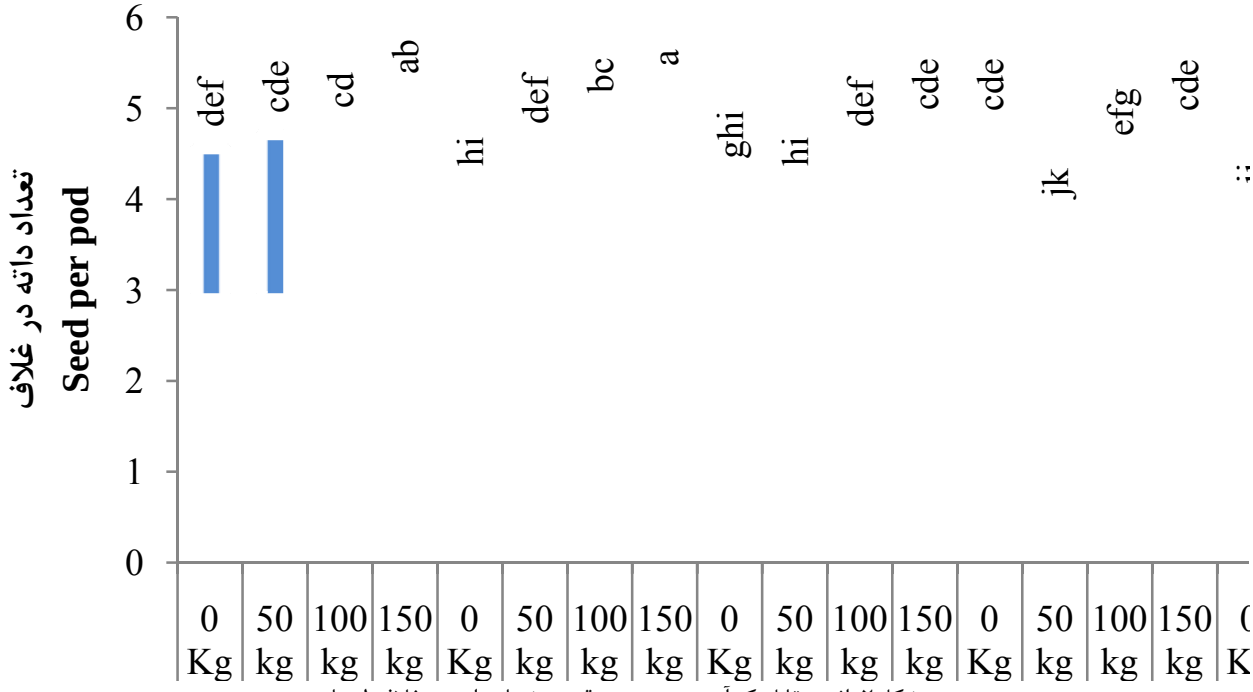
شمار دانه در غلاف

با توجه به نتایج بررسی‌ها می‌توان بیان کرد، تنش خشکی منجر به کاهش شاخص سطح برگ و بخش نورساخت‌کننده شد و تأمین کود نیتروژن مورد نیاز گیاه در شرایط تنش در مقایسه با عدم کاربرد کود منجر به بهبود نورساخت، شاخص سطح برگ و شمار

دانه در غلاف شد اما تأثیر کود نیتروژن در شرایط آبیاری عادی بیشتر از شرایط تنش خشکی است (شکل۲).



شکل۱. اثر متقابل خشکی×رقم بر شمار غلاف در بوته
Fig. 1. Interaction of water deficit × genotype on bean pods per plant

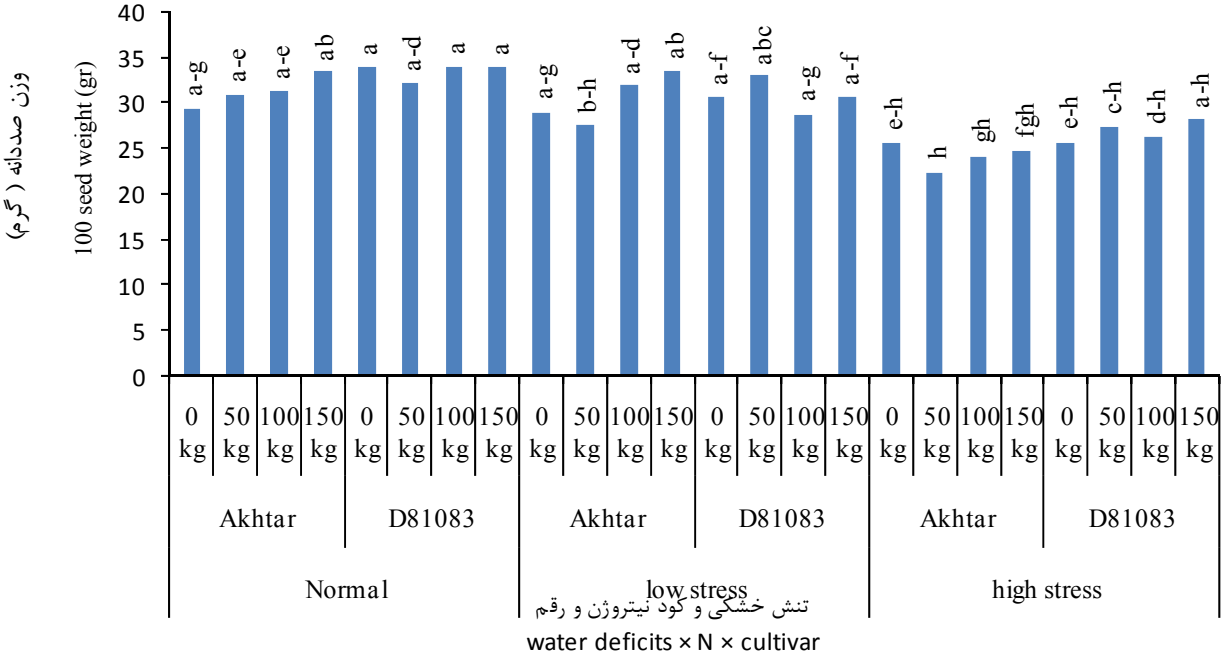


شکل۲. اثر متقابل کم‌آبی ×نیتروژن×رقم بر شمار دانه در غلاف لوبیا
Fig. 2. Interactions of water stress × N × cultivar on bean number of seed per pod

وزن صددانه

با توجه به جدول تجزیهٔ واریانس، اثر متقابل تنش خشکی×کود نیتروژن×رقم در سطح احتمال۱ درصد بر وزن صددانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول۱). تنش

خشکی اعمال‌شده به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن صددانه شد و کمترین آن در تنش خشکی شدید مشاهده شد و کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی اثر مثبتی در بهبود وزن صددانه داشت به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی شدید، بیشترین و کمترین وزن صددانه به ترتیب مربوط به رگهٔ D81083 با کاربرد ۱۵۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم اختر با کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و در شرایط آبیاری عادی بالاترین وزن صددانه مربوط به رگهٔ D81083 با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد (شکل۳). به نظر می‌رسد رخداد تنش خشکی به‌ویژه در مرحلهٔ پر شدن غلاف به علت محدودسازی منبع نورساختی موجب کاهش نورساخت، نرسیدن مواد به دانه و همچنین کوتاه شدن طول دورهٔ پر شدن دانه شده و در نتیجه اندازهٔ دانه و وزن صددانه را کاهش داده باشد. محدودیت آب موجب کاهش رشد دانه و وزن هزاردانه می‌شود و بیشترین کاهش هنگامی است که گیاه با تنش خشکی آخر فصل روبه‌رو شود (Szilagyi, 2003). کود نیتروژن بر افزایش وزن دانه، اثر مثبت داشت (Ayaz *et al.*, 2004). کاهش وزن صددانهٔ لوبیا در واکنش به تنش خشکی توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (Molina *et al.*, 2001; Nielsen and Nelson 1998).



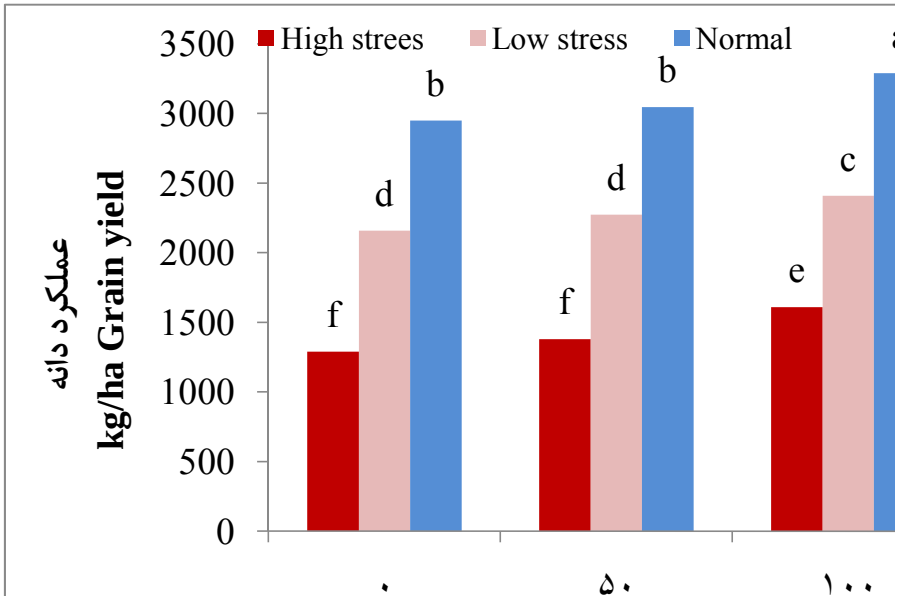
شکل۳. اثر متقابل تنش خشکی× نیتروژن ×رقم بر وزن صددانهٔ لوبیا

Fig. 3. Interactions of water deficits × N × cultivar on bean seed weight

عملکرد دانه

تأثیر رقم به همراه اثر متقابل تنش خشکی× نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱) به‌طوری‌که رگهٔ D81083 به دلیل بالا بودن شمار دانه در غلاف، شمار غلاف در بوته و وزن صددانه، نسبت به رقم اختر از لحاظ عملکرد برتری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانهٔ لوبیا به ترتیب در شرایط آبیاری عادی با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در تیمار تنش شدید خشکی بدون کاربرد کود نیتروژن به دست آمد (شکل۴)، اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود نداشت (جدول ۳). درواقع بروز تنش خشکی عملکرد دانهٔ لوبیا را در همهٔ سطوح کودی به‌ویژه در مرحلهٔ زایشی با ریزش گل‌ها و غلاف‌های جوان و کاهش شمار غلاف در بوته و همچنین دیگر اجزای عملکرد کاهش داده است که

این کاهش عملکرد در سطوح کودی بالا نسبت به شرایط بدون کاربرد کود کمتر بود. همچنین از نتایج به‌دست‌آمده چنین می‌توان استنباط کرد که تنش خشکی توانایی گیاه را در استفاده از عنصرهای غذایی مانند نیتروژن تضعیف کرده و عملکرد دانه را حتی با کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با شرایط آبیاری عادی کاهش داده است (شکل۴). عملکرد لوبیا با کاربرد کود نیتروژن افزایش پیدا می‌کند که این افزایش عملکرد بیشتر به دلیل افزایش شمار غلاف در بوته و وزن دانه بوده است (McKenzie *et al.*, 2001). تنش خشکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد لوبیا را کاهش می‌دهد که میزان این کاهش به‌طور زیادی وابسته به زمان رخداد تنش، شدت تنش و رقم‌های مورد بررسی است که تنش خشکی با تأثیر نامطلوب بر اجزاء عملکرد مانند شمار غلاف در بوته، شمار دانه در غلاف، وزن دانه و شاخص برداشت، موجب کاهش عملکرد می‌شود (Emam *et al.*, 2012).



شکل۴. اثر متقابل تنش خشکی × نیتروژن بر عملکرد دانهٔ لوبیا

Fig. 4. Interactions of water stress × N on bean grain yield

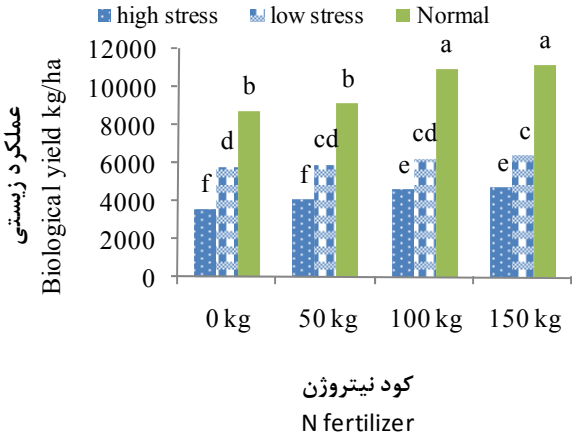
عملکرد زیست‌توده

عملکرد زیست‌توده به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد به ترتیب تحت تأثیر تنش خشکی× نیتروژن و تنش خشکی×رقم قرار گرفت (جدول۱) به‌طوری‌که کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی، موجب تخفیف در آسیب‌های خشکی واردشده به گیاه شد، اما تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده چشمگیرتر بود و بیشترین و کمترین عملکرد زیست‌توده در شرایط آبیاری عادی با کاربرد ۱۰۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی به دست آمد. در شرایط آبیاری عادی و تنش خشکی شدید تفاوت معناداری بین تیمارهای کاربرد کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود نداشت بنابراین توصیه می‌شود از میزان کود کمتری استفاده شود (شکل۵).

تنش خشکی نیز موجب کاهش عملکرد رقم‌های لوبیای قرمز شد که این کاهش عملکرد در رقم اختر به دلیل نحوهٔ آرایش و زاویهٔ قرارگیری برگ‌ها، ویژگی‌های فیزیولوژیک رقم و همچنین دیررسی در شرایط تنش خشکی بود و بالاترین عملکرد زیست‌توده در شرایط آبیاری عادی مربوط به رگهٔ D81083 بود. (شکل۶).

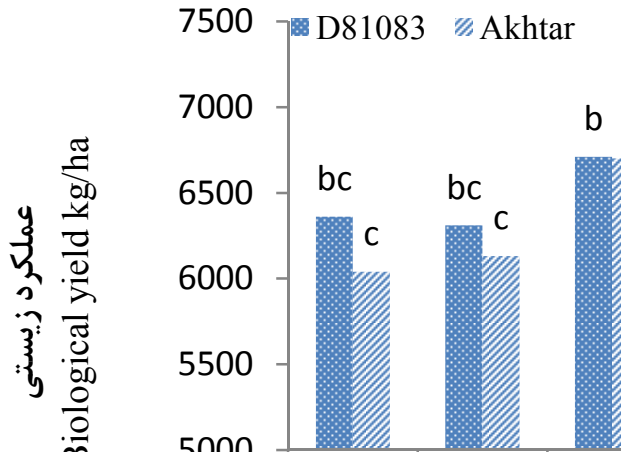
کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی در محیط آبکشتی (هیدروپونیک)، می‌تواند سبب افزایش وزن خشک گیاه نخود و کاهش تأثیر منفی تنش خشکی شود (Bahavar *et al.*, 2009)، همچنین تنش خشکی

به‌طور معنی‌داری سبب کاهش مادهٔ خشک لوبیا می‌شود (Emam *et al.*, 2012).



شکل۵. اثر متقابل کم‌آبی×نیتروژن بر عملکرد زیست‌تودهٔ لوبیا

Fig. 5. Interaction of water stress × N on bean biomass yield



شکل۶. اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن×رقم بر عملکرد زیست‌تودهٔ لوبیا

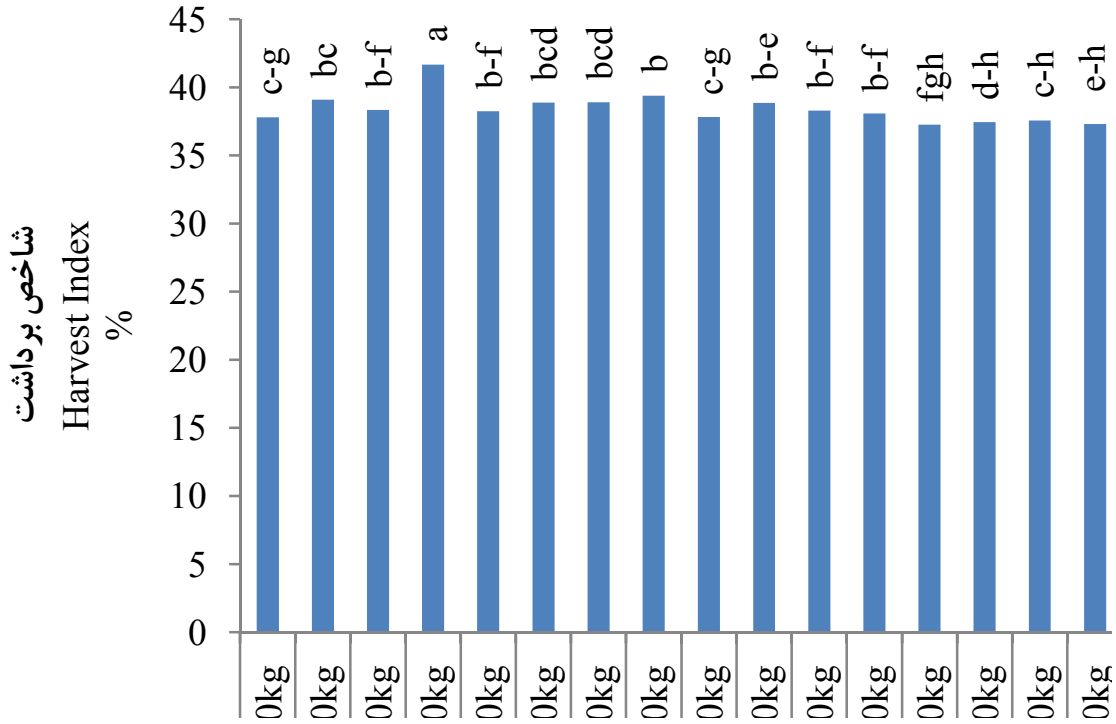
Fig. 6. Interaction of N× genotype on bean biomass yield

شاخص برداشت

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد، اثر متقابل تنش خشکی×رقم×نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول۱)، اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح کود نیتروژن بر شاخص برداشت وجود نداشت (جدول۳). در بررسی اثر متقابل تنش خشکی× نیتروژن× رقم، بیشترین شاخص برداشت مربوط به رقم اختر در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در شرایط آبیاری عادی و کمترین شاخص برداشت مربوط به رقم اختر در تیمار کاربرد ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در تنش شدید بود (شکل۷). رقم اختر به دلیل دورهٔ رشدی بیشتر و همچنین شاخص سطح برگ بالاتر نسبت به رگهٔ D81083 در شرایط تنش خشکی، شاخص برداشت کمتری داشت، همچنین اعمال تنش خشکی به‌ویژه در مرحلهٔ زایشی از راه کاهش شمار گل‌ها، شمار و رشد نیام‌ها، منجر به کاهش شاخص برداشت شد (جدول۱). تنش خشکی در مرحلهٔ رویشی به همراه کاربردکود نیتروژن، موجب افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود و مواد نورساختی کمتری در اختیار بخش زایشی قرار می‌گیرد و در نتیجه سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود (Van Herwaarden *et al.*, 1998).

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تنش خشکی و رقم و کود نیتروژن قرار گرفت (جدول۱)، به‌طوری‌که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته و کود نیتروژن موجب افزایش این صفت شد (جدول۱). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم اختر در شرایط آبیاری عادی با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بود و رگهٔ D81083 در شرایط تنش شدید بدون کاربرد کود کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل۸). محدودیت آبی سبب کاهش ارتفاع بوته در لوبیا می‌شود و افزایش ارتفاع ساقه با در دسترس بودن آب کافی و استفادهٔ بهینه از کود نیتروژن، از راه افزایش طول میانگره و افزایش تولید مواد نورساختی صورت می‌گیرد اما این صفت وابستگی زیادی به ویژگی‌های ژنتیکی گیاه نیز دارد(Nielsen & Nelson,1998).

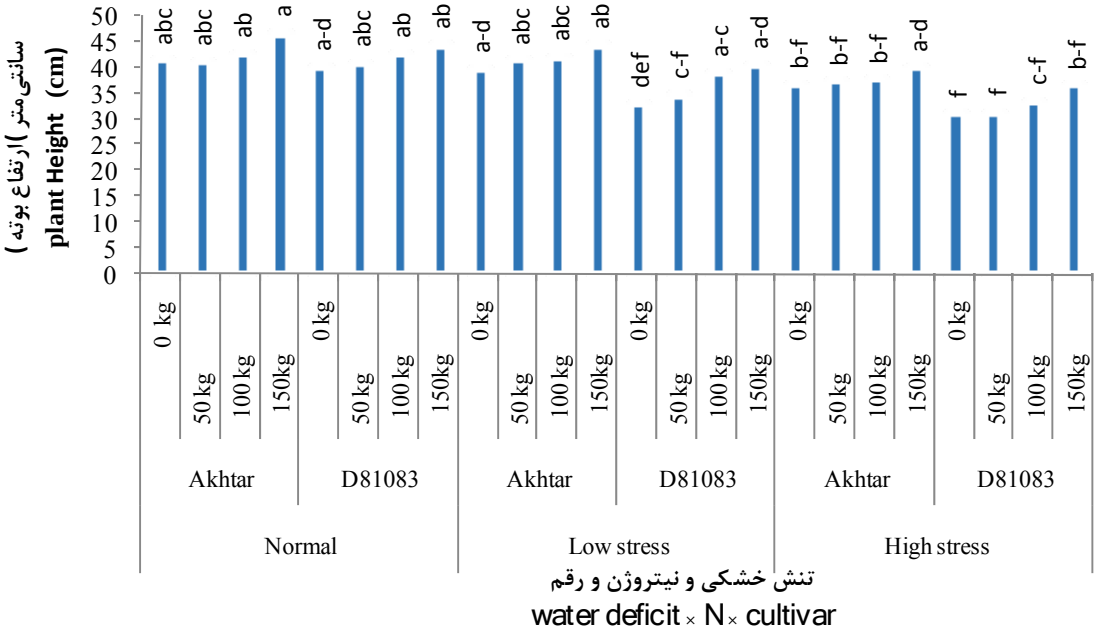


شکل۷. اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن×رقم بر شاخص برداشت لوبیا

Fig. 7 Interaction of water deficit × N × cultivar on bean harvest index

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد، در شرایط محدودیت رطوبتی، تأمین نیتروژن برای گیاه می‌تواند تا حدودی تأثیر ناشی از کمبود آب را تخفیف داده و منجر به افزایش عملکرد دانه و بهبود دیگر صفات مرتبط با عملکرد در گیاه لوبیا شود (جدول۱)، البته واکنش عملکرد لوبیا به افزایش سطح نیتروژن در شرایط بدون تنش (آبیاری عادی) نسبت به شرایط تنش خشکی محسوس‌تر بوده و تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن مشاهده شد (شکل۴). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد، میزان نیتروژن مورد نیاز لوبیا در شرایط تنش خشکی کمتر از شرایط آبیاری عادی است، همچنین مقایسهٔ دو رقم برای صفات مورد بررسی نشان داد، گیاه لوبیا از نظر واکنش به تأثیر همزمان تنش خشکی و نیتروژن بسته به نوع رقم متفاوت بوده و رگهٔ D81081 در مقایسه با رقم اختر در شرایط تنش خشکی و آبیاری عادی برتری داشت. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و شرایط اقلیمی و خاک منطقهٔ کرج، می‌توان توصیه کرد، کاربرد میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی در منطقهٔ کرج برای گیاه لوبیای قرمز سودمند خواهد بود.



شکل ۸. اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن×رقم بر ارتفاع بوتهٔ لوبیا

Fig 8. Interactions of water deficit × N × cultivar on bean plant height

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مربوط به شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم لوبیای قرمز تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و کود نیتروژن

Table 1. Analysis of variance (mean square) of harvest index, leaf area index, plant height, yield and yield components of bean cultivars under the influence of water deficit and nitrogen

ارتفاع بوته Plant Height	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صددانه Grain weight 100	شمار غلاف Pod number	دانه در غلاف Grain pod	درجهٔ آزادی D.f.	منابع تغییر S.O.V.
0.050 ns	0.009 ns	0.449 ns	575.750 ns	114.149 ns	0.00083	2.730 ns	0.002 ns	3	تکرار(Rep)
49.551**	12.66**	86.979**	1935.781**	337165.79**	1.249**	301.486**	5.566**	2	تنش خشکی (DS) (Drought Stress)
0.6210	0.039	0.944	765.005	50.408	0.00013	13.923	0.189	6	تکرار × تنش خشکی (REP× Drought Stress)
28.307**	0.274 ns	15.520**	25057.51**	7492.363**	0.130**	131.180**	0.197**	1	نژادگان (Genotype) (G)
1.525 *	1.021**	0.423 ns	23213.409**	3070.145 **	0.022**	59.513**	1.478**	3	کود نیتروژن Nitrogen (N)
3.237**	0.138ns	3.175**	304.401 ns	148.257 ns	989.89**	30.358*	0.426 **	2	تنش خشکی و نژادگان DS× G
0.4146 ns	0.207ns	6.082**	5361.458**	751.930**	14.42**	4.710 ns	0.186**	6	تنش خشکی و کود نیتروژن DS×N
8.440**	0.737**	2.303**	6834.768**	723.886 ns	280.809**	18.438 ns	0.466 **	3	نژادگان و کود نیتروژن G×N
3.668**	0.034ns	1.235*	3511.068 ns	327.729 ns	39.52**	2.888 ns	0.263**	6	تنش خشکی و نژادگان و کود نیتروژن ×DS G×N
0.384	0.089	0.517	1563.485	202.09	13.41	9.072	0.019	63	خطای آزمایشی Error (b)
14.19	19.1	1.91	6.10	5.79	5.13	6.07	6.17		ضریب تغییرات(C.V.%)

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد وns غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

Ns, ** and * respectively shows non-significant, significant at 1 & 5 percent

جدول۲. مقایسهٔ میانگین شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام لوبیا در شرایط تنش خشکی

Table 2. Comparison of average harvest index, leaf area index, plant height, yield and yield components of bean cultivars under drought conditions

ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index %	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biomass yield (kg/ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha^{-1})	وزن صددانه (گرم) 100 grain weight (g)	شمار غلاف Pod number	دانه در غلاف Grain Pod	کمبود آب Water deficit
42.08 a	2.35 a	39.03 a	9121 a	3558 a	32.26 a	18.46 a	4.75 a	Normal
39.4 ab	1.41 b	37.82 b	6065 b	2292 b	30.51 b	18.25 a	4.41 b	Low Stress
36.8 b	0.93 c	35.77 c	4256 c	1526 c	25.41 c	13.08 b	3.85 c	High Stress

ستون‌های دارای حرف‌های مشترک از نظر آماری (آزمون دانکن)، در سطح احتمال ۱درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 1% probability level (Duncan Test).

جدول۳. مقایسهٔ میانگین شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا در سطوح مختلف نیتروژن

Table 3. Comparison of average harvest index, leaf area index, plant height, yield and yield components of bean under different levels nitrogen

ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index %	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biomass yield (kg/ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha^{-1})	وزن صددانه (گرم) 100 grain weight (g)	شمار غلاف pod number	دانه در غلاف Grain Pod	کمبود آب Water deficit (S)
39.79 a	1.27 c	37.35 a	6201 b	2344 b	27.31 b	15.42 c	4.18 c	Normal
39.56 a	1.47 b	37.65 a	6224 b	2382 b	29.37 a	15.95 b	4.44 b	50 kg N
39.01 a	1.68 a	37.55 a	6711 a	2535 a	30.34 a	17.89 a	4.09 d	100 kg N
40.29 a	1. 81 a	37.67 a	6786 a	2574 a	30.20 a	17.98 a	4.63 a	150 kg N

ستون‌های دارای حرف‌های مشترک از نظر آماری (آزمون دانکن)، در سطح احتمال ۱درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 1% probability level (Duncan Test).

جدول۴. مقایسهٔ میانگین شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا در رقم‌های لوبیا

Table 4. Comparison of average harvest index, leaf area index, plant height, yield and yield components of bean, bean cultivars

ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index %	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biomass yield (kg/ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha^{-1})	وزن صددانه (گرم) 100 grain weight (g)	شمار غلاف pod number	دانه در غلاف Grain Pod	کمبود آب Water deficit (S)
41.39 a	1.62 a	37.14 b	6319 b	2370 b	29.07 b	15.41 b	4.29 b	Akhtar
37.92 b	1.50 a	37.94 a	6642 a	2547 a	29.72 a	17.73 a	4.38 a	D81083

ستون‌های دارای حرف‌های مشترک از نظر آماری (آزمون دانکن)، در سطح احتمال ۱درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 1% probability level (Duncan Test).

سپاسگزاری

در پایان شایسته است که از صندوق بیمهٔ کشاورزی در تأمین هزینه‌های مربوط به طرح، همچنین از معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در اجرای طرح تشکر و قدردانی شود.

REFERENCES

1. Acosta Gallegos, J.A. & Shibata, J.K. (1989). Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crops Res*., 20: 81-93.
2. Anibal R.L., González, P., Hernández, A., Balague, L.J. & Favelukes, G. (2000). Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grown common beans. *Plant Science*, 154: 31 – 41.

3. Ayaz, S., McKenzie, B.A., Hill, G.D. & McNeil, D.L. (2004). Nitrogen distribution in four-grain legumes. *The Journal of Agricultural Science*, 142(3): 309-317.
4. Bahavar, N., Ebadi, A., Tobeh, A. & Jamaati-e-Somarin, Sh. 2009. Effects of Nitrogen Application on Growth of Irrigated Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Drought Stress in Hydroponics Condition. Research Journal of Environmental Sciences, 3: 448-455.
5. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G. & Dorri, H.R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) genotypes. Iranian *Journal of Crop Sciences*, 12(1): 42-54 (In Farsi).
6. Behboudian, M.H., Ma, Q., Turner, N.C. & Palta, J.A. (2001). Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13): 1288-1291.
7. Boutraa, T. & 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*, *187*(4), 251-257.
8. Branch, A. (2009). Effects of nitrogen application on growth of irrigated Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress in hydroponics condition. Research *Journal of Environmental Sciences*, 3(4), 448-455.
9. Chuan Lee, M., Chio-Mei, S. & Shan-Tai, A. (1999). The Effect of Different Nitrogen Application Levels on the Growth and Yield of Adzuki Bean Inoculated with Rhizobia. Research Bulletin of KAOHSIUNG District Agricultural Improvement Station. Volume 10, Number 2.
10. Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A. H. & Pessarakli, M. (2012). Drought stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(5), 527-534.
11. Hayati, R., Egli, D.B. & Crafts-Brandner, S.J. (1996). Independence of nitrogen supply and seed growth in soybean: studies using an in vitro culture system. Journal of Experimental Botany, 47(1): 33-40.
12. Hu W.H., Yan X.H., Xiao Y.A., Zeng J.J., Qi H.J. & Ogweno J.O. (2013). 24-Epibrossinosteriod alleviate drought-induced inhibition of photosynthesis in *Capsicum annum*. *Scientia Horticulturae*., 150: 232-237.
13. Kocon, A. (2010). The effect of foliar or soil top-dressing of urea on some physiological processes and seed yield of faba bean. *Polish Journal of Agronomy*, 3:15-19.
14. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R. & Davies, S.L. (1999). Physiological Responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy,* 11(3): 279-291.
15. Levitt, J. (1980). *Responses of Plant to Environmental Stress: Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. Academic Press, New York, 365.
16. Machado, N.N.B & Duraes M.A.B. (2006). Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*., 6: 269-277.
17. Majnoun Hosseini, N. (2008). *Grain Legume Production*. Jihad-Daneshghahi Pub. University of Tehran. Pp. 283 (In Farsi).
18. McKenzie, R.H., Middleton, A.B., Seward, K.W., Gaudiel, R., Wildschut, C. & Bremer, E. (2001). Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*: 343–350.
19. Molina, J.C., Moda-Cirino, V., da Silva Fonseca Júnior N., de Faria, R.T. & Destro, D. (2001). Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1(4): 363-372.
20. Moradi, A. (2005). *Physiological response of Mungbean to severe and moderate water stress applied at different growth stage.* M.Sc. thesis, University of Tehran (In Farsi).
21. Nazeri, M. (2005). S*tudy on response of triticale (X Triticosecale Wittmack) genotypes to water limited conditions at different developmental stages*. Ph.D. Thesis, University of Tehran (In Farsi).
22. Nielsen, D.C. & Nelson, N.O. (1998). Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science*, 38(2), 422-427.
23. Parsa, M. & Bagheri, A. (2008). *Pulses*. University of Mashhad (In Farsi).
24. Ramírez V., Agorio A., Coego A., García-Andrade J., Hernández M.J., Balaguer B., Ouwerkerk P.B.F., Ignacio Zarra I. & Vera P. (2011). MYB46 Modulates Disease Susceptibility to *Botrytis cinerea* in Arabidopsis In: *Plant Physiology Preview*. American Society of Plant Biologists. https://doi.org/10.1104/pp.110. 171843.

25. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G. & Sabaghpour, S.H. (2010). Effect of terminal drought on yield and yield components of five chickpea genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(2), 259-269.
26. Shafie Khorshidi, M., Bihamta, M., Khialparast, F. & Naghavi, M.R. (2013). Genetic diversity and correlation between different traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in normal and limit irrigation conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 29(1): 349-367 (in Persian).
27. Sinclair, T.R. & de Wit, C.T. (1999). Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science*. 38:565-567.
28. Szilagyi, L. (2003). Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Special Issue (9): 320-330.
29. Thomas, M.J.R., Fukai, S. & Peoples, M.B. (2003). The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. *Field crops research*, 82: 13-20.
30. Van Herwaarden, A. F., Farquhar, G. D., Angus, J. F., Richards, R. A. & Howe, G. N. (1998). Haying, the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer: I. Biomass, grain yield, and water use. *Aust. J. Agric. Res.*, 49: 1067-1081.
31. Westermann, D. Y. & Kolar, J. J. (1978). Simbiotic N2 fixation by bean. *Crop science,* 18(6): 986-990.