"مجله علوم زراعی ایران"
جلد چهاردهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۹۱

اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک دو ژنوتیپ لوبیا قرمز

Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes

آرش محمدزاده[۱]، ناصر مجنون‌حسینی[۲]، حسین مقدم[۳] و مهدی اکبری[۴]

چکیده

محمدزاده، آ.، ن. مجنون حسینی، ح. مقدم و م. اکبری. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک دو ژنوتیپ لوبیا قرمز. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۳): ۳۰۷-۲۹۴.**

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه دو ژنوتیپ لوبیا قرمز، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شدهٔ فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) اجرا گردید. تیمارهای تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری معمول (۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش خفیف خشکی پس از مرحله ۴ برگی (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید خشکی پس از مرحله ۴ برگی (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) بودند. سطوح کود نیتروژن در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دو ژنوتیپ لوبیا (رقم اختر و لاین D81083) نیز به عنوان عامل فرعی به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که برهمکنش تنش خشکی× ژنوتیپ بر صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل، پرولین و اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا (افت دمای سایه‌انداز گیاهی) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن نیز در سطح احتمال یک درصد بر صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، پرولین و افت دمای سایه‌انداز گیاهی معنی‌دار بود. تنش خشکی منجر به کاهش صفات شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و عملکرد دانه و افزایش افت دمای سایه‌انداز گیاهی و محتوای پرولین برگ گردید. مصرف کود نیتروژن نیز باعث افزایش کلیهٔ صفات یاد شده به جز افت دمای سایه‌انداز گیاهی شد. در دو ژنوتیپ مورد بررسی رقم اختر بیشترین رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای پرولین برگ، محتوای نسبی آب برگ و افت دمای سایه‌انداز گیاهی را دارا بود، در حالی که بیشترین عملکرد دانه در سطوح تنش خشکی از لاین D81083 به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای رنگیزه‌های برگ، میزان پرولین برگ و افت دمای سایه‌انداز گیاهی در شرایط تنش خشکی گردید و باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، دمای سایه‌انداز گیاهی ، عملکرد دانه، لوبیا قرمز و محتوی نسبی آب برگ.

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۰

۱- کارشناس ارشد زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: a_mohammadzadeh@ut.ac.ir)
۲- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
٤- عضو هیأت علمی مؤسسه خاک و آب

مقدمه

لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) دومین گیاه نیامدار(لگوم) مهم بعد از سویا است که سهم عمده‌ای از رژیم غذایی بیش از ۳۰۰ میلیون نفر از مردم جهان را تشکیل می‌دهد و به دلیل دارا بودن پروتئین، فیبر و مواد معدنی بالا به عنوان یک غذای کامل مطرح می‌باشد (Beebe and McClafferty, 2006). فراهم بودن آب و نیتروژن از عوامل مهمی هستند که رشد و نمو گیاهان زراعی را در سطح جهانی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Rajala *et al.*, 2009). تنش خشکی یک مشکل اساسی در سراسر جهان محسوب شده و تولید لوبیا نیز معمولاً در مناطق با محدودیت آب صورت می‌گیرد. نتایج آزمایش‌های انجام گرفته در شرایط کنترل شده نشان داده است که لوبیا در مقایسه با سایر بقولات نسبت به خشکی نسبتا حساس است (Singh, 2007).کمبود نیتروژن به وفور در گیاه لوبیا مشاهده شده است. از طرفی این گیاه پتانسیل پایینی از نظر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد (حدود ۱۰ کیلوگرم در هکتار)(Van Schoonhoven and Voysest, 1991). بنابراین کاربرد کودهای نیتروژن‌دار جهت بهبود عملکرد و کیفیت آن ضروری است. کمبود آب و نیتروژن از طریق کاهش جذب و کارآیی استفاده از منابع، منجر به کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شوند. به عنوان مثال، کمبود آب منجر به کاهش پتانسیل آب برگ، کاهش رشد برگ، کاهش فتوسنتز و متابولیسم نیتروژن می‌گردد (Saneoka *et al.*, 2004). به علاوه، عرضه نیتروژن، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ding *et al.*, 2005).

پدیده تنظیم اسمزی یکی از سازوکارهای اجتناب از تنش خشکی در گیاهان به شمار می‌رود. پرولین یکی از اسمولیت‌هایی است که در شرایط تنش خشکی در گیاه تجمع پیدا کرده و به گیاه در حفظ فشار آماس کمک می‌کند. در طول مدت تنش خشکی پرولین وظایف مهمی از جمله تنظیم اسمزی، حفاظت اسمزی، از بین بردن رادیکال‌های آزاد و خاصیت آنتی‌اکسیدانتی را در گیاه ایفا می‌کند(Sharma and Dietz, 2006). گزارش شده است که مقادیر بالای نیتروژن می‌تواند سبب افزایش میزان فتوسنتز و رشد گیاهان زراعی گردد و فتوسنتز پایین در سطوح کم نیتروژن به کاهش محتوای کلروفیل و فعالیت کم آنزیم روبیسکو نسبت داده شده است (Fredeen *et al.*, 1991). نتایج تحقیقات نشان داده است که نیتروژن و تنش خشکی به طور معنی‌داری میزان کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند.آنگرا و همکاران (Angra *et al.*, 2010) تاثیر تنش کم‌آبی را در دو رقم حساس و متحمل سویا در مرحله پر شدن دانه مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، محتوای کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت و میزان این کاهش در رقم حساس بیشتر از رقم متحمل بود.

محققان زیادی دمای برگ را به عنوان شاخص تنش خشکی در گیاهان معرفی کرده‌اند. جکسون و همکاران (Jackson *et al.*, 1981) گزارش کردند که بین اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی با هوا و تنش خشکی در گیاهان رابطه نزدیکی وجود دارد. زمانی که برگ بدون محدودیت تعرق می‌کند، خصوصیات خنک‌کنندگی آب، دمای برگ را تا حدودی پایین نگه می‌دارد. هنگامی که آب محدود شود، میزان حرارت برگ افزایش یافته و تنها جابجایی و بازتابش حرارتی می‌تواند باعث پخش حرارت و خنک شدن برگ شود. بنابراین دمای برگ نزدیک دمای هوا بوده و اغلب تحت شرایط تنش شدید خشکی به بیشتر از مقدار آن نیز می‌رسد (Keener and Kircher, 1983).

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر سطوح تنش خشکی و کود نیتروژن و همچنین تأثیر توأم آنها بر عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه لوبیا انجام گرفت.

مواد و روش ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۱۳۸۹- ۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج اجرا گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده کرت‌های خرد شدهٔ فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از تنش خشکی در سه سطح: آبیاری معمول در طول دوره رشد به عنوان شاهد (۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش خفیف خشکی در طول دوره رشد پس از مرحله ۴ برگی (۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید خشکی در طول دوره رشد پس از مرحله ۴ برگی (۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر). تیمار کود نیتروژن (از منبع اوره) در چهار سطح صفر (عدم مصرف کود نیتروژن) (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. عامل سوم نیز شامل ارقام لوبیا قرمز اختر (منشاء کلمبیا، کلاس تجارتی "Red Kidney Light"، فرم بوته ایستاده و رشد محدود) و لاین امیدبخش D81083 (منشاء کلمبیا، کلاس تجارتی Morado، شکل بوته ایستاده و رشد محدود) بود. زمان اعمال تیمارهای تنش خشکی پس از توسعه کامل ۴ برگ ۳ برگچه‌ای بود. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و تیمارهای کود نیتروژن و ژنوتیپ به صورت فاکتوریل به کرت‌های فرعی تخصیص داده شدند. عملیات کاشت پس از شخم عمیق، در کرت‌هایی به طول ۳ متر و متشکل از ۴ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم در ۱۷ خرداد سال ۱۳۸۹ با عمق کاشت ۶ – ۵ سانتی متر به صورت دستی و با فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی متر انجام گرفت. کوددهی در دو نوبت (نصف مقدار کود در موقع کاشت و نصف دیگر آن قبل از گلدهی) به صورت نواری اعمال گردید و پس از آن آبیاری به صورت نشتی انجام شد. در طی دوره رشد، مبارزه با علف‌های به صورت وجین دستی انجام گرفت. زمان نمونه‌گیری جهت ارزیابی شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای رنگیزه‌های برگ و پرولین شروع غلاف‌دهی بود. جهت اندازه‌گیری رنگدانه‌های گیاه، بافت برگی تازه به مقدار ۰/۵ گرم از برگ چهارمین گره بالایی گیاه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل از روش آرنون (Arnon, 1949)، برای اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش بیتس (Bates, 1973) و برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئیدهای برگ از روش لیتچندر (Lichtenthaler, 1987) استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از معادله زیر استفاده گردید(Schonfeld *et al.*, 1988):

$$RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100$$

که در آن RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر بافت، DW وزن خشک بافت و TW وزن آماس بافت هستند. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، تعداد ۵ بوته از هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (DeltaT, UK)، سطح برگ بوته‌ها اندازه‌گیری شد و به شاخص سطح برگ تبدیل شد. اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز گیاهی به طور روزانه در ساعت ۱۳-۱۲ با استفاده از دماسنج مادون قرمز قابل حمل (IR-99, China) صورت گرفت. بدین ترتیب که دماسنج هنگام قرائت زاویه‌ای حدود ۳۰ درجه با افق داشته و ۱/۵ متر از سطح اندازه‌گیری فاصله داشت. برای اندازه‌گیری دمای هر کرت از چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب هر کدام با دو تکرار یادداشت برداری انجام شد و سپس میانگین این اعداد به عنوان میانگین دمای

سایه‌انداز گیاهی هر کرت در نظر گرفته شد (Keener and Kircher, 1983). برای محاسبه افت دمای سایه‌انداز گیاهی (اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا) در هر تیمار، قبل از انجام آبیاری دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا در ساعت ۱۳- ۱۲ ظهر اندازه‌گیری شده و اختلاف آنها محاسبه گردید (دمای هوای روزانه در ساعت ۱۳-۱۲ از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرج واقع در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اخذ شد). برای محاسبه شاخص روز درجه تنش(SDD) از رابطه زیر استفاده گردید (Idso *et al.*, 1977):

$$SDD = \sum_{1}^{n}(Tc - Ta)$$

که در این رابطه Tc دمای سایه‌انداز گیاهی و Ta دمای هوا در ساعات اندازه‌گیری می‌باشد. ۱ تا n نیز تعداد روزهایی است که شاخص روز درجه تنش برای آن دوره حساب می‌شود. این شاخص می‌تواند برای هر دوره معینی از رشد گیاه محاسبه گردد. جهت ارزیابی عملکرد دانه، برداشت در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی محصول به تعداد ۶ بوته از هر کرت با رعایت اثر حاشیه صورت گرفت. برای تجزیه واریانس و مقایسات میانگین از نرم‌افزارهای SAS. 9.1 و MSTAT استفاده گردید. مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ ارقام لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی اعمال شده منجر به کاهش سطح برگ لوبیا گردید، به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ در آبیاری معمول (۲/۷) و کمترین آن در تنش خشکی شدید (۱/۹) مشاهده شد. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ نیز در سطوح کود نیتروژن به ترتیب مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۲/۸) و تیمار بدون کود (۲/۰) بود (جدول ۲). ووریی و همکاران (Vurayai *et al.*, 2011) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی روی گیاه *Vigna subterranean* L. منجر به کاهش تعداد برگ و سرعت رشد نسبی سطح برگ گردید. آنها کاهش در سرعت رشد نسبی سطح برگ را به کاهش فشار آماس که اولین اثر فیزیولوژیک تنش خشکی بر گیاهان است، نسبت دادند. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی می‌تواند از طریق کاهش سطح تعرق به عنوان اولین سازوکار دفاعی در برابر خشکی مطرح باشد. در شرایط کمبود رطوبت، تحریک تولید اتیلن و ABA در گیاه می‌تواند از طریق ریزش برگ‌ها منجر به کاهش سطح برگ شود (Kacperska and Kubacka-Zebalska, 1989).

زوریکا (Zorica, 2001) گزارش کرد که کمبود نیتروژن و تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و توسعه برگ‌ها در دو ژنوتیپ ذرت گردید. وی کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی در اثر کمبود نیتروژن را دلیل کاهش توسعه برگ‌های گیاه معرفی کرد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی، ژنوتیپ و نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طوری که در تیمار آبیاری معمولی بیشترین (۸۰/۵ درصد) و در تیمار تنش شدید کمترین مقدار (۶۶/۹ درصد) این صفت مشاهده شد (جدول ۲). عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب در گیاه محتمل‌ترین دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد. به عبارتی در شرایط تنش خشکی ریشه‌ها قادر به تأمین آب از دست رفته از طریق تعرق نبوده و در نتیجه پتانسیل آب برگ کاهش پیدا می‌کند. تورکان و همکاران (Turkan*et al*, 2005)

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد دو ژنوتیپ لوبیا قرمز در تیمارهای تنش خشکی و کود نیتروژن

Table 1. Analysis of variance for physiological traits and grain yield of two red kidney bean genotypes in drought stress and nitrogen fertilizer treatments

			میانگین مربعات (MS)									
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	شاخص سطح برگ LAI	محتوای نسبی آب برگ RWC	کلروفیل a Chloropyll a	کلروفیل b Chloropyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید carotenoid	پرولین Proline	افت دمای سایه‌انداز گیاهی ΔT	شاخص روز درجه تنش Stress Degree Day	عملکرد دانه Grain yield
Block	بلوک	2	1.48^{ns}	262.6**	0.0145**	0.0037^{ns}	3.29**	0.32^{ns}	0.123^{ns}	0.0017^{ns}	6.67^{ns}	4155099^{ns}
Drought stress(DS)	تنش‌خشکی	2	3.98*	1149.8**	0.111**	0.057**	32.9**	5.31**	3.74**	325.13**	5561.7**	12539660*
Error (a)	خطای اصلی	4	0.358	7.84	0.00036	0.00132	0.140	0.219	0.12	0.177	81.2	1287069.3
Genotype(G)	ژنوتیپ	1	0.963^{ns}	450.8**	0.0238**	0.00405**	4.78**	1.78**	5.06**	0.528**	52.88*	4847812.9**
Nitrogen(N)	نیتروژن	3	2.14**	68.62**	0.0123**	0.0049**	3.2**	0.565**	3.31**	0.437**	162.9**	1077794.2**
DS× G	تنش خشکی×ژنوتیپ	2	0.418^{ns}	11.63^{ns}	0.0057**	0.00011^{ns}	0.676**	0.093^{ns}	1.02**	0.478**	21.38^{ns}	47745.9^{ns}
DS×N	تنش خشکی×نیتروژن	6	0.202^{ns}	7.08^{ns}	0.0019**	0.00104**	0.502**	0.059^{ns}	0.54**	0.186**	17.7^{ns}	45365.9^{ns}
G×N	ژنوتیپ×نیتروژن	3	0.218^{ns}	5.64^{ns}	0.00054^{ns}	0.00052^{ns}	0.169^{ns}	0.0073^{ns}	0.46*	0.022^{ns}	15.8^{ns}	3325.5^{ns}
DS× G×N	تنش‌خشکی×ژنوتیپ×نیتروژن	6	0.192^{ns}	2.37^{ns}	0.00045^{ns}	0.00007^{ns}	0.04^{ns}	0.0075^{ns}	0.27^{ns}	0.012^{ns}	4.99^{ns}	40904.8^{ns}
Error (b)	خطای فرعی	42	0.295	10.05	0.000449	0.00022	0.0905	0.068	0.151	0.024	9.9	106378
C.V(%)	ضریبتغییرات	-	22.5	4.3	16.8	24	15.9	20.7	23.6	15.8	12.1	14.7

ns: Not significant

ns : غیر معنی‌دار

*and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه لوبیا در تیمارهای ژنوتیپ، تنش خشکی و نیتروژن

Table 2. Mean comparison of physiological traits and grain yield of red kidney bean genotypes for genotype, drought stress and nitrogen treatments

		شاخص سطح برگ (LAI)	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g^{-1} FW)	روز درجه تنش SDD (°C)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Drought stress	تنش خشکی					
Normal irrigation	آبیاری معمول	2.7 a	80.5 a	1.8 a	-43.5 b	2950 a
Mild stress	تنش خفیف	2.5 a	71.7 b	1.0 b	-18.0 a	2200 ab
Severe stress	تنش شدید	1.9 b	66.9 c	0.9 b	-16.4 a	1505 b
Nitrogen (kg.ha^{-1})	نیتروژن					
0		2.0 b	71.1 b	1.0 b	-21.9 a	1964 b
50		2.2 b	71.7 b	1.2 b	-25.6 b	2082 b
100		2.6 a	74.1 a	1.4 a	-27.5 bc	2313 a
150		2.8 a	75.3 a	1.4 a	-28.9 c	2514 a
Kidney bean genotypes	ژنوتیپ‌های لوبیا					
Akhtar	اختر	2.5 a	75.6 a	1.4 a	-25.1 a	1960 b
D81083	D81083	2.3 a	70.6 b	1.1 b	-26.8 b	2480 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۳ – اثر متقابل ژنوتیپ×تنش خشکی بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل، پرولین برگ و افت دمای سایه‌انداز گیاهی

Table 3. Interaction effect of genotype and drought stress on chlorophyll a, total chlorophyll, proline content and canopy temperature depression

Treatments	تیمارهای آزمایشی	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	غلظت پرولین برگ Proline (mg.g^{-1} FW)	افت دمای سایه‌انداز گیاهی ΔT (°C)
ژنوتیپ‌های لوبیا Red kidney bean genotypes	تنش خشکی Water stress				
Akhtar	آبیاری معمول Normal irrigation	0.235 a	3.62 a	1.29 cd	-3.02 d
	تنش خفیف Mild stress	0.122 c	1.72 c	1.97 b	2.30 c
	تنش شدید Severe stress	0.075 d	1.08 d	2.45 a	3.94 a
D81083	آبیاری معمول Normal irrigation	0.170 b	2.80 b	1.11 d	-3.33 e
	تنش خفیف Mild stress	0.083 d	1.15 d	1.60 c	2.45 c
	تنش شدید Severe stress	0.070 d	0.92 d	1.45 cd	3.59 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

در آزمایشی روی گونه‌ای از لوبیا نشان دادند که در شرایط تنش کمبود آب، محتوای نسبی آب برگ لوبیا کاهش می‌یابد. آنگرا و همکاران (Angra*et al*, 2010) نیز واکنش دو رقم حساس و مقاوم سویا را به تنش خشکی بررسی و نشان دادند که تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید که این کاهش در رقم حساس شدیدتر بود. مصرف کود نیتروژن باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گردید که بیشترین آن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). صالح‌پور و همکاران (Salehpour *et al.*, 2009) تأثیر توأم تنش خشکی و نیتروژن را درشرایط هیدروپونیک روی گیاه عدس مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که نیتروژن موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود. در ژنوتیپ‌های لوبیای مورد بررسی نیز رقم اختر نسبت به لاین D81083 از محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بود (جدول ۲). مقادیر بالای محتوای نسبی آب برگ در ارقام مقاوم را می‌توان به کمتر بودن تلفات آب از طریق روزنه‌ها یا جذب بهتر آب بوسیله ریشه‌ها نسبت داد.

تاثیر تنش خشکی، ژنوتیپ لوبیا و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای کاروتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ بر صفات محتوای کلروفیل a و کلروفیل کل و اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تنش خشکی محتوای رنگیزه‌های برگ را کاهش داد اما مصرف نیتروژن باعث افزایش مقدار آنها در برگ گردید.بررسی اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل کل نشان داد که رقم اختر در شرایط آبیاری معمول بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۲۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)و کلروفیل کل (۳/۶۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) را داشت، در حالی که کمترین میزان کلروفیل a (۰/۰۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۰/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تنش شدید خشکی بود که در این سطح تنش، تفاوت دو ژنوتیپ معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل نشان داد که بیشترین مقدار این صفات در شرایط آبیاری معمول و در سطوح کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آنها در شرایط تنش شدید خشکی و بدون مصرف کود نیتروژن مشاهده شد که البته در سطوح کودی شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). محتوای کاروتنوئیدهای برگ با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و بیشترین و کمترین آن به ترتیب در شرایط آبیاری معمول و تنش شدید خشکی مشاهده شد (جدول۲). مصرف کود نیتروژن نیز محتوای کاروتنوئیدهای برگ را افزایش داد به طوری که تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدها نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). کاهش کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به b، و نسبت کاروتنوئیدها به مجموع کلروفیل a+b توسط الطیب (El-Tayeb, 2006) گزارش شده است. شلمر و همکاران (Schlemmer *et al.*, 2005) تاثیر سطوح مختلف نیتروژن را در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی بر میزان کلروفیل ذرت بررسی کردند و گزارش نمودند که با افزایش میزان نیتروژن بر غلظت کلروفیل برگ افزوده شد، اما تنش خشکی میزان کلروفیل را کاهش داد.کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش سنتز ترکیب‌های رنگدانه کلروفیل که با ژن‌های خانواده *cab* کد می‌شوند (Allakhverdiev *et al.*, 2002) و یا به اکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و

جدول۴ – اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل، پرولین و افت دمای سایه‌انداز گیاهی

Table 4. Interaction effect of drought stress × nitrogen on chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, proline content and canopy temperature depression

تیمارهای آزمایشی Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)	غلظت پرولین برگ Proline ($mg.g^{-1}$ FW)	افت دمای سایه‌انداز گیاهی ΔT (°C)
تنش خشکی Drought stress	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)					
آبیاری معمول Normal irrigation	0	0.143c	0.091c	2.35c	1.16e	-2.97d
	50	0.191b	0.093c	2.84b	0.94e	-2.88d
	100	0.243a	0.155a	3.97a	1.29de	-3.56f
	150	0.233a	0.133b	3.68a	1.42de	-3.30e
تنش خفیف Mild stress	0	0.866d	0.026f	1.12ef	1.11e	2.46c
	50	0.085d	0.033ef	1.20e	1.78bcd	2.30c
	100	0.121c	0.055d	1.76d	1.98bc	2.42c
	150	0.118c	0.048de	1.65d	2.27ab	2.32c
تنش شدید Severe stress	0	0.056e	0.025f	0.79f	1.32de	4.00a
	50	0.063de	0.021f	0.86ef	1.47cde	3.80ab
	100	0.083d	0.035def	1.17e	2.28ab	3.62b
	150	0.088d	0.031ef	1.19e	2.74a	3.64b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

پروتئین‌ها نسبت داد (Tambussi *et al.*, 2000).

تاثیر تنش خشکی، ژنوتیپ‌های لوبیا، نیتروژن و اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ وتنش خشکی×نیتروژن بر محتوای پرولین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اعمال تنش خشکی و کود نیتروژن باعث افزایش میزان پرولین برگ گردید. بررسی اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ بر محتوای پرولین برگ ژنوتیپ‌های لوبیا نشان داد که با افزایش سطح تنش، بر میزان پرولین برگ افزوده شد که این افزایش در رقم اختر به‌طور معنی‌داری بیشتر از لاین D81083 بود (جدول ۳). در بررسی اثر متقابل تنش خشکی×نیتروژن بر محتوای پرولین برگ نیز مشخص شد که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط تنش شدید بیشترین و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط آبیاری معمول کمترین مقدار پرولین برگ را دارا بودند (جدول ۴). در گیاهانی نظیر حبوبات که برای تامین نیتروژن مورد نیاز خود متکی به تثبیت نیتروژن هستند، به دلیل حساس بودن این فرایند به خشکی، نیاز گیاه به نیتروژن معدنی در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. علاوه بر این در شرایط تنش خشکی گیاه برای تجمع پرولین و سایر اسیدآمینه‌ها جهت تنظیم اسمزی نیاز به نیتروژن بیشتری دارد (Bahavar *et al.*, 2009). آگر و مایر (Ager and Meyer, 1977) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به افزایش محتوای پرولین آزاد در گیاه لوبیا می‌شود. آنها گزارش کردند که توانایی گیاه در انباشتن پرولین در پیکره خود ممکن است اهمیت اکولوژیکی داشته و به عنوان یک سازوکار سازگاری گیاه به تنش‌های خشکی کوتاه مدت عمل کند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که افت دمای سایه‌انداز گیاهی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی، ژنوتیپ، نیتروژن و اثرات متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ وتنش خشکی×نیتروژن قرار گرفت (جدول ۱). افزایش سطح تنش خشکی باعث افزایش دمای برگ و سایه انداز گیاهی نسبت به دمای هوا شد، در نتیجه افت دمای سایه‌انداز گیاهی را افزایش داد. برعکس مصرف کود نیتروژن منجر به کاهش دمای برگ گردید و باعث شد که دمای برگ به کمتر از دمای هوا برسد و افت دمای سایه‌انداز گیاهی منفی گردد. بررسی اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ بر افت دمای سایه‌انداز گیاهی نشان داد که در شرایط تنش خفیف و شدید دمای سایه‌انداز بیشتر از دمای هوا بود (جدول ۳) اما در شرایط آبیاری معمول، دمای سایه‌انداز گیاهی پایین‌تر از دمای هوا بود. در شرایط تنش شدید خشکی، دمای سایه‌انداز گیاهی رقم اختر بیشترین اختلاف را با دمای هوا داشته و ۳/۹ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای هوا بود در حالی که در شرایط آبیاری معمول، لاین D81083 کمترین دمای سایه‌انداز گیاهی را داشت و ۳/۳ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای هوا بود (جدول ۳). بررسی اثرمتقابل تنش خشکی ×نیتروژن افت دمای سایه‌انداز گیاهی نیز نشان داد که تیمار بدون کود در شرایط تنش شدید خشکی بیشترین دمای سایه‌انداز گیاهی (۴ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای هوا) و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط آبیاری معمول، کمترین دمای سایه‌انداز گیاهی (۳/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای هوا) را داشتند. کمترین افت دمای سایه‌انداز گیاهی نیز در سطوح مختلف نیتروژن در شرایط تنش خفیف بود (جدول ۴). به طور کلی دمای سایه‌انداز گیاهی با تنش خشکی همبستگی دارد به طوری که با کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب خاک و تعرق کاهش می‌یابد، که بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی می‌گردد (Carcova *et al.*, 1998). تیلینگ و همکاران (Tilling *et al.*, 2007) وضعیت تنش خشکی و نیتروژن را در گیاه گندم با استفاده از روش دورسنجی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که میانگین دمای سایه‌انداز گیاهی در گیاهان تحت تنش خشکی در سال اول و دوم نسبت به گیاهان با آبیاری

معمول به ترتیب ۲/۷ و ۶/۵ درجه سانتیگراد بیشتر بود. آنها گزارش کردند که میانگین دمای سایه‌انداز گیاهی تحت تأثیر سطوح نیتروژن قرار گرفت و با افزایش میزان نیتروژن، دمای سایه‌انداز گیاهی کاهش یافت.

تاثیر تنش خشکی و نیتروژن در سطح احتمال یکو تاثیر ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر صفت شاخص روز درجه تنش معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در بین سطوح تنش خشکی، تیمار آبیاری معمول کمترین مقدار شاخص روز درجه تنش (۴۳/۵ درجه سانتیگراد) و تیمار تنش شدید خشکی بیشترین مقدار این صفت (۱۶/۴ درجه سانتیگراد) را داشت (جدول ۲). نتایج بیانگر افزایش مقدار این شاخص با افزایش شدت تنش خشکی اعمال شده بود. مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن نیز نشان داد که مصرف کود نیتروژن باعث کاهش مقادیر شاخص روز درجه تنش گردید. بیشترین و کمترین شاخص روز درجه تنش (به ترتیب با ۲۱/۹ و ۲۸/۹ درجه سانتیگراد) مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (جدول ۲). دو ژنوتیپ لوبیای مورد بررسی نیز از لحاظ شاخص روز درجه تنش تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند که مقادیر این صفت برای رقم اختر ۲۵/۱ و برای لاین D81083 ۲۶/۸ درجه سانتیگراد بود (جدول ۲). آینه و همکاران (Ayeneh, 2002) تأثیر تنش گرما را بر روی ۱۳ ژنوتیپ گندم مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر دمای سایه‌انداز گیاهی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. به گزارش آنها میزان دمای سایه‌انداز گیاهی با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری داشته و ژنوتیپ‌های با دمای سایه‌انداز گیاهی کمتر عملکرد دانه بالاتری را داشتند. چنانچه اشکوب‌بندی یک سایه‌انداز گیاهی متفاوت باشد، بین واریته‌های مختلف نیز ممکن است از نظر دمای سایه‌انداز گیاهی تفاوت وجود داشته باشد (Blum, 1988). وجود تفاوت دمایی بین سایه‌انداز گیاهی دو گیاه با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت (رنگ گیاه، درجه مومی بودن برگ، اندازه برگ و غیره) می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان جذب و انتقال انرژی و جریان گرمای نهان یا ترکیبی از این عوامل باشد (Ferguson *et al.*, 1973). بر اساس گزارش آینه و همکاران (Ayeneh, 2002) اختلاف بین دمای هوا و سایه‌انداز گیاهی تا حد زیادی وابسته به میزان هدایت روزنه‌ای و در نتیجه به میزان خنک شدن برگ در نتیجه فرایند تعرق می‌باشد. پاتل و همکاران (Patel, 2001) گزارش کردند که اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا به خوبی واکنش گیاه لپه هندی را به رطوبت موجود در خاک نشان داد. به گزارش آنها کل آب مورد استفاده در این گیاه با افزایش شاخص روز درجه تنشکاهش یافت. آنها همچنین گزارش کردند که عملکرد دانه و اجزای آن همبستگی معنی‌داری با مقادیر شاخص روز درجه تنش در مرحله گلدهی داشت و بنابراین می‌توان از این شاخص برای ارزیابی واکنش گیاه لپه هندی به تنش خشکی استفاده کرد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی، ژنوتیپ و نیتروژن بر میزان عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اعمال تنش شدید خشکی عملکرد دانه را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری معمول کاهش داد اما کاهش عملکرد در تنش خفیف خشکی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۲). مصرف کود نیتروژن به مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را نسبت به تیمار بدون کود افزایش داد (جدول ۲). لاین امید بخش D81083 (با میانگین عملکرد ۲۴۸۰کیلوگرم در هکتار) نسبت به رقم اختر (با میانگین عملکرد ۱۹۶۰کیلوگرم در هکتار) برتری داشت (جدول ۲). امام و همکاران (Emam *et al.*, 2010) گزارش کردند که تنش خشکی عملکرد لوبیا را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده و میزان این کاهش تا حد زیادی وابسته به زمان وقوع تنش، شدت تنش و ژنوتیپ‌های مورد

بررسی بوده است. آنها همچنین کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی را به تاثیر نامطلوب تنش بر اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه و شاخص برداشت نسبت دادند. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش خشکی می‌تواند به واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مانند محتوای آب بافت، تنظیم اسمزی، یکپارچگی سیستم غشای سلولی، فعالیت پروتئازها و کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها ارتباط داشته باشد (Lizana *et al*., 2006). گزارش شده است که در گیاه لپه هندی همبستگی منفی معنی‌داری بین اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا با تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه وجود داشت (Patel *et al*., 2001). بیشترین ارتباط بین عملکرد دانه لوبیا قرمز با روز درجه تنش که شاخصی از شدت تنش خشکی است، وجود داشته است. این شاخص مجموع اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی با دمای هوا در یک دوره معین می‌باشد که مقادیرمثبت آن نشانگر بیشتر بودن دمای سایه‌انداز گیاهی نسبت به دمای هوا و مقادیر بالای آن بیانگر شدت تنش خشکی می‌باشد (Patel *et al*., 2001).

نتایج این آزمایش نشان داد که در تیمارهای تنش خشکی اعمال شده، مصرف کود نیتروژن تا حدودی توانست اثرات سوء تنش را تخفیف دهد. همچنین مشخص شد که لاین D81083 با اینکه نسبت به رقم اختر از محتوای نسبی آب برگ، رنگیزه و پرولین برگ کمتری برخوردار بود، عملکرد بالاتری نسبت به رقم اختر داشت. البته در تمام سطوح تنش، دمای سایه‌انداز گیاهی در لاین D81083 کمتر از رقم اختر بود که یک صفت فیزیولوژیک مهم در شرایط تنش به حساب می‌آید. بنابراین به نظر می‌رسد که تنها دارا بودن سازوکارهای تحمل به خشکی در یک رقم همیشه منجر به عملکرد بالاتر در شرایط تنش نمی‌شود و سایر عوامل نظیر پتانسیل ژنتیکی رقم نیز تعیین کنندهٔ میزان عملکرد دانه می‌باشد.

منابع مورد استفاده References

Ager, H. J. and H. R. Meyer. 1977. Effect of water stress on growth and proline metabolism of *Phaseolus vulgaris* L. Oecologia, 30: 83-96.

Allakhverdiev, S. I., A. Sakamoto., Y. Nishiyama and N. Murata. 2000. Inactivation of photosystems Iand II in response to osmotic stress in Synechococcus. Contribution of water channels.Plant Physiol. 122:1201–1208

Angra, S., S. Kaur, K. Singh., D. Pathania, N. Kaur, S. Sharma and H. Nayyar. 2010. Water deficit stress during seed filling in contrasting soybean genotypes: Association of stress sensitivity with profiles of osmolytes and antioxidants. Int. J. Agric. Res. 5 (6): 328-345.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts.Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

Ayeneh, A., M. Van Ginkel, M. P. Reynolds and K. Ammar. 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temprature depression in wheat under heat stress. Field Crop Res. 79: 173-184.

Bahavar, N., A. Ebadi, A. Tobeh and Sh. Jamaati-e-Somarin. 2009. Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicerarietinum* L.) under drought stress in hydroponics condition. Res. J. Environ. Sci. 3: 448-455.

Bates, L. S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Beebe, S. and B. McClafferty. 2006. Biofortified Bean. Centro Agronomico Tropical (CIAT)-Cali, Colombia. 2p. In: www.harvestplus.org/pdfs/bean.pdf.

Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Enviroments.CRC press, Inc. pp. 45-56.

Carcova, J., G. A. Maddonni and C. M. Ghersa. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Res. 55: 165-174.

Ding, L., K. J. Wang, G. M. Jiang, D. K. Biswas, H. Xu, L. F. Li, Y. H. Li. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years.Annal. Bot. 96: 925–930.

El-Tayeb, M. A. 2006. Differential responses of pigments, lipid peroxidation, organic solutes, catalase and peroxidase activity in the leaves of two *Viciafaba* L. cultivars to drought.Int. J. Agric. Biol. 8: 116-122.

Emam,Y., A. Shekoofa, F. Salehi and A. H. Jalali. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 9 (5): 495-499.

Ferguson, H., R. F. Eslick and J. K. Aase. 1973. Canopy temperatures barley as influenced by morphological characteristics. Agron. J. 65: 425-428.

Fredeen, A. L., J. A. Gamon and C. B. Field. 1991. Responses of photosynthesis and carbohydrate partitioning to limitations in nitrogen and water availability in field grown sunflower. Plant Cell Environ. 14: 963–970.

Jackson, R. D., S. B. Idso, R. J. Reginato and P. J. Pinter. 1981. Canopy temperature as a crop drought stress indicator. Water Resour. Res. 17: 1133-1138.

Kacperska, A. and M. Kubacka-Zębalska. 1989. Formation of stress ethylene depends both on ACC synthesis and on the activity of free radical generating system. PhysiologiaPlantarum,77: 231–237.

Keener, M. E. and P. L. Kircher. 1983. The use of canopy temperature as an indicator ofdrought stress in humid regions. J. Agric. Meteor. 28: 339-349.

Lichtenthaler. H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.

Lizana, C., M. Wenthworth, J. P. Martinez, D. Villegas and R. Meneses. 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I.Effect of drought on yield and photosynthesis. J. Exp. Bot. 57: 685-697.

Patel, N. R., A. N. Mehta and A. M. Shekh. 2001. Canopy temperature and water stress quantification in rainfedpigeonpea (*Cajanuscajan* (L.) Millsp.).Agric. Forest Meteor.109 : 223–232.

Rajala, A., K. Hakala, P. Makela, S. Muurinen and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Res.114: 263–271.

Salehpour, M., A. Ebadi, M. Izadi and Sh. Jamaati-e-Somarin. 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. Res. J. Environ. Sci. 3 (1): 103-109.

Saneoka, H., R. E. A. Moghaieb, G. S. Premachandra and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relation in *Agostispalustris*Huds. Environ. Exp. Bot. 52: 131–138.

Schlemmer, M. R., D. D. Francis, J. F. Shanahan and J. S. Schepers.2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agron. J. 97: 106-112.

Schonfeld, M. A., R. C. Johnson, B. F. Carver and D. W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci. 28: 526-531.

Sharma, S. S. and K. J. Dietz. 2006. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. J. Exp. Bot. 57: 711–26.

Singh, S. P. 2007. Drought resistance in the race durango dry bean landraces and cultivars. Agron. J. 99: 1219-1225.

Tambussi, E. A., C. G. Bartoli, J. Bettran, J. J. Guiamet and J. C. Araus. 2000. Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticumaestivum* L.). Physiol. Plant. 108: 398-404.

Tilling, A. K., G. J. O'Leary, J. G. Ferwerda, S. D. Jones, G. J. Fitzgerald, D. Rodriguez and R. Belford. 2007. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. Field Crops Res. 104. 77–85.

Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir, and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, Plant Sci. 168: 223-231.

Van Schoonhoven, A. and O. Voysest. 1991. Common beans: research for crop improvement. CAB International and CIAT, Cali, Colombia.

Vurayai, R., V. Emongor and B. Moseki. 2011. Effect of water stress imposed at different growth and development stages on morphological traits and yield of Bambara groundnuts (*Vignasubterranea* L. Verdc). Am. J. Plant Physiol. 6: 17-27.

Zorica, J. 2001. Investigation of mechanism of leaf growth inhibition in maize. J. Agric. Sci. 46 (1): 1-16.

Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes

Mohammadzadeh, A.[1], N. Majnoon Hosseini[2], H. Moghaddam[3] and M. Akbari[4]

ABSTRACT

Mohammadzadeh, A., N. Majnoon Hosseini, H. Moghaddam and M. Akbari. 2012. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 14(3): 294-307. (In Persian).**

To study the effects of drought stress and nitrogen fertilizer levels on some physiological traits and grain yield of two red kidney bean genotypes, a field experiment as split factorial arranged in randomized complete blocks design with three replications was carried out at Research Field of Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran in 2010. The main plots were three irrigation levels (irrigation after 60, 90 and 120 mm evaporation from open pan class A) and factorial combinations of N fertilizer at four levels (0, 50, 100, and 150 kg N ha^{-1}) and two red bean genotypes (Akhtar and D81083) were assigned in sub-plots. Results showed that drought stress × genotype interaction was significant ($p \leq 0.01$) on total chlorophyll and chlorophyll a, proline content and canopy temperature depression (CTD). Similarly, the drought stress × nitrogen fertilizer interaction was significant ($p \leq 0.01$) on chlorophyll a, b and total, proline content and CTD). Results indicated that drought stress reduced grain yield, LAI, leaf water content, chlorophyll a, b and total and carotenoids, but increased CTD and proline content. However, nitrogen fertilizer application increased all of the measured traits except the canopy temperature. Akhtar red bean cultivar showed higher carotenoid, proline, leaf water content and canopy temperature whereas the D81083 genotype produced higher grain yield under the drought stress conditions. Generally, application of nitrogen fertilizer increased LAI, leaf water content, pigment content, proline content and grain yield of red kidney bean and led to reduction in canopy temperature in drought stress conditions.

Key words: Drought stress, Canopy temperature, Grain yield, Proline, Red kidney bean and Relative water content.

Received: November, 2011 Accepted: April, 2012

1- Former M.Sc. Student, Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: a_mohammadzadeh@ut.ac.ir)
2- Professor, Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Faculty member, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran