

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

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

آرش محمدزاده^۱، ناصر مجnoon حسینی^۲، حسین مقدم^۳ و مهدی اکبری^۴

چکیده

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

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه دو ژنوتیپ لویا قرمز، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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 میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش خفیف خشکی پس از مرحله ۴ برگی (۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید خشکی پس از مرحله ۴ برگی (۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر) بودند. سطوح کود نیتروژن در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دو ژنوتیپ لویا (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 سایه انداز گیاهی و هوا (افت دمای سایه انداز گیاهی) در سطح احتمال یک درصد معنی دار 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 سایه انداز گیاهی معنی دار بود. تنش خشکی منجر به کاهش صفات شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتونوئیدها و عملکرد دانه و افزایش افت دمای سایه انداز گیاهی و محتوای پرولین برگ گردید. مصرف کود نیتروژن نیز باعث افزایش کلیه صفات یاد شده به جز افت دمای سایه انداز گیاهی شد. در دو ژنوتیپ مورد بررسی رقم اختر بیشترین رنگیزهای فتوستزی، محتوای پرولین برگ، محتوای نسبی آب برگ، افت دمای سایه انداز 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 رنگیزهای برگ، میزان پرولین برگ و افت دمای سایه انداز گیاهی در شرایط تنش خشکی گردید و باعث افزایش عملکرد دانه لویا شد.

واژه های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، دمای سایه انداز گیاهی، عملکرد دانه، لویا قرمز و محتوی نسبی آب برگ.

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

- 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
- ۴- عضو هیأت علمی مؤسسه خاک و آب

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 فتوستتر و رشد گیاهان زراعی گردد و فتوستتر پایین در سطوح کم نیتروژن به کاهش محتوای کلروفیل و فعالیت کم آنزیم رویسکو نسبت داده شده است (Fredeen *et al.*, 1991). نتایج تحقیقات نشان داده است که نیتروژن و تنفس خشکی به طور معنی‌داری میزان کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند. آنگرا و همکاران (Angra *et al.*, 2010) تأثیر تنفس کم‌آبی را در دو رقم حساس و متتحمل سویا در مرحله پر شدن دانه مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که با افزایش شدت تنفس خشکی، محتوای کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت و میزان این کاهش در رقم حساس بیشتر از رقم متتحمل بود.

محققان زیادی دمای برگ را به عنوان شاخص تنفس خشکی در گیاهان معرفی کردند. جکسون و همکاران (Jackson *et al.*, 1981) گزارش کردند که بین اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی با هوا و تنفس 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 تنفس شدید خشکی به بیشتر از مقدار آن نیز می‌رسد (Keener and Kircher, 1983).

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

مقدمه

لوبيای 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). تنفس خشکی یک مشکل اساسی در سراسر جهان محسوب شده و تولید لوبيا نیز معمولاً در مناطق با محدودیت آب صورت می‌گیرد. نتایج آزمایش‌های انجم گرفته در شرایط کنترل شده نشان داده است که لوبيا در مقایسه با سایر بقولات نسبت به خشکی نسبتاً حساس است (Singh, 2007). کمبود نیتروژن به وفور در گیاه لوبيا مشاهده شده است. از طرفی این گیاه پتانسیل پایینی از نظر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد (حدود ۱۰ کیلوگرم در هکتار) (Van Schoonhoven and Voystest, 1991).

بنابراین کاربرد کودهای نیتروژن دار 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 فتوستتر و متابولیسم نیتروژن می‌گردد (Saneoka *et al.*, 2004).

به علاوه، عرضه نیتروژن، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم رویسکو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ding *et al.*, 2005).

پدیده تنظیم اسمزی یکی از سازوکارهای اجتناب از تنفس خشکی در گیاهان به شمار می‌رود. پرولین یکی از اسمولیت‌هایی است که در شرایط تنفس خشکی در گیاه تجمع پیدا کرده و به گیاه در حفظ فشار آماس کمک می‌کند. در طول مدت تنفس خشکی پرولین

نواری اعمال گردید و پس از آن آبیاری به صورت نشستی 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 اندازه گیری رنگدانه‌های گیاه، بافت برگی تازه به مقدار ۰/۵ گرم از برگ چهارمین گره بالایی گیاه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل از روش آرنون (Arnon, 1949)، برای اندازه گیری محتوای پرولین برگ از روش بیتس (Bates, 1973) و برای اندازه گیری میزان کاروتونئیدهای برگ از روش لیتچندر (Lichtenthaler, 1987) استفاده شد. برای اندازه گیری 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 اندازه گیری شاخص سطح برگ، تعداد ۵ بوته از هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ (DeltaT, UK)، سطح برگ بوته‌ها اندازه گیری شد و به شاخص سطح برگ تبدیل شد. اندازه گیری دمای سایه‌انداز گیاهی به طور روزانه در ساعت ۱۲-۱۳ با استفاده از دماسنجه مادون قرمز قابل حمل (IR-99، China) صورت گرفت. بدین ترتیب که دماسنجه هنگام قرائت زاویه‌ای حدود ۳۰ درجه با افق داشته و ۱/۵ متر از سطح اندازه گیری فاصله داشت. برای اندازه گیری 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

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی پژوهشی پرديس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج اجرا گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده کرتهای خرد شده 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 کیلو گرم نیتروژن در هکتار بود. عامل سوم نیز شامل ارقام لوییا قرمز اختر (منشاء کلمبیا، کلاس تجاری "Red Kidney Light" و لاین امیدبخش D81083 (منشاء کلمبیا، کلاس تجاری Morado، شکل بوته ایستاده و رشد محدود) بود. زمان اعمال تیمارهای تنش خشکی پس از توسعه کامل ۴ برگ ۳ برگ‌های بود. تیمارهای آبیاری در کرتهای اصلی و تیمارهای کود نیتروژن و ژنتوتیپ 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 سانتی متر 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

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). وورایی و همکاران (Vurayai *et al.*, 2011) گزارش کردند که اعمال تنفس خشکی روی گیاه *Vigna subterranean* منجر به کاهش تعداد برگ و سرعت رشد نسبی سطح برگ گردید. آنها کاهش در سرعت رشد نسبی سطح برگ را به کاهش فشار آماز که اولین اثر فیزیولوژیک تنفس خشکی بر گیاهان است، نسبت دادند. کاهش سطح برگ در اثر تنفس 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).

зорیکا (Zorica, 2001) گزارش کرد که کمبود نیتروژن و تنفس خشکی باعث محدود شدن رشد و توسعه برگ‌ها در دو ژنتیپ 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 تنفس خشکی، ژنتیپ و نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنفس خشکی، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری کاهش یافت. به طوری که در تیمار آبیاری معمولی بیشترین (۸۰/۵ درصد) و در تیمار تنفس شدید کمترین مقدار (۶۶/۹ درصد) این صفت مشاهده شد (جدول ۲). عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب در گیاه محتمل ترین دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ گیاه در شرایط تنفس خشکی می‌باشد. به عبارتی در شرایط تنفس 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 (Turkanet *et al.*, 2005) نتایج متشابه داشتند.

سایه‌انداز گیاهی هر کرت در نظر گرفته شد (Keener and Kircher, 1983) (and Kircher, 1983 گیاهی (اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا) در هر تیمار، قبل از انجام آبیاری دمای سایه‌انداز گیاهی و هوا در ساعت ۱۲-۱۳ ظهر اندازه گیری شده و اختلاف آنها محاسبه گردید (دمای هوای روزانه در ساعت ۱۲-۱۳ از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرج واقع در مزرعه آموزشی پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اخذ شد). برای محاسبه شاخص روز درجه تنفس (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 هوای در ساعت اندازه گیری می‌باشد. ۱ تا n نیز تعداد روزهایی است که شاخص روز درجه تنفس 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 میانگین‌های تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنفس خشکی در سطح احتمال پنج درصد و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ ارقام لوییا معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنفس خشکی اعمال شده منجر به کاهش سطح برگ لوییا گردید، به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ در آبیاری معمول (۲/۷) و کمترین آن در تنفس خشکی شدید (۱/۹) مشاهده شد. بیشترین و کمترین شاخص

"اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن....."

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد دو ژنوتیپ لویا 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

S.O.V.	متابع تغیر	درجه آزادی d.f	بلوک	LAI	ثانچ سطح بزرگ	محتوی نسبی آب برگ RWC	کارروفل a	کارروفل b	کارروفل کل Total Chlorophyll	کاروتینید carotenoid	برولین Proline	افت دمای سایاندار گاهی ΔT	شاخص روز درجه تنش Stress Degree Day	عملکرد داده Grain yield
Block		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)	تش خشکی	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	تش 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	تش 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	تش خشکی × 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(%)	ضریب تغیرات	-	22.5	4.3	16.8	24	15.9	20.7	23.6	15.8	12.1	14.7		

ns: Not significant

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

ns: غیر معنی دار

* 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

		محتوای نسبی آب برگ (LAI)	شاخص سطح برگ RWC (%)	کاروتونید 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 ژنوتیپ‌های لوبیا	a کلروفیل 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)
Red kidney bean genotypes	تنش خشکی Water stress آبیاری معمول	0.235 a	3.62 a	1.29 cd	-3.02 d
Akhtar	Normal irrigation				
	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	0.170 b	2.80 b	1.11 d	-3.33 e
	Normal irrigation				
	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

(۳/۶۲) میلی گرم در گرم وزن تر برگ را داشت، در حالی که کمترین میزان کلروفیل a (۰/۰۷ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۰/۹۲ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تنش شدید خشکی بود که در این سطح تنش، تفاوت دو ژنتیپ معنی دار 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 کیلو گرم 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 کیلو گرم در هکتار تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). محتوای کاروتوئیدهای 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 (جدول ۲). مصرف کود نیتروژن نیز محتوای کاروتوئیدهای برگ را افزایش داد به طوری که تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار به طور معنی داری باعث افزایش محتوای کاروتوئیدها نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). کاهش کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتوئیدها، نسبت کلروفیل a به b، و نسبت کاروتوئیدها به مجموع کلروفیل a به b+a توسط الطیب (El-Tayeb, 2006) گزارش شده است. شلمرو 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 ستتر ترکیب‌های رنگدانه کلروفیل که با ژنهای خانواده cab کد می‌شوند (Allakhverdiev et al., 2002) و یا به اکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و

در آزمایشی روی گونه‌ای از لوپیا نشان دادند که در شرایط تنش کمبود آب، محتوای نسبی آب برگ لوپیا کاهش می‌یابد. آنگرا و همکاران (Angraet 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 کیلو گرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد که با تیمار ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۲). صالح‌پور و همکاران (Salehpour et al., 2009) تاثیر توأم تنش خشکی و نیتروژن را در شرایط هیدرопونیک روی گیاه عدس مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که نیتروژن موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود. در ژنتیپ‌های لوپیایی 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 روزندهای یا جذب بهتر آب بوسیله ریشه‌ها نسبت داد.

تاثیر تنش خشکی، ژنتیپ لوپیا و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای کاروتوئید معنی دار بود (جدول ۱). اثر متقابل تنش خشکی نیتروژن 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 معنی دار 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 نیتروژن بر محتوای کلروفیل a و کلروفیل b کل نشان داد که رقم اختر در شرایط آبیاری معمول بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۲۳۵ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل

جدول ۴ - اثر متقابل تنش خشکی × نیتروژن بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، 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

Treatments	تیمارهای آزمایشی Drought stress	تش خشکی Nitrogen (kg.ha ⁻¹)	a کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	b 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)
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
تش 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
تش 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

افزایش دمای برگ و سایه انداز گیاهی نسبت به دمای هوا شد، در نتیجه افت دمای سایه‌انداز گیاهی را افزایش داد. بر عکس 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×زنوتیپ 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 سانتی گراد بیشتر از دمای هوا بود در حالی که در شرایط آبیاری معمول، لاین D81083 کمترین دمای سایه‌انداز گیاهی را داشت و ۳/۳ درجه سانتی گراد کمتر از دمای هوا بود (جدول ۳). بررسی اثر متقابل 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 سانتی گراد بیشتر از دمای هوا) و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط آبیاری معمول، کمترین دمای سایه‌انداز گیاهی (۵/۳ درجه سانتی گراد کمتر از دمای هوا) را داشتند. کمترین درجه سانتی گراد 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). Tilling *et al.*, 2007) و همکاران (Tilling *et al.*, 2007) وضعیت تنش خشکی و نیتروژن را در گیاه گدم 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

پروتئین‌ها نسبت داد (Tambussi *et al.*, 2000). تاثیر تنش خشکی، ژنوتیپ‌های لوبيا، نیتروژن و اثر متقابل تنش خشکی×زنوتیپ و تنش 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×زنوتیپ بر محتوای پرولین برگ ژنوتیپ‌های لوبيا نشان داد که با افزایش سطح تنش، بر میزان پرولین برگ افزوده شد که این افزایش در رقم اختر به طور 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 جبوبات 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 Ager and Meyer, (Bahavar *et al.*, 2009) (Ager and Meyer, 2009) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به افزایش محتوای پرولین آزاد در گیاه لوبيا می‌شود. آنها گزارش کردند که توانایی گیاه در اباحتمن 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×زنوتیپ و تنش خشکی×نیتروژن قرار گرفت (جدول ۱). افزایش سطح تنش خشکی باعث

گیاهی دو گیاه با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت (رنگ گیاه، درجه موئی 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 (2002) اختلاف بین دمای هوا و سایه‌انداز گیاهی تا حد زیادی وابسته به میزان هدایت روزنها 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 تنفسکاهش یافت. آنها همچنین گزارش کردند که عملکرد دانه و اجزای آن همبستگی معنی‌داری با مقادیر شاخص روز درجه تنفس در مرحله گلدهی داشت و بنابراین می‌توان از این شاخص برای ارزیابی واکنش گیاه لپه هندی به تنفس خشکی استفاده کرد.

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

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. تأثیر تنفس خشکی و نیتروژن در سطح احتمال یکو تأثیر ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر صفت شاخص روز درجه تنفس معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در بین سطوح تنفس خشکی، تیمار آبیاری معمول کمترین مقدار شاخص روز درجه تنفس (۴۳/۵ درجه سانتیگراد) و تیمار تنفس شدید خشکی بیشترین مقدار این صفت (۱۶/۴ درجه سانتیگراد) را داشت (جدول ۲). نتایج بیانگر افزایش مقدار این شاخص با افزایش شدت تنفس خشکی اعمال شده بود. مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن نیز نشان داد که مصرف کود نیتروژن باعث کاهش مقادیر شاخص روز درجه تنفس گردید. بیشترین و کمترین شاخص روز درجه تنفس (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 لوپیای مورد بررسی نیز از لحاظ شاخص روز درجه تنفس 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 تنفس 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

مقادیر مثبت 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 کننده میزان عملکرد دانه می‌باشد.

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 بردشت نسبت دادند. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌های لوییا 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 لوییا 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

منابع مورد استفاده

- 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 I and 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 temperature 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 (*Cicer arietinum* 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 *Vicia faba* 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. Physiologia Plantarum,77: 231–237.
- Keener, M. E. and P. L. Kircher. 1983.** The use of canopy temperature as an indicator of drought 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. Wentworth, 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 rainfed pigeonpea (*Cajanus cajan* (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 *Agrostis palustris* 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 (*Triticum aestivum* 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 (*Vigna subterranea* 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 Hosseini², H. Moghaddam³ and M. Akbari⁴

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