Archive of SID

مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۲، سال ۱۳۹۳

ارزیابی تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش کمبود آب

Assessment of Variation in Physiological Growth Indices in Common Bean Genotypes Under Water Deficit Condition

علی‌اکبر قنبری[۱] و سیدحسن موسوی[۲]، ساسان کشاورز[۲] و اشکان عباسیان[۳]

۱ و ۲ - به ترتیب استادیار و محقق، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۳- محقق، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۷

چکیده

قنبری، ع. ا.، موسوی، س. ح.، کشاورز، س.، و عباسیان، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش کمبود آب **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۰ (۲):** ۲۲۲- ۱۹۹.

این پژوهش برای ارزیابی اثر کمبود آب بر رشد، عملکرد و تعیین روابط شاخص‌های رشد در ژنوتیپ‌های لوبیا اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در دو شرایط آبیاری نرمال و محدود با هشت ژنوتیپ (WA4502-1، WA4531-17، D81083، AND1007، **اختر**، COS16، MCD4011، **و** KS21486) **در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام شد. نتایج نشان داد که کمبود آب موجب کاهش محسوس شاخص سطح برگ** (LAI) **در کلیه ژنوتیپ‌ها شد. در شرایط تنش، تا اوایل پر شدن نیام‌ها لاین لوبیا قرمز** AND1007 **از شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود ولی در اواخر پر شدن نیام‌ها لاین** WA4502-1 **برتری پیدا کرد. لاین** AND1007 **از سرعت رشد محصول** (CGR) **بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. عملکرد دانه بر اثر تنش کمبود آب ۵۰ درصد کاهش نشان داد. درصد افت عملکرد متأثر از تنش در لاین‌های** D81083 **و** AND1007 **به ترتیب بیشترین و کمترین بود. بازتاب‌های فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میزان حساسیت و تحمل خشکی در شرایط این آزمایش متفاوت بود. در این پژوهش، شدت تنش خشکی برابر ۰/۵۰ بود. بر اساس شاخص‌های** DTI، DSI، MP **و** GMP **لاین‌های** AND1007، COS16 **و** MCD4011 **برتر بودند. به طور کلی، بر اساس نتایج آزمایش انواع لوبیا سفید نسبت به تنش خشکی حساس‌تر از انواع قرمز و چیتی بودند.**

واژه‌های کلیدی: زیست توده، تحمل به خشکی، سرعت رشد، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، لوبیا.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: aghanbari2004@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در میان شرایط محیطی تنش‌زا برای زراعت گیاهان زراعی در سراسر جهان محدودیت آب از اهمیت خاصی برخوردار است که باعث شده تحقیقات وسیعی در سطح مولکولی، فیزیولوژیکی، و حتی در حد یک بوته تا سطوح بوم نظام پیوسته به اجرا گذاشته شود (Chaves *et al.*, 2003). تاکنون بیشتر برنامه‌های به‌نژادی لوبیا برای ایجاد مقاومت به خشکی در مناطق گرمسیری، روی تولید ژرم‌پلاسم برای مقاومت به خشکی بدون در نظر گرفتن سایر صفات متمرکز شده است (Beebe *et al.*, 2008; Teran and Singh, 2002b). در صورتی که بسیاری از صفات در مقاومت و یا حساسیت به خشکی نقش ایفا می‌کنند.

پارامترهای گیاهی مانند شاخص سطح برگ، وزن خشک شاخساره، شاخص برداشت دانه، میزان نیتروژن گیاه و اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه لوبیا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. وزن خشک شاخساره ، در تعیین عملکرد لوبیا صفت مهمی تلقی می‌شود. حداکثر وزن شاخساره، ۷۸ روز پس از کاشت حاصل می‌شود. کاهش وزن شاخساره پس از این مدت، با تخصیص مواد پرورده به نیام‌ها ارتباط دارد. طی این دوره، برخی برگ‌ها خشک شده و می‌ریزند (Fageria and Santos, 2008).

لوبیا گیاهی سه کربنه است که در آن شاخص سطح برگ (Leaf area index = LAI) بسته به رقم، بین ۳-۴ (White and Izquierdo, 1991) و حداکثر سرعت فتوسنتز خالص ۴۰-۲۵ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن بر دسی‌مترمربع سطح برگ در ساعت (Fageria and Santos, 2008) است. فاگریا و سانتوس (Fageria and Santos, 2008) گزارش کردند که حداکثر LAI در لوبیا، ۶۰ تا ۷۰ روز پس از کاشت حاصل می‌شود. آن‌ها نتیجه گرفتند که عملکرد دانه با افزایش LAI تا ۴ افزایش می‌یابد و پس از آن تأثیر چندانی در افزایش عملکرد دانه ندارد. به عبارت دیگر در LAI بالاتر از ۴ تغییری در فتوسنتز خالص تاج پوشش دیده نمی‌شود و حتی سایه‌اندازی برگ‌ها ممکن است باعث کاهش کارایی فتوسنتزی آن‌ها شود. حداکثر سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate= CGR) در انواع رشد محدود لوبیا، ۱۴ تا ۱۸ گرم بر مترمربع در روز گزارش شده است (White and Izquierdo, 1991). حداکثر تجمع ماده خشک لوبیا در گلدهی، حدود ۶۰-۴۰ روز بعد از سبز شدن گیاه ایجاد می‌شود (Thung, 1991).

وزن خشک و وزن تر گیاه در شرایط محدودیت آب ویژگی‌های مطلوبی هستند. از جمله اثر تنش کمبود آب در گیاهان زراعی کاهش تولید زیست توده خشک و تر است. تنش کمبود آب اغلب رشد برگ و در حقیقت سطح برگ را در اکثر گیاهان زراعی کاهش می‌دهد (Farooq *et al.*, 2009). کوریر و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (Korir *et al.*, 2006) در بررسی بازتاب ژنوتیپ‌های لوبیا به خشکی در شرایط گلخانه و مزرعه نتیجه گرفتند که در شرایط تنش خشکی کاهش زیست توده در ژنوتیپ‌های متحمل در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس کمتر بود. بر اساس نتایج آبب و بریک (Abebe and Brick, 2003) و پادیلا- رامیرز و همکاران (Padilla-Ramirez *et al.*, 2005) زیست توده و شاخص برداشت گیاه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و در شرایط کمبود آب هر دو کاهش می‌یابند. در پژوهش اشرف و ایرم (Ashraf and Iram, 2005) ایجاد شرایط کمبود آب برای بوته‌های ۱۵ روزه به مدت ۴۵ روز اثر منفی و معنی‌دار بر وزن تر و خشک ریشه و شاخساره، طول ساقه و سطح برگ بوته لوبیا داشت.

کمبود آب باعث کاهش قابل توجه در عملکرد دانه لوبیا نیز می‌شود. هر چند میزان کاهش بسته به زمان و شدت تنش و دوام آن و نوع ژنوتیپ بسیار متغیر است (Shenkut and Brick, 2003; Frahm *et al.*, 2004). تفاوت‌های ژنوتیپی در عملکرد دانه لوبیا (از نظر تحمل خشکی) گزارش شده است (Abebe *et al.*, 1998; Teran and Singh, 2002a). برای ارزیابی و مقایسه ژرم‌پلاسم‌های لوبیا از نظر مقاومت به خشکی محققان صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی بیوشیمیایی و عملکرد دانه و برخی دیگر از صفات را در شرایط تنش و بدون تنش به کار برده‌اند (Abebe and Brick, 2003; Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998; Frahm *et al.*, 2004). به اعتقاد این محققان عملکرد دانه قابل اعتمادترین صفت در ارزیابی مقاومت به خشکی در لوبیا است.

چند معیار برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد آن‌ها در شرایط عادی و در محیط‌های تنش پیشنهاد شده است. فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد کردند. این شاخص نسبتی از وضعیت ژنوتیپی در شرایط تنش و بدون تنش است که با عملکرد همبستگی دارد (Porch, 2006). روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) تحمل (TOL) را با عبارت "اختلاف عملکرد در شرایط وجود تنش (Ys) و بدون تنش (Yp)"، و بهره‌وری متوسط (MP) را به صورت "میانگین عملکرد Ys و Yp" تعریف کردند. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص دیگری (شاخص تحمل تنش، STI) را تعریف کرد. میانگین هندسی تولید (GMP) معیار دیگری است که اغلب توسط به‌نژادگران بکار می‌رود (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998). طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992)، میانگین هندسی (GM) و شاخص تحمل تنش (STI) برای مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها بین محیط یا سال به کار می‌روند.

بنابراین این پژوهش برای ارزیابی رشد، عملکرد و شاخص‌های حساسیت و تحمل

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در شهرستان کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی اجرا شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۱۲/۵ متر است. میانگین بارندگی سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دماهای کمینه و بیشینه آن به ترتیب ۸/۷ و ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد است.

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

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

آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی در دو سطح و ژنوتیپ‌ها در کرت‌های فرعی در هشت سطح قرار گرفتند. بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها در شش خط به طول ۵ متر با فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر کاشته شد. در این آزمایش، فواصل بوته‌ها در روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود. کاشت بذر به ترتیب در ۲۸ خرداد ماه ۱۳۸۸ و ۱۳ خرداد ماه ۱۳۸۹ انجام شد.

در شرایط نرمال، آبیاری بر اساس ۶۰-۵۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. آبیاری محدود و اعمال تنش آبی هم پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و از زمان ظهور سومین سه برگچه‌ی لوبیا (مرحله V4) تا مرحله رسیدگی بر اساس ۱۱۰-۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A اجرا شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین تغییر شاخص سطح برگ (Leaf area Index = LAI)، پس از ظهور سه برگچه اول و در فواصل زمانی یک هفته‌ای (ده مرحله نمونه‌برداری) از هر تیمار پنج بوته به طور تصادفی برداشت و پس از جداسازی برگ‌ها از ساقه، سطح آن‌ها توسط سطح سنج برگی مدل LI-3100C بر حسب سانتی‌مترمربع اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ هر تیمار بر اساس سطح برگ بوته‌های موجود در یک متر مربع سطح زمین محاسبه شد.

برگ و ساقه نمونه‌هایی که برای تعیین شاخص سطح برگ برداشت شده بودند، در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و پس از توزین جداگانه آن‌ها، ماده خشک شاخساره هر تیمار تعیین شد. سرعت رشد محصول (Crop Growth Rade = CGR) هر تیمار با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد. روند تغییرات رشد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبیاری نیز مطابق رابطه زیر بررسی شد.

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \qquad (۱)$$

در این رابطه، W_1 و W_2 ماده خشک در زمان‌های نمونه‌برداری بر حسب گرم، و T_1 و T_2 زمان‌های نمونه‌برداری هستند.

عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های مورد نظر بررسی شدند. عملکرد تیمارها با برداشت دو خط میانی هر کرت و توزین دانه‌های آن (با رطوبت ۱۲ درصد) تعیین شد. شاخص شدت خشکی (Drought intensity index = DII)، شاخص حساسیت به خشکی (Drought susceptibility index = DSI)، شاخص تحمل خشکی (Drought tolerance index = DTI)، تحمل (Tolerance = TOL)، میانگین هندسی تولید (Geometric mean productivity = GMP) و شاخص بهره‌وری متوسط (Mean productivity = MP) از جمله شاخص‌هایی بودند که مورد ارزیابی قرار گرفتند. این شاخص‌ها که بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها استوار هستند، مطابق روابط زیر محاسبه شدند (Rosielle and Hamblin, 1981; Fischer and Maurer, 1978; Porch, 2006; Fernandez, 1992).

$$DII = 1 - \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_N} \qquad (۲)$$

$$MP = \frac{Y_S + Y_N}{2} \qquad (۳)$$

$$GMP = \sqrt{Y_S \times Y_N} \qquad (۴)$$

$$TOL = Y_N - Y_S \qquad (۵)$$

$$DSI = \frac{1 - (\frac{Y_S}{Y_N})}{DII} \qquad (۶)$$

$$DTI = \frac{Y_S \times Y_N}{(\bar{Y}_N)^2} \qquad (۷)$$

در این روابط، Y_N و Y_S، $\bar{Y}_N$ و $\bar{Y}_S$ به ترتیب میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط نرمال و تنش و میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش است.

تجزیه آماری داده‌ها بر اساس موازین کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کامل تصادفی انجام شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، جهت اطمینان از صحت و دقت آن‌ها، آزمون‌های یکنواختی واریانس‌های اشتباه آزمایش و نرمال بودن داده‌ها انجام شد. با توجه به عدم معنی‌داری اثر سال در اکثر صفات، تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مجموع دو سال آزمایش انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1، SPSS 16 و Excel و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ در مراحل نمونه‌برداری بین دو رژیم آبیاری، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). در هر دو شرایط مساحت برگ و به تبع آن شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌ها تغییر قابل ملاحظه‌ای در طول دوره رشد و نمو نشان دادند. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تنش کمبود آب باعث کاهش چشمگیر شاخص سطح برگ کلیه ژنوتیپ‌ها شد. در شرایط تنش تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از اوایل گلدهی قابل توجه بود. لاین KS21486 در هر دو شرایط دارای کمترین شاخص سطح برگ بود. در شرایط نرمال آبیاری، لاین WA4502-1 بیشترین شاخص سطح برگ را داشت ولی در شرایط کمبود آب، تا اوایل پر شدن نیام‌ها لاین لوبیا قرمز AND1007 از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود و در اواخر پر شدن نیام‌ها بود که لاین WA4502-1 مجدداً از این نظر برتری پیدا کرد (شکل ۱).

در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌ها از نظر این شاخص تا اواسط مرحله رشدی گیاه تفاوت چندانی نشان ندادند ولی در نیمه دوم دوره رشد تفاوت آن‌ها محسوس بود. تحقیقات متعدد نشان داده است که از اولین بازتاب‌ها به کمبود آب کاهش سطح برگ و رشد گیاه و این امر موجب می‌شود که تعرق در گیاه کمتر شود (Aguirrezabal *et al.*, 2006; Xu and Zhou, 2008).

سطح برگ یک گیاه زراعی عامل تعیین کننده تبادل آب و انرژی است. اثر اصلی تنش ملایم بر برگ‌ها کاهش تعداد، سرعت توسعه و اندازه نهایی برگ است. در تنش شدید سرعت توسعه برگ افت کرده و رشد برگ ممکن است متوقف شود. همچنین، تنش خشکی شاخص سطح برگ را با کاهش آغازش برگ‌های جدید تحت تأثیر قرار می‌دهد (Prasad *et al.*, 2008). تداوم تنش خشکی پیری برگ را سرعت می‌بخشد (de Souza *et al.*, 1997) و به مرگ بافت برگ و ریزش آن بویژه برگ‌های قدیمی و رسیده منجر می‌شود. آبیاری مجدد نمی‌تواند اثر خشکی بر فرایند پیری را کاملاً مرتفع سازد (Brevedan and Egli, 2003). کاهش پیری

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- تجزیه واریانس صفات شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت رشد محصول (CGR) در ژنوتیپ‌های لوبیا

Table 1. Analysis of variance of leaf area index (LAI) and crop growth rate (CGR) in bean genotypes

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS															
			LAI_1	LAI_2	LAI_3	LAI_4	LAI_5	LAI_6	LAI_7	LAI_8	CGR_1	CGR_2	CGR_3	CGR_4	CGR_5	CGR_6	CGR_7	CGR_8
Year (Y)	سال	1	2.69*	2.48^{ns}	0.14^{ns}	8.47*	12.31^{ns}	12.40*	23.09^{ns}	38.33^{ns}	3.45^{ns}	38.98*	3.12^{ns}	28.44**	31.77^{ns}	146.24*	78.15^{ns}	61.80^{ns}
Block (Year)	بلوک (سال)	6	0.06	0.67	0.33	0.43	1.27	0.91	3.72	7.83	0.21	0.72	1.27	1.13	1.04	0.29	11.51	10.90
Irrigation (I)	رژیم آبیاری	1	0.44**	6.01**	13.63**	62.55**	76.06**	38.22**	76.06**	25.56**	1.28*	19.01**	63.94**	20.12**	38.63**	47.71**	184.15**	109.43**
Y × I	سال × رژیم آبیاری	1	0.02^{ns}	3.01^{ns}	0.63^{ns}	0.18^{ns}	0.60^{ns}	0.05^{ns}	6.06*	0.13^{ns}	0.12^{ns}	1.96^{ns}	0.26^{ns}	5.92*	0.70^{ns}	12.36*	0.33^{ns}	3.66^{ns}
Error a	خطای الف	6	0.01	0.95	0.10	0.10	0.17	0.10	2.52	0.65	0.30	0.44	0.29	0.53	0.47	0.35	5.45	5.04
Genotype (G)	ژنوتیپ	7	0.03**	0.82**	2.90**	7.67**	10.31**	9.66**	18.85**	47.53**	0.27**	3.20**	3.85**	16.80**	12.83**	11.98**	55.82**	31.65**
Y × G	سال × ژنوتیپ	7	0.09^{ns}	0.15^{ns}	1.24*	0.55^{ns}	1.00^{ns}	1.37*	1.45^{ns}	3.51^{ns}	0.27*	0.41^{ns}	1.60^{ns}	11.08*	2.45^{ns}	8.33^{ns}	25.13^{ns}	15.79^{ns}
G × I	ژنوتیپ × رژیم آبیاری	7	0.01^{ns}	0.21**	0.42**	0.60*	1.11*	1.40**	2.95**	5.42**	0.03^{ns}	0.54**	1.44**	1.74*	2.37**	17.75**	27.64**	23.24*
Y × G × I	سال × ژنوتیپ × رژیم آبیاری	7	0.01^{ns}	0.07^{ns}	0.13^{ns}	0.59*	0.52^{ns}	1.95**	1.28^{ns}	3.24^{ns}	0.02^{ns}	0.46^{ns}	0.64 ^{ns}	4.09*	2.42^{ns}	12.97*	22.53^{ns}	13.94^{ns}
Error b	خطای ب	84	0.01	0.03	0.05	0.10	0.17	0.20	0.41	0.58	0.02	0.14	0.18	0.47	0.62	1.30	3.42	4.82

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.

ns: Not significant.

Index from 1 to 8 is related to the sampling stages.

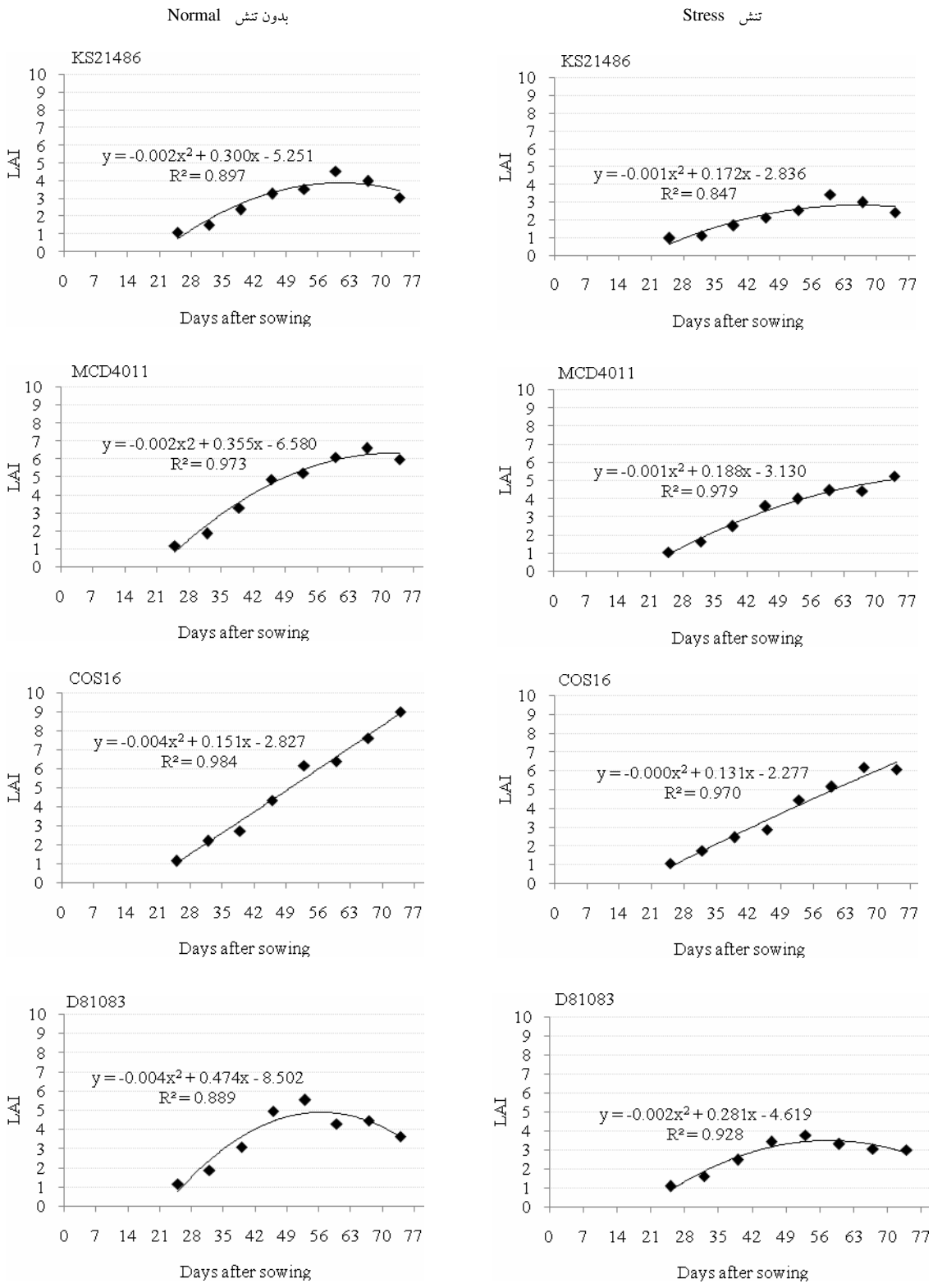
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

اندیس‌های ۱ تا ۸ مربوط به مراحل نمونه‌برداری است.

www.SID.ir

Archive of SID

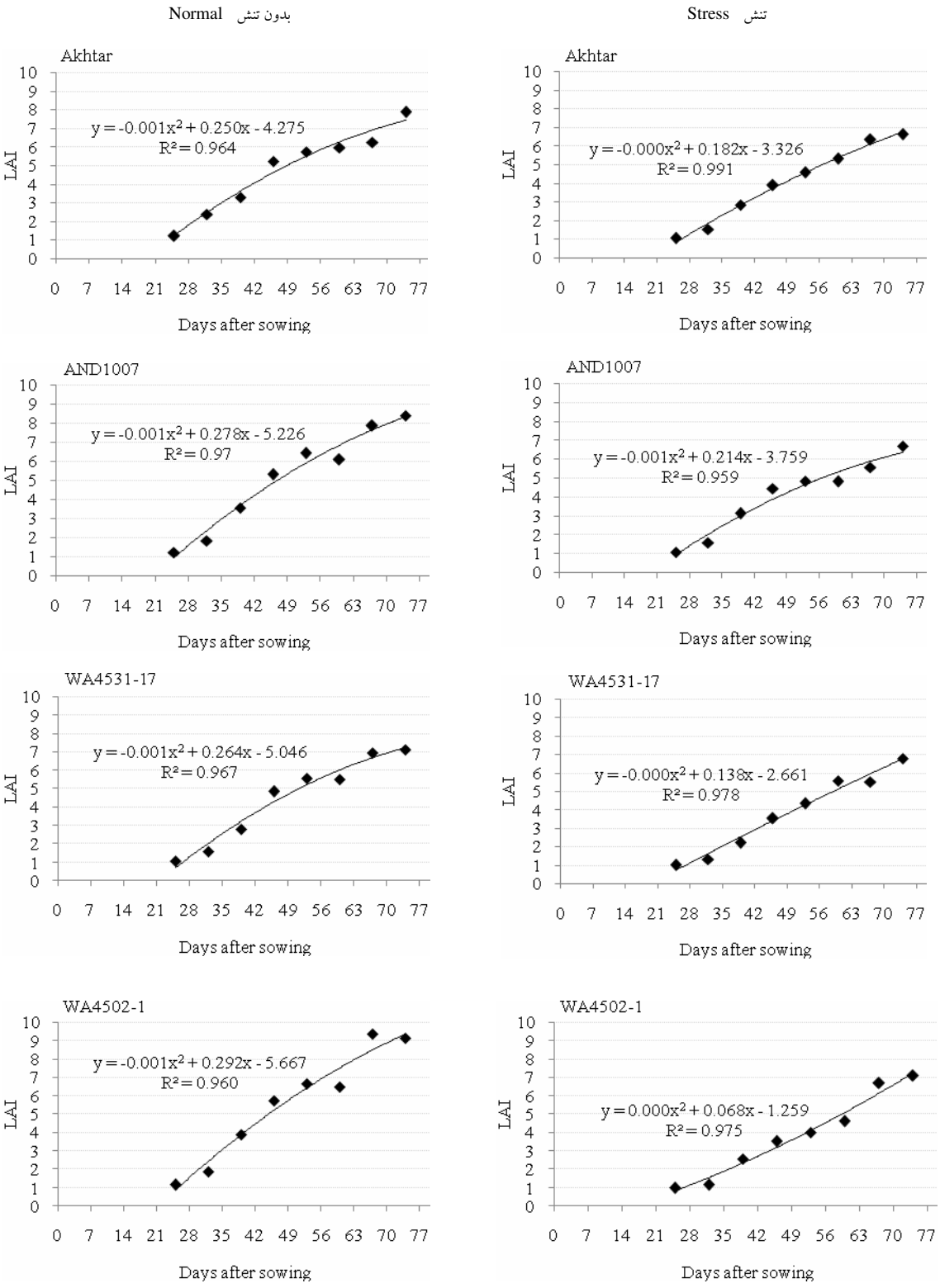


شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط نرمال آبیاری و تنش کمبود آب

Fig. 1. Changes in leaf area index (LAI) of the bean genotypes under normal and water deficit conditions

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل ۱

Fig. 1. Continued

www.SID.ir

Archive of SID

برگ در شرایط تنش خشکی یکی از سازوکارهای تحمل محسوب می‌شود. در مقابل، کاهش مساحت برگ یکی از ساز و کارهای اجتناب از خشکی است چون کاهش مساحت برگ از هدر رفت بیشتر آب جلوگیری می‌کند (Prasad *et al.*, 2008).

تاناکا و فوجیتا (Tanaka and Fujita, 1979) و تاناکا و اوزاکی (Tanaka and Osaki, 1983) گزارش کردند که حداکثر شاخص سطح برگ (LAI) در لوبیا ۶۰ تا ۷۰ روز پس از کاشت حاصل می‌شود. این محققان نتیجه گرفتند که عملکرد دانه با افزایش LAI تا ۴ افزایش می‌یابد و بیشتر از آن اثری در افزایش عملکرد دانه ندارد. در LAI بالاتر از ۴، سایه اندازی برگ‌ها ممکن است باعث کاهش کارایی فتوسنتزی یا اندازه ناکافی مخزن شود. بر اساس نتایج لاینگ و همکاران (Laing *et al.*, 1983) نیز در مقادیر LAI بیشتر از ۷/۳-۴/۵ تغییری در فتوسنتز خالص کانوپی دیده نمی‌شود.

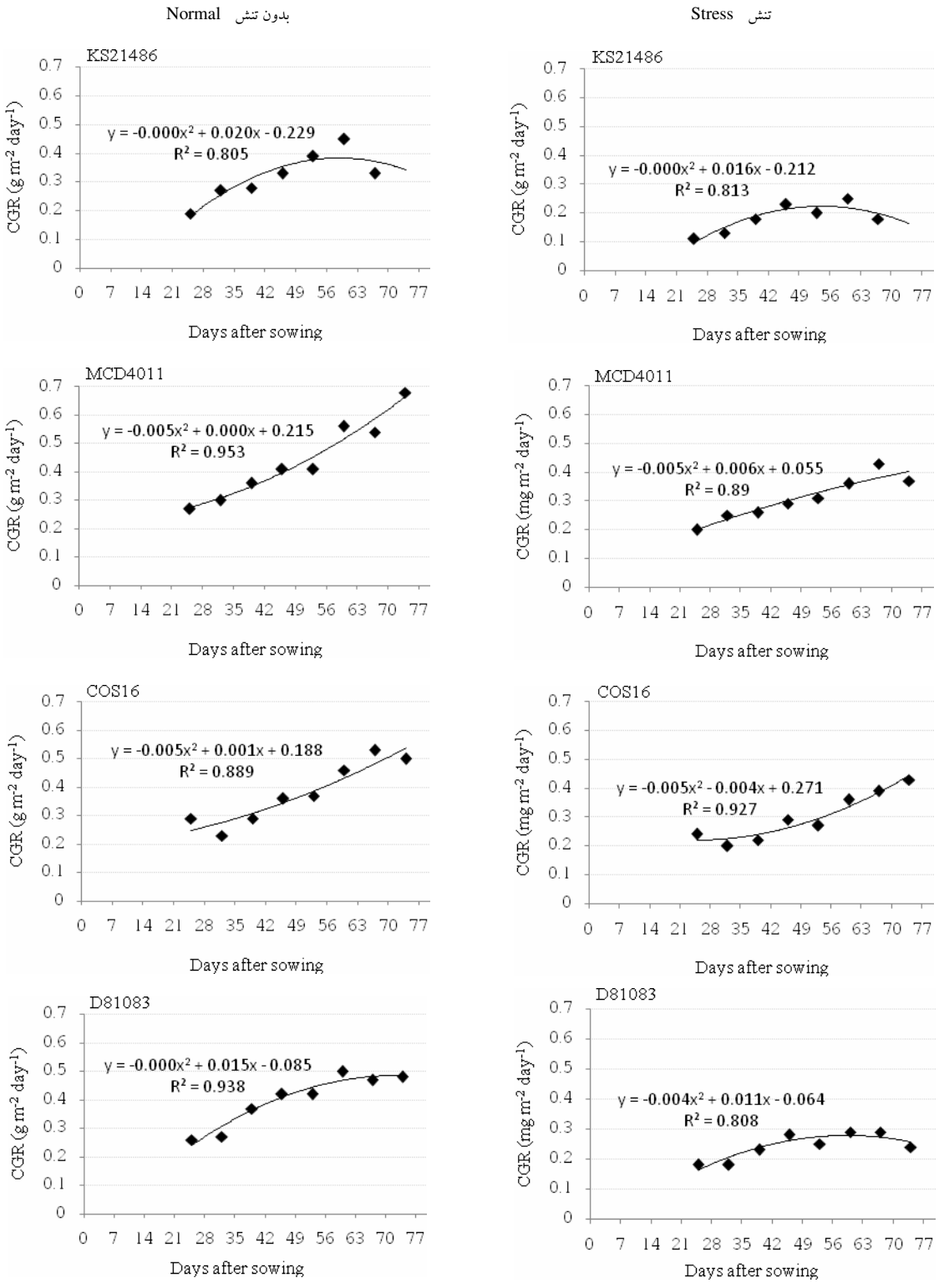
مطالعات اخیر همبستگی قوی بین سرعت توسعه برگ و صفات فیزیولوژیکی متعدد را در شرایط تنش خشکی نشان داده‌اند. این روابط شامل: همبستگی مثبت بین سرعت توسعه برگ و دمای برگ، همبستگی خطی منفی بین سرعت توسعه برگ و کمبود فشار بخار، و روابط خطی منفی بین سرعت توسعه برگ و پتانسیل آب برگ است (Prasad *et al.*, 2008). همچنین، مطالعات نشان داده است که افت مساحت برگ گندم قبل از گرده افشانی متأثر از تنش خشکی با کاهش تعداد دانه در خوشه همبستگی دارد (Frederick and Camberato, 1995). بر اساس اظهار نظر (Acosta-Gallegos, 1988) کاهش شاخص سطح برگ لوبیا که می‌تواند ناشی از اندازه کمتر برگ‌های جوان‌تر و نیز توقف توسعه شاخساره در حال نمو باشد، ساز و کار سازگاری به خشکی است. برگ‌های کوچک و ضخیم به محیط‌های با نور شدید و دمای بالا که در اکثر مناطق خشک غالب است به خوبی سازگار می‌شوند. چنین آناتومی برگی باعث افزایش استحصال کربن به ازای تعرق در شرایط خشکی می‌شود (Givnish, 1979).

سرعت رشد محصول (CGR)

ماده خشک شاخساره تحت تأثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ قرار گرفت و در شرایط کمبود آب بیش از ۳۰٪ کاهش نشان داد (جدول ۱). تنش کمبود آب باعث کاهش ماده خشک کلیه ژنوتیپ‌ها شد. سرعت رشد ژنوتیپ‌ها نیز در نتیجه تغییر ماده خشک تفاوت‌های زیادی نشان داد (شکل ۲). لاین AND1007 در هر دو شرایط آبیاری از نظر سرعت تجمع ماده خشک و میزان آن نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بود. در شرایط تنش میانگین تجمع ماده خشک ژنوتیپ‌های قرمز نسبت به سفید و چیتی بیشتر بود. نتایج بسیاری از مطالعات نشان داده است که تنش خشکی متوسط تا شدید باعث کاهش رشد گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

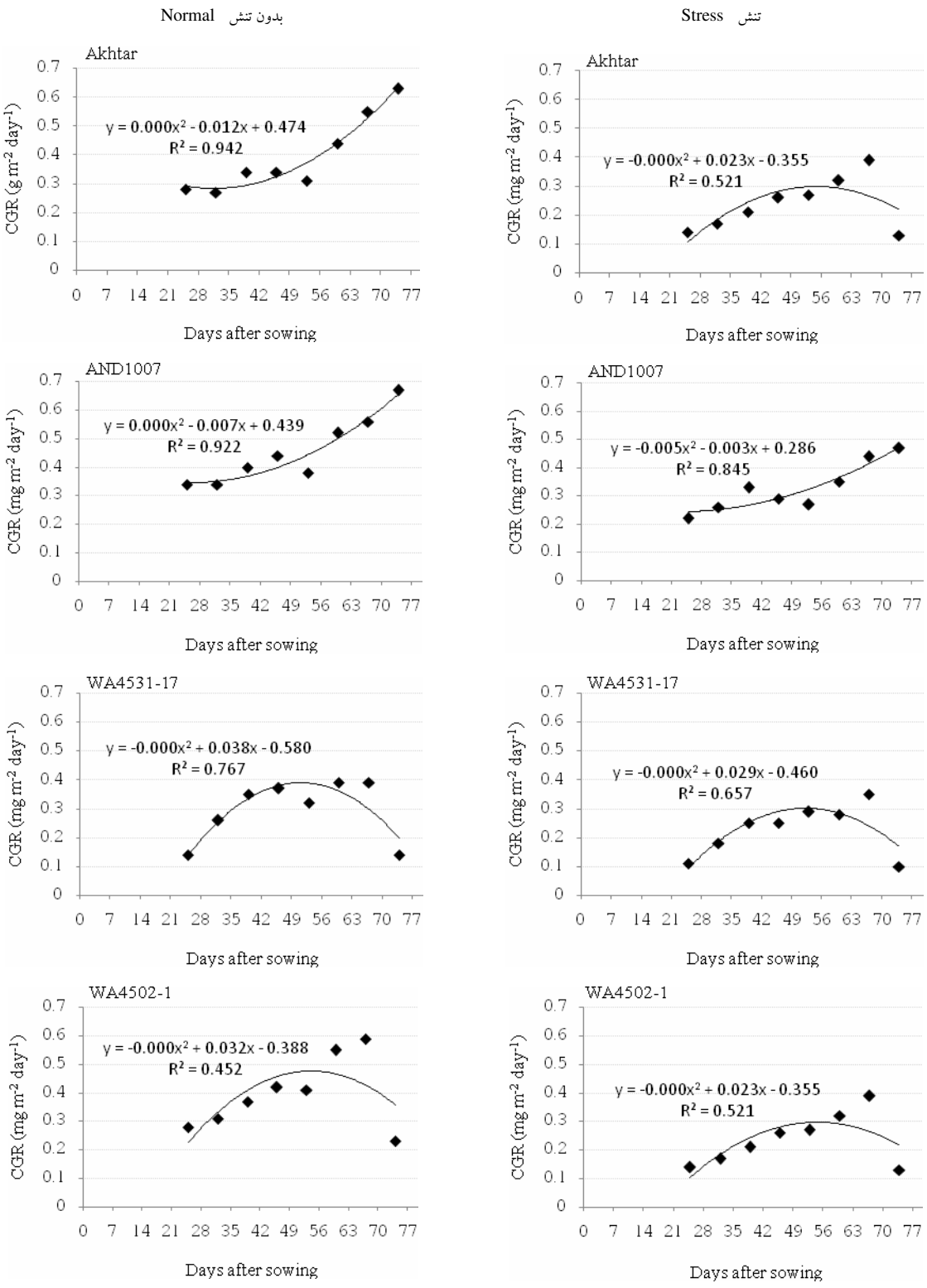


شکل ۲- تغییرات سرعت رشد (CGR) ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط نرمال آبیاری و تنش کمبود آب

Fig. 2. Changes of crop growth rate (CGR) in the bean genotypes under normal and water deficit conditions

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل

Fig. 2. Continued

www.SID.ir

Archive of SID

و زیست توده شاخساره لئبیا می‌شود (Frahm *et al.*, 2004; Ramos *et al.*, 1999; Padilla-Ramirez *et al.*, 2005; Serraj and Sinclair, 1998). دلیل کاهش سرعت رشد در شرایط تنش کمبود آبی توقف توسعه سلول و کاهش اسیمیلاسیون کربن (Lizana *et al.*, 2006) و در نتیجه تأثیر بر تسهیم کربن (Hsiao and Xu, 2000) عنوان شده است. در گیاهانی مانند لوبیا این کاهش مستقیماً بر سرعت ریزش گل که عامل اصلی میزان عملکرد است تأثیر دارد (Lizana *et al.*, 2006).

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در هر دو شرایط روند رشد ابتدا صعودی و پس از رسیدن به اواسط دوره رشد و نمو با افت محسوس مواجه شد و مجدداً صعودی شد. البته این روند در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. در شرایط تنش، AND1007، COS16 و MCD4011 ژنوتیپ‌هایی بودند که روند سرعت رشد آن‌ها در طول زمان پیوسته رو به افزایش بود و نوسان کمتری نشان دادند. همچنین، لوبیا چیتی MCD4011 پس از لاین AND1007 از بالاترین سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد برخوردار بود.

در شرایط تنش (شکل ۲)، لوبیا قرمز AND1007 تا اواسط دوره رشد از سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود ولی در مرحله شروع تشکیل نیام‌ها با افت سریع سرعت رشد مواجه شد و مجدداً تا انتهای دوره رشد برتری خود را نشان داد. در مناطق خشک، رشد سریع محصول در مراحل اولیه رشد صفت مطلوبی است. در این مناطق، تولید زیاد زیست توده در اوایل رشد، که آب به اندازه کافی در دسترس گیاه است، از اهمیت بالایی برخودار است. بنابراین، علت عمده عملکرد پایین در بسیاری از ارقام زودرس، رشد ضعیف در مراحل اولیه استقرار محصول می‌باشد (Whan *et al.*, 1991). کورير و همکاران (Korir *et al.*, 2006) اظهار داشتند که کاهش اندک در مقادیر رشد لوبیا در مراحل اولیه رشد متأثر از تنش آبی، در طول زمان باعث کاهش زیاد در تولید زیست توده خواهد شد. توقف رشد شاخساره طی کمبود آب، به تجمع مواد محلول و در نتیجه تنظیم اسمزی کمک می‌کند (Bartels and Sunkar, 2005). تجمع قند دلیل عمده پتانسیل اسمزی در ناحیه طویل شدن سلول در بخش انتهایی ریشه ذرت گزارش شده است (Sharp *et al.*,1990).

فاگریا و سانتوس (Fageria and Santos, 2008) معتقدند که کاهش وزن شاخساره گیاه لوبیا در مقطعی از دوره رشد، با تخصیص مواد پرورده به نیام ارتباط دارد. طی این دوره، برخی برگ‌ها خشک شده و می‌ریزند که این امر باعث کاهش وزن شاخساره می‌شود. از طرفی، بر اساس اظهار نظر شور و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

(Schur *et al.*, 2000) اگرچه کمبود آب منجر به ریزش برگ‌های قدیمی‌تر می‌شود، اما به نظر می‌رسد که اثر آن روی برگ‌های جوان‌تر معکوس است. در واقع، برگ‌هایی که در شرایط تنش خشکی زنده می‌مانند، اغلب میزان روبیسکوی بیشتر در واحد سطح برگ و سرعت فتوسنتز بیشتر نسبت به برگ‌های هم سن خود در بوته‌های آبیاری شده دارند. البته، برگ‌هایی که در شرایط تنش خشکی رشد می‌کنند، معمولاً به بلوغ رسیده و منبع کربن با اندازه کوچک‌تر از برگ‌های بوته‌های آبیاری شده دارند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه متأثر از تنش کمبود آب اعمال شده در این آزمایش نزدیک به ۵۰٪ کاهش نشان داد. لاین KS21486 در هر دو شرایط آبیاری کمترین عملکرد دانه را داشت. بیشترین عملکرد دانه در شرایط نرمال آبیاری، با تفاوت غیر معنی‌دار، به ترتیب مربوط به لاین‌های AND1007، COS16 و D81083 بود در حالی که در شرایط تنش، لوبیا قرمز D81083 به شدت با افت عملکرد مواجه شد (جدول ۲). ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲) که این امر می‌تواند ناشی از شدت تأثیر کمبود آب بر اجزای عملکرد آن‌ها باشد.

جدول۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آبیاری و تنش کمبود آب
Table 2. Mean comparison of seed yield for the bean genotypes under normal and water stress conditions

		Seed yield (gm^{-2}) عملکرد دانه							
Genotype	ژنوتیپ	KS21486	MCD4011	COS16	D81083	Akhtar	AND1007	WA4531-17	WA4502-1
Normal	نرمال	221d	310c	427a	406ab	348c	420a	349c	369bc
Stress	تنش	113d	193b	233a	147c	180b	238a	159bc	178b
Reduction (%)	درصد کاهش	48.8	46.5	45.3	63.9	48.3	43.3	54.4	51.7

میانگین‌هایی، در هر ردیف، که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means, in each row, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's multiple range test.

عملکرد به طور عمده حاصل اجزای مختلفی است که می‌توان به تعداد بوته‌ها در واحد سطح، میزان تولید ماده خشک، تعداد دانه و اندازه دانه اشاره کرد (Prasad *et al.*, 2008). در آزمایش‌های متعدد، کاهش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در شرایط تنش خشکی گزارش شده است. به عنوان مثال، نتایج پژوهش سزیلاگی (Szilagyi, 2003) نشان داد که کمبود آب عملکرد دانه لوبیا را ۸۰٪ کاهش داد. بر اساس گزارش سایر محققان

www.SID.ir

Archive of SID

(Lopez *et al.*, 1996; Pilbeam *et al.*, 1992) کاهش عملکرد حبوبات در شرایط تنش خشکی عمدتاً مربوط به کاهش تعداد نیام در بوته است. در برخی از مطالعات دیگر (Abebe *et al.*, 1998; Teran and Singh, 2002a) تفاوت‌های ژنوتیپی در عملکرد دانه لوبیا (از نظر مقاومت به خشکی) گزارش شده است. دپروست و همکاران (Deproost *et al.*, 2004) نتیجه گرفتند که تنش ملایم طی گلدهی باعث کاهش ۷۰-۳۰٪ عملکرد دانه در لوبیا نسبت به شاهد بدون تنش می‌شود. سایر محققان کاهش عملکرد لوبیا را از ۵۳٪ تا ۶۲٪ گزارش کرده‌اند (Gebeyehu, 2006; Singh, 2007; Munoz-Perea *et al.*, 2006).

کاهش عملکرد در اثر کمبود آب در D81083 و AND1007 به ترتیب بیشترین و کمترین درصد را نشان داد. میانگین عملکرد دانه انواع قرمز در شرایط عادی و تنش‌دار نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه لوبیا متأثر از تنش خشکی، به اثر مضر تنش بر هر یک از اجزای عملکرد (تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن دانه و شاخص برداشت) ارتباط پیدا می‌کند. نونز باریوس و همکاران (Nunez Barrios *et al.*, 2005) کاهش ۶۰٪ عملکرد دانه را در لوبیا گزارش کردند که مربوط به افت ۶۳/۳٪ تعداد نیام، ۲۸/۹٪ تعداد دانه در نیام و ۲۲/۳٪ وزن دانه بود. پراساد و همکاران (Prasad *et al.*, 2008) اظهار کردند که خشکی عملکرد دانه را در وهله نخست بواسطه محدودیت تعداد دانه از طریق تأثیر بر میزان ماده خشک تولید شده به واسطه تغییر زمان گلدهی و یا با تأثیر مستقیم بر گرده و تخمک و کاهش تشکیل دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد. دوماً، خشکی پر شدن دانه را از طریق عرضه مواد پرورده تحت تأثیر قرار می‌دهد که نتیجه آن کوچک‌تر شدن دانه و کاهش عملکرد دانه است.

شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی

در این پژوهش، شدت تنش خشکی (DII) برابر ۰/۵۰ بود که با نتایج آکوستا-دیاز و همکاران (Acosta-Diaz *et al.*, 2009) شباهت دارد. شدت تنش خشکی، در سال اول ۰/۴۸ و در سال دوم برابر ۰/۵۲ بود. در سایر مطالعات این شاخص برابر ۰/۴۹ (Schneider *et al.*, 1997) و ۰/۴۸ (Rosales-Serna *et al.*, 2004) گزارش شده است. شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها که بر مبنای عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری محاسبه شدند، متفاوت بودند.

کمترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و TOL مربوط به لاین KS21486 بود. لاین‌های AND1007 و COS16 بیشترین میزان MP، GMP و DTI را داشتند. بیشترین مقدار شاخص‌های TOL و DSI مربوط به D81083 بود (جدول ۳). کمترین مقدار شاخص DSI از لاین AND1007 حاصل شد. ژنوتیپ‌هایی که

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین عملکرد و شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی برای ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا
Table 3. Mean seed yield and drought susceptibility resistance indices for different bean genotypes

ژنوتیپ Genotype	Y_N	Y_S	MP	GMP	TOL	DSI	DTI
KS21486	221	113	2.51	2.38	108	0.98	0.19
MCD4011	310	193	4.15	3.95	117	0.92	0.54
COS16	427	233	4.95	4.73	194	0.90	0.77
D81083	406	147	4.15	3.66	259	1.28	0.46
Akhtar	348	180	3.96	3.75	168	0.96	0.48
AND1007	420	238	4.94	4.74	182	0.86	0.77
WA4531-17	349	159	3.74	3.54	190	0.98	0.45
WA4502-1	369	178	4.10	3.84	191	1.04	0.51

Y_N= 359; Y_S= 180; DII=0.50.

Y_N: Mean seed yield in normal condition
Y_S: Mean seed yield stress condition
MP: Mean productivity
GMP: Geometric mean productivity
TOL: Tolerance
DSI: Drought susceplibility index
DTI: Drought tolerance index

Y_N: عملکرد در شرایط نرمال
Y_S: عملکرد در شرایط تنش
MP: میانگین حسابی عملکرد
GMP: میانگین هندسی عملکرد
TOL: تحمل
DSI: شاخص حساسیت به خشکی
DTI: شاخص تحمل به خشکی

توسط شاخص DSI انتخاب می‌شوند، معمولاً عملکرد کمی دارند، اما در شرایط تنش عملکرد آن‌ها نسبتاً زیاد است. مقادیر کمتر این شاخص نشانه تحمل بیشتر نسبت به شرایط دشوار است. ارقامی که مقدار شاخص TOL کمتری دارند، تفاوت عملکرد دانه آن‌ها در محیط‌های تنش و عادی کمتر است و مقادیر بالای این شاخص نشانه حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است. DTI برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط حضور و بدون حضور تنش به کار برده می‌شود. مقادیر زیاد این شاخص نشانه تحمل به تنش و عملکرد بیشتر است.

رزالس-سرنا و همکاران (Rosales-Serna *et al.*, 2000) شاخص GMP را برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش کمبود آب در لوبیا گزارش کرده‌اند. تیران و سینگ (Teran and Singh, 2002b)، میانگین هندسی، درصد کاهش عملکرد (PR) و شاخص حساسیت به خشکی را برای تعیین مقاومت به خشکی ارائه نمودند. رامیرز- ولیجو و کلی (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998) نیز از میانگین هندسی و شاخص حساسیت به خشکی برای ارزیابی ارتباط بین صفات خاص فنولوژیکی و فیزیولوژیکی با مقاومت به خشکی در لوبیا استفاده کردند. میانگین هندسی عملکرد (GMP) معیار دیگری است که اغلب توسط به‌نژادگران به کار می‌رود که به عملکرد نسبی توجه دارند، چون تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای و در سال‌های مختلف با شدت‌های متفاوت اتفاق می‌افتد (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998).

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با شاخص‌های MP و TOL مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). عملکرد دانه در شرایط تنش با MP، GMP و DTI همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. با توجه به این که بهترین شاخص‌ها آن‌هائی هستند که دارای همبستگی بالا با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشند، بنابراین انتخاب بر اساس شاخص‌های DTI، MP و GMP می‌تواند عملکرد را در هر دو شرایط بهبود بخشد.

جدول۴- همبستگی بین شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی و عملکرد دانه
Table 4. Correlations between susceptibility and resistance indices and seed yield

شاخص Index	Y_N	Y_S	MP	GMP	TOL	DSI
Y_S	0.79*					
MP	0.97**	0.92**				
GMP	0.92**	0.96**	0.99 **			
TOL	0.79*	0.25^{ns}	0.62^{ns}	0.50^{ns}		
DSI	0.04^{ns}	-0.58^{ns}	-0.21^{ns}	-0.34^{ns}	0.64^{ns}	
DTI	0.90**	0.97**	0.98 **	0.99**	0.45^{ns}	-0.39^{ns}

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.
ns: Not significant.

ns: غیر معنی‌دار.

Y_N= 359; Y_S= 180; DII=0.50.

Y_N: Mean seed yield in normal condition
Y_S: Mean seed yield stress condition
MP: Mean productivity
GMP: Geometric mean productivity
TOL: Tolerance
DSI: Drought susceptibility index
DTI: Drought tolerance index

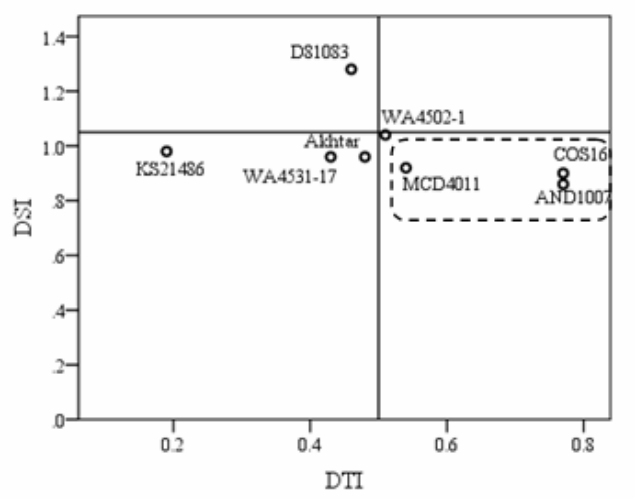
Y_N: عملکرد در شرایط نرمال
Y_S: عملکرد در شرایط تنش
MP: میانگین حسابی عملکرد
GMP: میانگین هندسی عملکرد
TOL: تحمل
DSI: شاخص حساسیت به خشکی
DTI: شاخص تحمل به خشکی

بر اساس نتایج همبستگی بین شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (جدول ۴)، بهترین شاخص‌ها با توجه به ضرایب همبستگی آن‌ها انتخاب شدند. با توجه به نمودار دو طرفه شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی (شکل ۳)، بهترین ژنوتیپ‌ها آن‌هائی هستند که دارای بیشترین مقدار DTI و کمترین مقدار DSI هستند. بر اساس این نمودار، لاین‌های AND1007 و COS16 بهترین ژنوتیپ‌ها بودند.

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های مورد ارزیابی نشان داد که ۹۹/۸۵٪ تغییرات کل داده‌ها مربوط به دو مولفه اصلی بود (جدول ۵). در مولفه اول که ۷۳/۴۴٪ تغییرات داده‌ها را توجیه کرد، عملکرد در هر دو شرایط، شاخص‌های MP، GMP و DTI بیشترین مقادیر را دارا بودند. بر اساس این مولفه می‌توان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط را گزینش کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار دو طرفه شاخص‌های تحمل (DTI) و حساسیت (DSI) به خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیا
Fig. 3. Biplot of drought tolerance and susceptibility (DSI) indices for bean genotypes

جدول ۵- تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های مقاومت و حساسیت
Table 5. Principal component analysis of resistance and susceptibility indices

شاخص Index	مولفه اول First component	مولفه دوم Second component
Y_N	0.953	0.301
Y_S	0.935	-0.353
MP	0.998	0.052
GMP	0.996	-0.087
TOL	0.574	0.818
DSI	-0.258	0.965
DTI	0.986	-0.145
	73.44%	26.41%

Y_N: Mean seed yield in normal condition
Y_S: Mean seed yield stress condition
MP: Mean productivity
GMP: Geometric mean productivity
TOL: Tolerance
DSI: Drought susceptibility index
DTI: Drought tolerance index

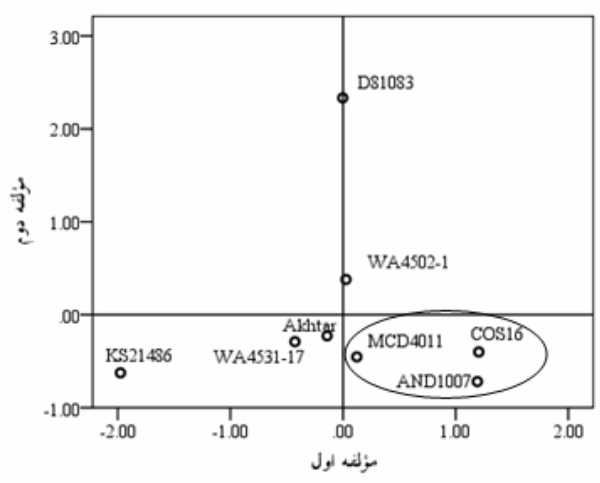
Y_N: عملکرد در شرایط نرمال
Y_S: عملکرد در شرایط تنش
MP: میانگین حسابی عملکرد
GMP: میانگین هندسی عملکرد
TOL: تحمل
DSI: شاخص حساسیت به خشکی
DTI: شاخص تحمل به خشکی

مولفه دوم ۲۶/۴۱٪ از تغییرات را توجیه کرد. در این مولفه شاخص‌های DSI و TOL دارای بیشترین مقادیر بودند. بر اساس این مولفه می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای کمترین مقدار این شاخص‌ها بودند گزینش نمود. بر اساس بای پلات حاصل از دو مولفه (شکل ۴) می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای بیشترین مقدار مولفه اول و کمترین مقدار مولفه دوم بودند را گزینش کرد.

در مجموع بر اساس نتایج این تحقیقی، کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار مقادیر صفات مورد مطالعه در این آزمایش شد. در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- بای پلات حاصل از دو مولفه اصلی شاخص‌های مقاومت و حساسیت

Figu. 4. Biplot of two main components, resistance and susceptibility indices

نرمال آبیاری وزن خشک شاخساره، مساحت برگ و شاخص سطح برگ در ژنوتیپ WA4502-1 بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. از این لاین می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به خشکی، به ویژه تلاقی بین ژنوتیپ‌ها، جهت افزایش زیست توده استفاده کرد. در مقابل، ژنوتیپ KS21486 در هر دو شرایط آبیاری کمترین مقادیر وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ را نشان داد. این ژنوتیپ دارای جثه بسیار کوچک و زودرس بود، به طوری که حدود ۷۰ روز پس از کاشت به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسید. از زودرسی و کوچک بودن برگ این لاین نیز می‌توان در اصلاح سایر ژنوتیپ‌های لوبیا بهره برد. در مقایسه داخل گروهی ژنوتیپ‌ها، لوبیا سفید WA4502-1 نسبت به لاین دیگر از برتری نسبی برخوردار بود. در گروه لوبیا قرمز، AND1007 و در گروه چیتی، COS16 برتر بود. یکی از سازگارترین ژنوتیپ‌ها AND1007 بود که دارای بیشترین تعداد برگ در بوته، زیست توده شاخساره و شاخص سطح برگ بود. بر این اساس می‌توان آن را در گروه متحمل به خشکی طبقه‌بندی کرد.

References

Abebe, A. S., and Brick, M. A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica 133: 339-347.

www.SID.ir

Archive of SID

Abebe, A. S., Brick, M. A., and Kirkby, R. A. 1998. Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. Field Crops Research 58: 15-23.

Acosta-Diaz, E., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-Lopez, C., Padilla-Ramirez, J. S., and Amador-Ramirez, D. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. Agricultura Técnica en México 35: 419-428.

Acosta-Gallegos, J. A. 1988. Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with enhanced drought tolerance and biological nitrogen fixation. Ph. D. Dissertation, Michigan State University, East Lansing, Michigan, USA. 196 p.

Aguirrezabal, L., Bouchier-Combaud, S., Radziejwoski, A., Dauzat, M., Cookson, S. J., and Granier, C. 2006. Plasticity to soil water deficit in *Arabidopsis thaliana*: dissection of leaf development into underlying growth dynamic and cellular variables reveals invisible phenotypes. Plant Cell and Environment 29: 2216-2227.

Ashraf, M., and Iram, A. 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. Flora 200: 535-546.

Bartels, D., and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24: 23-58.

Beebe, S. E., Rao, I. M., Cajiao, C., and Grajales, M. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. Crop Science 48: 582-592.

Brevedan, R. E., and Egli, D. B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science 43: 2083-2088.

Chaves, M. M., Maroco, J. P., and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30: 239-264.

Deproost, P., Elsen, F., and Geypens, M. 2004. High yields of mechanically harvested snap beans as induced by moderate water stress during flowering. Acta Horticultureae 664: 205-212.

de Souza, P. I., Egli, D. B., and Brucening, W. P. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agronomy Journal 98: 807-812.

Fageria, N. K., and Santos, A. B. 2008. Yield physiology of dry bean. Journal of Plant Nutrition 31: 983-1004.

www.SID.ir

Archive of SID

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Fernandez, C. G. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) Proceedings of the International Symposium on Addaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J. A., and Kelly, J. D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 136: 223-232.

Frederick, J. R., and Camberato, J. J. 1995. Water and nitrogen effects on winter wheat in the southeastern Coastal Plain: I. Grain yield and kernel traits. Agronomy Journal 87: 521-526.

Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Ph.D Dissertation, Justus-Liebig-Universitat Giessen, Germany. 116 pp.

Givnish, T. 1979. On the adaptive significance of leaf form. pp. 375-407. In: Solbrigg, O.T., Jain, S., Johnson, G. B., and Raven, P. H. (eds.) Topics in Plant Population Biology. Columbia University Press, New York, USA.

Hsiao, T. C., and Xu, L. K. 2000. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. Journal of Experimental Botany 51: 1595-1616.

Korir, P. C., Nyabundi, J. O., and Kimurto, P. K. 2006. Genotypic responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to moisture stress conditions in Kenya. Asian Journal of Plant Science 5: 24-32.

Laing, D. R., Kretchmer, P. J., Zuluaga, S., and Jones, P. G. 1983. Field bean. pp. 227-248. In: Anonymous (ed.). Potential Productivity of field crops under different environments. International Rice Research Institute Los Banos, Philippines.

Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J. P., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, E. H., Pastenes, C., Lercari, B., Vernieri, P., Horton, P., and Pinto, M. 2006.

www.SID.ir

Archive of SID

Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effect of drought on yield and photosynthesis. Journal of Experimental Botany 57: 685-697.

Lopez, F. B., Johansen, C., and Chauhan, Y. S. 1996. Effect of timing of drought stress on phenology, yield and yield components of a short-duration pigeon pea. Journal of Agronomy and Crop Science 177: 311-320.

Nunez Barrios, A., Hoogenboom, G., and Nesmith, D.S. 2005. Drought stress and distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. Scientia Agricola 62: 18-22.

Munoz-Perea, C. G., Teran, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., and Singh, S. P. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science 46: 2111-2120.

Padilla-Ramirez, J. S., Acosta-Gallegos, J. A., Acosta-Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J. D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non-stressed dry bean genotypes. Annual Reports on Bean Improvvement Cooperation 48: 157-153.

Pilbeam, C. J., Akatse, J. K., Hebblethwaite, P. D., and Wright, C. D. 1992. Yield production in two contrasting forms of spring-sown faba beans in relation to water supply. Field Crops Research 29: 273-287.

Porch, T. G. 2006. Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 390-394.

Prasad, P. V. V., Staggenborg, S. A., and Ristic, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. pp. 301-355. In: Segoe, S. (ed.). Response of Crops to Limited Water: Understanding and Modeling Water Stress Effects on Plant Growth Processes. ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA.

Ramirez-Vallejo, P., and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.

Ramos, M. L. G., Gordon, A. J., Minchin, F. R., Sprent, J. I., and Parsons, R. 1999. Effect of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany 83: 57-63.

Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-Lopez, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J. D. 2004. Biomass distribution, maturity

www.SID.ir

Archive of SID

acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research 85: 203-211.

Rosales-Serna, R., Ramirez-Vallejo, P., Acosta-Gallegos, J. A., Castillo-Gonzalez, F., and Kelly, J. D. 2000. Grain yield and drought tolerance of common bean under field conditions. Agronomy Science 34: 153-165.

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.

Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J. A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.

Schurr, U., Heckenberger, U., Herdel, K., Walter, A., and Feil, R. 2000. Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress: dynamics of growth processes, of cellular structure and of sink-source transition. Journal of Experimental Botany 51: 1515-1529.

Serraj, R., and Sinclair, T. R. 1998. N_2 fixation response to drought in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany 82: 229-234.

Sharp, R. E., Hsiao, T. C., and Silk, W. K. 1990. Growth of the maize primary root at low water potentials. II. Role of growth and deposition of hexose and potassium in osmotic adjustment. Plant Physiology 93: 1337-1346.

Shenkut, A. A., and Brick, M. A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica 133: 339-347.

Singh, S. P. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agronomy Journal 99: 1219-1225.

Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology Special Issue: 320-330.

Tanaka, A., and Fujita, K. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. Journal of Faculty of Agriculture, Hokkaido University 59: 145-238.

Tanaka, A., and Osaki, M. 1983. Growth and behavior of photosynthesized ^{14}C in various crops in relation to productivity. Soil Science and Plant Nutrition 29: 147-158.

www.SID.ir

Archive of SID

Teran, H., and Singh, S. P. 2002a. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Science 42: 64-70.

Teran, H., and Singh, S. P. 2002b. Selection for drought resistance in early generations of common bean populations. Canadian Journal of Plant Science 82: 491-497.

Thung, M. 1991. Bean agronomy in monoculture. pp. 737-834. In: Schoonhoven, A., and Voysest, O. (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement. CAB International, Wellingford, UK, and CIAT, Colombia.

Whan, B. R., Anderson, W. K., Gilmour, R. F., Regan, K. L., and Turner, N. C. 1991. A role of physiology in breeding for improved wheat yield under drought stress. pp. 179-194. In: Acevedo, E., Conesa, A. P., Monneveux, P., and Srivastava, J. P. (eds.) Physiology- Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. INRA, Paris, France.

White, J. W., and Izquierdo, J. 1991. Physiology of yield potential and stress tolerance. pp. 287-382. In: Schoonhoven, A., and Voysest, O. (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement. CAB International, Wellingford, UK, and CIAT, Colombia.

Xu, Z., and Zhou, G. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. Journal of Experimental Botany 59: 3317-3325.

www.SID.ir