Archive of SID

"نهال و بذر"
جلد ۲۳ ، شماره ۳، سال ۱۳۸٦

ارزیابی تحمل‌خشکی لاین‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک*

Evaluation of Drought Tolerance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Lines Using Agro-Physiologic Characteristics

مهدی جمشیدی‌مقدم، حسن پاک‌نیت و عزت‌اله فرشادفر

دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۸٤/۱۲/۹

چکیده

جمشیدی مقدم، م.، پاک‌نیت، ح.، و فرشادفر، ع. ۱۳۸٦. ارزیابی تحمل‌خشکی لاین‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک. **نهال و بذر.** ۲۳: ۳۴۲-۳۲۵.

به منظور بررسی واکنش لاین‌های نخود به تنش‌خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی و مراحل بعدی رشد، تعداد ۱۷ لاین در شرایط کنترل شده در چهار سطح پتانسیل آب، و در مزرعه در دو شرایط محدود و مطلوب رطوبتی مورد مقایسه قرار گرفتند. خصوصیات فیزیولوژیک پتانسیل آب برگ، آب نسبی از دست رفتهٔ برگ و مقدار کلروفیل برگ در دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در شرایط کنترل‌شده با کاهش پتانسیل آب (از سطح شاهد تا ۱/۲- مگاپاسکال)، کلیه صفات مربوط به جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافتند. بیشترین شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) متعلق به دو لاین بیونیج و $Flip_{95-48C}$ بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین GSI و حداکثر جوانه‌زنی مشاهده شد. در مزرعه نیز اعمال تنش در هر دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی موجب کاهش معنی‌دار در پتانسیل آب برگ شد، درحالی‌که کاهش معنی‌داری در مقدار کلروفیل مشاهده نشد. بر اساس شاخص تحمل‌تنش (STI)، لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸ و $Flip_{97-188C}$ برتر بودند. در مرحله غلاف‌دهی لاین‌های فوق همراه با لاین ۳۱-۶۰-۱۲ بیشترین پتانسیل آب برگ را در شرایط محدودرطوبتی دارا بودند. در مرحلهٔ گلدهی، لاین $Flip_{89-50C}$ و در مرحلهٔ غلاف‌دهی دو لاین برتر از نظر STI همراه با لاین‌های $Flip_{93-166C}$ و $Flip_{95-42C}$ کمترین آب از دست‌رفتهٔ برگ را داشتند. در هر دو شرایط و در دو مرحله بیشترین میزان کلروفیل به لاین $Flip_{94-111C}$ تعلق داشت. در شرایط محدودرطوبتی و هر دو مرحله رشد گیاه، پتانسیل آب برگ با آب از دست رفته همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج آزمایش، تحمل‌خشکی با بالا بودن محتوای آب برگ مرتبط بود. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در شرایط مطلوب عملکرد بیولوژیک و در شرایط محدود درصدپوکی غلاف و وزن دانه، همراه با تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد تک بوته بودند.

واژه‌های کلیدی: نخود ، تنش‌جوانه‌زنی ، تحمل خشکی، خصوصیات فیزیولوژیک.

* بخشی اؤ پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول در گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) دومین گیاه مهم از گروه محصولات زراعی موسوم به حبوبات در جهان است. با توجه به اهمیت حبوبات به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی در مناطق خشک ونیمه‌خشک، تلاش‌های زیادی در جهت تعیین تحمل‌خشکی بر اساس آزمایش‌های جوانه‌زنی با تأمین رطوبت محدود (کیانی و همکاران، ۱۳۷۷؛ Fernandez and Johnston, 1995 ؛ Grzesiak *et al*., 1996b) و نیز بر اساس کاهش عملکرد در شرایط تنش آبی در مقایسه با شرایط شاهد انجام شده است (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰؛ Abebe *et al*., 1998 ؛ Grzesiak *et al*., 1996a؛ Fernandez,1993). امروزه دستیابی به معیارهای فیزیولوژیک معتبر، سریع و مرتبط با عملکرد به ویژه برای ارزیابی جمعیت‌های بزرگ در جهت بهبود مقاومت به خشکی حائز اهمیت است. استفاده از نمک‌هایی با جرم مولکولی بالا نظیر پلی‌اتیلن گلایکول (Polyetylene glycol) اغلب برای تهیه پتانسیل آب در مطالعه جوانه‌زنی برای ارزیابی تحمل‌خشکی استفاده می‌شود (Emmerich and Hardegree, 1990, 1991). بوسلاما و شاپوچ (Bouslama and Schapauch, 1984) با بررسی جوانه‌زنی بیست رقم سویا با پلی‌اتیلن گلایکول در سطح پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال، شاخص تنش‌جوانه‌زنی (Germination stress index)را معرفی کردند که یکی از معیارهای ارزیابی تحمل‌خشکی است و ارقام دارای GSI بالا در شرایط تنش از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند. اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه به عنوان یک شاخص مهم در شناسایی پاسخ گیاه به تنش خشکی مطرح است. گزارش‌ها حاکی از آن است که زیاد بودن میزان آب اولیهٔ برگ و کم بودن سرعت از دست رفتن آب، نشان‌دهندهٔ سازگاری به خشکی در ژنوتیپ‌ها است و می‌تواند به عنوان یک معیار انتخاب در جهت مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Sivakumar and Singh, 1987 ؛ Winter *et al*., 1988). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان زراعی است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. داوان و سینگ (Dhawan and Singh, 1983) نشان دادند که سرعت فتوسنتزی و فعالیت آنزیم رابیسکو در گیاه نخود همبستگی مثبتی با عملکرد دارد. در شرایط خشکی، عوامل محدودکنندهٔ فتوسنتز به دو دسته عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار CO_2 به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیرروزنه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب روی فرایندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند و کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش آبی می‌تواند یک عامل

www.SID.ir

Archive of SID

محدودکننده غیرروزنه‌ای به حساب آید و لذا پایداری کلروفیل به عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ارقام پیشنهاد شده است (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). نتایج تحقیقات یوهانسن و همکاران (Johansen *et al*., 1994) نشان داد که آبیاری به طورکلی ارزش اکثر صفات زراعی در گیاه نخود را افزایش داده، طوری‌که بین بیوماس، عملکرد دانه و آبیاری تکمیلی یک ارتباط خطی حاصل شد. در تحقیق دیگری در شرایط تنش و بدون تنش (Prabhakar and Saraf, 1990)، آبیاری باعث تجمع بیشتری ماده خشک در گیاه نخود شد و توزیع این مواد را بهتر کرد به‌طوری‌که سهم بیشتری از این مواد به غلاف‌ها اختصاص یافت. نیلسن (Nielsen, 2001) در بررسی چند ساله بر روی حبوبات (نخود، نخودفرنگی و عدس)، گزارش کرد که همبستگی بالایی بین مصرف آب و عملکرد دانه وجود دارد به طوری‌که بالاترین پاسخ را گیاه نخود (هر میلی‌متر افزایش در مصرف آب ۱۰/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش در عملکرد) نشان داد. در مناطق نیمه‌خشک که پراکنش بارندگی متناسب نیست، پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها (مقایسه میزان عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش) به عنوان معیار مناسبی برای ارزیابی مقاومت به خشکی پذیرفته شده است (Simane *et al*., 1993). فرناندز (Fernandez, 1993)، ۲۱ رقم ماش را برای تعیین ارقام متحمل با پتانسیل عملکرد بالا، در دو شدت تنش مورد ارزیابی قرار داد و شاخص تحمل‌تنش (Stress tolerance index) را معرفی کرد که این شاخص قادر است ژنوتیپ‌هایی را که در دو محیط تنش و غیرتنش تظاهر یکسانی از خود نشان می‌دهند شناسایی کند. این تحقیق به منظور ارزیابی عکس‌العمل لاین‌های نخود به تنش‌خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی و سایر مراحل رشد و گزینش لاین‌های برتر بر اساس برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق هفده ژنوتیپ نخود زراعی شامل سیزده لاین دریافتی از ایکاردا (ICARDA) و چهار لاین ایرانی (دو لاین محلی پارس و بیونیج و ۲ لاین اصلاح شده ۱۵-۵۹-۱۸ و ۳۱-۶۰-۱۲) استفاده شد. برای تعیین اثر سطوح مختلف خشکی بر روی جوانه‌زنی بذرهای نخود، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در داخل اتاقک رشد با دمای ۱ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز در تاریکی انجام شد. لاین‌ها یکی از فاکتورهای مورد مطالعه بود و فاکتور دوم سطوح پتانسیل آب بود که چهار سطح پتانسیل آب شامل صفر، ۰/۴- ، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال در نظر گرفته شد. پتانسیل‌های آب با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ طبق دستورالعمل میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973)

www.SID.ir

Archive of SID

ایجاد شد. در طول دوره آزمایش تعداد بذرهای جوانه‌زده در روزهای دوم (nd_2)، چهارم (nd_4)، ششم (nd_6) و هشتم (nd_8) ثبت شدند و از طریق روابط زیر سرعت جوانه‌زنی (Promptness index) و شاخص تنش جوانه‌زنی محاسبه شدند (Bouslama and Schapauch, 1984؛ Grzesiak *et al*., 1996b):

$$PI\ (\%) = nd_2\ (1.0) + nd_4\ (0.75) + nd_6\ (0.5) + nd_8\ (0.25)$$

$$GSI\ (\%) = PI_{(تنش)} / PI_{(شاهد)} \times 100$$

در انتهای آزمایش نیز حداکثر جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌ها تعیین شد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای در فصل زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در باجگاه (°۲۹ ′۵۰ شمالی و °۵۲ ′۴۶ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۱۰ متر) انجام شد. هفده لاین موجود در دو آزمایش جداگانه تحت دو رژیم متفاوت رطوبتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایش از پنج خط به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۳/۵ متر تشکیل شده بود. برای تعیین زمان مناسب آبیاری از میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد. بدین صورت که در آزمایش مطلوب ۵ ± ۶۵ میلی‌متر و در آزمایش محدود رطوبتی ۵ ± ۱۲۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک، آبیاری اعمال شد. خصوصیات فیزیولوژیک در هر دو محیط و دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

پتانسیل آب برگ

از روش محفظه فشار (Pressure chamber) استفاده شد. در گیاه نخود به علت کوتاهی دمبرگ از یک شاخه کوتاه انتهای بوته که در معرض نور خورشید قرار داشته و حاوی دست‌کم پنج تا هفت برگ بود، استفاده شد. سه نمونه از سه ردیف میانی در دستگاه قرار داده شد و به محض خروج شیره گیاهی از مقطع بریده شده، میزان فشار خوانده شد و میانگین سه گیاه به عنوان پتانسیل آب برگ (Leaf water potential) Ψ_L در هر کرت منظورشد (Sivakumar and Virmani,1979).

میزان آب نسبی از دست‌رفتهٔ برگ

تعدادی برگ از بوته‌های هر کرت جدا و بلافاصله توزین شد (W_F)، سپس برگ‌ها در اتاق رشد با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد به مدت ۶ ساعت قرار داده شد (W_W)، بعد از آن برگ‌ها در ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شد (W_D) و از طریق فرمول زیر آب نسبی از دست رفته (Relative water loss) RWL محاسبه شد (Farshadfar, 1995).

$$RWL(\%)= (W_F - W_W) / (W_F - W_D) \times 100$$

میزان کلروفیل در برگ

برای تعیین کلروفیل برگ (Leaf chlorophyll) Chl از هر کرت تعدادی

www.SID.ir

Archive of SID

برگ بالغ اما جوان به صورت تصادفی انتخاب شدند و میزان جذب نور عصاره استخراج شده، با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر تعیین شد. غلظت کلروفیل از طریق روابط زیر به دست آمد (Ashraf *et al*., 1994):

$$Chl_{a,b}\ (mg/g)=[20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663})] \times V/1000W_F$$

$$Chl_a\ (mg/g) = [12.7(D_{663}) - 2.69\ (D_{645})] \times V/1000W_F$$

$$Chl_b\ (mg/g) = [22.9(D_{645}) - 4.69\ (D_{663})] \times V/1000W_F$$

در این روابط D میزان جذب نور در دو طول موج مورد نظر، V حجم نمونه استخراج شده و W_F وزن تر نمونه است.

در انتهای فصل زراعی نیز، به منظور اندازه‌گیری عملکرد تک بوته و اجزای آن از سه خط میانی هر کرت تعداد ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین اجزاء عملکرد آن‌ها تعیین شد و سپس با رعایت حاشیه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد. با استفاده از عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش (Y_S) و محیط مطلوب (Y_P) و میانگین عملکرد کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در محیط تنش ($\bar{Y}_S$) و محیط مطلوب ($\bar{Y}_P$) شاخص تحمل‌تنش و شدت تنش به شرح زیر محاسبه شد:

$$STI = (Y_S \times Y_P) / (\bar{Y}_P)^2 \ , \ SI= [1- (\bar{Y}_S / \bar{Y}_P)]$$

داده‌های آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شرایط کنترل‌شده

نتایج مقایسه میانگین حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین لاین‌ها و سطوح پتانسیل برای کلیهٔ صفات مربوط به جوانه‌زنی بود (جدول ۱). در شرایط عدم تنش اکثر لاین‌ها از طول ریشه‌چه نسبتاً مناسبی برخوردار بودند و با کاهش پتانسیل آب از سطح شاهد به ۱/۲- مگاپاسکال طول ریشه‌چه کلیهٔ لاین‌ها به طور معنی‌داری روند کاهشی نشان داد و از ۱۶/۹ به ۱/۹ سانتی‌متر رسید. لاین پارس از بیشترین و دو لاین $Flip_{94-54C}$ و $Flip_{95-49C}$ از کمترین طول ریشه‌چه برخوردار بودند. متوسط طول ساقه‌چه نیز در سطح شاهد ۴/۸ سانتی‌متر بود و با افزایش تنش در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال رشد بسیار ناچیزی داشت. رومو و همکاران (Romo *et al*., 2001) نیز در بررسی انجام شده نتیجه گرفتند که درگیاهچه‌های نخود، تحت تأثیر تنش ناشی از ماده PEG رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش معنی‌داری پیدا کرد به طوری که میزان بازدارندگی از رشد در ساقه‌چه به طور محسوسی بیشتر از ریشه‌چه بود. در حالی که کلیه لاین‌ها در سطح شاهد و ۰/۴- مگاپاسکال تقریباً به طور کامل جوانه زدند با کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقایسه میانگین لاین‌های نخود وسطوح پتانسیل برای خصوصیات مختلف در شرایط کنترل شده

Table 1. Mean comparison of chickpea lines and potential levels for different characteristics in the controlled conditions

لاین‌ها Lines	طول ریشه‌چه RL (cm)	طول ساقه‌چه SL (cm)	حداکثرجوانه‌زنی G_{max} (%)	سرعت جوانه‌زنی PI (%)	شاخص تنش جوانه زنی GSI(%)
Pars	11.70 a	2.63 ab	80.20 ab	70.30 a	70.91
Bivanij	10.96 ab	1.99 fg	78.89 abc	66.14 bc	76.04
18-59-15	11.52 ab	2.47 bc	79.55 ab	63.66 cde	66.70
12-60-31	11.54 ab	2.17 c f	76.81 abc	64.35 bcd	66.10
$Flip_{86-97\ C}$	10.77 b	2.04 efg	73.08 cd	62.46 def	64.53
$Flip_{87-3\ C}$	11.37 ab	2.34 b e	74.85 bcd	63.39 cde	70.76
$Flip_{89-50\ C}$	10.88 ab	2.81 a	63.48 fg	58.20 gh	59.18
$Flip_{93-51\ C}$	9.81 cd	2.61 ab	82.63 a	70.05 a	70.40
$Flip_{93-166\ C}$	10.90 ab	2.38 bcd	69.80 de	60.27 efg	58.11
$Flip_{94-111\ C}$	10.94 ab	2.41 bcd	69.89 de	58.90 g	62.82
$Flip_{94-54\ C}$	9.22 d	2.34 be	66.68 ef	55.41 hi	48.75
$Flip_{95-42\ C}$	11.33 ab	1.83 gh	76.52 bc	65.09 bcd	63.05
$Flip_{95-44\ C}$	10.07 c	2.00 fg	69.46 de	59.60 fg	54.97
$Flip_{95-47\ C}$	9.86 cd	1.69 h	78.63 abc	67.38 ab	66.49
$Flip_{95-48\ C}$	9.32 cd	2.47 bc	77.43 abc	66.14 bc	77.62
$Flip_{95-49\ C}$	7.89 e	2.56 ab	60.41 g	52.62 i	66.15
$Flip_{97-188\ C}$	11.19 ab	2.11 dg	77.31 abc	62.58 def	59.38
پتانسیل‌های آب (Ψ_w)					
0.0	16.86 a	4.79 a	99.08 a	98.30 a	-
-0.4 (Mpa)	14.02 b	2.70 b	97.52 a	93.59 b	89.69
-0.8	9.35 c	1.57 c	93. 46 b	76.80 c	72.70
-1.2	1.94 d	0.08 d	46.91 c	22.80 d	32.07

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ ٪ ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5 % probability level.
RL: Root length; SL: Shoot length; G_{max}: Maximum germination; PI: Promptness index;
GSI: Germination stress inedex

پتانسیل آب از سطح شاهد به ۱/۲- مگاپاسکال میزان جوانه‌زنی به ۴۶/۹ درصد کاهش پیدا کرد. این روند نزولی با کاهش پتانسیل رطوبتی در سرعت جوانه‌زنی هم مشاهده شد و به طور متوسط ۴/۸، ۲۱/۹ و ۷۶/۸ درصد کاهش نسبت به سطح شاهد نشان داد. سرعت جوانه‌زنی در لاین‌ها نیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشت و لاین‌های پارس، $Flip_{93-51C}$ و $Flip_{95-47C}$ بیشترین سرعت جوانه‌زنی را دارا بودند. بر اساس شاخص تنش‌جوانه‌زنی (GSI)، لاین‌های بیونیج و $Flip_{95-48C}$ بالاترین و $Flip_{94-54C}$ حساس‌ترین لاین بود. در این بررسی ارتباط بین GSI و G_{max} مثبت و معنی‌دار بود و بنابراین برای افزایش تحمل به خشکی باید

www.SID.ir

Archive of SID

لاین‌هایی با G_{max} بالا را انتخاب کرد. وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی در شرایط تنش در سایر مطالعات بر روی بقولات نیز گزارش شده است (کیانی و همکاران، ۱۳۷۷؛ Bouslama and Schapauch, 1984 ؛ Grzesiak *et al*., 1996b).

شرایط مزرعه

در هر دو شرایط مطلوب و محدود رطوبتی، اختلاف آماری معنی‌داری بین لاین‌ها از نظر عملکرددانه وجود داشت (جدول ۲)، بنابراین لاین‌های مورد بررسی بر اساس شاخص تحمل‌تنش (STI) و با استفاده از نمودار سه‌بعدی گروه‌بندی شدند. نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر Yp، Ys و STI را نشان می‌دهد و مناسب‌ترین شاخص آن است که بتواند گروه A (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و عدم‌تنش) را از سایر گروه‌ها تمیز دهد (Fernandez, 1993). بررسی نمودار سه‌بعدی نشان داد که لاین‌های شماره ۳، ۱۳ و ۱۷ یعنی لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸، $Flip_{95-44C}$ و $Flip_{97-188C}$ در گروه A قرار دارند. لاین‌های شماره ۲، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۴ در گروه B (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط عدم‌تنش)، لاین‌های ۴، ۷، ۱۵ و ۱۶ در گروه C (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش) و لاین‌های ۱، ۵، ۶ و ۹ در گروه D (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو محیط تنش و عدم‌تنش) قرار گرفتند (شکل ۱).

نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص تحمل تنش و عملکرد دانه نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این شاخص با عملکرد در شرایط محدود (Ys r=۰/۸۵**) و مطلوب رطوبتی (Yp r=۰/۶۴**) وجود دارد. اهمیت انتخاب شاخص STI برای غربال کردن ارقام مقاوم به خشکی برای نخود (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰)، لوبیا (Abebe *et al*., 1998) و ماش (Fernandez, 1993) نیز گزارش شده است. بررسی لاین‌ها نشان داد که دو لاین مقاوم ۱۵-۵۹-۱۸ و $Flip_{97-188C}$ از قدرت جوانه‌زنی نسبتاً متوسطی برخوردار هستند. در حالی‌که دو لاین محلی پارس و بیونیج که در شرایط محدود رطوبتی عملکرد پایینی داشتند از قدرت جوانه‌زنی مناسبی در سطوح تنش برخوردار بودند. بیشترین شاخص GSI مربوط به لاین $Flip_{95-48C}$ بود که شاخص تحمل‌تنش در حد متوسطی داشت. این نتایج باعث عدم ارتباط تنوع ژنتیکی موجود در مرحله جوانه‌زنی با رشد بعدی گیاه و در نهایت عملکرددانه شد که با نتایج به دست آمده بر روی سویا (Bouslama and Schapauch, 1984) و برخی از گیاهان لگومینوز شامل نخودفرنگی، باقلا، سویا و لوپین (Grzesiak *et al*., 1996b) تطابق داشت.

پتانسیل آب برگ

لاین‌های مختلف در مرحلهٔ غلاف‌دهی و در شرایط متفاوت رطوبتی اختلاف آماری معنی‌داری را نشان دادند. در شرایط مطلوب

www.SID.ir

Archive of SID

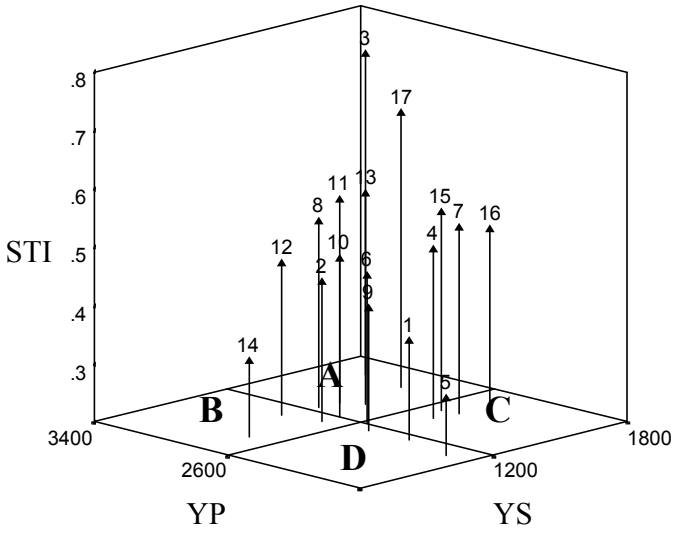
جدول ۲- ارزیابی تحمل‌خشکی لاین‌های نخود در شرایط مزرعه (شدت تنش = ۰/۵۱)

Table 2. Evaluation of drought tolerance of chickpea lines in field conditions (SI=0.51)

شماره No.	لاین ها Lines	عملکرد دانه Seed yield ($Kgha^{-1}$)		درصد کاهش	شاخص تحمل تنش
		Yp	Ys	RP (%)	STI
1	Pars	2241 f	1152 fg	48.59	0.37
2	Bivanij	2719 cd	1113 fg	59.07	0.44
3	18-59-15	3159 a	1641 a	48.05	0.75
4	12-60-31	2420 ef	1393 cd	42.44	0.49
5	$Flip_{86\text{-}97\ C}$	1929 g	1085 g	43.75	0.30
6	$Flip_{87\text{-}3\ C}$	2579 de	1211 efg	53.04	0.45
7	$Flip_{89\text{-}50\ C}$	2397 ef	1491 bc	37.80	0.52
8	$Flip_{93\text{-}51\ C}$	2895 bc	1230 ef	57.51	0.52
9	$Flip_{93\text{-}166\ C}$	2481e	1144 fg	53.89	0.41
10	$Flip_{94\text{-}111\ C}$	2729 bcd	1199 efg	56.06	0.47
11	$Flip_{94\text{-}54\ C}$	2890 bc	1321 de	54.29	0.55
12	$Flip_{95\text{-}42\ C}$	2919 b	1086 g	62.80	0.46
13	$Flip_{95\text{-}44\ C}$	2804 bc	1377 cd	50.89	0.56
14	$Flip_{95\text{-}47\ C}$	2757 bcd	816 h	70.40	0.33
15	$Flip_{95\text{-}48\ C}$	2499 e	1487 bc	40.50	0.54
16	$Flip_{95\text{-}49\ C}$	2287 f	1549 ab	32.27	0.52
17	$Flip_{97\text{-}188\ C}$	2889 bc	1601 ab	44.58	0.67

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ ٪ ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5 % probability level.
Y_P : Potential yield; Ys: Yield under stress; RP: Yield reduction percent; STI: Stress intrensity;
SI: Stress tolerance index



شکل۱- نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص تحمل‌تنش(STI) ، عملکرد تنش (Y_S) و عملکرد پتانسیل (Y_P) برای تعیین لاین‌های متحمل به خشکی

Fig. 1. Three dimensional plot of STI, Y_S and Y_P for identification of drought tolerant lines

www.SID.ir

Archive of SID

لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸، Flip93-166C و Flip95-44C و در شرایط محدود رطوبتی لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸، ۳۱-۶۰-۱۲ و Flip97-188C بیشترین پتانسیل آب برگ را دارا بودند (جدول‌های ۳ و ٤). در مرحلهٔ گلدهی و در هر دو شرایط متفاوت رطوبتی اختلاف آماری معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده نشد. در این بررسی تنش‌خشکی میزان پتانسیل آب برگ را به طور معنی‌داری کاهش داد که مطابق با نتایج سایر محققین بر روی نخود و ماش بود (Singh *et al*., 1996؛ Wang, 1989). همچنین روند تغییرات پتانسیل آب برگ در هر دو شرایط متفاوت رطوبتی نشان داد که با پیشرفت دورهٔ رشد گیاه، از میزان پتانسیل آب کاسته شد. در شرایط محدود رطوبتی و در هر دو مرحلهٔ گلدهی و غلاف‌دهی، میزان پتانسیل آب برگ با شاخص تحمل‌تنش ارتباط مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. همچنین نتایج حاکی از وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار بین پتانسیل‌های آب برگ در دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی بود (جدول ۵). وجود ارتباط پتانسیل آبی بالای برگ با تحمل‌خشکی در نخود توسط محققین دیگر نیز تأیید شده است (Sivakumar and Virmani, 1979؛ Silim and Saxena, 1993).

میزان آب نسبی از دست‌رفتهٔ برگ

در هر دو شرایط مطلوب و محدود رطوبتی و در هر دو مرحلهٔ رشد اختلاف معنی‌داری در بین لاین‌ها مشاهده شد. در شرایط مطلوب رطوبتی و در مرحلهٔ گلدهی، کمترین میزان آب نسبی از دست‌رفتهٔ برگ متعلق به لاین‌های Flip89-50C و Flip94-111C بود و اکثر لاین‌ها با پتانسیل عملکرد بالا با دو لاین مذکور تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در مرحلهٔ غلاف‌دهی نیز لاین‌های Flip94-111C و Flip97-188C میزان آب نسبی کمتری را از دست دادند (جدول ۳). در شرایط محدود رطوبتی و در مرحلهٔ گلدهی، لاین Flip89-50C و در مرحلهٔ غلاف‌دهی لاین‌های ۱۵- ۵۹-۱۸، Flip93-166C، Flip95-42C و Flip97-188C کمترین تلفات آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بیشترین تلفات آب برگ نیز در هر دو شرایط در لاین Flip95-47C مشاهده شد. در هر دو شرایط مطلوب و محدودرطوبتی با پیشرفت دورهٔ رشد گیاه، از میزان تلفات آب برگ کاسته شد. ارتباط منفی و معنی‌داری بین آب نسبی از دست‌رفته با پتانسیل آب برگ در هر دو مرحله رشد گیاه مشاهده شد (جدول ۵). تنوع ژنتیکی در جهت حفظ آب نسبی گیاه از طریق تنظیم اسمزی در حبوباتی نظیر نخود، ماش، لوبیا چشم بلبلی و لپه هندی گزارش شده است که در این حالت ارقام مقاوم قادرند در شرایط تنش تولید محصول نمایند (Muchow, 1985؛ Lecoeur *et al*., 1992).

کلروفیل برگ

در این آزمایش اعمال تنش‌رطوبتی غلظت کلروفیل a را به طور متوسط در حدود ۵٪ و کلروفیل b را ۱۰٪ در هر دو مرحله کاهش داد

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

و در مجموع در مرحله گلدهی غلظت کل کلروفیل برگ از ۲/۵۳ به ۲/۳۷ و در مرحله غلاف‌دهی از ۲/۳۲ به ۲/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ کاهش یافت هر چند که این مقدار کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. عدم کاهش معنی‌دار در میزان کلروفیل در سطوح پایین پتانسیل آب برگ در گندم نیز گزارش شده است (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). کاهش جزئی در میزان کلروفیل برگ با پیشرفت دوره رشد گیاه در هر دو شرایط محدود و مطلوب رطوبتی نیز مشاهده شد. پاندی و سینگ (Pandey and Singh, 1996) در بررسی ژنوتیپ‌های نخود اشاره کردند که سرعت فتوسنتزی در مرحلهٔ گلدهی بالاتر از مرحلهٔ غلاف‌دهی است. کاهش در سرعت فتوسنتزی در مرحله رشد غلاف‌ها عمدتاً ناشی از کاهش در مقادیر کلروفیل و پروتئین برگ ذکر شده است که نشانه شروع پیری برگ است (باقری و همکاران، ۱۳۷۶). در هر دو شرایط و در هر دو مرحله بیشترین میزان کلروفیل برگ به لاین $Flip_{94-111C}$ و کمترین به دو لاین $Flip_{93-51C}$ و $Flip_{95-49C}$ تعلق داشت (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد که در هر دو مرحلهٔ گلدهی و غلاف‌دهی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت‌های کلروفیل a ، b و مجموع آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۵).

عملکرد تک بوته و اجزای عملکرد

در شرایط محدود رطوبتی، اختلاف معنی‌داری برای عملکرد بوته و اجزای آن در بین لاین‌ها مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸ و $Flip_{89-50C}$ بود. بالاترین وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک توسط لاین $Flip_{97-188C}$ تولید شد. از نظر تعداد دانه در غلاف لاین محلی بیونیج بهترین بود. کمترین درصد پوکی غلاف نیز به لاین ۱۵-۵۹-۱۸ تعلق داشت. کیتینگ و کوپر (Keatinge and Cooper, 1983) سه جزء اصلی عملکرد در نخود را تعداد غلاف در گیاه، درصد غلاف‌های پوک و وزن دانه معرفی و عنوان کردند که افزایش پوکی غلاف و کاهش وزن دانه در شرایط تنش ناشی از تأثیر سوء خشکی بر روی تولید بیوماس است. تنش خشکی موجب کاهش صفات تعداد غلاف در بوته (۴۱/۸ عدد)، وزن صددانه (۲/۸ گرم)، عملکرد بیولوژیک در بوته (۲۸/۲ گرم)، عملکرد دانه در بوته (۱۲ گرم) و عملکرد دانه در هکتار (۱۳۳۵ کیلوگرم) در سطح احتمال ۱٪ شد. لذا این مقدار کاهش عملکرد لزوم انجام آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف را علاوه بر مرحلهٔ قبل از گلدهی در مناطقی که امکان آبیاری وجود دارد تأکید می‌کند. غالب محققین نیز گزارش داده‌اند که آبیاری باعث افزایش ارزش صفات زراعی مورد مطالعه شده است (Prabhakar and Saraf, 1990 ؛ Johansen *et al*., 1994 ؛ Nielsen, 2001). برای صفات تعداد دانه در غلاف و درصد پوکی غلاف اختلاف معنی‌داری در دو محیط

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین لاین‌های نخود از نظر عملکرد تک بوته و اجزای عملکرد در شرایط محدودرطوبتی

Table 6. Means comparison of chickpea lines for yield and yield components under water-limited conditions

شماره No.	لاین‌ها Lines	تعداد غلاف در گیاه NP/P	تعداد دانه در غلاف NS/P	وزن صددانه GHW (g)	پوکی غلاف UP (%)	عملکرد بیولوژیک BY (g)	عملکردبوته PY(g)
1	Pars	33.41 d g	1.26 abc	29.10 e f	11.32 cf	27.38 de	10.37 fg
2	Bivanij	29.13 g	1.37 a	36.40 b	12.76 ef	24.70 ef	10.01 fg
3	18-59-15	47.74 b	1.21 bc	30.30 d g	6.93 a	32.89 c	14.77 a
4	12-60-31	42.37 c	1.14 c	28.77 fgh	8.94 abc	28.97 cde	12.53 cd
5	$Flip_{86-97\ C}$	30.71 fg	1.28 ab	27.53 h	11.05 bf	24.80 ef	9.76 g
6	$Flip_{87-3\ C}$	33.09 d g	1.19 bc	31.90 cde	10.77 bf	27.93 de	10.90 efg
7	$Flip_{89-50\ C}$	52.72 a	1.14 c	27.93 gh	9.34 ad	30.10 cd	13.42 bc
8	$Flip_{93-51\ C}$	35.40 def	1.15 bc	32.20 cd	10.86 bf	31.03 cd	11.07 ef
9	$Flip_{93-166\ C}$	35.25 def	1.24 abc	31.93 cde	12.64 ef	28.07 de	10.30 fg
10	$Flip_{94-111\ C}$	33.81 def	1.17 b	31.50 c f	8.10 ab	40.42 b	10.79 efg
11	$Flip_{94-54\ C}$	36.05 de	1.25 abc	30.97 def	9.71 ad	31.24 cd	11.89 de
12	$Flip_{95-42\ C}$	31.72 efg	1.15 bc	31.50 c f	12.08 def	28.21 de	9.77 g
13	$Flip_{95-44\ C}$	36.95 d	1.27 abc	34.07 bc	9.97 be	30.87 cd	12.39 cd
14	$Flip_{95-47\ C}$	22.82 h	1.17 bc	32.50 cd	15.43 g	21.96 f	7.35 h
15	$Flip_{95-48\ C}$	41.62 c	1.19 bc	31.53 c f	8.87 def	38.25 b	13.38 bc
16	$Flip_{95-49\ C}$	42.41 c	1.22 bc	30.87 def	10.24 bc	32.58 c	13.94 ab
17	$Flip_{97-188\ C}$	33.05 d g	1.26 abc	41.07 a	9.15 ad	44.54 a	14.41 ab
Mean		36.37	1.22	31.77	10.54	30.82	11.59
Optimum		78.20	1.19	34.55	11.23	59.04	23.63
Reduction (%)		53.49	-	8.05	6.14	47.80	50.95

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ ٪ ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5 % probability level.
NP/P: Number pods per plants; NS/P: Number seeds per pod; GHW: 100 seed weight; UP: Unfilled pod;
BY: Biological yield; PY: Plant yield

مشاهده نشد. براساس گزارش اولد و همکاران (Auld *et al*., 1980) تعداد دانه در غلاف در نخود به طور عمده تحت کنترل ژنتیکی است و تأثیر عوامل محیطی بر آن ناچیز است. همچنین افزایش درصد پوکی غلاف در شرایط مطلوب به علت سایه‌اندازی شاخ و برگ بالایی بوته‌های نخود (به ویژه در تیپ‌های نیمه‌ایستاده) بر روی برگ‌ها و غلاف‌های پایین بوته بود به‌طوری‌که این برگ‌ها و غلاف‌ها قادر به انجام فتوسنتز نبودند. پس از انجام رگرسیون مرحله‌ای و تعیین مهم‌ترین اجزای مؤثر بر عملکرد تک بوته، مشخص شد که در شرایط محدود رطوبتی سه صفت تعداد غلاف در بوته، درصد پوکی غلاف و وزن صددانه جمعاً ۹۰ ٪ کل تغییرات عملکرد بوته را توجیه می‌کنند، در حالی‌که در شرایط آبیاری مطلوب دو صفت، عملکرد بیولوژیک وتعداد غلاف در بوته جمعاً ۸۹٪ کل تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۷). در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- معادلات برآورد عملکرد بوته بر مبنای رگرسیون گام به گام

Table 7. Estimated equations for plant yield based on stepwise regression

Env. محیط		Equations معادلات	R^2
Optimum	مطلوب	$PY_p = 0.73 + 0.71\ BY + 0.41\ NP/P$	0.89
Water-limited	محدود رطوبتی	$PY_s = 2.12 - 0.35\ UP + 0.74\ NP/P + 0.21\ GHW$	0.90

For legend see Table 6. برای توضیح صفات به جدول ۶ مراجعه شود.

مجموع نتایج به دست آمده در محیط کنترل شده نشان داد که لاین‌های نخود به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه حساس هستند و با کاهش پتانسیل آب، صفات مربوط به جوانه‌زنی به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافتند. در شرایط مزرعه نیز تنش‌خشکی بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته (به‌ترتیب با کاهش ۵۰/۹ و ۵۳/۵ درصد) گذاشت و در کل لاین‌های ۱۵-۵۹-۱۸ و$Flip_{97-188C}$ به‌ترتیب با متوسط تولید ۲۴۰۰ و ۲۲۴۵ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط جزء لاین‌های برتر بودند. به نظر می‌رسد که استفاده از پتانسیل آب برگ، توانایی مناسبی در تشخیص لاین‌های متحمل به خشکی داشته باشد. با توجه به دو مدل نهایی رگرسیون، اهمیت و ارزش اجزای موثر بر عملکرد بوته در دو شرایط محدود و مطلوب رطوبتی یکسان نبود.

منابع مورد استفاده References

احمدی، ع.، و بیکر، د. ا. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش‌خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۱: ۸۲۵-۸۱۳.

باقری، ع.، نظامی، ا.، گنجعلی، ع.، و پارسا، م. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ٤٤٤ صفحه.

فرشادفر، ع.، زمانی، م.، مطلبی، م.، و امام‌جمعه، ع. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲: ۷۷-٦٥.

کیانی، م.، باقری، ع.، و نظامی، ا. ۱۳۷۷. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ٦۰۰۰. مجله علوم و صنایع کشاورزی ۱۲: ۵۹-۳۹.

Abebe, A., 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H., and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum 16: 185-191.

Auld, D. L., Bettis, B. L., Crock, J. E., and Kephart, K. D. 1980. Planting date and temperature effects on germination, emergence and seed yield of chickpea. Agronomy Journal 80: 909-914.

Bouslama, M., and Schapauch, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of free screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.

Dhawan, R. S., and Singh, R. 1983. Relative photosynthetic rate of leaves and pods of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars differing in seed weight. Indian Journal of Plant Physiology 26: 246-284.

Emmerich, W. E., and Hardegree, S. P. 1990. Polyethylen glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal 82: 1103-1107.

Emmerich, W. E., and Hardegree, S. P. 1991. Seed germination in polyethylen glycol solution: Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Science 31:454-458.

Farshadfar, E. 1995. Genetic control of drought tolerance in wheat. Ph. D. thesis. Hungarian Academy of Sciences. Budapest.

Fernandez, G. C. J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) Adaptation of Food Crops to Temprature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fernandez, G., and Johnston, M. 1995. Seed vigour testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Science and Technology 23: 617-627.

Grzesiak, S., Filek, W., Pienkowski, S., and Niziol, B. 1996a. Screening for drought resistance: evaluation of drought susceptibility index of legume plants under natural growth conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 177: 237-244.

Grzesiak, S., Filek, W., Skrudlik, G., and Niziol, B. 1996b. Screening for drought resistance: evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science 177: 245-252.

www.SID.ir

Archive of SID

Johansen, C., Krishnamurthy, L., Saxena, N. P., and Sethi, S. C. 1994. Genotypic variation in moisture response of chickpea grown under line-source sprinklers in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research 37: 103-112.

Keatinge, J. D. H., and Cooper, P. J. M. 1983. Kabuli chickpea as a winter–sown crop in northern Syria: moisture relations and crop productivity. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 100: 667-680.

Lecoeur, J., Wery, J., and Turc, O. 1992. Osmotic adjustment as a mechanism of dehydration postponement in chickpea (*Cicer arietinum* L.) leaves. Plant and Soil 144: 177-189.

Michel, B. E., and Kaufman, M. R. 1973. The osmotic potential of polyetylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.

Muchow, R. C. 1985. Stomatal behavior in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment. Field Crops Research 11:291-307.

Nielsen, D. C. 2001. Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plains. Agronomy Journal 93: 563-569.

Pandey, C., and Singh, M. 1996. Genotypic variation in photosynthetic efficiency in relation to productivity of gram (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Indian Journal of Agricultural Science 66: 466-469.

Prabhakar, M., and Saraf, C. S. 1990. Dry-matter accumulation and distribution in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by genotype, phosphorus source and irrigation level. Indian Journal of Agricultural Science 60: 204-206.

Romo, S., Labrador, E., and Dopico, B. 2001. Water stress-regulated gene expression in (*Cicer arietinum* L.) seedlings and plants. Plant Physiology and Biochemistry 39: 1017-1026

Silim, S. N., and Saxena, M. C. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crops Research 34: 137-146.

Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M., and Peacock, J. M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water – limited environments. Euphytica 71: 211-219.

www.SID.ir

Archive of SID

Singh, R. D., Yadav, V. K., and Yadava, N. 1996. Effect of reducing sugars and proline on water–relation components in gram (*Cicer arietinum* L.) under water stress. Indian Journal of Agricultural Science 66: 119-123.

Sivakumar, M. V. K., and Singh, P. 1987. Response of chickpea cultivars to water stress in a semi–arid environment. Experimental Agriculture 23: 53-61.

Sivakumar, M. V. K., and Virmani, S. M. 1979. Measuring leaf water potential in chickpea with a pressure chamber. Experimental Agriculture15: 377-383.

Wang, S. M. 1989. The responses of mungbean leaf water potential, osmotic potential and cell pressure potential to water deficit. Acta Agronomica 15: 378-380.

Winter, S. R., Musick, J., and Porter, K. B. 1988 . Evaluation of screening techniques for breeding drought - resistant winter wheat. Crop Science 28: 512-516.

آدرس نگارندگان:

مهدی جمشیدی مقدم- ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود، صندوق پستی ۱۱۶۴-۶۷۱۴۵، کرمانشاه.

حسن پاک نیت- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

عزت الله فرشادفر- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه.

www.SID.ir