"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره۲، تابستان ۱۳۹۳

# اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

# Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes

عادل سی و سه مرده[۱]، فریده صادقی[۲]، همایون کانونی[۳]، بهمن بهرام نژاد[۴] و سونیا غلامی[۵]

## چکیده

**سی و سه مرده، ع.، ف. صادقی، ه. کانونی، ب. بهرام نژاد و س. غلامی. ۱۳۹۲.** اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۲): ۱۰۸-۹۱.**

**به منظور ارزیابی اثر خشکی بر عملکرد و برخی اجزای آن و همچنین بررسی ارتباط صفات فیزیولوژیکی با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، ۱۹ ژنوتیپ نخود در قالب یک آزمایش مزرعه‌ای و یک آزمایش گلدانی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. دو رژیم آبیاری مطلوب و دیم در کرت‌های اصلی و ۱۹ژنوتیپ نخود در کرت‌های فرعی قرار گرفتند و عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل دو رژیم آبیاری (آبیاری در ۳- و ۱۲- بار پتانسیل آب خاک ) و عامل دوم شامل ۱۹ ژنوتیپ نخود بودند. در این آزمایش هدایت روزنه‌ای در مرحله رویشی و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در مراحل رویشی و زایشی اندازه‌گیری شدند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس عملکرد دانه با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش به گروه‌های پر محصول و کم محصول و حساس و متحمل به خشکی گروه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف و دانه در واحد سطح به ترتیب به میزان ٤٣ و ٤٤ درصد و همچنین کاهش ٤٣ درصدی عملکرد دانه شد، در حالیکه بر وزن صد دانه تاثیر چندانی نداشت. در آزمایش گلدانی میزان هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی ۷۸ درصد کاهش یافت و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی دارای ۳۳ درصد هدایت روزنه‌ای بیشتر در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس بودند. از طرف دیگر بین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در مرحله رویشی و هدایت روزنه‌ای رابطه مثبت و معنی‌داری (r =۰/۵۲** ) مشاهده شد. براساس نتایج آزمایش به نظر می‌رسد که می‌توان از صفات هدایت روزنه‌ای و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گزینش ژنوتیپ‌های نخود جهت بهبود تحمل به تنش خشکی استفاده کرد.**

**واژه‌های کلیدی: پلی‌فنل اکسیداز، تحمل خشکی، نخود و هدایت روزنه‌ای.**

---

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۳/۲۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۲/۳۱ این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم می‌باشد

۱-دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: sioadel@yahoo.com)
۲-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان
۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
۴-دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان
۵-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

**مقدمه**

تنش خشکی به طور جدی تولید محصولات زراعی را در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند و سبب ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان زراعی می‌شود (Pattangual and Mador, 1999). نخود از جمله گیاهانی است که به طور عمده در غرب و شمال غربی کشور به صورت دیم کشت می‌شود و در بخش عمده‌ای از دوره رشد آن با تنش خشکی مواجه است. این گیاه در ایران با سطح زیر کشت ۵۰۸ هزار هکتار دارای مقام اول در بین حبوبات می‌باشد و در استان کردستان نزدیک به ۹۵ هزار هکتار از اراضی سالانه به کشت نخود اختصاص دارد و تولید سالانه آن حدود ۳۷ هزار تن می‌باشد.

تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های نخود از لحاظ واکنش به تنش خشکی گزارش شده است (Mafakheri *et al*., 2010). سینگ و همکاران (Singh *et al*., 1991)، سیلیم و ساکسنا (Silim and Saxena. 1993) و رحمان و اودین (Rahman and Uddin, 2000) نیز برتأثیر منفی کمبود رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تأکید کرده‌اند. به نظر می‌رسد که ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و مطلوب رطوبتی به عنوان یک نقطه شروع در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشد، این ژنوتیپ‌ها مقاومت خود را از طریق سازوکارهای متفاوتی به دست می‌آورند. از جمله سازوکارهای تعیین کننده تحمل به خشکی در گیاهان زراعی، حفظ وضعیت مطلوب آبی و ادامه فتوسنتز از طریق هدایت روزنه‌ای برگ است (Turner, 1986)، زیرا اولین واکنش گیاه در برابر کمبودآب، بستن روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق و حفظ آماس سلول‌های برگ می‌باشد (Mansfield *et al*, 1990). کافی و همکاران (Kafi *et al*., 2006) در بررسی میزان مقاومت روزنه‌ای در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی نخود گزارش کردند که تنش خشکی مقاومت روزنه‌ای را در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس نسبت به تیمار شاهد افزایش داد، به طوری که مقاومت روزنه‌ای از ۲۵ ثانیه بر سانتی‌متر در شرایط رطوبت کافی به ۵۰ ثانیه بر سانتی‌متر در شرایط تنش خشکی رسید.

تنش خشکی با احیای ناقص اکسیژن در فرایندهای فتوسنتز و تنفس از طریق افزایش انتقال الکترون به مولکول اکسیژن، موجب تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود (Asada, 1999). گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال سازوکارهای متفاوتی دارند از جمله این سازوکارها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌آکسیدانی از طریق آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند پلی‌فنل‌اکسیداز اشاره کرد (Agarwal and Pandey, 2004). این آنزیم در شرایط تنش خشکی، از تولید بیش از حد اجزای خطی انتقال الکترون در واکنش مهلر جلوگیری می‌کند (Thipyapong *et al*., 2004). اسریوالی و همکاران (Srivalli *et al,* 2003.) و بوگس و همکاران (Bogges *et al*., 1976) به نقش این آنزیم در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش خشکی اشاره کرده‌اند. گزارش شده‌است که بواسطه تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی و تنش مکانیکی، ترکیبات فنلی افزایش پیدا می‌کنند و آنزیم پلی فنل اکسیداز نقش اصلی در کاهش ترکیبات فنلی دارد (Reyes and Cisneros – Zevalles 2003)، افزایش فعالیت این آنزیم تحت تنش خشکی در لوبیا نیز گزارش شده‌است (Demir and Kocacaliskan, 2001). در این رابطه فاضلی و همکاران (Fazeli *et al*., 2007) نشان دادند که رقم کنجد متحمل به خشکی تحت تنش خشکی دارای پایداری غشاء بیشتر و فعالیت پلی فنل اکسیداز بیشتری بود. در شرایط تنش خشکی علاوه بر سازوکارهای آنتی اکسیدانی، صفات مرتبط با روزنه نیز در مقاومت به خشکی نقش دارند. بلوم و همکاران (Blum *et al*., 1981) گزارش کرده‌اند که ژنوتیپ‌های





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

متحمل به خشکی، بدون بستن روزنه‌های خود، توانایی حفظ آب بیشتری را دارند. تحت تنش خشکی باوجود افزایش تولید انواع اکسیژن فعال، حفظ کارکرد روزنه به ثبات ساختار سلول‌های روزنه وابسته‌است، آنزیم پلی فنل اکسیداز از طریق کاهش انواع اکسیژن فعال و ترکیبات فنلی باعث کاهش خسارت به سلول‌ها و بویژه سلول‌های روزنه شده و ممکن است در حفظ کارکرد روزنه ها تحت تنش نقش داشته باشد. بنابراین درک تغییرات صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه در پاسخ به تنش خشکی، می‌تواند موقعیتی برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در محیط دارای تنش خشکی از تولید بالاتری برخوردارند را فراهم کند. در این تحقیق تغییرات فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در ارتباط با هدایت روزنه‌ای و تحمل به خشکی در ۱۹ ژنوتیپ متفاوت نخود از لحاظ تحمل به خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق درسال زراعی ۹۰-۸۹ در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به صورت دو آزمایش مزرعه‌ای و گلدانی به شرح زیر اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تیمار آبیاری در دو سطح: آبیاری مطلوب و تنش خشکی (دیم) به عنوان عامل اصلی و ۱۹ ژنوتیپ نخود: (ILC8262 :1، ILC8617 :2، ILC482 :3، FLIP96-90C :4، Sel93TH2447 :5، 6: FLIP97-26C ،FLIP98-108C ،7: FLIP99-48C ،8: 9: Sel96TH11439، X9TH5K10 :10، ARMAN :11، FLIP93-255C :12، Sel93TH24469 :13، 14: FLIP97-211C ،FLIP00-82C :15، FLIP00-6C :16، ۱۷: آزاد، ۱۸: پیروز، ۱۹: بیونیج) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. منشاء کلیه ژنوتیپ‌ها به جز (بیونیج و پیروز) مرکز تحقیقات بین المللی کشاورزی مناطق خشک (ICARDA) بوده و از ژرم پلاسم موجود در واحد دیم بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کردستان استخراج شدند. رقم بیونیج توده محلی و رقم پیروز از ارقام اصلاح شده داخلی با مبدأ اصفهان می‌باشند. ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۱۹ قبلا توسط مفاخری و همکاران(Mafakheri *et al.*, 2010) به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شده بودند. هر ژنوتیپ در پنج ردیف چهار متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۲۵ بوته در متر مربع در اواخر فروردین و به صورت دستی کشت شد. فاصله بین تکرارها دو متر و فاصله بین کرت‌های تحت آبیاری با کرت‌های تحت تنش خشکی (دیم) چهار متر در نظر گرفته شد. آبیاری در تیمار آبیاری مطلوب هر ۱۵ روز یک‌بار انجام شد و تیمار دیم به غیر از بارندگی آبی دریافت نکرد. میزان بارندگی و متوسط دما در طی دوره آزمایش در جدول یک نشان داده شده‌است.

جدول ۱- میزان بارندگی ماهانه و دمای هوای محل آزمایش در طی فصل زراعی ۱۳۹۰

Table 1. Monthly rainfall and temperature of experimental site during cropping season of 2011

| | | فروردین March | اردیبهشت April | خرداد May | تیر Jun | مرداد Jul | شهریور Aug |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rainfall (mm) | میزان بارندگی | 61.8 | 76.7 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| درجه حرارت($c^0$) Temperature | حداکثر Max | 14.7 | 17.9 | 27.5 | 32.7 | 32.7 | 28.7 |
| | حداقل Min | 3 | 7 | 12.3 | 18 | 18 | 13.9 |
| | میانگین Mean | 8.9 | 12.45 | 19.9 | 25.35 | 25.35 | 21.3 |





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه در مرحله رسیدگی اقدام به برداشت بوته‌های میانی خطوط از هر کرت شد و عملکرد، تعداد غلاف و تعداد دانه در واحد سطح تعیین شدند. نسبت تعداد غلاف‌های پوک به کل غلاف‌های حاصل از ۳۰ بوته به عنوان درصد پوکی غلاف در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری وزن صد دانه تعداد چهار نمونه ۱۰۰ تایی دانه به صورت تصادفی شمارش شده و وزن صد دانه تعیین شد.

جهت تعیین میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها و ارزیابی رابطه صفات فیزیولوژیک با تحمل به خشکی، شاخص تحمل به تنش خشکی (Fernandez, 1992) بر اساس رابطه ۱ و شاخص حساسیت به تنش (Fischer and Maurer, 1978) بر اساس رابطه ۲ در کلیه ژنوتیپ‌ها محاسبه شد. مشخص شده‌است که با استفاده از این دو شاخص می‌توان با دقت بالایی اقدام به تفکیک ژنوتیپ‌های حساس و متحمل نمود (Siosemardeh *et al*., 2006)

رابطه ۱ $$STI= (Y_p \times Y_s)/ \overline{Y_p}^2$$

رابطه ۲ $$SSI = (1- (Y_s / Y_p)) / (1-(\overline{Y_s} / \overline{Y_p}))$$

در رابطه‌های فوق $Y_p$ و $Y_s$ به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش (آبیاری) و تنش خشکی (دیم)، $\overline{Y_p}$ و $\overline{Y_s}$ نیز متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط آبیاری و تنش خشکی می‌باشد.

به منظور ارزیابی صفات فیزیولوژیکی مورد نظر در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه یک آزمایش گلدانی در محیط باز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و با دو عامل رژیم رطوبتی و ژنوتیپ اجرا شد. رژیم رطوبتی شامل آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۳- بار (عدم تنش) و ۱۲- بار (تنش خشکی) و عامل ژنوتیپ نیز شامل ۱۹ ژنوتیپ نخود بودند. بذور ژنوتیپ‌های مورد نظر پس از ضدعفونی، در گلدان‌های پلاستیکی به عمق و قطر ۲۰ سانتی متر حاوی ۴/۵ کیلوگرم خاک خشک، در محیط آزاد کشت شدند. برای تعیین میزان رطوبت خاک گلدان‌ها به منظور اعمال تیمارهای آبیاری، میزان رطوبت خاک در پتانسیل‌های مختلف آب خاک، با استفاده از دستگاه صفحه فشاری (Pressure Plate) تعیین گردید و سپس منحنی رطوبتی خاک (شکل ۱) تهیه شده پس از آن با توزین روزانه شش گلدان به طور تصادفی، پتانسیل آب خاک گلدان تعیین و میزان و زمان آبیاری تیمارهای شاهد و تنش مشخص می‌شد.

هدایت روزنه‌ای در طی مرحله رویشی و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع در ثانیه اندازه‌گیری شد. برای این منظور از دستگاه پوروmتر T (ΔDevices, UK) استفاده گردید و پس از کالیبره کردن دستگاه، با قرار دادن برگ کاملاً توسعه یافته به مدت یک دقیقه در داخل محفظه دستگاه، اعداد ثبت شدند.

میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در دو مرحله رویشی و زایشی اندازه گیری شد، به این منظور ابتدا میزان پروتئین از روش برادفورد (Bradford, 1976) تعیین شد. برای سنجش فعالیت این آنزیم، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی با دو میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۲ مولار با pH = ۶/۸ و ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار مخلوط شد و پس از قرار دادن آن به مدت پنج دقیقه در بن‌ماری در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway ساخت کشور انگلستان قرائت شد (Nicoli *et al.*, 1991).

تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گردید و ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین شد.

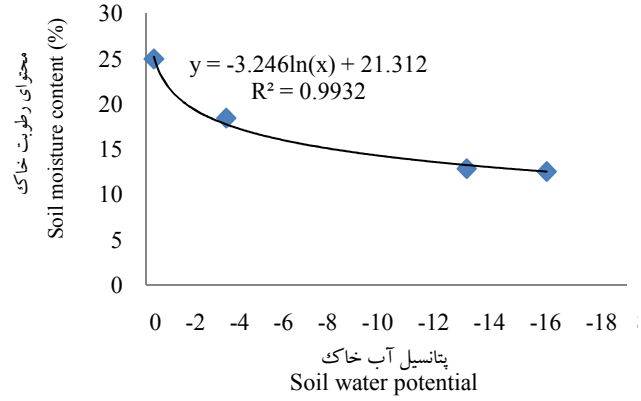
## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]




شکل ۱- منحنی پتانسیل آب خاک (بار)

Fig. 1. Soil water potential (bar)

تنش خشکی بر عملکرد دانه بود به گونه‌ای که این تنش باعث کاهش ۴۳ درصدی عملکرد دانه گردید. توبرسا و سالویا (Tuberosa and Salvi, 2004) در آزمایشی روی نخود میزان اُفت عملکرد این گیاه را در اثر تنش خشکی، بین ۲۰ تا ۲۵ درصد گزارش کردند. نتایج همچنین نشان داد که تفاوت عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌های نخود معنی‌دار بود (جدول۲). به طور کلی متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط مطلوب ۱۳۳۷ کیلوگرم در هکتار و تحت شرایط تنش ۷۵۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول۲). بر اساس شاخص‌های SSI و STI (جدول ۳) ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ که در شرایط تنش خشکی عملکرد بالاتری از میزان متوسط داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و سایر ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین در نظر گرفته شدند. در گروه ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا، ژنوتیپ‌های ۳، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ که در شرایط تنش خشکی عملکردی بالاتر از حد متوسط داشتند، به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های ۱و ۷ به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و حساس به خشکی شناسایی شدند. در ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین نیز ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ که تحت تنش، عملکردی بیشتر از حد متوسط داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و متحمل و بقیه ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و حساس به خشکی در نظر گرفته شدند.

تنش خشکی به طور معنی‌داری بر تعداد غلاف در واحد سطح اثر گذاشته وآن را حدود ۴۴ درصد کاهش داد که احتمالاً به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای بقاء گل و غلاف در مراحل اواخر گلدهی و اوایل غلاف‌دهی و یا عقیم شدن گل‌ها و ریزش آن‌ها بود. بین ژنوتیپ‌ها نیز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود داشت (جدول ۲). رحمان و اودین (Rahman and Uddin, 2000) نیز با ارزیابی عملکرد ۲۸ ژنوتیپ نخود تحت تنش خشکی گزارش نمودند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در کلیه ژنوتیپ‌ها شد.

نتایج مقایسات گروهی نشان داد که در شرایط بدون تنش اختلاف بین ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و پایین از لحاظ تعداد غلاف در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

## جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Tab.2. Mean comparison of yield and yield components of chickpea genotypes under non stress (normal irrigation) (N) and stress conditions (S)

| ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes | | عملکرد دانه Grain yield (kg.ha$^{-1}$) | | غلاف در واحد سطح Pod.m$^{-2}$ | | درصد پوکی غلاف Unfilled pods (%) | | تعداد دانه در واحد سطح No. Grain.m$^{-2}$ | | وزن صد دانه 100 Grain weight (g) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بدون تنش(N) | تنش(S) | بدون تنش(N) | تنش (S) | بدون تنش (N) | تنش (S) | بدون تنش (N) | تنش (S) | بدون تنش(N) | تنش(S) |
| 1 | ILC8262 | 1354 a-c | 433 k-m | 498 b-e | 163.8 l | 0.00 g | 0.15 f-g | 529.3 b-d | 163.8 l | 24.6 q | 24.5 q |
| 2 | ILC8617 | 1277 a-f | 511 j-m | 498 b-e | 197.1 kl | 2.86 c-g | 6.18 a-g | 484.9 b-e | 189.9 kl | 25.8 n- q | 25.0 p-g |
| 3 | ILC482 | 1406 ab | 858 e-l | 439.7 b-g | 267.3 h-l | 0.00 g | 0.08g | 473.6 b-e | 279.6 h-l | 28.6 i-k | 29.5 h-k |
| 4 | FLIP9690C | 1266 a-f | 550i-m | 465.9 b-f | 168.3 l | 0.51 f-g | 7.46 a-e | 469 b-e | 155.5 l | 26.6 k- q | 27.3k-q |
| 5 | SEL93TH | 1166 a-g | 733 h-m | 419.5b-h | 263.9h-l | 10.5a | 2.6 d-g | 376.6 d-g | 256.21h-l | 28.7i-o | 27.6 j-p |
| 6 | FLIP98108 | 1253 a-f | 709 i-m | 370 d-j | 198.8 kl | 3.77b-g | 7.56 a-d | 355.5 e-g | 184.8 kl | 35.3 b-e | 36.4 a-c |
| 7 | FLIP9726 | 1381 ab | 344 m | 437.4 b-g | 185.1 l | 0.00g | 0.00g | 442.3b-g | 185.4 kl | 30.6 g-j | 35.5 b-d |
| 8 | FLIP9948 | 1316 a-d | 775 g-m | 385.9 c-j | 243.4 j-l | 0.00g | 2.57 d-g | 397 c-g | 239.7 i-l | 32.7 e-g | 31.0 g-i |
| 9 | SEL96TH | 988 b-g | 774 g-m | 377.1d-j | 267.6 h-l | 10.55 a | 3.65 b-g | 335 e-g | 274.7 h-l | 28.5 i-o | 26.5 k-q |
| 10 | X9TH5K10 | 1224 a-g | 833 f-l | 348.4 e-k | 247.7 j-l | 1.62 d-g | 6.38 a-f | 348.1 e-g | 236.3 j-l | 34.7c-f | 32.7 e-g |
| 11 | ARMAN | 1299 a-e | 873 d-k | 450. b-g | 254 i-l | 1.32 e-g | 0.92 f-g | 453.6 b-f | 283 h-l | 28.8 i-n | 25.6 o-q |
| 12 | FLIP93255 | 1263 a-f | 408 lm | 461.9 b-f | 171.5 l | 3.12c-g | 5.36 a-g | 474.7 b-e | 180.3 kl | 26.0 m-q | 24.9 pq |
| 13 | SEL93TH | 1548 a | 910 c-j | 529.3 b-d | 321.7 f-l | 0.18 f-g | 7.71a-d | 535.0 bc | 296.3 g-l | 29.0 i-m | 28.5 i-o |
| 14 | FLIP0082 | 1516 a | 855 e-l | 570 b | 395.5 g-l | 1.05 f-g | 3.91 b-g | 564.3 ab | 284.1 h-l | 26.4 l-q | 28.5 i-o |
| 15 | FLIP97211 | 1619 a | 8 45 e-l | 513.9b-d | 264.2 h-l | 0.7 f-g | 1.88 d-g | 523.9 b-d | 259.1 h-l | 31.1 g-i | 31.3 g-i |
| 16 | FLIP006C | 1343 a-c | 838 f-l | 418.7 b-h | 264.8 h-l | 4.31 b-g | 4.57 a-g | 405.9 c-g | 253.1 h-l | 32.0 f-h | 31.1 g-i |
| 17 | AZAD | 1348 a-c | 980b-i | 408.1 b-i | 315.7 f-l | 3.73 b-g | 3.97 b-g | 393.3 c-g | 302.6 f-l | 33.0 d-g | 29.2 h-l |
| 18 | PIROZ | 1334 a-c | 958 b-j | 728.1 a | 543 bc | 6.13 a-g | 9.77ab | 684.3 a | 487.8 b-e | 19.0 r | 18.5 r |
| 19 | BIVANIJ | 1492 a | 1228 a-g | 415 b-h | 318.8 f-l | 8.94 a-c | 4.25 b-g | 379.1 d-g | 253.5 f-l | 37.7 ab | 38.7 a |
| Mean | میانگین | 133 7 | 759 | 459.8 | 260.6 | 3 | 4.16 | 454 | 253.5 | 29.4 | 29.1 |

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 letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدول ۳- برآورد میزان شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود

Table3- Estimation of drought tolerance indices in chickpea genotypes

| ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes | | شاخص تحمل تنش STI | شاخص حساسیت به تنش SSI |
|---|---|---|---|
| 1 | ILC8262 | 0.328 | 1.537 |
| 2 | ILC8617 | 0.365 | 1.387 |
| 3 | ILC482 | 0.676 | 0.901 |
| 4 | FLIP9690C | 0.389 | 1.308 |
| 5 | SEL93TH | 0.479 | 0.859 |
| 6 | FLIP98108 | 0.496 | 1.002 |
| 7 | FLIP9726 | 0.265 | 1.737 |
| 8 | FLIP9948 | 0.571 | 0.95 |
| 9 | SEL96TH | 0.428 | 0.57 |
| 10 | X9TH5K10 | 0.57 | 0.739 |
| 11 | ARMAN | 0.635 | 0.757 |
| 12 | FLIP93255 | 0.228 | 1.566 |
| 13 | SEL93TH | 0.789 | 0.952 |
| 14 | FLIP0082 | 0.726 | 1.008 |
| 15 | FLIP97211 | 0.765 | 1.107 |
| 16 | FLIP006C | 0.63 | 0.87 |
| 17 | AZAD | 0.739 | 0.631 |
| 18 | PIROZ | 0.715 | 0.653 |
| 19 | BIVANIJ | 1.026 | 0.408 |
| Mean میانگین | | 0.573 | 0.995 |

تعداد غلاف در ژنوتیپ‌های متحمل ۲۸۸ عدد در متر مربع بود، در حالیکه در ژنوتیپ‌های حساس تعداد غلاف به ۱۸۷ عدد کاهش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، تعداد غلاف در واحد سطح با عملکرد رابطه مثبت داشت، ولی این رابطه فقط تحت تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول های ۶ و ۷). در شرایط تنش خشکی همبستگی تعداد غلاف با شاخص حساسیت به خشکی (SSI) منفی و معنی‌دار($r= -۰/۶۴۷^{**}$) و با شاخص تحمل به تنش مثبت و معنی‌دار ($r =۰/۶۵۲^{**}$) بود. با توجه به کاهش همزمان و تقریباً همسان عملکرد و تعداد غلاف در واحد سطح می‌توان گفت که تعداد غلاف یکی از مهم ترین اجزای تعیین کننده عملکرد در نخود تحت تنش خشکی بوده و قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل از حساس می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک صفت مطلوب جهت بهبود تحمل خشکی مد نظر قرار گیرد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادکه اثر متقابل تنش و ژنوتیپ بر درصد پوکی غلاف بسیار معنی‌دار بود و تنش اثر متفاوتی بر این صفت در ژنوتیپ‌های مختلف داشت. لیپورت و همکاران (Leport *et al*, 1999) گزارش کردند که تنش کمبود آب از طریق افزایش تعداد غلاف‌های پوک و کاهش دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه را متأثر می‌سازد. تحت هر دو شرایط رطوبتی در آزمایش مزرعه‌ای ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۷ دارای کمترین درصد پوکی غلاف بودند، در حالی‌که در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های شماره ۱و ۷ کمترین میزان عملکرد را دارا بودند، این موضوع نشان می‌دهد با وجود اینکه درصد غلاف پر یکی از اجزای عملکرد نخود است، اما نقش محدودی در تعیین عملکرد بویژه در شرایط تنش خشکی دارد.

اثرمتقابل تنش در ژنوتیپ برای صفت تعداد دانه در





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدول ۴- مقایسات میانگین گروهی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط بدون تنش (اعداد نشان دهنده میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشند)

Table 4. Chickpea genotypes group comparisons under non stress conditions (mean ± standard error)

| صفات گیاهی<br>Plant characteristics | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل<br>Tolerant and high yield potential genotypes | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و متحمل<br>Tolerant and low yield potential genotypes | F | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و حساس<br>Susceptible and high yield potential genotypes | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و حساس<br>Susceptible and low yield potential genotypes | F | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا<br>High yield potential genotypes | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین<br>Low yield potential genotypes | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملکرد دانه<br>Grain yield ($kgha^{-1}$) | 1451±5.03 | 1207±9.2 | 5.36* | 1367±6.8 | 1257±7.07 | 2.05ns | 1409±11.8 | 1232±9.8 | 6.8* |
| تعداد غلاف در واحد سطح<br>$Pod.m^{-2}$ | 501.7±1.01 | 389.1±1.1 | 9.9** | 465.9±1.08 | 442.8±1.1 | 0.2ns | 501.7±1.04 | 414.7±1.1 | 8.1** |
| درصد پوکی غلاف<br>Unfilled pods (%) | 3.1±0.8 | 3.3±1.3 | 0.09ns | 0±0 | 4.4±1.1 | 14.7* | 1.5±0.4 | 3.8±1.2 | 4.8* |
| تعداد دانه در واحد سطح<br>No. of $grain.m^{-2}$ | 494±0.9 | 381.4±1.1 | 9.6** | 483.8±1.2 | 430±1.1 | 1.2ns | 494±1.1 | 407±1.1 | 9.4** |
| وزن صد دانه<br>100 grain weight (g) | 29.6±1.09 | 31.1±0.9 | 9.3** | 27.5±1.3 | 28.4±0.9 | 1.7ns | 28.5±1.2 | 29.8±0.9 | 1.5ns |
| هدایت روزنه‌ای<br>Stomatal Conductance ($mmol.m^{-2}.S^{-1}$) | 52.87± 0.03 | 57.1± 3.04 | 0.7ns | 30.75±4.05 | 42±4.4 | 3.01ns | 41.81±2.04 | 57.11±3.9 | 0.006ns |
| پلی‌فل اکسیداز مرحله رویشی<br>PPO in Vegetative Stage( U/mg protein) | 0.283±0.02 | 0.232±0.02 | 4.1* | 0.267±0.02 | 0.327±0.01 | 3.06ns | 0.275±0.02 | 0.279±0.01 | 0.06ns |
| پلی‌فل اکسیداز مرحله زایشی<br>PPO in Reproductive Stage( U/mg protein) | 0.14±0.01 | 0.16±0.02 | 1.5ns | 0.10±0.006 | 0.114±0.01 | 0.06ns | 0.12±0.009 | 0.137±0.01 | 0.005ns |

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی دا و معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and ** : Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدول ۵- مقایسات میانگین گروهی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی (اعداد نشانگر میانگین ± انحراف استاندارد می‌باشد)

Table 5- Chickpea group comparisons under drought stress conditions (mean ± standard error)

| صفات گیاهی<br>Plant characteristics | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل<br>Tolerant and high yield potential genotypes | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و متحمل<br>Tolerant and low yield potential genotypes | F | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و حساس<br>Susceptible and high yield potential genotypes | ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین و حساس<br>Susceptible and low yield potential genotypes | F | ژنوتیپ‌های متحمل<br>Tolerant genotypes | ژنوتیپ‌های حساس<br>Susceptible genotypes | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عملکرد دانه<br>Grain yield ($kg.ha^{-1}$) | 934±4.4 | 412±81.41 | 6.48* | 388±5.3 | 582±6.2 | 8.5** | 874±8.4 | 485±5.8 | 100.1** |
| تعداد غلاف در واحد سطح<br>$Pod.m^{-2}$ | 323.8±0.8 | 253.1±0.5 | 13.3** | 156.1±0.5 | 199.9±0.7 | 0.14ns | 288.5±0.7 | 187.1±0.5 | 51.4** |
| درصد پوکی غلاف<br>Unfilled pods (%) | 4.51±0.6 | 3.37±1.1 | 0.1ns | 6.57±0.7 | 5.83±1.3 | 9.9** | 3.94±0.9 | 6.20±0.7 | 0.002ns |
| تعداد دانه در واحد سطح<br>No. of grain.$m^{-2}$ | 307±0.7 | 256±0.5 | 9.09** | 174.5±0.7 | 193.2±0.7 | 0.1ns | 281±0.6 | 183.8±0.7 | 65** |
| وزن صد دانه<br>100 grain weight (g) | 31.09±1.1 | 28.9±1.03 | 0.05ns | 30±2.5 | 28.2±1.1 | 4.7* | 30.01±1.07 | 29.13±1.8 | 1.02ns |
| هدایت روزنه‌ای<br>Stomatal Conductane ($mmol.m^{-2}.S^{-1}$) | 13.091±0.01 | 11.191±1.38 | 1.63ns | 7.8±0.065 | 8.363± 1.006 | 0.15ns | 12.14±0.69 | 8.081±0.08 | 13.58** |
| پلی‌فل‌اکسیداز مرحله رویشی<br>PPO in Vegetative Stage ( U/mg protein) | 0.371±0.022 | 0.307±0.033 | 3.55ns | 0.336±0.033 | 0.360±0.027 | 0.07ns | 0.339±0.02 | 0.361±0.03 | 0.03ns |
| پلی‌فل‌اکسیداز مرحله زایشی<br>PPO in Reproductive Stage ( U/mg protein) | 0.086± 0.01 | 0.086±0.009 | 0.001ns | 0.0979±0.011 | 0.0648±0.007 | 4.6* | 0.086±0.01 | 0.08±0.009 | 1.9ns |

ns, * and ** : Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

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





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدو ل ۶- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط بدون تنش خشکی
Table 6. Simple correlation coefficient between grain yield and yield components of chickpea genotypes under non stress condition

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Grain yield | عملکرد دانه | 1 | | | | | | |
| 2 | Pod.m$^{-2}$ | تعداد غلاف در واحد سطح | 0.41 | 1 | | | | | |
| 3 | Unfilled pods | (%) درصد پوکی غلاف | -0.499$^{*}$ | -0.12 | 1 | | | | |
| 4 | No. of grain.m$^{-2}$ | تعداد دانه در واحد سطح | $^{*}$0.512 | $^{**}$0.966 | -0.349 | 1 | | | |
| 5 | 100 grain weight | وزن صد دانه | 0.096 | $^{**}$0.781- | 0.082 | $^{**}$788.0- | 1 | | |
| 6 | STI | شاخص تحمل تنش | 0.587$^{*}$ | 0.182 | 0.143 | 0.12 | 0.347 | 1 | |
| 7 | SSI | شاخص حساسیت به تنش | 0.117 | 0.117 | $^{*}$0.570- | 0.279 | -0.331 | $^{**}$0.729- | 1 |

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

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

جدو ل۷- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی
Table 7. Simple correlation coefficient between grain yield and yield components of chickpea genotypes under drought stress condition

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Grain yield | عملکرد دانه | 1 | | | | | | |
| 2 | Pod.m$^{-2}$ | تعداد غلاف در واحد سطح | $^{**}$0.701 | 1 | | | | | |
| 3 | Unfilled pods | (%) درصد پوکی غلاف | 0.184 | 0.390 | 1 | | | | |
| 4 | No. of grain.m$^{-2}$ | تعداد دانه در واحد سطح | $^{**}$0.896 | $^{**}$0.986 | 0.278 | 1 | | | |
| 5 | 100 grain weight | وزن صد دانه | 0.205 | 0.307- | 0.191- | -0.318 | 1 | | |
| 6 | STI | شاخص تحمل تنش | $^{**}$0.949 | $^{**}$0.652 | 0.131 | $^{**}$0.667 | 0.199- | 1 | |
| 7 | SSI | شاخص حساسیت به تنش | $^{**}$0.906- | $^{**}$0.647- | 0.215- | $^{**}$0.686- | 0.131 | 0.261 | 1 |

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

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

واحد سطح معنی‌دار بود، اما تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش تعداد دانه را در تنش خشکی داشتند. در شرایط تنش رطوبتی، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری کاهش می‌یابد، که نتیجه آن، تشکیل گل‌های کمتر در گیاه است که بر تعداد غلاف‌های بارور و تولید دانه موثر است (Goldani and Rezvani, 2007). ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش خشکی تعداد دانه کمی داشتند، تعداد دانه در واحد سطح به طور متوسط در ۱۰ ژنوتیپ با پتانسیل عملکرد بالا ۴۹۴ و در ۹ ژنوتیپ با پتانسیل عملکرد پایین ۴۰۷ دانه در متر مربع بود (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز تعداد دانه در ۱۲ ژنوتیپ متحمل به طور متوسط ۲۸۱ و در ۷ ژنوتیپ حساس ۱۸۴ دانه در متر مربع بود (جدول ۵).

ساکسنا و همکاران (Saxena *et al.*, 1995) گزارش کرده‌اند که علت کاهش تعداد دانه در شرایط تنش خشکی، کاهش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و فرعی است. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در واحد سطح نسبت به سایر اجزای عملکرد دارای بیشترین میزان همبستگی (r=۰/۸۹۶$^{**}$ ) با عملکرد بود و این موضوع نشان‌دهنده نقش موثر آن در تعیین عملکرد نهایی دانه است. وجود رابطه منفی و معنی‌دار این صفت با شاخص حساسیت به تنش خشکی (r =-۰/۶۸۶$^{**}$) و رابطه مثبت و معنی‌دار با شاخص تحمل به تنش خشکی( r =۰/۶۶۷$^{**}$ ) در شرایط تنش خشکی بیانگر آن است که این صفت توانایی تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل را دارا بوده و می‌توان از آن جهت غربال ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. رابطه تعداد دانه با تعداد غلاف تحت شرایط شاهد و تنش در این آزمایش مثبت و معنی‌دار بود (جدول‌های۶ و ۷)، نتایج این همبستگی نشان می‌دهد که می‌توان در همان مرحله غلاف بندی نسبت به گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول نخود اقدام کرد.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش در ژنوتیپ بر وزن صد دانه معنی‌دار بود. تنش خشکی وزن صد دانه را به طور معنی‌داری در دو ژنوتیپ ۳ و ۷ افزایش داده و در ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۱ کاهش داد ، اما در سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه نداشت (جدول ۲). در کل وزن صد دانه ژنوتیپ‌ها به طور متوسط در شرایط بدون تنش ۲۹/۴ گرم و در شرایط تنش ۲۹/۱ گرم بود، بنابراین به نظر می‌رسد که این جزء از عملکرد کمتر از سایر اجزای عملکرد تحت تنش قرار می‌گیرد. پاندی و همکاران (Pandey *et al*., 1981) نیز گزارش کرده‌اند که در میان اجزای عملکرد نخود ، وزن صد دانه کمتر تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی قرار می‌گیرد. در شرایط تنش کمترین وزن صد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۸ بود، از آنجائیکه این ژنوتیپ در شرایط تنش دارای بیشترین تعداد غلاف و دانه بود، به نظر می‌رسد که مواد فتوسنتزی تولید شده بین تعداد دانه بیشتری توزیع شده و سبب کاهش وزن صد دانه شده است. بیشترین وزن صد دانه در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۶ و ۷ بود که ممکن است به دلیل بالا بودن طول دوره پر شدن دانه یا سرعت پر شدن دانه و یا هر دو عامل در این ژنوتیپ‌ها باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین وزن صد دانه و عملکرد در شرایط بدون تنش و با تنش خشکی نشان دهنده عدم نقش تعیین کنندگی وزن صد دانه در عملکرد است (جدول‌های۶ و۷). پوراسماعیل و همکاران (Pouresmael *et al*., 2009) نیز گزارش کرده‌اند که عملکرد با وزن صد دانه در شرایط بدون تنش همبستگی نداشته و بیان کردند که عدم همبستگی بالا بین عملکرد و اجزای آن می‌تواند به دلیل تنوع ژنتیکی و رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد در نخود باشد. علاوه بر نخود، در گندم نیز گزارش شده است که افزایش پتانسیل عملکرد این محصول در دهه های اخیر بواسطه افزایش تعداد دانه در واحد سطح بوده است و نه وزن هزار دانه، همچنین گزارش شده است که وزن هزار دانه دارای ثبات ژنتیکی بوده و تغییرات آن تحت تاثیر شرایط محیطی و یا فعالیت‌های اصلاحی محدود است (Satorre and Slafer, 2000).

نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، همبستگی بین وزن صد دانه با تعداد غلاف و تعداد دانه منفی و معنی‌دار بود (جدول۶). به نظر می‌رسد که در این شرایط به دلیل تولید مواد فتوسنتزی کافی و تولید تعداد دانه بیشتر در بوته، در هنگام پر شدن دانه‌ها، محدودیت منبع روی داده و به این دلیل ژنوتیپ‌هایی با تعداد غلاف بیشتر در بوته، قادر به تولید مواد فتوسنتزی کافی نبوده و نمی‌توانند غلاف‌ها را پر نمایند و در نتیجه وزن دانه آن‌ها کاهش می‌یابد، ولی تحت شرایط تنش خشکی به علت کاهش تعداد غلاف در بوته تعادل بین منبع و مقصد برقرار شده و وزن صد دانه کاهش نمی‌یابد. با توجه به آنچه بیان شد می‌توان اظهار داشت که در شرایط بدون و با تنش خشکی، نخود از دسته گیاهان منبع محدود بوده و به منظور بهبود عملکرد لازم است تولید مواد فتوسنتزی در برگ را افزایش داد.

در آزمایش گلدانی اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در همه ژنوتیپ‌ها شد و آن را حدود ۷۸ درصد کاهش داد (جدول۸). در شرایط بدون تنش خشکی گیاهان می‌توانند بدون محدودیت به مصرف آب ادامه داده و هدایت روزنه‌ای بالا در تمام طول روز حفظ می‌شود، اما در شرایط تنش خشکی روزنه‌ها در ساعت خنک روز باز بوده و در هنگام ظهر بسته می‌شوند. عبدالجلیل و همکاران (Abdul Jaleel *et al*., 2009) بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای را در اثر تنش خشکی به افزایش میزان آبسزیک اسید در برگ‌ها نسبت داده‌اند. در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی به طور معنی‌داری هدایت روزنه‌ای بالاتری





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

(۱۲/۱ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه) نسبت به ژنوتیپ‌های حساس (۸/۱ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) داشتند، به گونه‌ای که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی (ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۸ و ۱۹) بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای را داشتند و در بین ژنوتیپ‌های حساس نیز ژنوتیپ شماره ۶ دارای کمترین میزان هدایت روزنه‌ای بود (جدول ۸). هدایت روزنه‌ای بیشتر در شرایط مطلوب در ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا باعث تداوم جذب دی اکسید کربن از طریق روزنه‌ها و رفع محدودیت منبع در این ژنوتیپ‌ها می‌شود و این موضوع با کاهش درصد پوکی غلاف و تعداد بیشتر دانه در بوته همراه خواهد بود.

تحت شرایط تنش خشکی، همبستگی بین هدایت روزنه‌ای با عملکرد مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۶۶۰^{**}$) بود (جدول ۹). به نظر پژوهشگران وقوع تنش خشکی موجب بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن می‌گردد که به نوبه خود منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن شده و سازوکارهای طبیعی سلول را مختل می‌نماید (Hu and Schmidhalter, 2005) که در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود.

همبستگی مثبت و معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش با شاخص تحمل به تنش خشکی ($r=۰/۶۶۹^{*}$) (جدول ۹) نشان دهنده نقش این صفت در تحمل به خشکی در شرایط تنش است و بیانگر

جدول ۸- مقایسه میانگین هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه) ژنوتیپ‌های نخود در مرحله رویشی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 8. Mean comparison of stomatal conductance (mmol.m $^{-2}$.S $^{-1}$) in vegetative stage of chickpea genotypes in non stress and drought stress conditions

| ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes | | تنش خشکی Drought stress | بدون تنش Non stress |
|---|---|---|---|
| 1 | ILC8262 | 7.9n | 83.3h-m |
| 2 | ILC8617 | 8.8n | 48.3c-g |
| 3 | ILC482 | 9.8mn | 33.1g-j |
| 4 | FLIP9690C | 8.2n | 41.0e-i |
| 5 | SEL93TH | 9.0n | 26.1i-n |
| 6 | FLIP98108 | 6.8n | 65.0a-c |
| 7 | FLIP9726 | 7.7n | 32.7g-k |
| 8 | FLIP9948 | 12.2l-n | 45.3d-h |
| 9 | SEL96TH | 9.9mn | 67.0a-c |
| 10 | X9TH5K10 | 12.4l-n | 68.0Ab |
| 11 | ARMAN | 10.3l-n | 48.2c-g |
| 12 | FLIP93255 | 9.1n | 29.6g-l |
| 13 | SEL93TH | 19.7j-n | 76.7A |
| 14 | FLIP0082 | 7.4n | 63.7a-d |
| 15 | FLIP97211 | 9.4mn | 34.5f-j |
| 16 | FLIP006C | 13.9k-n | 42.3e-i |
| 17 | AZAD | 11.7l-n | 52.7b-f |
| 18 | PIROZ | 15.9j-n | 65.5a-c |
| 19 | BIVANIJ | 17.5j-n | 54.4b-e |
| Mean | میانگین | 10.9 | 48.6 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، برساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

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



[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدول ۹ - ضرایب همبستگی ساده بین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های نخود درآزمایش گلدانی در شرایط تنش خشکی
Table 9. Correlation coefficients between plant characteristics of chickpea genotypes under drought stress condition in pot experiment

| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Grain yield | عملکرد دانه | 1 | | | | | |
| 2 | Stomatal coductance | هدایت روزنه‌ای | 0.660** | 1 | | | | |
| 3 | PPO in Vegetative Stage | پلی فنل اکسیداز در مرحله رویشی | 0.316 | 0.521* | 1 | | | |
| 4 | PPO in Reproductive Stage | پلی فنل اکسیداز در مرحله زایشی | 0.112 | 0.387 | -0.249 | 1 | | |
| 5 | STI | شاخص تحمل تنش | 0.949** | 0.669** | 0.348 | 0.083 | 1 | |
| 6 | SSI | شاخص حساسیت به تنش | -0.906** | -0.540* | -0.210 | -0.106 | -0.729** | 1 |

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد
* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

آن است که ژنوتیپ‌های نخود متحمل به خشکی، توانایی بیشتری را در جذب آب و باز نگه داشتن روزنه‌ها علیرغم قرار گرفتن تحت تنش خشکی دارند و سازوکار تحمل به خشکی در گیاه خود تا حدی از طریق جذب و مصرف بیشتر آب و نه از راه بستن روزنه‌ها و جلوگیری از هدر رفت آب است. کاشیواگی و همکاران (Kashwagi *et al*., 2005) از این ویژگی به اجتناب از تنش خشکی یاد کرده و آنرا به ریشه عمیق نخود نسبت داده‌اند.

ارزیابی میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در گیاهان تحت تیمارتنش خشکی و شاهد در طی مرحله رویشی نشان داد که در حالت طبیعی، در گیاه مقدار قابل توجهی آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز جهت انجام فرایندهای طبیعی فیزیولوژیکی گیاه تولید می‌شود، ولی تحت تنش میزان این فعالیت افزایش یافت (جدول ۱۰) و بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری از این لحاظ مشاهده‌شد. افزایش فعالیت این آنزیم تحت تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در لوبیا گزارش شده‌است (Demir and Kocacaliskan, 2001). افزایش فعالیت این آنزیم به دلیل افزایش سوبسترای آن از جمله ترکیبات اکسیژن فعال می‌باشد و نشان‌دهنده نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در این شرایط است.

در مرحله زایشی، فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز تحت شرایط تنش کمتر از میزان آن در شرایط بدون تنش بود (جدول ۱۰). احتمالاً تنش خشکی به نحوی روند طبیعی دفاعی گیاه را دچار اختلال نموده و محتوی پروتئین‌های محلول گیاه را کاهش داده‌است که این امر موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های دفاعی به عنوان بخشی از پروتئین‌های محلول گیاه شده است. سادات اسیلان و همکاران (Sadatesaelan *et al*., 2010) طی آزمایشی اثر سطوح تنش خشکی را بر میزان فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز دراکوتیپ‌های یونجه مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تیمار تنش خشکی متوسط (۴- بار) با بیشترین سطح فعالیت این آنزیم و تیمار تنش خشکی شدید (۶- بار) با کمترین سطح فعالیت این آنزیم در همه اکوتیپ‌ها همراه بود.

همبستگی فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی در مرحله رویشی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۹)، بنابراین به نظر می‌رسد فعالیت این آنزیم در شرایط تنش ممکن است در حفظ پایداری غشاء سلول‌های روزنه‌ای از طریق کاهش آسیب اکسیداتیو به آن‌ها نقش داشته‌باشد و باعث ثبات هدایت روزنه‌ای گردد که به نوبه خود در بهبود عملکرد نقش دارد، گزارش شده‌است که رقم کنجد متحمل به خشکی در شرایط تنش خشکی دارای فعالیت پلی‌فنل اکسیداز بیشتر و پایداری غشاء بیشتری بود (Fazeli *et al*., 2007). به نظر می‌رسد که این آنزیم با اکسید کردن ترکیبات فنلی مضر تولید شده




[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (واحد بر میلی گرم پروتئین) ژنوتیپ‌های نخود در مرحله رویشی و زایشی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 10. Mean comparison of polyphenol oxidase activity (U/mg protein) in vegetative and reproductive stages of chickpea genotypes under non stress and drought stress conditions

| | | مرحله رویشی Vegetative stage | | مرحله زایشی Reproductive stage | |
|---|---|---|---|---|---|
| ژنوتیپ‌های نخود Chickpea genotypes | | بدون تنش Non stress | تنش خشکی Drought stress | بدون تنش Non stress | تنش خشکی Drought stress |
| 1 | ILC8262 | 0.239f-j | 0.286c-j | 0.118b-h | 0.08e-h |
| 2 | ILC8617 | 0.324b-h | 0.373b-g | 0.076e-h | 0.04Gh |
| 2 | ILC482 | 0.375b-g | 0.349b-g | 0.100c-h | 0.06f-h |
| 4 | FLIP9690C | 0.334b-h | 0.332b-h | 0.066f-h | 0.09c-h |
| 5 | SEL93TH | 0.320b-i | 0.386b-f | 0.141a -f | 0.08e-h |
| 6 | FLIP98108 | 0.329b-h | 0.343 b-h | 0.161a-e | 0.05f-h |
| 7 | FLIP9726 | 0.294b-i | 0.440a-c | 0.100c-h | 0.11b-h |
| 8 | FLIP9948 | 0.249e-j | 0.373b-g | 0.221a | 0.11 b-h |
| 9 | SEL96TH | 0.263d-j | 0.257d-j | 0.137a-g | 0.06 f-h |
| 10 | X9TH5K10 | 0.294b-i | 0.415b-e | 0.175a-d | 0.10 c-h |
| 11 | ARMAN | 0.123J | 0.179h-j | 0.105b-h | 0.06f-h |
| 12 | FLIP93255 | 0.326b-h | 0.245f-j | 0.128b-h | 0.04H |
| 13 | SEL93TH | 0.323b-h | 0.423a-d | 0.089d-h | 0.06f-h |
| 14 | FLIP0082 | 0.156Ij | 0.267d-j | 0.131b-h | 0.08d-h |
| 15 | FLIP97211 | 0.273c-j | 0.283c-j | 0.181a-c | 0.05f-h |
| 16 | FLIP006C | 0.215g-i | 0.252e-j | 0.193ab | 0.14a-f |
| 17 | AZAD | 0.366b-g | 0.359b-g | 0.158a-e | 0.09d-h |
| 18 | PIROZ | 0.227f-j | 0.460ab | 0.146a-f | 0.10c-h |
| 19 | BIVANIJ | 0.331b-h | 0.571a | 0.120b-h | 0.07e-h |
| Mean | میانگین | 0.282 | 0.348 | 0.134 | 0.082 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، برساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند

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

طی تنش باعث تحمل به تنش خشکی می‌گردد (Reyes and Cisneros-Zevalles 2003,). بنابراین هدایت روزنه‌ای بالاتر و عملکرد بیشتر ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را می‌توان به فعالیت بیشتر آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نسبت داد.

## نتیجه گیری

تنش خشکی عملکرد دانه را ۴۳ درصد کاهش داد و تعداد غلاف و تعداد دانه در واحد سطح را نیز ۴۴ درصد کاهش داد، درحالیکه این کاهش در رابطه با وزن صد دانه در حدود یک درصد بود. از طرف دیگر تعداد غلاف و تعداد دانه با شاخص تحمل به خشکی رابطه مثبت و با شاخص حساسیت به تنش خشکی رابطه منفی داشتند، اما چنین ارتباطی در رابطه با وزن صد دانه مشاهده‌نشد، بنابراین می‌توان گفت که در برنامه‌های اصلاحی نخود لازم است تعداد دانه و غلاف در واحد سطح به عنوان اجزای موثر بر عملکرد مد نظر قرار گیرند. این نتیجه‌گیری با توجه به تعداد دانه بیشتر در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس تایید شد.

در آزمایش گلدانی اعمال تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای به میزان ۷۸ درصد شد و تحت تنش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در حدود ۳۳ درصد هدایت روزنه‌ای بیشتری در مقایسه با





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

ژنوتیپ‌های حساس داشتند. در این شرایط همبستگی بین هدایت روزنه‌ای با عملکرد و شاخص تحمل به تنش مثبت و معنی‌دار بود که نشان دهنده نقش این صفت در تحمل خشکی و بیانگر توانایی ارقام متحمل نخود در جذب آب و باز نگه داشتن روزنه‌ها تحت تنش خشکی و برخورداری این ارقام از توانایی اجتناب از تنش است.

افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز تحت تنش بویژه در مرحله رویشی و همبستگی مثبت آن با هدایت روزنه‌ای نشان‌دهنده نقش این آنزیم در کاهش اثرات اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی و بهبود تحمل به تش است که می‌توان آن را به عنوان شاخصی از تحمل به تنش خشکی در نخود مورد توجه قرار داد.

## منابع مورد استفاده

## References


**Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009.** Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol. 11: 100-105.

**Agarwal, S. and V. Pandey. 2004.** Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Plant Biol. 48: 555-560.

**Asada, K. 1999**. The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 601-639.

**Boggess, S. P., G. R. Stewart, D. Aspinall and L. G. Paleg. 1976.** Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursors. Plant Physiol. 58: 398–401.

**Blum, A., G. Gozlan and J. Mayer. 1981.** The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. Crop Sci. 21: 495-499.

**Bradford, M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-due binding. Ann. Biochem. 72: 248-254.

**Demir, Y. and I. Kocacaliskan. 2001.** Effects of NaCl and proline on polyphenol oxidase activity in bean seedling. Biologia Plantarum. 44 (4): 607-609.

**Fazeli, A., M. Ghorbani and V. Niknam. 2007.** Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxdation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. Biologia Plantarum. 51 (1): 98-103.

**Fernandez, G. C. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. 257-270. 13-16 Aug., Taiwan.

**Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897–912.

**Goldani, M and P. Rezvani. 2007.** The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. J. Agric. Sci. Natur. Resour., 14: 229- 242. (In Persian with English abstract).






[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

**Hu, Y., and U. Schmidhalter. 2005.** Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541–549.

**Kafi, M., A. Ganjeali and f. Abbasi. 2006.** Study of changes in leaf abscisic acid (ABA) and stomatal resistance in drought resistant and sensitive genotypes of chickpea (Cicer arietinum L). Science Journal of Tehran University. 33(4):26-19. (In Persian with English abstract).

**Kashiwagi, J., L. Krishnamurthy, H. D. Upadhyaya, H. Krishna, S. Chandra, V. Vadez and R. Serraj. 2005.** Genetic variability of drought-avoidance root traits in mini-core germplasm collection of chickpea. Euphytica. 146: 213 – 222.

**Leport, L., N. C. Turner, R. J. French, M. D. Barr, R. Duda, S. L. Davies, D. Tennant and K. H. M. Siddique. 1999.** Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. Eur. J. Agron. 11: 279–291.

**Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P. C. Struik and E. Sohrabi. 2010.** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll content in three chickpea cultivars. Aus. J. Crop Sci. 4 (8): 580 – 585.

**Mansfield, T. A., A. M. Hetherington, C. J. Atkinson. 1990.** Some current aspects of stomatal physiology. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 41: 55-75.

**Nicoli, M. C., B. E. Elizale, A. Pitotti and C. R. Lerici. 1991.** Effect of sugar and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. J. Food Biochem. 15: 169–184.

**Pandey, R. L., S. K. Rai, A. S. Tiwari and R. K. Reddy. 1981.** Notes on estimates of heterosis for grain yield and implication in chickpea breeding. Legume Res. 4: 109-111.

**Pattangual, W., and M. Mador. 1999.** Water deficit effects on raffinose family oligosaccharide metabolism in Coleus. Plant Physiol. 121: 998-993.

**Pouresmael, M., M. Akbari, Sh. Vaezi and Sh. Shahmoradi. 2009.** Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. Iran. J. Crop Sci. 11 (4): 307-324 (In Persian with English abstract).

**Rahman, S. M. and A. S. M. Uddin. 2000.** Ecological adaptation of chickpea to water stress. Legume Res. 23:1-8.

**Reyes, L.F. and L. Cisneros-Zevalles. 2003.** Wounding stress increase the phenolic content and antioxidant capacity of purble lesh potatoes. J. Agric. Food Chem. 51: 5296-5300.

**Sadatesaelan, K., S. A. M. Modares sanavi and S. Hajiloi. 2010.** Study of the effect of drought stress on antioxidant system in seedlings of some perennial alfalfa ecotypes. Iranian J. Field Crop Sci. 41: 67-77. (In Persian with English abstract).

**Satorre, E. H. and G. A. Slafer. 2000.** Wheat, Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press. PP: 504.

**Saxena, N. P., S. C. Sethi, L. Krishnamurty and M. P. Haware. 1995.** Physiological approaches to genetic





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

enhancement of drought resistance in chickpea. In: International Congress on Integrated studies on drought tolerance of higher plants. Inter drought, Aug. 1995. Montpellier. France.

**Silim, S. N., and M. C. Saxena. 1993.** Adaptation of spring sown chickpea to the Mediterranean basin. I. Response to moisture supply. Field Crops Res. 34: 121-136.

**Singh, J., K. P. Singh, O. P. Mehta and R. S. Malik. 1991.** Seasonal consumptive use, moisture extraction pattern and water use efficiency of kabuli gram (*Cicer arietinum* L.) cultivars under different levels of irrigation. Agric. Digest. 11: 142-144.

**Siosemardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohamadi. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Res. 98: 222-229.

**Srivalli, B., C. Viswanathan and R. K. Chopta. 2003.** Antioxidant defense in response to abiotic stresses in plants. J. Plant Biol. 30: 121–139.

**Thipyapong, P., J. Melkonian, D. W. Wolfe and J. C. Steffens. 2004.** Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. Plant Sci. 167: 693–703.

**Tuberosa, R. and S. Salvi. 2004.** Markers, genomics and post-genomics approaches. Proceeding of 4th International Crop Science Congress. pp. 1-19. Available at web site http://www.CROPSCIENCE.org.au

**Turner, N. C. 1986.** Crop water deficits: A decade of progress. Adv. Agron. 39: 1-51.



[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]

# Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes

**Sio-Se Mardeh, P.[1], F. Sadeghi[2], H. Kanouni[3], B. Bahramnejad[4] and S. Gholami[5]**

## ABSTRACT

**Sio-Se Mardeh, A., F. Sadeghi, H. Kanouni, B. Bahramnejad and S. Gholami. 2014.** Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 16(2): 91 -108. (In Persian).**

To investigate drought stress effects on grain yield and its component in chickpea genotypes and its relation with physiological characteristics, nineteen chickpea genotypes were evaluated in field and pot experiments at the Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, in 2010-11 cropping season. Field experiment was carried out as split plot arrangement in randomized complete blocks design (RCBD) with three replications. Irrigation and rainfed conditions were assigned to main plots and chickpea genotypes were randomized in subplots. Grain yield, some yield components and drought resistance and susceptible indices were measured and recorded. Pot experiment was conducted as factorial arrangement using RCBD with two factors including irrigation treatments (irrigation at -3 (control) and -12 bar (stress) of soil water potential) and 19 chickpea genotypes as second factor with three replications. In this experiment, stomatal conductance at the vegetative stage and polyphenol oxidase activity at the vegetative and reproductive stages were studied. Chickpea genotypes divided in high and low yield potential and drought tolerant and susceptible genotypes based on seed yield under drought and control conditions. Results showed that drought stress reduced pod and grain per square meter by 43% and 44%, respectively and caused 43% reduction of grain yield, however, it did not have significant effect on 100 grain weight. In pot experiment, drought stress reduced stomatal conductance by 78% and drought tolerant genotypes had 33% higher stomatal conductance in comparison to drought susceptible genotypes. There were highly significant positive correlation (r = 0.52**) between polyphenol oxidase activity and stomatal conductance. It can be conclude that polyphenol oxidase activity and stomatal conductance would be useful physiological traits for improvement of drought tolerant genotypes in chickpea breeding programs.

**Key words:** Chickpea, Drought tolerance, Stomatal conductance and Polyphenol oxidase.

**Received: June, 2013** **Accepted: May, 2014**

1- Associate Prof., University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (Corresponding author) (Email: sioadel@yahoo.com)
2- MSc. Student, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
3- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Kurdistan Province, Sanandaj, Iran
4- Associate Prof., University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
5- MSc. Student, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.2.9 ]