به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۹۴۳-۹۳۳

# اثر تنش خشکی و روش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.)

لاله عباسلو[۱]، سیدعبدالرضا کاظمینی*[۲]، محسن عدالت[۳] و علی دادخدایی[۴]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۸

## چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و روش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم نخود 'آرمان' و 'آزاد'، آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. فاکتور اصلی تنش خشکی (آبیاری کامل=$I_1$، قطع آبیاری در زمان گلدهی =$I_2$ و قطع آبیاری در دو هفته پس از سبز شدن =$I_3$) و فاکتور فرعی شامل ترکیبی از دو رقم نخود ('آرمان' و 'آزاد') و روش کاشت (کرتی، درون جوی و روی پشته) بود. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز، مقدار کلروفیل a و b و کلروفیل کل تحت تأثیر تنش خشکی کاهش و مقدار پرولین افزایش یافت. رقم 'آزاد' در مقایسه با رقم 'آرمان' دارای شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و کلروفیل بیشتری بود. بیشترین میزان فتوسنتز در تیمار آبیاری کامل (۱۶/۰۹ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) به‌دست آمد و با اعمال تنش آبی در مرحلهٔ دو هفته پس از سبز شدن و گلدهی، فتوسنتز به‌ترتیب ۲۵/۷۹ و ۱۴/۲۳ درصد کاهش یافت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رقم 'آزاد' و کاشت روی پشته به‌دلیل سرعت فتوسنتز بیشتر و کاهش کمتر هدایت روزنه‌ای، عملکرد بیشتری دارند و در منطقهٔ مورد مطالعه قابل توصیه‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** پرولین، فتوسنتز، قطع آبیاری، کاشت روی پشته، هدایت روزنه‌ای.

*نویسنده مسئول
Email: kazemin@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

## ۱. مقدمه

حبوبات از منابع مهم تأمین‌کنندهٔ پروتئین در رژیم غذایی بسیاری از مردم است [۱]. نخود دومین گیاه مهم از گروه حبوبات در جهان است که به‌دلیل هزینهٔ کم تولید، سازگاری وسیع آب‌وهوایی، استفاده در تناوب گیاهی و توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری یکی از مهم‌ترین گیاهان لگوم در سیستم کشاورزی پایدار به‌شمار می‌رود [۳۵].

تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزیستی است و سبب کاهش رطوبت، پتانسیل اسمزی و پتانسیل آبی گیاه، کاهش آماس سلول، بسته شدن روزنه‌ها و درنهایت، کاهش رشد گیاه می‌شود. تنش خشکی بسته به منطقهٔ جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی در طول فصل رشد می‌تواند عملکرد نخود را ۳۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد [۲۱]. میزان فتوسنتز عامل اصلی تعیین‌کنندهٔ رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در صورت وجود تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. چنانچه شدت تنش به حدی باشد که تأثیر زیادی بر فتوسنتز داشته باشد و اختلالات عمده‌ای در پدیده‌های فیزیولوژیک گیاه به‌وجود آورد، رشد گیاه متوقف خواهد شد و گیاه از بین خواهد رفت [۲۲]. عوامل محدودکنندهٔ فتوسنتز در شرایط تنش آبی شامل عوامل محدودکنندهٔ روزنه‌ای ـ که منجر به کاهش انتشار $CO_2$ به فضای بین‌سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود ـ و عوامل محدودکنندهٔ غیرروزنه‌ای ـ که ناشی از اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمیایی است ـ می‌شود [۳۸]. میزان کاهش فتوسنتز به شدت تنش و مرحله‌ای که تنش اتفاق می‌افتد بستگی دارد [۲۰].

در آزمایشی روی سه رقم نخود مشخص شد که کمبود آب به‌طور معناداری سبب کاهش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق شد [۲۳]. در شرایط کمبود آب در گیاهان، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، تغییرات بیوشیمیایی نیز به‌وجود می‌آید [۱۰]. سازوکارهای تحمل خشکی به‌ویژه در شرایط تنش شدید، شامل فرایندهایی در سطح سلول است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تنظیم اسمزی اشاره کرد. پرولین به‌عنوان یکی از ترکیبات مؤثر در این فرایند، اسید آمینه‌ای است که به‌طور طبیعی در بسیاری از گیاهان عالی وجود دارد و معمولاً غلظت آن در واکنش به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد [۵]. در مطالعات دیگری روی نخود، کاهش پروتئین‌های محلول و تجمع اسیدهای آمینهٔ اسید اسپاراتیک، اسید گلوتامیک، پرولین، لوسین و آرژنین در اثر تنش خشکی نشان داده شده است [۳۴]. افزایش تجمع پرولین در برگ نخود، سازوکاری برای تعدیل اسمزی تحت شرایط تنش آبی معرفی شده است [۲۹]. تحقیقات دربارهٔ ۴۹ ژنوتیپ نخودفرنگی نشان داد غلظت قندهای محلول در گیاهان در معرض تنش درمقایسه با گیاهان شاهد بسته به ژنوتیپ بین یک‌ونیم تا هفت برابر افزایش می‌یابد [۳۳]. در شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتزی ممکن است به‌دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌خصوص کلروفیل‌ها باشد [۲۴]. تنش کمبود آب در گیاه ذرت و گندم مقدار کلروفیل را به‌طور معناداری کاهش داد [۲۸]. با افزایش تنش خشکی، مقدار کلروفیل برگ کاهش پیدا می‌کند، ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد [۶]. کاهش مقدار کلروفیل همراه با کاهش پتانسیل آبی خاک در گیاهانی نظیر آفتابگردان [۳۷] و توتون [۳۱] نیز گزارش شده است.

روش کاشت می‌تواند بر نحوهٔ سبز شدن و میزان رشد گیاهان زراعی تأثیر بگذارد و به کاهش مصرف آب و افزایش بازده آب آبیاری همراه با افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه منجر شود [۱۷].

اعمال کم‌آبیاری بدون برنامه‌ریزی دقیق ممکن است به کاهش رشد و تولید محصولات زراعی بینجامد و تعیین



Archive of SID
www.SID.ir

زمان کم‌آبیاری که همراه با حداقل خسارت باشد راهکاری مناسب است که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، سبب دستیابی به محصول بهینه می‌شود، ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر، بررسی تنش خشکی در روش‌های مختلف کاشت در دو رقم نخود بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی است.

## ۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و روش کاشت بر سرعت فتوسنتز و دیگر خصوصیات فیزیولوژیک نخود، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در باجگاه (۱۴ کیلومتری شمال شرقی شیراز) اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت که فاکتور اصلی تنش خشکی (آبیاری در تمام مراحل رشد =$I_1$ (به‌عنوان شاهد)، قطع آبیاری در مرحلهٔ گلدهی =$I_2$ به‌عنوان تنش ملایم و قطع آبیاری در دو هفته پس از سبز شدن =$I_3$ به‌عنوان تنش شدید)؛ و فاکتور فرعی ترکیبی از دو رقم نخود ('آرمان' و 'آزاد') و سه روش کاشت (کرتی، کاشت درون جوی و کاشت روی پشته با فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر) بود که براساس تراکم ثابت ۲۰ بوته در متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۲/۴ متر کاشت شد. ارقام به‌کاررفته جزء ارقام بذردرشت و پابلند و مختص مناطق خنک و معتدل‌اند.

میانگین دما و بارندگی‌های ماه‌های فروردین تا تیر از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک باجگاه تهیه شد (جدول ۱). کود سوپرفسفات تریپل و نیتروژن مورد نیاز به‌ترتیب براساس ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌ها داده شد. به‌منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور بین هر کرت پشته‌ای به عرض یک متر ایجاد شد. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی صورت‌گرفت. برای اندازه‌گیری صفات سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و مقاومت روزنه‌ای در زمان پر شدن نیام از هر کرت فرعی، چهار بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و در ساعت ۱۲ تا ۲ بعدازظهر که زمان حداکثر تشعشع خورشیدی بود با کمک دستگاه فتوسنتزمتر Lci از شرکت ADC-England ویژگی‌های مورد نظراندازه‌گیری و میانگین بوته‌ها محاسبه و تعیین شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ به روش تخریبی در زمان پر شدن نیام و پس از جدا کردن برگ از ساقه از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Device) استفاده و شاخص سطح برگ محاسبه شد.

اندازه‌گیری مقدار پرولین طبق روش بیتس [۸] و با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد:

(۱) (مقدار نمونه ۰/۵گرم) × {($a_{۵۲۰}$ × ۴)/۱۱۵/۵} = میکرومول پرولین در هر گرم برگ تازه

در این رابطه، $a_{۵۲۰}$: میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر برحسب میکروگرم در میلی‌لیتر (ppm) است.

مقدار کلروفیل از روش آرنون (۷) و با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد:

(۲) (w × ۱۰۰/v × (۶۴۵a) ۶۹/۲ − (۶۶۳a) ۷/۱۲ = میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تازه

(۳) (w × ۱۰۰)/v × (۶۶۳a) ۶۹/۴ − (۶۴۵a) ۹/۲۲ = میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تازه

در این رابطه، ۶۶۳a: میزان جذب در طول موج ۶۶۳ نانومتر؛ ۶۴۵a: میزان جذب در طول موج ۶۴۵ نانومتر؛ v: حجم نهایی نمونه (۱۰ میلی‌لیتر)؛ و w: وزن تر نمونه (۰/۵ گرم) است.

شایان ذکر است که از استون ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد.

کلیهٔ محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C، اکسل و SAS انجام گرفت و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون $LSD_{5\%}$ استفاده شد.



Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۱. میانگین دما و بارندگی در فصل رشد نخود و بلندمدت (۳۰ساله) در منطقهٔ باجگاه**

| ماه | متوسط دما (°C) | | بارندگی (mm) | |
|---|---|---|---|---|
| | دورهٔ آزمایش | بلندمدت | دورهٔ آزمایش | بلندمدت |
| فروردین | ۱۱/۸۱ | ۱۱/۰ | ۱۵/۵ | ۴۴/۲ |
| اردیبهشت | ۱۷/۶۶ | ۱۵/۷ | ۰ | ۱۲/۱ |
| خرداد | ۲۳/۲۴ | ۲۰/۲ | ۰ | ۰/۷ |
| تیر | ۲۹/۷۸ | ۲۳/۸ | ۰ | ۰/۳ |
| مرداد | ۲۹/۷۷ | ۲۳/۷ | ۰ | ۰/۲ |

**جدول ۲. تجزیهٔ واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی**

| منابع تغییرات S.O.V | درجهٔ آزادی | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای | فتوسنتز | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | پرولین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار (r) | ۳ | ۰/۰۰۲ | ns | ns | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۴ |
| تنش آبی (a) | ۲ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ |
| خطای کرت اصلی (Ea) | ۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۰۶ | ۰/۱۹ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۵ |
| رقم (b) | ۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ |
| روش کاشت (c) | ۲ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | ns |
| تنش آبی × رقم (a × b) | ۲ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | ns | ns | ns | < ۰/۰۰۰۱ |
| تنش آبی × روش کاشت (a × c) | ۴ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | ns | ns | ns | ns |
| رقم × روش کاشت (b× c) | ۲ | ns | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | ns | < ۰/۰۰۰۱ | ns | ns |
| تنش آبی × رقم × روش کاشت (a × b × c) | ۴ | ns | < ۰/۰۰۰۱ | < ۰/۰۰۰۱ | ns | ns | ns | ns |
| خطای کرت فرعی Ebc | ۴۵ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۱ |
| Cv | | ۲/۴۳ | ۵/۷۶ | ۲/۱۰ | ۵/۵۵ | ۵/۷۸ | ۴/۶۴ | ۱/۱۶ |

## ۳. نتایج و بحث

### ۳.۱. شاخص سطح برگ

با اعمال تنش آبی در مرحلهٔ دو هفته پس از سبز شدن و گلدهی، شاخص سطح برگ به‌ترتیب به میزان ۲۴/۷۳ و ۱۸/۷۳ درصد در مقایسه با آبیاری کامل به‌طور معناداری کاهش یافت (جدول‌های ۲ و ۳). نتایج برهمکنش تنش آبی و رقم نشان داد که در هر سطحی از تنش آبی، رقم 'آزاد' دارای شاخص سطح برگ بیشتری بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ به‌ترتیب در تیمار $I_1$ و رقم 'آزاد' (۲/۸۷) و در تیمار $I_3$ و رقم 'آرمان' (۲/۱۰) مشاهده شد (جدول ۴). شاخص سطح برگ بالاتر در گیاه نخود در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش توسط محققان دیگر تأیید شده است [۲، ۳].



Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۳. اثر اصلی تیمارها بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نخود**

| | تیمار | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای (mol/m² s) | کلروفیل a (mg/g fw) | کلروفیل b (mg/g fw) | کلروفیل کل (mg/g fw) | پرولین (µmol/g fw) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تنش | $I_1$ | ۲/۸۳$^{a}$ | ۰/۴۴$^{a}$ | ۰/۱۷$^{a}$ | ۰/۰۶۹$^{a}$ | ۰/۲۴$^{a}$ | ۲/۵۵$^{c}$ |
| | $I_2$ | ۲/۳۰$^{b}$ | ۰/۲۹$^{b}$ | ۰/۱۴$^{b}$ | ۰/۰۶۷$^{b}$ | ۰/۲۱$^{b}$ | ۹/۵۶$^{b}$ |
| | $I_3$ | ۲/۱۳$^{c}$ | ۰/۱۸$^{c}$ | ۰/۰۹$^{c}$ | ۰/۰۴۸$^{c}$ | ۰/۱۳$^{c}$ | ۱۹/۷۰$^{a}$ |
| رقم | آرمان | ۲/۳۶$^{b}$ | ۰/۲۸$^{b}$ | ۰/۱۳$^{b}$ | ۰/۰۵۶$^{b}$ | ۰/۱۹$^{b}$ | ۱۰/۶۵$^{a}$ |
| | آزاد | ۲/۴۸$^{a}$ | ۰/۳۲$^{a}$ | ۰/۱۴$^{a}$ | ۰/۰۶۶$^{a}$ | ۰/۲۱$^{a}$ | ۱۰/۵۵$^{b}$ |
| روش کاشت | درون جوی | ۲/۴۰$^{b}$ | ۰/۲۶$^{c}$ | ۰/۱۳$^{b}$ | ۰/۰۶$^{a}$ | ۰/۲۰$^{a}$ | ۱۰/۵۹$^{a}$ |
| | روی پشته | ۲/۴۹$^{a}$ | ۰/۳۶$^{a}$ | ۰/۱۴$^{a}$ | ۰/۰۶$^{a}$ | ۰/۲۰$^{a}$ | ۱۰/۶۲$^{a}$ |
| | کرتی | ۲/۳۸$^{b}$ | ۰/۲۸$^{b}$ | ۰/۱۳$^{b}$ | ۰/۰۵$^{b}$ | ۰/۱۹$^{b}$ | ۱۰/۵۹$^{a}$ |

$I_1$ – آبیاری کامل، $I_2$ – قطع آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (تنش ملایم) و $I_3$ – قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن (تنش شدید)
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر صفت و هر فاکتور مطابق آزمون LSD اختلاف معناداری ندارند.

**جدول ۴. اثر برهمکنش تنش آبی و رقم بر شاخص سطح برگ، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و مقدار پرولین در نخود**

| رقم | سطوح تنش | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای (mol/m² s) | فتوسنتز (µmol/m² s) | پرولین (µmol/g fw) |
|---|---|---|---|---|---|
| آرمان | $I_1$ | ۲/۷۹$^{b}$ | ۰/۴۷$^{a}$ | ۱۴/۹۹$^{b}$ | ۲/۵۹$^{d}$ |
| | $I_2$ | ۲/۲۰$^{d}$ | ۰/۲۳$^{d}$ | ۱۲/۹۹$^{d}$ | ۹/۵۴$^{c}$ |
| | $I_3$ | ۲/۱۰$^{e}$ | ۰/۱۴$^{e}$ | ۱۰/۹۵$^{e}$ | ۱۹/۸۲$^{a}$ |
| آزاد | $I_1$ | ۲/۸۷$^{a}$ | ۰/۴۰$^{b}$ | ۱۷/۱۹$^{a}$ | ۲/۵۰$^{d}$ |
| | $I_2$ | ۲/۴۰$^{c}$ | ۰/۳۵$^{c}$ | ۱۴/۶۲$^{c}$ | ۹/۵۷$^{c}$ |
| | $I_3$ | ۲/۱۶$^{d}$ | ۰/۲۲$^{d}$ | ۱۲/۹۴$^{d}$ | ۱۹/۵۷$^{b}$ |

$I_1$– آبیاری کامل، $I_2$– قطع آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (تنش ملایم) و $I_3$– قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن (تنش شدید)
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر صفت مطابق آزمونLSD اختلاف معناداری ندارند.

نتایج نشان داد که اثر برهمکنش رقم و روش کاشت بر شاخص سطح برگ معنادار نبود (جدول ۲). رقم 'آزاد' به‌طور معناداری به میزان ۴/۸۴ درصد شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به رقم 'آرمان' داشت (جدول ۳). اثر روش‌های مختلف کاشت بر میزان شاخص سطح برگ معنادار بود و بیشترین میزان شاخص سطح برگ در روش کاشت روی پشته (۲/۴۹) و کمترین در روش کاشت کرتی (۲/۳۸) به‌دست آمد، اما از نظر آماری تفاوت معناداری بین روش کاشت کرتی و درون جوی وجود نداشت (جدول ۳). میزان سطح برگ تولیدی متأثر از شدت نور، رطوبت و مواد غذایی در دسترس گیاه است [۹]. به‌نظر می‌رسد روش کاشت روی پشته به‌دلیل حجم بیشتر خاک، حفظ



Archive of SID
www.SID.ir

بیشتر رطوبت و ریشه‌زنی مناسب‌تر سبب جذب بهتر مواد غذایی از خاک می‌شود. تحقیقات نشان داد که در شرایط خشکی، برگ‌ها کوچک‌تر و تعداد آنها کمتر می‌شود. کاهش تعداد برگ در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس، عاملی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه در شراط تنش خشکی باشد [۲۵، ۳۶].

### ۲.۳. هدایت روزنه‌ای

اثر فاکتورهای اصلی و برهمکنش دوگانهٔ تنش آبی با رقم و روش کاشت معنادار بود (جدول ۲). نتایج برهمکنش تنش و رقم نشان داد که اعمال تنش آبی در هر مرحله‌ای از رشد سبب کاهش هدایت روزنه‌ای در هر دو رقم شد، ولی درصد کاهش در رقم 'آرمان' بیشتر بود، به‌گونه‌ای که این کاهش در رقم 'آرمان' در تنش شدید و ملایم نسبت به شاهد به‌ترتیب به میزان ۷۰/۲۱ (۰/۴۷ در برابر ۰/۱۴) و ۵۱/۰۶ درصد (۰/۴۷ در برابر ۰/۲۳)؛ و در رقم 'آزاد' ۴۵ (۰/۴۰ در برابر ۰/۲۲) و ۱۲/۵ درصد (۰/۴۰ در برابر ۰/۳۵) بود (جدول ۴). همچنین برخی از محققان به نتیجهٔ مشابهی در برنج دست یافتند [۱۱]. تجمع اسید آبسزیک در سلول‌های محافظ روزنه در اثر انتقال پیام تنش از ریشه به برگ [۱۳] و کاهش محتوای نسبی آب برگ [۳۲] از جمله مهم‌ترین دلایل بسته شدن روزنه در اثر تنش خشکی در مرحلهٔ رویشی است. بسته شدن روزنه‌ها از جمله اولین پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی است و تصور می‌شود که علت اصلی اختلال فتوسنتز ناشی از خشکی است، بسته شدن روزنه‌ها مقدار $CO_2$ در دسترس برای سلول‌های مزوفیل را محدود می‌کند [۱۲].

اثر روش کاشت و برهمکنش آن با رقم بر میزان هدایت روزنه‌ای معنادار بود (جدول ۲) و در هر دو رقم، کاشت روی پشته به‌طور معناداری دارای میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری نسبت به دو روش دیگر کاشت بود (جدول ۵). معنادار بودن برهمکنش تنش آبی و روش کاشت بر میزان هدایت روزنه‌ای نشان داد که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به‌ترتیب در تیمار $I_1$ و روش کاشت روی پشته (۰/۵۲ مول بر متر مربع بر ثانیه) و کمترین میزان آن در تیمار $I_3$ و روش‌کاشت درون جوی (۰/۱۵ مول بر متر مربع بر ثانیه) بود (جدول ۶). به‌طور کلی، تنش آبی به‌طور معناداری سبب کاهش میزان هدایت روزنه‌ای شد و در مقایسه با آبیاری نرمال بیشترین کاهش در روش کاشت درون جوی و در تیمارهای $I_3$ و $I_2$ به‌ترتیب به میزان ۶۲/۵ (۰/۴۰ در برابر ۰/۱۵) و ۴۰ (۰/۴۰ در برابر ۰/۲۴) درصد بود (جدول ۶).

**جدول ۵. اثر برهمکنش رقم و روش کاشت بر فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل b در نخود**

| رقم | روش کاشت | هدایت روزنه‌ای ($mol/m^2s$) | فتوسنتز ($\mu mol/m^2s$) | کلروفیل b (mg/g fw) |
|---|---|---|---|---|
| آرمان | درون جوی | ۰/۲۵$^{d}$ | ۱۲/۶۶$^{d}$ | ۰/۰۵$^{c}$ |
| | روی پشته | ۰/۳۶$^{a}$ | ۱۳/۷۵$^{c}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |
| | کرتی | ۰/۲۳$^{e}$ | ۱۲/۷۰$^{d}$ | ۰/۰۵$^{c}$ |
| آزاد | درون جوی | ۰/۲۷$^{c}$ | ۱۴/۷۸$^{b}$ | ۰/۰۷$^{a}$ |
| | روی پشته | ۰/۳۶$^{a}$ | ۱۵/۲۱$^{a}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |
| | کرتی | ۰/۳۴$^{b}$ | ۱۴/۷۵$^{b}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر صفت مطابق آزمونLSD اختلاف معناداری ندارند.



Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۶. اثر برهمکنش تنش آبی و روش کاشت بر فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل b در نخود**

| سطوح تنش | روش کاشت | هدایت روزنه‌ای ($mol/m^2s$) | فتوسنتز ($\mu mol/m^2s$) | کلروفیل b (mg/g fw) |
|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | درون جوی | ۰/۴۰$^{b}$ | ۱۵/۷۹$^{b}$ | ۰/۰۷$^{a}$ |
| | روی پشته | ۰/۵۲$^{a}$ | ۱۶/۴۴$^{a}$ | ۰/۰۷$^{a}$ |
| | کرتی | ۰/۳۹$^{b}$ | ۱۶/۰۳$^{b}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |
| $I_2$ | درون جوی | ۰/۲۴$^{e}$ | ۱۴/۰۳$^{c}$ | ۰/۰۷$^{a}$ |
| | روی پشته | ۰/۳۳$^{c}$ | ۱۴/۷۱$^{d}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |
| | کرتی | ۰/۲۹$^{d}$ | ۱۳/۶۷$^{d}$ | ۰/۰۶$^{b}$ |
| $I_3$ | درون جوی | ۰/۱۵$^{h}$ | ۱۱/۹۸$^{f}$ | ۰/۰۵$^{c}$ |
| | روی پشته | ۰/۱۷$^{g}$ | ۱۲/۳۶$^{e}$ | ۰/۰۴$^{d}$ |
| | کرتی | ۰/۱۶$^{h}$ | ۱۱/۴۹$^{g}$ | ۰/۰۴$^{d}$ |

$I_1$ آبیاری کامل، $I_2$ قطع آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (تنش ملایم) و $I_3$ قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن (تنش شدید)
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر صفت مطابق آزمون LSD اختلاف معناداری ندارند.

### ۳.۳. فتوسنتز

سرعت فتوسنتز به‌طور معناداری تحت تأثیرات ساده و برهمکنش تیمارها قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، گیاه با کاهش تعداد و کوچک‌تر کردن برگ، سطح فتوسنتزکنندهٔ خود را کاهش می‌دهد و در پی کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و این رویداد سبب تلفات بیشتر سطح برگ و کاهش سطح فتوسنتزکننده می‌شود [۱۶]. رقم 'آزاد' تحت آبیاری نرمال دارای بیشترین میزان فتوسنتز (۱۷/۱۹ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) بود و کمترین میزان فتوسنتز در تنش شدید، تیمار $I_3$ و رقم 'آرمان' (۱۰/۹۵ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) مشاهده شد (جدول ۴).

با اعمال تنش خشکی، سرعت فتوسنتز کاهش یافت که این کاهش تحت تنش $I_3$ و $I_2$ در رقم 'آرمان' به‌ترتیب ۲۶/۹۵ (۱۴/۹۹ در برابر ۱۰/۹۵) و ۱۳/۳۴ درصد (۱۴/۹۹ در برابر ۱۲/۹۹) و در رقم 'آزاد' ۲۴/۷۲ (۱۷/۱۹ در برابر ۱۲/۹۴) و ۱۴/۹۵ درصد (۱۷/۱۹ در برابر ۱۴/۶۲) بود (جدول ۴). این کاهش را می‌توان به نقصان هدایت روزنه‌ای نسبت داد، به‌صورتی که تحت تنش شدید (در مرحلهٔ دو هفته پس از سبز شدن) رقم 'آرمان' در مقایسه با شاهد (۰/۴۷ در برابر ۰/۱۴) ۷۰ درصد و رقم 'آزاد' ۴۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). کاهش فعالیت‌های بیوشیمیایی فتوسنتزی در تنش خشکی، بیشتر به‌علت کاهش هدایت روزنه‌ای و درنتیجه کاهش غلظت گازکربنیک در محیط کلروپلاست است [۲۶].

نتایج برهمکنش روش کاشت و رقم نشان داد که در هر دو رقم با کاشت روی پشته، میزان فتوسنتز به‌طور معناداری افزایش یافت و بیشترین میزان فتوسنتز در رقم 'آزاد' به‌دست آمد (جدول ۵). ازاین‌رو، در روش کاشت روی پشته، به‌دلیل تجمع بیشتر خاک برای بوته‌ها، نگهداری مقدار رطوبت بیشتری نسبت به خاک فشردهٔ کف جوی امکان‌پذیر بود و همین رطوبت بیشتر می‌تواند عاملی



Archive of SID
www.SID.ir

برای فتوسنتز بیشتر به‌دلیل افزایش مدت باز بودن روزنه باشد و به‌عبارت دیگر، در این شرایط گیاه دیرتر دچار تنش خشکی می‌شود. تنش آبی در برهمکنش با روش کاشت نشان داد که میزان فتوسنتز تحت شرایط تنش شدید با کاشت روی پشته به‌طور معناداری از روش‌های دیگر کاشت بهتر بوده است (جدول ۶) و ضریب همبستگی بالای فتوسنتز با شاخص سطح برگ (جدول ۷) خود تأییدکنندهٔ این مطلب است. به‌نظر می‌رسد با کاهش سطح برگ از یک طرف و بسته شدن روزنه‌ها ناشی از تنش خشکی و نیز کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گاز کربنیک، شرایطی برای کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل فراهم شد که خود کاهش تقلیل فرایند فتوسنتز می‌شود.

**جدول ۷. ضریب همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه در ارقام نخود**

| ویژگی | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای | فتوسنتز | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | پرولین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص سطح برگ | ۱ | | | | | | |
| هدایت روزنه‌ای | ۰/۸۵** | ۱ | | | | | |
| فتوسنتز | ۰/۸۶** | ۰/۷۷** | ۱ | | | | |
| کلروفیل a | ۰/۸۴** | ۰/۸۱** | ۰/۸۳** | ۱ | | | |
| کلروفیل b | ۰/۶۶** | ۰/۶۵** | ۰/۸۲** | ۰/۸۱** | ۱ | | |
| کلروفیل کل | ۰/۸۲** | ۰/۸۰** | ۰/۸۶** | ۰/۹۸** | ۰/۸۹** | ۱ | |
| پرولین | -۰/۸۷** | -۰/۸۰** | -۰/۸۲** | -۰/۹۶** | -۰/۷۶** | -۰/۹۴** | ۱ |

### ۴.۳. محتوای کلروفیل

تأثیر سطوح مختلف تنش آبی و رقم و روش‌های مختلف کاشت بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b برگ معنادار بود. کاهش آب قابل استفاده با کاهش محتوای کلروفیل برگ گیاهان همراه بود. بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a به‌ترتیب مربوط به تیمار $I_1$ (۰/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و $I_3$ (۰/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) بود (جدول‌های ۲ و ۳).

رقم 'آزاد' (۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) به‌طور معناداری نسبت به رقم 'آرمان' (۰/۱۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از مقدار کلروفیل a بیشتری برخوردار بود (جدول ۳).

روش کاشت نیز بر مقدار کلروفیل a و b و کلروفیل کل تأثیر گذاشت و بیشترین کلروفیل a در روش کاشت روی پشته (۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد و روش کاشت کرتی (۰/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) به‌طور معناداری مقدار کلروفیل b کمتری نسبت به دو روش کاشت دیگر داشت (جدول ۳). به‌طور کلی، تأثیر منفی کاهش رطوبت بر محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود، به‌گونه‌ای که با کاهش رطوبت از $I_1$ به $I_2$ و $I_3$ محتوای کلروفیل a گیاهان به‌طور متوسط به‌ترتیب حدود ۱۷/۶۵ و ۴۷/۰۶ درصد کاهش نشان داد، این در حالی است که در محدودهٔ یادشده، کاهش کلروفیل b به‌ترتیب در حدود ۲/۹ و ۳۰/۴۴ درصد بود (جدول ۳). کاهش مقدار کلروفیل آفتابگردان در اثر تنش کمبود آب [۲۷] و در مورد ذرت و گندم [۲۸] نیز گزارش شده است. تخریب کلروپلاست‌ها و تجزیهٔ کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز از جمله عوامل مؤثر بر



Archive of SID
www.SID.ir

کاهش غلظت این رنگیزه در شرایط تنش کمبود آب محسوب می‌شود. بررسی تأثیر تنش‌خشکی بر رشد و تغییرات بیوشیمیایی پنج رقم آفتابگردان نشان داد که مقدار کلروفیل در واحد سطح برگ گیاهان در معرض تنش، افزایش و غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کل محتوای کلروفیل این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت [۲۷].

مقدار کلروفیل نیز بر فتوسنتز تأثیر گذاشت و ضرایب همبستگی نیز تأییدکنندهٔ این مطلب است، به‌طوری که رابطهٔ این ضرایب با کلروفیل a (r= ۰/۸۳**)، کلروفیل b (r= ۰/۸۲**) و کلروفیل کل (r= ۰/۸۶**) مثبت و معنادار بود (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد با افزایش مقدار کلروفیل برگ، توان فتوسنتزی برگ افزایش می‌یابد.

### ۵.۳. پرولین

نتایج برهمکنش تنش آبی و رقم نشان داد که در هر دو رقم اعمال تنش آبی سبب افزایش مقدار پرولین شد. درصورتی‌که تنش آبی در مرحلهٔ دو هفته پس از سبز شدن اعمال شود، مقدار پرولین در رقم 'آرمان' ۸۶/۹۳ و در رقم 'آزاد' ۸۷/۲۲ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل افزایش می‌یابد (جدول ۴). اعمال تنش خشکی در مرحلهٔ بعد از گرده‌افشانی سبب افزایش معناداری مقدار پرولین شد [۱۸]. افزایش تجمع پرولین در برگ نخود، سازوکاری برای تعدیل اسمزی تحت شرایط تنش آبی معرفی شده است [۳۰]. در مطالعه‌ای روی ۴۹ ژنوتیپ نخودفرنگی گزارش شد که غلظت قندهای محلول در گیاهان در معرض تنش در مقایسه با گیاهان شاهد بسته به ژنوتیپ بین یک‌ونیم تا هفت برابر افزایش می‌یابد [۳۳]. تجمع پرولین، پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایجی در بسیاری از گیاهان به دامنهٔ وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی است [۱۵]. محققان زیادی، افزایش غلظت پرولین در واکنش به تنش‌های محیطی را گزارش کرده‌اند [۴، ۱۴، ۱۹]. محتوای پرولین نخود تحت تنش خشکی افزایش یافت [۵]. سرعت فتوسنتز با مقدار پرولین، رابطهٔ عکس دارد که با توجه به ضرایب همبستگی این رابطه منفی و معنادار (r= −۰/۸۲**) بوده است (جدول ۷).

## ۴. نتیجه‌گیری

نتایج برهمکنش تنش آبی و رقم نشان داد که در هر سطحی از تنش آبی، رقم 'آزاد' دارای شاخص سطح برگ بیشتری بود. اعمال تنش آبی در هر مرحله‌ای از رشد سبب کاهش هدایت روزنه‌ای در هر دو رقم شد، ولی درصد کاهش در رقم 'آرمان' بیشتر بود. با اعمال تنش شدید آب، سرعت فتوسنتز نخود کاهش یافت که این کاهش در رقم 'آرمان' ۲۷ و در رقم 'آزاد' ۲۴/۷ درصد بود. کاهش آب قابل استفاده با کاهش محتوای کلروفیل برگ گیاهان همراه بود. به‌طور کلی، تأثیر منفی کاهش رطوبت بر محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود، به‌گونه‌ای که با کاهش رطوبت از $I_1$ به $I_2$ و $I_3$ محتوای کلروفیل a گیاهان به‌طور متوسط به‌ترتیب در حدود ۱۷/۶۵ و ۴۷/۰۶ درصد کاهش نشان داد، در الی‌که در محدودهٔ یادشده، کاهش کلروفیل b به‌ترتیب در حدود ۲/۹ و ۳۰/۴۴ درصد بود. در هر دو رقم، اعمال تنش آبی سبب افزایش مقدار پرولین شد، در صورتی‌که تنش آبی در مرحلهٔ دو هفته پس از سبز شدن اعمال شود، مقدار پرولین در رقم 'آرمان' ۸۶/۹۳ و در رقم 'آزاد' ۸۷/۲۲ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج، به‌نظر می‌رسد تغییر روش کاشت، حتی در شرایط تنش خشکی می‌تواند بر سرعت فتوسنتز گیاه تأثیر بگذارد که با توجه به برتری سرعت فتوسنتز رقم 'آزاد' در روش کاشت روی پشته، می‌تواند برای این منطقه توصیه شود.



Archive of SID
www.SID.ir

## منابع


۱. باقری ع، نظامی ا، گنجعلی ا و پارسا م (۱۳۷۶) زراعت و اصلاح نخود. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۴۴ ص.

۲. شبیری س س، قاسمی گلعذانی ک، گلچین ا و صبا ج (۱۳۸۶) تأثیر محدودیت آب بر رشد و عملکرد دانهٔ سه رقم نخود در زنجان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۲): ۳۲-۴۲.

۳. گلدانی م و رضوانی‌مقدم پ (۱۳۸۳) اثر سطوح خشکی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام دیم و آبی نخود در مشهد. پژوهش‌های زراعی ایران. ۲(۲): ۲۲۹-۲۳۹.

۴. منصوری‌فر س، شعبان م، قبادی م و صباغ‌پور س ح (۱۳۹۱). خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت اثر تنش خشکی وکود نیتروژن آغازگر. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۳(۱): ۵۳-۶۶.

5. Alexieva V, Sergiev I, Mapelli S and Karanove E (2001) The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment. 24: 1337-1344.

6. Antolin MC, Yoller J and Sanchez-Diaz M (1995) Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixing alfalfa plants. Plant Science. 107: 159-165.

7. Arnon DI (1975) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

8. Bates LS, Waldren RP and Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-208.

9. Blum A (1974) Genotype response in sorghum to drought stress, II Leaf tissue water relations. Crop Science.14: 691- 692.

10. Bray EA (1993) Molecular responses to water deficit. Plant Physiology. 67: 1035-1040.

11. Cabuslay GS, Ito O and Alejar A (2002) Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science. 163: 815-827.

12. Chaves MM (1991) Effect of water deficit on carbon assimilation. Experiment Botany. 42: 1-16.

13. Clavel D, Drame NK, Roy-Macauley H, Braconnier S and Laffray D (2005) Analysis of early responses to drought associated with field drought adaptation in four Sahelian ground nut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. Environmental and Experimental Botany. 54: 219-230.

14. De-Lacerda CF, Cambraia J, Oliva MA, Ruiz HA and Prisco JT (2003) Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 49: 107-120.

15. Geravandi M, Farshadfar E and Kahrizi D (2011) Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. Russian Journal of Plant Physiology. 58(1): 69-75.

16. Gordner F, Pearce R and Mitchell RL (1985) Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Ames USA.

17. Griffith DR, Parsons SD and Mannering JV (1990) Mechanics and adaptability of ridge-planting for corn and soybean. Soil Tillage Research. 18: 113-126.

18. Gunes A, Nal IA, Adak MS, Bagci E, Cicek GN and Eraslan F (2008) Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology. 55(1): 59-67.

19. Hsu SY, Hsu YT and Kao CH (2003) The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Journal of Plant Biology. 46: 73-78.

20. Jongdee, B, Fukai S and Cooper M (2002) Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. Field Crop Research. 76: 153-163.




Archive of SID
www.SID.ir

21. Kanouni H, Ahmadi MK, Sabaghpour SH, Malhotra RS and Ketata H (2003) Evaluation of spring sown chickpea varieties for drought tolerance. International Chickpea Conference. Raipur, Chhattisgrah, India.

22. Kramer PJ (1969) Plant and soil water relationship. MC Grow Hill. New York.

23. Krouma A (2010) Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes subjected to drought. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 34: 257-264.

24. Lawlor DW and Cornic G (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. Plant Cell and Environment. 25(2): 275-249.

25. Leport L, Turner NC, French RJ, Barr MD, Duda R, Davies SL, Tennant D and Siddique KHM (1999) Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy. 11: 279-291.

26. Liang J, Zhang J and Wong MH (1997) Can stomatal closure caused by xylem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? Photosynthesis Research. 51: 149-159.

27. Manivannan P, Abdul Jaleel C, Sankar B, Kishorekumar A, Somasundaram R, Lakshmanan GMA and Panneerselvam R (2007) Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 59: 141-149.

28. Nayyar H and Gupta D (2006) Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany. 58: 106-113.

29. NiariKhamssi N, GhassemiGolezani K, ZehtabSalmasi S and Najaphy A (2010) Effect of water deficit stress on field performance of chickpea cultivars. African Journal of Agriculture Research. 5(15): 1973-1977.

30. Niari-Khamssi N, Ghassemi-Golezani K, Zehtab S and Najaphy A (2010) Effects of gradual water deficit stress on phonological and morphological traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Science and Technology. 4(5): 95-100.

31. Pastori GM and Trippi VS (1993) Cross resistance between water and oxidative stress in wheat leaves. Journal of Agricultural Science. 120: 289-294.

32. Rosales-Serna R, Kohashi-Shibata J, Acosta-Gallegosb JA, Trejo- Lopez C, Ortiz-Cereceres J and Kelly JD (2004) Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research. 85: 203-211.

33. Sanchez FJ, Manzanares MDe, Andres EF, Tenorio JL and Ayerbe L (1998) Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research. 59: 225-235.

34. Serraj R and Sinclair TR (2002) Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environment. 25: 333-341.

35. Sing KB (1977) Chikpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crop Research. 16: 231-241.

36. Singh DP, Singh P, Sharma HC and Turner NC (1987) Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crop Research. 16: 231-241.

37. Synerri CL, Pizino MC and Navari-Izzo F (1993) Chemical changes and O2 production in thylakoid membranes under water stress. Plant Physiology. 87: 211-216.

38. Yordanov I, Velikova V and Tsone V (2000) Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. Photosynthetica. 38(1): 171-186.

Archive of SID



www.SID.ir