



تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴

ص ۵۱۱-۵۲۱

## تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی دانه‌های گردو (*Juglans regia* L.)

- ❖ **نسرين سیدی\***: استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ❖ **احمد علیجانپور**: دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ❖ **عباس بانج شفیعی**: دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ❖ **هادی بیگی حیدرلو**: دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

### چکیده

محدودیت در تبادلات گازی یکی از عوامل کاهش رشد گیاهان در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی است. در این پژوهش اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات تبادلات گازی ۳۶ دانه‌ال دو ساله گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تکرار و چهار تیمار بررسی شد. در شرایط تنش خشکی، تیمارهای آبیاری ۱۰۰ (شاهد)، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد پتانسیل آب با توجه به نیاز آبی گردو در ظرفیت زراعی اعمال شدند. اندازه‌گیری مشخصه‌های فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای، با استفاده از دستگاه تبادلات گازی IRGA در مراحل قبل و بعد از تنش انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مقدار فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی بعد از اعمال تنش بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد آبیاری اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. همچنین مقدار هدایت مزوفیلی نیز در تیمار ۵۰ درصد آبیاری با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد در حالی که در تیمار ۷۵ درصد آبیاری هیچ‌یک از مشخصه‌های مورد بررسی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان مقدار آبیاری در این گیاه را به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش داد.

واژگان کلیدی: آبیاری، تبادلات گازی، خصوصیات گازی، ظرفیت زراعی، گردو.

## مقدمه

گردو یکی از محصولات مهم خشکباری در جهان است که از آسیای مرکزی و به‌ویژه ایران منشأ گرفته است. سطح زیر کشت و تولید گردو در ایران هر ساله رو به فزونی دارد به طوری که بر اساس آمار سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (FAO)، ایران با سطح زیر کشت ۶۵۰ هزار هکتار و تولید ۱۷۰۰۰۰ تن چهارمین کشور تولیدکننده آن در دنیا است که بیش از ۸ درصد سطح زیر کشت گردوی بارور دنیا و بیش از ۶ درصد مقدار تولید گردوی دنیا را در اختیار دارد؛ اما سهم ایران از بازار جهانی این محصول فقط ۰/۱۵۳ درصد صادرات مغز و ۰/۰۷۷ صادرات گردو با پوست چوبی است [۱].

با توجه به مطالب عنوان شده بررسی عوامل کاهش کیفیت دانهال این گونه ضروری به نظر می‌رسد. مانند موضوعات مهم تحقیقی می‌توان به تأثیر تنش خشکی روی خصوصیات فتوسنتزی این گیاه اشاره کرد؛ زیرا تنش خشکی یکی از مشکلات موجود در رابطه با تولید گردو در ایران است به طوری که مقدار آب دریافتی در تابستان در این گونه از اهمیت زیادی برخوردار است؛ از این رو بررسی مقدار تأثیر کمبود آب بر بازده فتوسنتزی دانهال‌های گردو می‌تواند نقش مهمی در توسعه کمی و کیفی این گونه مهم داشته باشد.

مقدار مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی مانند خشکی متفاوت است. مقاومت به خشکی مجموعه‌ای از واکنش‌های پیچیده است که گیاه را قادر می‌سازد دوره‌های کوتاه یا طولانی مدت خشکی را پشت سر گذارد. عوامل فیزیولوژیکی مانند کاهش پتانسیل آب برگ، کنترل روزه‌ای، تطابق اسمزی، حفظ تورژسانس سلولی، بهبود مقاومت پروتوپلاسمی

[۲] و عوامل مورفولوژیکی متعددی مانند تغییر در سطح برگ، حجم تاج پوشش، وزن کل زی‌توده، سطح مقطع تنه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک [۳] می‌توانند بر مقدار مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند.

در حال حاضر مهم‌ترین شاخص مقاومت به خشکی مورد استفاده در برنامه‌های اصلاحی، ارزیابی عملکرد گیاه و دانهال درختی تحت شرایط آبیاری و تنش است. کاهش روزافزون منابع آبی جهان از یک طرف و افزایش بیش‌ازپیش جمعیت کره خاکی از طرف دیگر که خود سبب افزایش تقاضا برای تولید شده است لزوم و اهمیت انجام پژوهش‌های جدید آبیاری بر مبنای استفاده بهینه از منابع محدود آب در دسترس را آشکارتر می‌سازد [۴]. توجه به افزایش بازده کارایی مصرف آب و ارتقاء بهره‌وری یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. در این شرایط، اصلاح روش‌های ارزیابی آب مورد نیاز گیاهان، راهکاری برای افزایش کارایی مصرف آب به شمار می‌آید [۵].

محدود شدن فتوسنتز یکی از عوامل کاهش رشد گیاهان در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی است. عوامل محدودکننده فتوسنتز به دو دسته عوامل روزه‌ای که منجر به کاهش انتشار  $CO_2$  به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزه‌ای می‌شوند و عوامل غیر روزه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر کمبود آب بر فرآیندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند [۶]. پژوهشگران اظهار داشته‌اند که عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز، کاهش هدایت مزوفیلی است [۷]. همچنین معتقدند که از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه، ظرفیت فتوسنتزی به ویژگی‌های برگ شامل سرعت فتوسنتز، کارایی

(شرایط قبل از شروع تنش) اندازه‌گیری شدند و سپس شرایط تنش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تکرار و چهار تیمار انجام گرفت. شرایط تنش خشکی به مدت یک ماه (تیرماه) در سه تیمار (سه سطح آبیاری) اعمال شد و آبیاری دانه‌های شاهد به صورت ۱۰۰ درصد انجام گرفت. برای اعمال تنش با استفاده از تانسومتر، مکش خاک در رطوبت‌های وزنی مختلف محاسبه شده و با رسم منحنی رطوبتی خاک، مقدار آب لازم در ظرفیت زراعی و تخلیه رطوبتی ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد در شرایط قبل از تنش به ترتیب ۱۰۰۰، ۷۵۰، ۵۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتر محاسبه شد. سپس رطوبت گلدان‌های تحت تنش به ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تخلیه رطوبتی رسید، درحالی‌که گلدان‌های شاهد از طریق آبیاری منظم در محدوده ظرفیت زراعی نگهداری شدند. قبل از شروع تنش (خردادماه) و بلافاصله بعد از اعمال تنش (مردادماه) مقدار فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO<sub>2</sub> اتاقک زیر روزنه با استفاده از دستگاه تبادلات گازی (IRGA) (مدل LCA4، کمپانی ADC کشور انگلستان) در همه دانه‌ها اندازه‌گیری شد. بدین منظور اندازه‌گیری‌ها در ساعات ۹ صبح تا ۱۲ ظهر در یک محدوده از تابش فعال فتوسنتزی (۱۵۰۰-۱۳۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) بعد از ۶۰ ثانیه ثبت شدند. هدایت مزوفیلی نیز از تقسیم مقدار فتوسنتز در واحد سطح برگ به غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای به دست آمده است [۷]. از تقسیم مقدار فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی تعیین شد [۱۰]. پس از آزمون نرم‌الیته، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 آنالیز شده و شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL 2010 رسم شدند.

رایسکو، غلظت کلروفیل و مساحت آن بستگی دارد [۸]. بررسی تغییرات عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز تحت تنش خشکی به شناسایی عامل‌های مؤثر در مقاومت به این تنش و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف آب مورد نیاز گیاه کمک می‌کند [۹]. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تنش خشکی روی مشخصه‌های فتوسنتزی از جمله مقدار فتوسنتز، مقدار تعرق، هدایت روزنه‌ای، غلظت CO<sub>2</sub> داخل برگ و بازده مصرف آب دانه‌های گردوی ایرانی است تا بتوان با توجه به مقدار آب مورد نیاز در ظرفیت زراعی دانه‌های گردو بهینه‌ترین مقدار آب مورد نیاز با توجه به مقدار خصوصیات فتوسنتزی گیاه به دست آید.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه با عرض جغرافیایی ۵۷° ۳۸' N، ۳۷° ۳۰' E طول جغرافیایی ۴۴° و با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا، انجام گرفت. به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی دانه‌های گردو (*Juglans regia L.*)، تعداد ۳۶ دانه‌های گلدانی دوساله با ژنوتیپ‌های مشخص و قطر و ارتفاع همگن از نهالستان وحید افشار ارومیه تهیه و به محل آزمایش منتقل شدند و در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه و ارتفاع یکسان (۲۰ سانتی‌متر) و با خاک معمول نهالستان با بافت رسی لومی بازکاشت شدند. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول یک آورده شده است. همه‌ی دانه‌ها به منظور سازگاری با محل جدید، یک ماه به طور منظم آبیاری شدند و تمام مشخصه‌های مورد بررسی در این تحقیق در پایان ماه

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی دانهال‌های گردو (*J. regia*)

مشخصه	شن	سیلت	رس	CaCO <sub>3</sub>	OC	N	pH	P	EC
واحد			درصد					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(دسی‌زیمنس بر متر)
مقدار	۲۱/۲۹	۴۹/۵۱	۲۹/۲۰	۱۵/۵	۰/۹	۰/۱	۷/۶	۱۶/۲	۰/۹۰

### نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش خشکی برای مشخصه‌های فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی پس از اعمال تنش وجود دارد (جدول ۲). قبل از تنش هیچ‌یک از دانهال‌ها در رابطه با مشخصه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند و در ادامه داده‌های مربوط به قبل از تنش صرفاً برای مقایسه با داده‌های بعد از اعمال تنش آورده شده است.

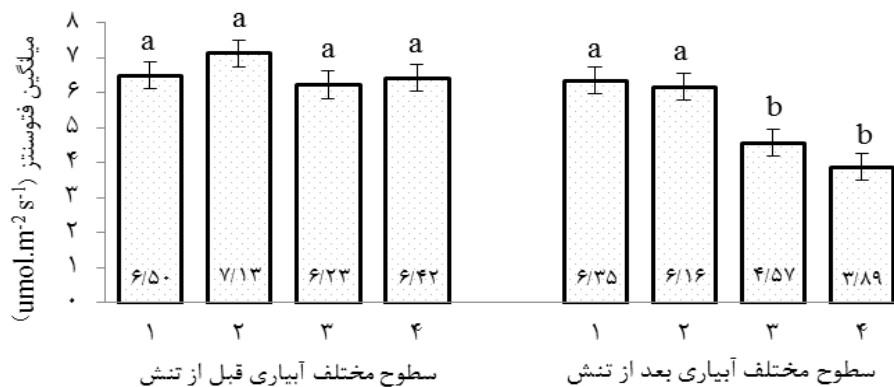
### تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز

نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که مقدار فتوسنتز دانهال‌ها در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد با مقدار فتوسنتز در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری اختلاف معنی‌دار دارد در حالی که مقدار فتوسنتز در تیمار ۷۵ درصد آبیاری با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری اختلاف نداشت (شکل ۱).

جدول ۲. تجزیه واریانس مشخصه‌های فتوسنتزی دانهال‌های گردو (*J. regia*) پس از اعمال تنش خشکی

میانگین مربعات							منبع تغییرات
کارایی مصرف آب	غلظت CO <sub>2</sub> زیر روزنه‌ای	هدایت مزوفیلی	هدایت روزنه‌ای	تعرق	فتوسنتز	درجه آزادی	
۰/۳ <sup>ns</sup>	۱۸۶۹۶/۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱*	۲۱۶/۶**	۰/۱۳۱ <sup>ns</sup>	۱۲/۷**	۳	سطوح تنش خشکی
۰/۳۲	۱۲۸۷۸/۷	.	۳۸/۹	۰/۰۷۸	۱/۸	۲۵	خطا
۳۳	۴۳	۴۰	۴۰	۳۹	۱۷		۱۰۰ درصد آبیاری
۲۰	۴۰	۴۲	۳۸	۱۰	۲۱		ضریب
۲۹	۴۰	۳۷	۳۰	۱۸	۲۳		تغییرات
۱۶	۳۵	۴۱	۳۸	۴۰	۳۷		۵۰ درصد آبیاری
							۲۵ درصد آبیاری

\*\* اختلاف در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، \* اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و ns اختلاف معنی‌دار نیست.



شکل ۱. تغییرات میانگین فتوسنتز در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر

(۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)

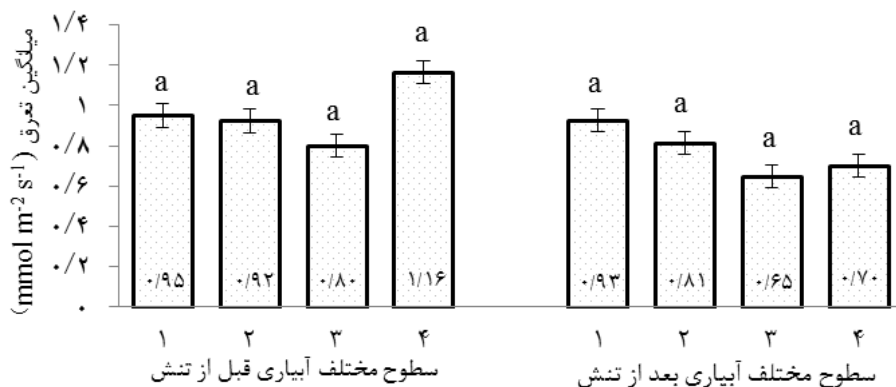
گزارش شده است و با اعمال تنش مقدار فتوستتز کاهش یافته است [۱۶].

### تأثیر تنش خشکی بر تعرق

آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که بعد از تنش تفاوت معنی‌داری در مقدار تعرق بین تیمارهای مختلف آبیاری وجود ندارد (شکل ۲).

بیشترین مقدار تعرق بعد از تنش به شاهد و ۷۵ درصد آبیاری (به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۱ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) و کمترین مقدار آن به تیمار ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری (به ترتیب ۰/۶۵ و ۰/۷۰ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) مربوط بود. ورونا و کالکانو (۱۹۹۱) بیان داشتند که برای عملکرد مطلوب، گیاه باید روزنه‌ها را در طی تنش باز نگه دارد به گونه‌ای که آب و مواد غذایی را بهتر از خاک دریافت کند [۱۷]، در این حالت چنین گیاهان و ژنوتیپ‌هایی می‌توانند به‌عنوان مقاوم به خشکی مورد توجه قرار گیرند. دانه‌های با مقدار تعرق بالاتر در شرایط تنش (شاهد و ۷۵ درصد)، قادر به جذب مقدار بیشتری آب از خاک و در نتیجه محتوای آب برگ بیشتری هستند [۱۸].

در این آزمایش اعمال تنش خشکی مقدار میانگین فتوستتزر برگ‌ها را در تیمار ۵۰ درصد و ۲۵ درصد آبیاری به ترتیب از ۶/۲۳ و ۶/۴۲ به ۴/۵۷ و ۳/۸۹  $\mu\text{molCO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (میکرو مول  $\text{CO}_2$  بر مترمربع بر ثانیه)) کاهش داد. فتوستتزر جزء اولین فرآیندهایی است که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد [۱۱]. کاهش فتوستتزر با افزایش کارایی مصرف آب فتوستتزی تحت تنش خشکی همراه است. بسته شدن روزنه‌ها در طی تنش گرچه به‌منظور کاهش هدر رفت آب صورت می‌گیرد، اما به‌واسطه ممانعت از ورود  $\text{CO}_2$  می‌تواند فتوستتزر را به کمتر از نقطه جبرانی کاهش دهد [۱۲]. تأثیر تنش خشکی بر کاهش فتوستتزر پیش از این نیز در گونه‌های *Acacia* [۱۳]، *Picea asperata* Mast.، *Eucalyptus* Benth. و *crasscarpa* Cunn. ex *pellita* F. Muell. [۱۴]، *Helianthus annuus* L. [۱۵] گزارش شده است. در این پژوهش بیشترین مقدار فتوستتزر بعد از اعمال تنش مربوط به شاهد (۶/۳۵ میکرو مول  $\text{CO}_2$  بر مترمربع بر ثانیه) بود. در بررسی تبادلات گازی در شرایط تنش خشکی در گلابی جنگلی (*Pyrus communis* L.) نیز بیشترین مقدار فتوستتزر در شاهد



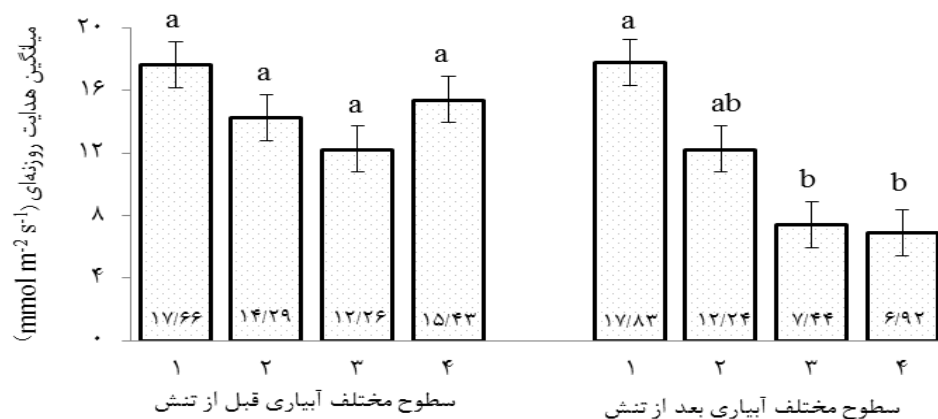
شکل ۲. تغییرات میانگین تعرق در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر

(۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)

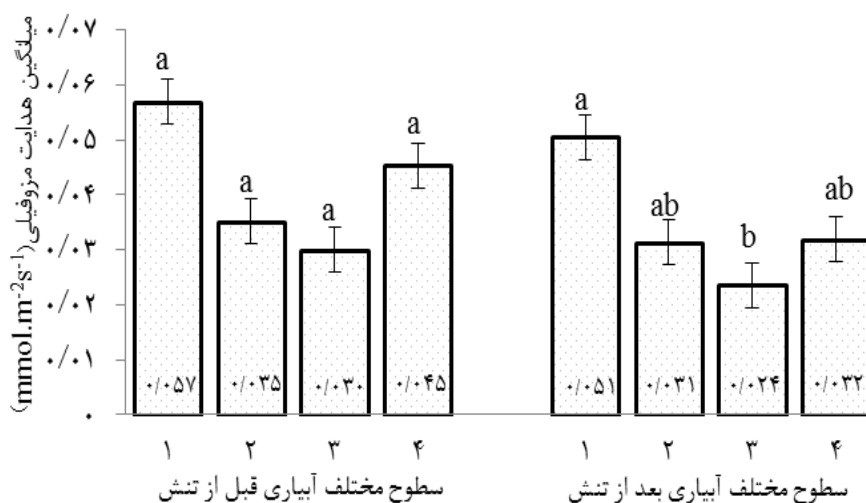
## تأثیر تنش خشکی بر هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی

نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن حاکی از آن است که مقدار هدایت روزنه‌ای بعد از اعمال تنش در تیمار ۲۵ و ۵۰ درصد آبیاری با شاهد اختلاف معنی‌دار دارد. در حالی که بین تیمار ۷۵ درصد و شاهد اختلاف معنی‌داری برای این مشخصه مشاهده نشد. بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در شاهد (۱۷/۸۳ میلی‌مول CO<sub>2</sub> بر مترمربع بر ثانیه) دیده شد (شکل ۳).

کمترین مقدار کاهش هدایت مزوفیلی پس از تنش در دانهال‌های گردو در تیمار ۵۰ درصد آبیاری مشاهده شد (۰/۰۲۴ میلی‌مول CO<sub>2</sub> بر مترمربع بر ثانیه). بیش‌ترین مقدار هدایت مزوفیلی نیز مربوط به شاهد (۰/۰۵۱ میلی‌مول CO<sub>2</sub> بر مترمربع بر ثانیه) بود. نتایج آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری را بین تیمار ۵۰ درصد آبیاری با شاهد نشان داد در حالی که تیمارهای ۲۵ و ۷۵ درصد آبیاری اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۴).



شکل ۳. تغییرات میانگین هدایت روزنه‌ای در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر (۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)



شکل ۴. تغییرات میانگین هدایت مزوفیلی در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر (۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)

[۲۴]. مانند عوامل مؤثر بر کاهش هدایت مزوفیلی می‌توان کاهش غلظت کلروفیل و پروتئین [۶] را ذکر کرد. بالا بودن مقدار میانگین هدایت مزوفیلی در دانه‌های تیمار ۲۵ درصد آبیاری نسبت به دانه‌های تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد، بیانگر کارایی فرآوری بیشتر کربن در این گروه و در نتیجه القاء تحمل به خشکی در آنها شده است.

#### تأثیر تنش خشکی بر غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای

آزمون مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری را در رابطه با غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای نشان نداد (شکل ۵). در برخی از بررسی‌ها افزایش غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای با کاهش فتوسنتز مشاهده شده است [۲۵]. در مقابل بعضی از پژوهش‌ها نیز ثبات غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای تحت شرایط تنش خشکی را گزارش داده‌اند [۲۶]؛ که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. در واقع تنش خشکی علاوه بر کاهش هدایت روزنه‌ای، از طریق تأثیر بر مکانیسم‌های درونی برگ از فرآوری CO<sub>2</sub> در دسترس نیز جلوگیری می‌نماید [۲۷]؛ یعنی افزایش یا ثبات CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای با کاهش فتوسنتز می‌تواند به دلیل عدم توانایی گیاه در فرآوری CO<sub>2</sub> باشد و عوامل غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز هستند. محققین مجموعه مکانیسم‌های درونی برگ را که به فرآوری CO<sub>2</sub> می‌انجامد هدایت مزوفیلی (فرآوری دی‌اکسید کربن یا کربوکسیلاسیون) نامیده‌اند [۷].

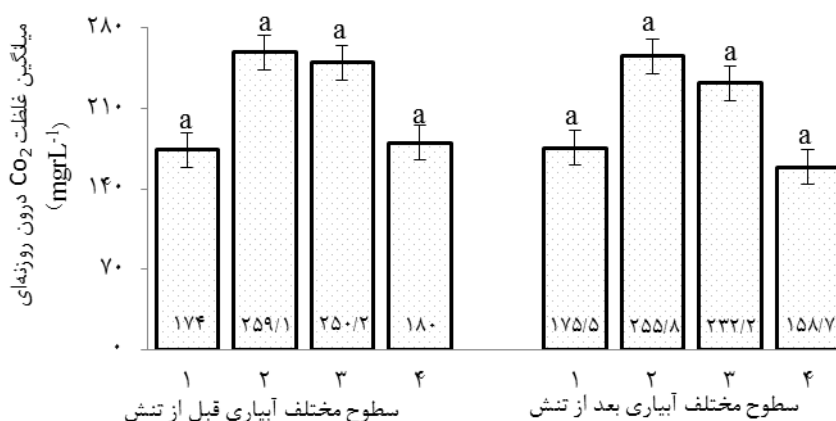
#### تأثیر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود کارایی مصرف آب پس از تنش در تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد آبیاری افزایش یافته است. البته بین هیچ‌یک از تیمارها

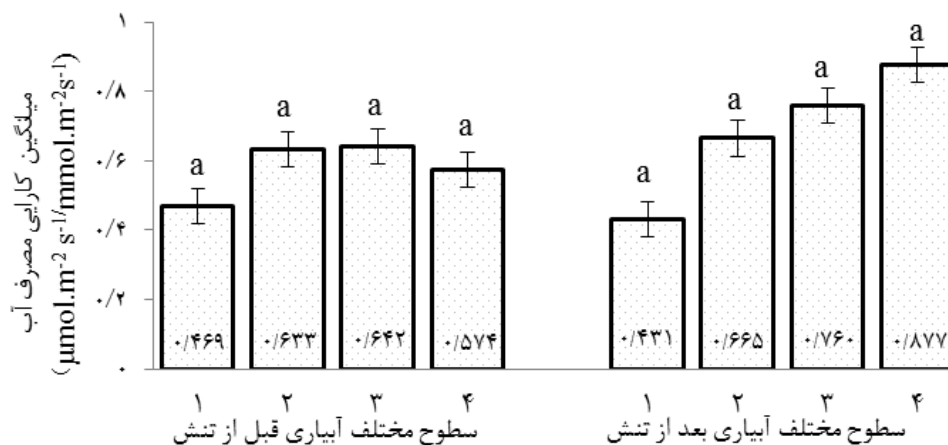
اولین پاسخ گیاهان به تنش خشکی بسته شدن روزنه‌هاست. این شاخص به‌طور گسترده تحت تأثیر محتوای آب خاک [۱۹] و تولید هورمون اسیدآبسیزیک در گیاه [۲۰] قرار می‌گیرد و نتیجه آن کاهش هدایت روزنه‌ای است که سبب کاهش مقدار فتوسنتز و غلظت CO<sub>2</sub> در فضای بین سلولی برگ می‌شود. هنگامی که مقدار آب سلول از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد کاهش می‌یابد، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد و در نتیجه فتوسنتز هم کاهش می‌یابد یعنی در واقع در این شرایط مقدار فتوسنتز بالقوه (بیشینه مقدار فتوسنتز تحت شرایط اشباع CO<sub>2</sub> و نور و برگ‌های کاملاً اشباع از آب) تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد بلکه این کاهش هدایت روزنه‌ای است که منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود [۲۱] که در نتیجه‌ی کاهش پتانسیل و محتوای نسبی آب برگ به وجود می‌آید [۲۲]. در پژوهشی دانه‌های یک‌ساله گیلاس (*Prunus avium L.*) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که تنش خشکی مقدار فتوسنتز را کاهش داد و هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی هر دو در این کاهش تأثیر داشتند [۲۳]. در این تحقیق نیز کاهش هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی عوامل مؤثر در نقصان فتوسنتز تحت تنش خشکی هستند. با توجه به کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی و کاهش شدیدتر هدایت مزوفیلی در مقایسه با هدایت روزنه‌ای می‌توان گفت که اثر محدودکنندگی مقاومت روزنه‌ای در شرایط تنش کمتر از مقاومت مزوفیلی بوده است، بنابراین در صورتی که کاهش فتوسنتز با افزایش یا ثبات غلظت CO<sub>2</sub> درون روزنه‌ای همراه باشد می‌توان گفت که عوامل غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز هستند

تنش آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد کارایی مصرف آب بالا می‌رود که نشان‌دهنده بهینه‌سازی مصرف  $CO_2$  در مقابل کمبود آب است. گیاهانی که از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار هستند به ازای مصرف آب کمتر تولید بیشتری دارند [۲۹].

اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. افزایش کارایی مصرف آب در انگور (*Vitis vinifera* L.)، بادام (*Amygdalus communis* L.) و زیتون (*Olea europaea* L.) هم تحت تنش خشکی گزارش شده است [۲۸]. در واقع زمانی که هدایت روزنه‌ای بیشتر از فتوستتر به‌وسیله



شکل ۵. تغییرات میانگین غلظت  $CO_2$  درون روزنه‌ای در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر (۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)



شکل ۶. تغییرات میانگین کارایی مصرف آب در سطوح مختلف آبیاری قبل و بعد از اعمال تنش در تحقیق حاضر (۱- تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۲- تیمار ۷۵ درصد، ۳- تیمار ۵۰ درصد و ۴- تیمار ۲۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی)

مقدار آبیاری را کاهش داد. در این تحقیق به دلیل کوتاه بودن زمان آزمایش، مشخصه‌های رویشی بررسی نشدند بنابراین برای تکمیل یافته‌های این تحقیق نیاز است تأثیر تنش بر مشخصه‌های رویشی

## نتیجه‌گیری

با تعیین الگوی رشد برای میوه و قسمت رویشی هر نهال و رقم گیاهی و تعیین دوره رکود رشدی در شرایط آب و هوایی کشور می‌توان تا حد ممکن



هر دانه‌ال تعیین و سپس ۷۵ درصد آن را در نظر گرفت و با مدیریت صحیح باغ و نهالستان می‌توان مقدار آب مصرفی را در این گونه کاهش داد.

#### سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه به خاطر تأمین اعتبار این پژوهش قدردانی می‌شود.

نیز در پژوهش‌های آتی بررسی شود. در پژوهش حاضر بین تیمار ۷۵ درصد آبیاری و شاهد در هیچ‌کدام از مشخصه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد؛ بنابراین برای صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی استفاده کرد. البته مقدار ظرفیت آبی هر نوع و حجم خاکی متفاوت است و ابتدا بایستی ظرفیت آبی برای

## References

- [1]. Ehteshamnia, A., Sharifani, M., Vahdati K., and Erfani Moghaddam, V. (2009). Investigation of genetic diversity among some native populations of walnut (*Juglans regia* L.) in Golestan province by SSR Markers. *Journal of Plant Production*, 16(4): 39-58.
- [2]. Turner, N., Begg, J., and Tonnet, M. (1978). Osmotic adjustment of sorghum and sunflower crops in response to water deficits and its influence on the water potential at which stomata close. *Functional Plant Biology*, 5(5): 597-608.
- [3]. Sabaghpour, S.H. (2006). Indicators and mechanisms of drought tolerance in plants, Ministry of Agriculture, Department of Agriculture, Drought and Drought Management Committee, 154 pp.
- [4]. Soltani, R., and Besharat, S. (2004). Provide a new way to irrigate fruit trees and row crops in order to optimize the transmission and consumption, In: Proceedings of 1<sup>st</sup> Water Resources Management. Nov. 16, Tehran, Iran, pp. 6.
- [5]. Najafi, P. (2007). Effect of using sub-surface drip irrigation to increasing WUE in irrigation of some crops, *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 19(4): 156-162.
- [6]. Ahmadi, A., and Biker, D.A. (2000). Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 31(4): 813-825.
- [7]. Fischer, R., Rees, D., Sayre, K., Lu, Z.M., Condon, A., and Saavedra, A.L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop science*, 38(6): 1467-1475.
- [8]. Bishop, D.L., and Bugbee, B.G. (1998). Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. *Journal of Plant Physiology*, 153(5): 558- 565.
- [9]. Thomas, F.M., and Gausling, T. (2000). Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science*, 57(4): 325-333.
- [10]. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science*, 30(1): 105-111.
- [11]. Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A.R., Bahrami, A.R., Nabati, J., and Massomi A. (2013). Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3(12): 59-77.
- [12]. Pugnaire, F.I., Serrano, L., and Pardos, J. (1994). Constraints by water stress on plant growth. *Handbook of plant and crop stress*, pp: 247-259.
- [13]. Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q., and Yin, H.J. (2007). Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. *Photosynthetica*, 45(4): 613-619.
- [14]. Xu, S.M., Liu, L.X., Woo, K.C., and Wang, D.L. (2007). Changes in photosynthesis, Xanthophyll cycle, and sugar accumulation in two North Australia tropical species differing in leaf angles. *Photosynthetica*, 45(3): 348-354.
- [15]. Heidari, M., and Karami, V. (2013). Effects of water stress and different mycorrhiza species on grain yield, yield components, chlorophyll content and biochemical components of sunflower. *Environmental Stress in Crop Science*, 6(1):17-26.



- [16]. Javadi, T., and Bahramnejad, B. (2010). Relative Water Content and Gas Exchange of Three Wild Pear Genotypes under Water Stress Conditions . *Journal of Horticulture Science*, 24(2): 223-233.
- [17]. Venora, G., and Calcagno, F. (1991). Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum* DESF. *Euphytica*, 57(3): 275-283.
- [18]. Ahmadi, A., and Siosemardeh, A. (2005). Investigation on the physiological basis of grain yield and drought resistance in wheat: leaf photosynthetic rate, stomatal conductance and non-stomatal limitations. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(5): 807-811.
- [19]. Rouhi, V., Samson, R., Lemeur, R., and Van Damme, P. (2007). Photosynthesis gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 117-129.
- [20]. Nurul Amalina, M.Z., Mohd Razi, I., Maziah, M., Adam, P., and Mohd Hafiz, I. (2014). Alleviation of water stress effects on MR220 rice by application of periodical water stress and potassium fertilization. *Molecules*, 19: 1795-1819.
- [21]. Lawlor, D.W. (2002). Limitation to photosynthesis in Water-stressed leaves: Stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Analysis of Botany*, 89(7): 871-885.
- [22]. Winkler, N., Weymann, W., Auge, H., Klotz, S., Finkenbein, P., and Heilmeyer, H. (2015). Drought resistance of native pioneer species indicates potential suitability for restoration of post-mining areas. *Web Ecology*, 14(1): 65-74.
- [23]. Centritto, M. (2005). Photosynthetic limitations and carbon partitioning in cherry in response to water deficit and elevated [CO<sub>2</sub>]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106(2): 233-242.
- [24]. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., and Poustini, K., And Ebrahimzadeh, H. (2003). Stomatal and Nonstomatal Limitations to Photosynthesis and Their Relationship with Drought Resistance in Wheat Cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 34(4): 93-106.
- [25]. Karam, F., Masaad, R., Sfir, T., Mounzer, O., and Roupael, Y. (2007). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 75(3): 226-244.
- [26]. Kiani, S., Grieu, P., Maury, P., Hewezi, T., Gentzbittel, L., and Sarrafi, A. (2007). Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 114(2): 193- 207.
- [27]. Ashraf, M., Azmi, A., Khan, A., and Ala, S. (1994). Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat [*Triticum aestivum* L.]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 16(3): 185-191.
- [28]. Ghaderi, N., Talaei, A.R., Ebadi, A., and Lesani, H. (2010). Study of some Physiological Characteristics in 'Sahani', 'Bidane-sefid' and 'Farkhii' Grapes During Drought Stress and their Subsequent Recovery. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 41(2): 179-188.
- [29]. Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?, *Crop and Pasture Science*, 56(11): 1159-1168.