DOI: http://dx.doi.org/10.29252/aridbiom.8.1.49

اثر کم‌آبی بر زنده‌مانی، رشد، تبادلات گازی و روابط آبی نهال‌های سرو نقره‌ای و سرو شیراز

۱- مرتضی روکی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس
۲- مسعود طبری کوچکسرایی، استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس
mtabari@modares.ac.ir
۳- سید احسان ساداتی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۷
پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

امروزه توسعه فضای سبز با گونه‌های زینتی جنس سرو در بسیاری از نقاط کشور، به ویژه مناطق خشک، بسیار رایج است. با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک، تحقیقات در مورد پاسخ این گونه‌ها به مسئله خشکی ضروری است. این تحقیق با هدف بررسی چگونگی پاسخ‌های زنده‌مانی، رشد، تبادلات گازی و روابط آبی نهال‌های دو گونه سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و سرو شیراز (*C. sempervirens* var. *fastigiata*) به شرایط کم آبی انجام شد. تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری (سه، شش و نه روزه) در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که کم‌آبی بر بیشتر صفات مورد مطالعه نهال‌ها اثر معنی‌دار داشت، به‌طوری‌که زنده‌مانی نهال‌های سرو شیراز در دوره آبیاری نه روزه افت ۵۰/۲ درصدی پیدا کرد. این در حالی است که در سرو نقره‌ای، هیچ نهالی دچار مرگ‌ومیر نشد. با اعمال خشکی، رویش‌های طولی و قطری در هر دو گونه کاهش قابل توجهی یافت اما نهال‌های سرو نقره‌ای، رویش طولی بیشتری (در آبیاری شش روزه ۴۷ درصد و در آبیاری نه روزه ۴۳ درصد) نسبت به نهال‌های سرو شیراز دارا بود. با افزایش خشکی، فعالیت‌های فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آبی نهال‌ها با کاهش مواجه شدند، ولی مقدار غلظت CO_2 بین سلولی (C_i) و دمای برگ تغییری نکرد. تعرق و محتوای نسبی آب برگ به میزان قابل ملاحظه‌ای در هر دو گونه کاهش یافت اما در سرو نقره‌ای کاهش تعرق در آبیاری شش روزه، ۱۲ درصد و در آبیاری نه روزه، ۳۲/۳ درصد کمتر از سرو شیراز بود. در مجموع، می‌توان اظهار داشت که نهال سرو نقره‌ای نسبت به تنش کم‌آبی مقاوم‌تر از نهال سرو شیراز است.

واژگان کلیدی: پتانسیل آبی؛ آبیاری؛ سرو؛ غلظت CO_2 بین سلولی؛ محتوای نسبی آب.

مقدمه

خشکی یکی از چالش‌های مهم در زیستگاه‌هاست که گونه‌های مختلف گیاهی با آن مواجه هستند [۵]. انتخاب گونه گیاهیِ مقاوم به خشکی نقش مهمی در جلوگیری از افزایش روز افزون اثر خشکی بازی می‌کند [۱۷]. تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده زنده‌مانی و استقرار گونه‌های گیاهی بوده و اثرهای متفاوتی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان دارد [۲۷]. تعامل بین عوامل تنش خشکی و ویژگی‌های مختلف مولکولی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان بسیار پیچیده است. گیاهان، سازوکارهای پیچیده‌ای برای تحمل تنش کم‌آبی دارند [۱۸] که می‌توان به تغییر در ساختار گیاه، کاهش در مقادیر رشد، هدایت روزنه‌ای و پتانسیل اسمزی بافت‌های گیاهی، تغییر در غلظت ABA (آبسزیک اسید) و در نوع آنزیم‌ها اشاره کرد [۲۴]. کم‌آبی، موجب کاهش آب در بافت‌های گیاهی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تخریب پروتئین‌ها و تغییر در فرآیندهای فیزیولوژیک از جمله کاهش پتانسیل آب و رشد و تولید گیاه می‌شود [۱].

پژوهش‌های متعددی به بررسی اثر خشکی روی فیزیولوژی گونه‌های جنگلی پرداخته‌اند که به‌طور عموم روی پهن‌برگان است. از جمله در تحقیقی با اعمال تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های گلابی وحشی[1]، محتوی نسبی آب برگ[2]، فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای در نهال شاهد در بالاترین حد قرار داشت [۱۵]. نتایج تحقیق روی نهال

1- *Pyrus syriaca*
2- Leaf Relative Water Content

سفید پلت نشان داد که با تشدید تنش رطوبتی در بستر نهال از ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد، پتانسیل آبی نهال به ۱/۳- مگا پاسکال کاهش (منفی تر) یافت [۲۲]. با بررسی اثر خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) روی نهال‌های بنه[1]، زنده‌مانی، رشد ارتفاعی و رشد قطری و همچنین فعالیت‌های فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و تبادلات گازی به میزان قابل توجهی کاهش یافت [۱۹]. در آزمایشی با سه سطح آبیاری (پنج تکرار)، به بررسی مقاومت نهال‌های زالزالک زرد[2] و محلب[3] به خشکی پرداخته شد. در هر دو گونه با افزایش شدت خشکی خاک، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آبی ساقه کاهش یافت [۲]. با اعمال شش سطح آبیاری (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز) روی نهال استبرق[4] با افزایش دوره آبیاری، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق، پتانسیل آبی، هدایت مزوفیلی و غلظت CO_2 بین سلولی کاهش، و دما و کارآیی مصرف آب افزایش یافت [۴]. مطالعه انجام شده در ارتباط با تنش خشکی روی گونه اقاقیا[5] با چهار دوره آبیاری (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز) نشان داد که بیشترین میزان زنده‌مانی در دوره آبیاری چهار روزه، کارایی مصرف آب نهال‌ها در آبیاری هشت روزه و نشت الکترولیت برگ‌ها در آبیاری ۱۶ روزه اتفاق افتاد [۲۱]. با تحقیقی که روی نهال‌های بلوط سبز[6] در سه سطح آبیاری، شامل آبیاری در حد ظرفیت زراعی، قطع آبیاری و آبیاری با دوره هفت روزه (تیمار بازیابی[7]) انجام شد، کاهش پتانسیل آبی برگ، رطوبت نسبی ساقه و محصول یا عملکرد کوانتومی فتوسیستم ۲ در نهال‌های تحت تنش خشکی شدید مشاهده شد [۹].

تحقیقات مشابه روی گونه‌های سوزنی‌برگ اندک است. در این راستا می‌توان به بررسی اعمال تنش خشکی در سه سطح (کنترل، تنش خفیف، تنش شدید) روی نهال‌های نوئل[8] اشاره کرد که کمترین میزان پتانسیل آبی، فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و بیشترین میزان پرولین در نهال‌های تحت تنش شدید مشاهده شد [۸]. با مطالعه صورت گرفته روی نوعی نراد[9]، نهال‌های در معرض کم آبی، محتوی نسبی آب کمتری داشتند [۱۳]. با بررسی تنش خشکی با چهار سطح (کنترل، ۷، ۱۴و ۲۱ روز) روی نهال کاج بادامی[10] (کاج سنگی) معلوم شد که افزایش فاصله آبیاری و تنش کم‌آبی به‌طور قابل توجهی باعث کاهش پتانسیل آب آوند چوبی و قندهای محلول شده است، در حالی که پرولین افزایش پیدا کرده است[۷].

امروزه توسعه فضای سبز با گونه‌های زینتی جنس سرو در بسیاری از نقاط کشور به ویژه مناطق خشک رایج است. سرو نقره‌ای[11] به دلیل بردبار بودن نسبت به شرایط سخت و متنوع رویشگاهی و از طرفی تولید تاج خوش فرم، خوش رنگ و هرس‌پذیر، همواره یکی از مهم‌ترین درختان برای جنگل‌کاری، پارک‌سازی و طراحی فضای سبز به‌شمار می‌رود [۳۱]. سرو شیراز[12] نیز درختی همیشه سبز است و ارتفاع آن به ۲۰ تا۳۰ متر می‌رسد. این گونه در جنوب و شرق اروپا، غرب آسیا و از جمله نقاط مختلف ایران رشد می‌کند [۳]. همچنین، این گیاه درختی است مخروطی شکل، نوک تیز و باریک که تا سطح زمین پوشیده از برگ‌های متراکم به رنگ سبز بسیار تیره است که در طراحی فضای سبز برای ایجاد مناظر منظم و تقویت خطوط عمودی به‌کار می‌رود. با توجه به قرار گرفتن کشور در اقلیم خشک و نیمه خشک و از طرفی کمبود جدی منابع آب، تحقیق در مورد چگونگی واکنش گونه‌های تولیدی در نهالستان‌ها و نیز مورد تقاضا برای احیاء و توسعه پارک‌ها و فضای سبز شهری اجتناب ناپذیر است. در این پژوهش، پاسخ نهال‌های دو گونه سرو نقره‌ای و سرو شیراز به تنش خشکی (تنش کم‌آبی) با هم مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس پس از انتقال نهال‌های گلدانی یک‌ساله از نهالستان کلوده (واقع در مسیر آمل به محمودآباد) انجام گرفت. ابتدا

1- *Pistacia atlantica*
2- *Crataegus aronia*
3- *Prunus mahaleb*
4- *Asclepias procera*
5- *Robinia pesudoacasia*
6- *Quercus ilex*
7- Recovery
8- *Picea abies*
9- *Abies fabri*
10- *Pinus pinea*
11- *Cupressus arizonica*
12- *Cupressus sempervirens* var. *fastigiata*

پس از تعیین وزن مخصوص ظاهری، رطوبت خاک، و درصد ذرات و بافت خاک، ظرفیت زراعی خاک بر اساس روش ساکسون و همکارن [۲۵] تعیین شد. با احتساب ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی، وزن نهال، وزن خاک خشک و وزن گلدان، وزن مرجع مشخص شد. بر این اساس، میزان آبیاری با توجه به توزین هر گلدان و اختلاف از وزن مرجع و دوره‌های آبیاریِ تعیین شده صورت گرفت. برای جلوگیری از تبخیر سطحی خاک، سطوح جانبی گلدان‌ها با چسب و سطح بالایی آنها با ورق آلومینیومی پوشانده شد [۲۲]. تیمارها شامل سه سطح خشکی بودند که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (سه تکرار و هشت نهال هر تکرار) برای هر یک از گونه‌ها به طور جداگانه اجرا شد. از اوایل تیر تا اوایل آذر (به مدت پنج ماه) نهال‌ها با سه دوره آبیاری به صورت سه، شش و نه روزه و بر اساس ظرفیت زراعی آبیاری شدند.

اندازه‌گیری‌ها

نسبت تعداد نهال‌های باقیمانده در پایان دوره به تعداد نهال‌های اولیه در زمان شروع آزمایش در هر تیمار به عنوان درصد زنده‌مانی منظور و تجزیه و تحلیل شد. اندازه‌گیری ارتفاع و قطر یقه نهال به‌ترتیب با استفاده از خط‌کش مدرج (دقت میلی‌متر) و کولیس (دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) سنجش شد. اندازه‌گیری در دو مقطع زمانی (ابتدا و انتهای آزمایش) صورت گرفت و میزان رویش از اختلاف دو اندازه‌گیری به دست آمد.

در پایان دوره، نرخ فتوسنتز خالص[1]، تعرق[2]، هدایت روزنه‌ای[3]، دمای برگ[4] و غلظت CO_2 بین سلولی (C_i) با دستگاه فتوسنتز متر[5] (Model LCpro +, ADC BioScientific Ltd., Hertfordshire, UK)، روی چهارمین و پنجمین برگ بالغ و سالمِ به‌طور کامل رشد یافته، از نوک گیاه اندازه‌گیری شد [۶]. پتانسیل آبی برگ[6] برگ[6] با استفاده از دستگاه محفظه فشار[7] (Skey, SKPM 1400, UK) اندازه‌گیری شد [۲۰]. محتوای رطوبت نسبی[8] برگ از رابطه (۱) تعیین گردید [۲۸].

(۱)

$$RWC= [(Fw – Dw) / (Sw –Dw)] \times 100$$

F_w : وزن تر برگ بعد از نمونه‌برداری؛

D_w: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون با دمای ۷۰ درجه؛

S_w: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع آوری اطلاعات، به منظور بررسی نرمال بودن و همگن بودن داده‌های کمی، به ترتیب از آزمون‌های Kolmogrov-Smirnov و Levene استفاده شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه (Two-Way Anova)، و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey-HSD استفاده شد. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت.

نتایج

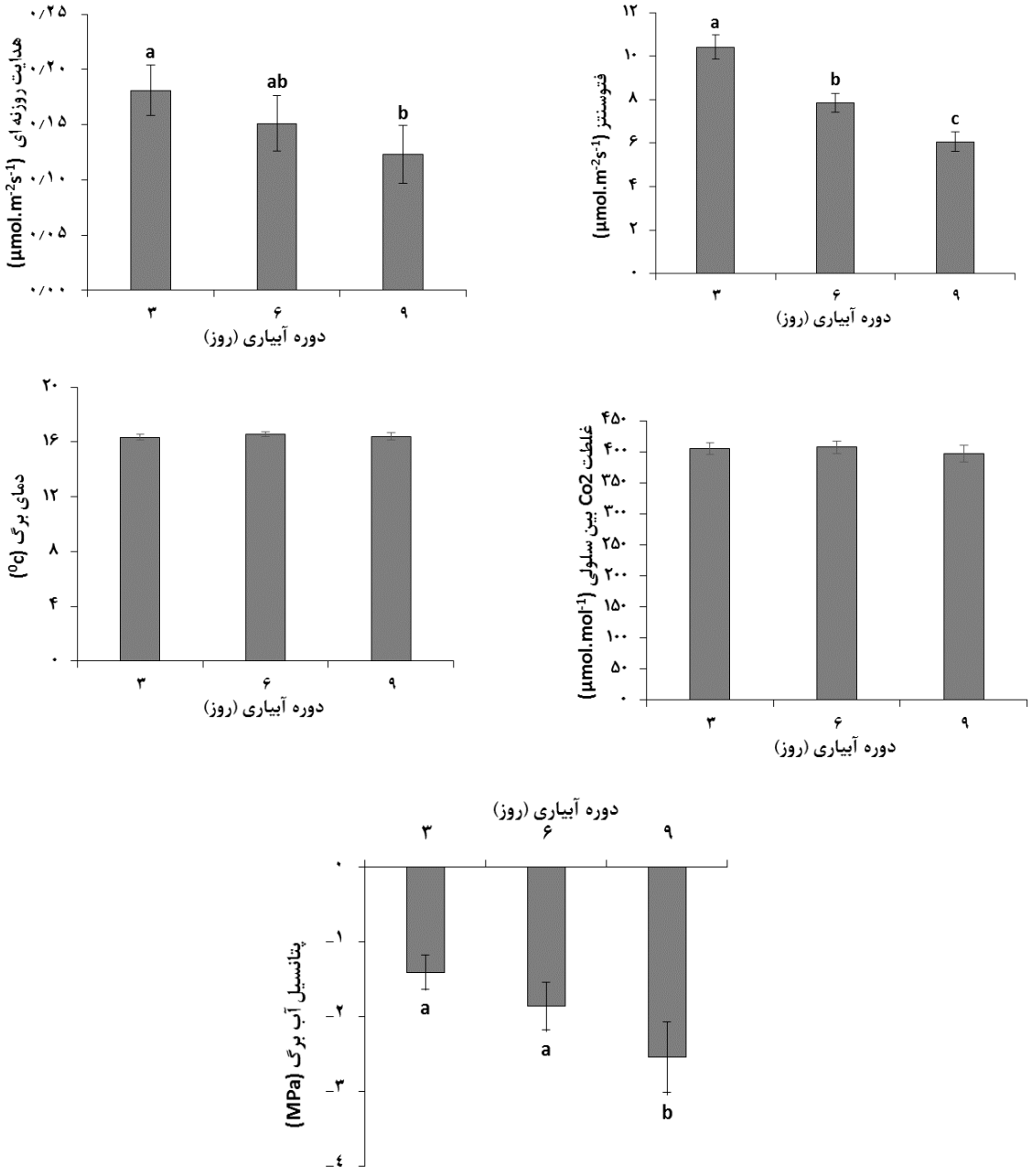
براساس نتایج آنالیز واریانس دو طرفه، اثر خشکی، گونه و اثرات متقابل آنها بر زنده‌مانی نهال‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). در پایان دوره آزمایش، نهال‌های سرو نقره‌ای در هر سه دوره آبیاری دارای ۱۰۰ درصد زنده‌مانی بودند، اما در سرو شیراز زنده‌مانی نهال‌ها در آبیاری نه روزه، دچار افتی در حد ۵۰ درصد شد (شکل ۳). در هر دو گونه با افزایش دوره آبیاری رویش طولی کاهش یافت، ولی در سطوح آبیاری سه، شش و نه روزه، رویش طولی در سرو نقره‌ای به‌ترتیب ۳۳/۵، ۴۶/۹ و ۴۳/۱ درصد بیشتر از سرو شیراز بود (شکل ۳). بین دو گونه اختلاف معنی‌داری در رویش قطری دیده نشد (جدول ۱)، این در حالی است که بیشترین میزان رویش قطری در دوره آبیاری سه روزه و در سرو نقره‌ای دیده شد (شکل ۳).

1- Net Photosynthesis Rate
2- Transpiration
3- Stomatal Conductance
4- Leaf Temperature
5- Photosynthesis Meter
6- Leaf Water Potential
7- Pressure Chamber
8- Relative Water Content (RWC)

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس دوطرفه با دو عامل گونه و تنش خشکی

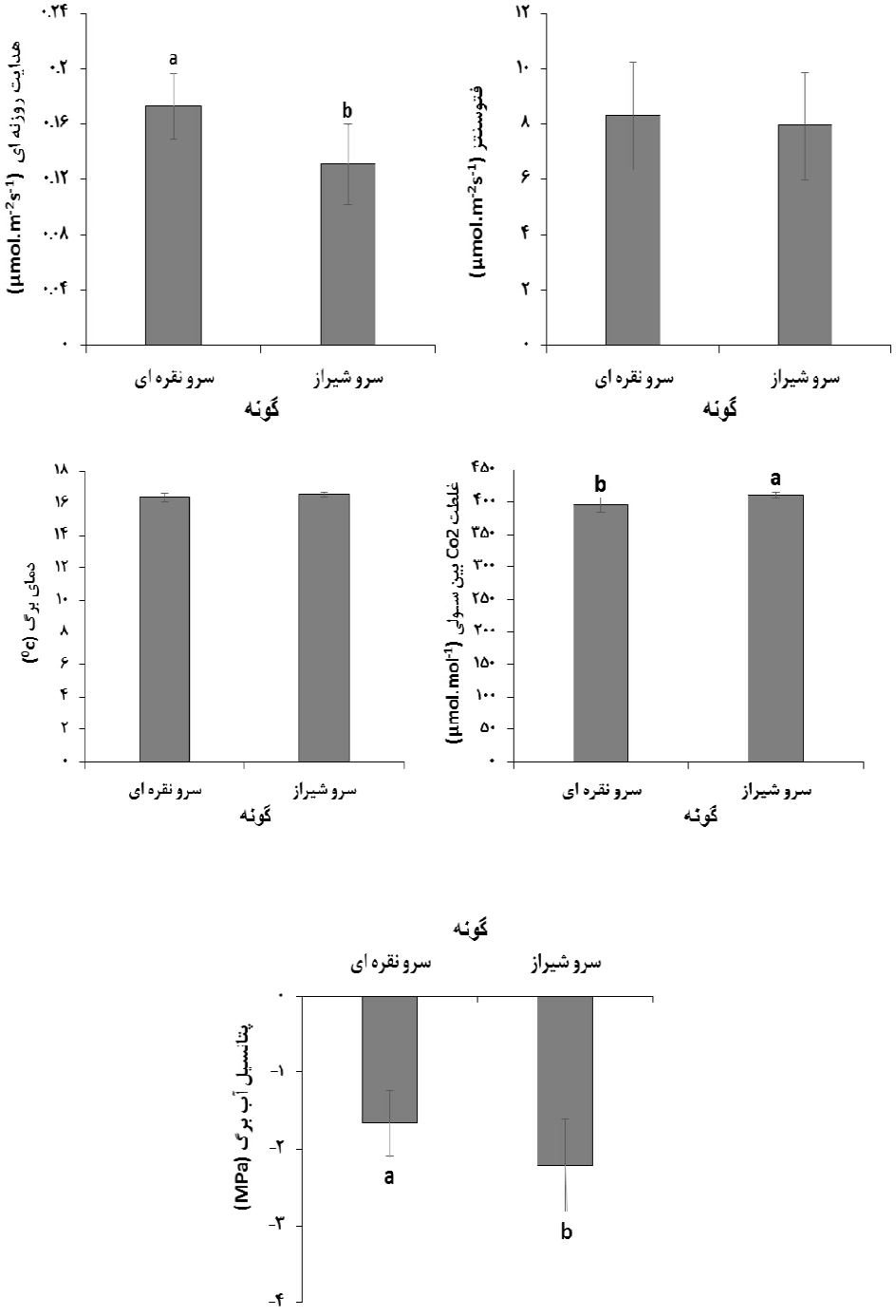
صفات مورد مطالعه	تنش		گونه		تنش×گونه		خطا
	MS	F	MS	F	MS	F	MS
زنده‌مانی	۱۲۵۸/۳۴۷	۱۲۵۸/۳۵*	۱۲۵۸/۳۴۷	۱۱۰/۸۹۵*	۱۲۵۸/۳۴۷	۱۱۰/۸۹۵*	۱۱/۳۴۷
رویش طولی	۱۲۹/۴۸۴	۷۵/۵۹۷*	۴۳۹/۲۶۲	۲۶۵/۴۵۵*	۷/۲۶۱	۴/۲۳۹*	۱/۷۱۳
رویش قطری	۰/۸۷۹	۸/۷۳۲*	۰/۲۶۲	۲/۶۰۶ ns	۰/۴۴۹	۴/۴۵۶*	۰/۱۰۱
نرخ فتوسنتز خالص	۲۸/۶۹۱	۱۳۵/۵۴۶*	۰/۵۶۹	۲/۶۸۸ns	۰/۲۴۴	۱/۱۵۲ns	۰/۲۱۲
هدایت روزنه‌ای	۰/۰۰۵	۴۳/۷۶۲*	۰/۰۰۸	۶۸/۷۶۲*	۳/۸۸۹	۰/۳۳۳ns	۰/۰۰۰
تعرق	۰/۳۴۱	۱۹۵/۹۵۲*	۰/۱۱۵	۶۶/۲۴۹*	۰/۰۴۰	۲۳/۱۲۸*	۰/۰۰۲
دمای برگ	۰/۰۷۷	۲/۰۷۵ns	۰/۱۶۱	۴/۳۱۳ns	۰/۰۹۱	۲/۴۳۳ns	۰/۰۳۷
غلظت CO_2 بین سلولی	۱۸۰/۵۰۰	۳/۵۴۷ns	۱۰۲۷/۵۵۶	۲۰/۱۹۲*	۸۳/۳۸۹	۱/۶۳۹ns	۵۰/۸۸۹
پتانسیل آبی برگ	۱/۹۵۸	۵۸/۲۶۷*	۱/۳۹۴	۴۱/۴۸۸*	۰/۰۵۳	۱/۵۹۰ ns	۰/۰۳۴
محتوای نسبی آب برگ	۵۳۲/۴۵۴	۸۶/۲۳۱*	۲۳۴/۹۳۹	۳۸/۰۴۸*	۵۶/۸۲۷	۹/۲۰۳*	۶/۱۷۵

* و ns به ترتیب نمایانگر معنی‌داری و عدم معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۱- شاخص‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تنش خشکی، با استفاده از آزمون Tukey-HSD

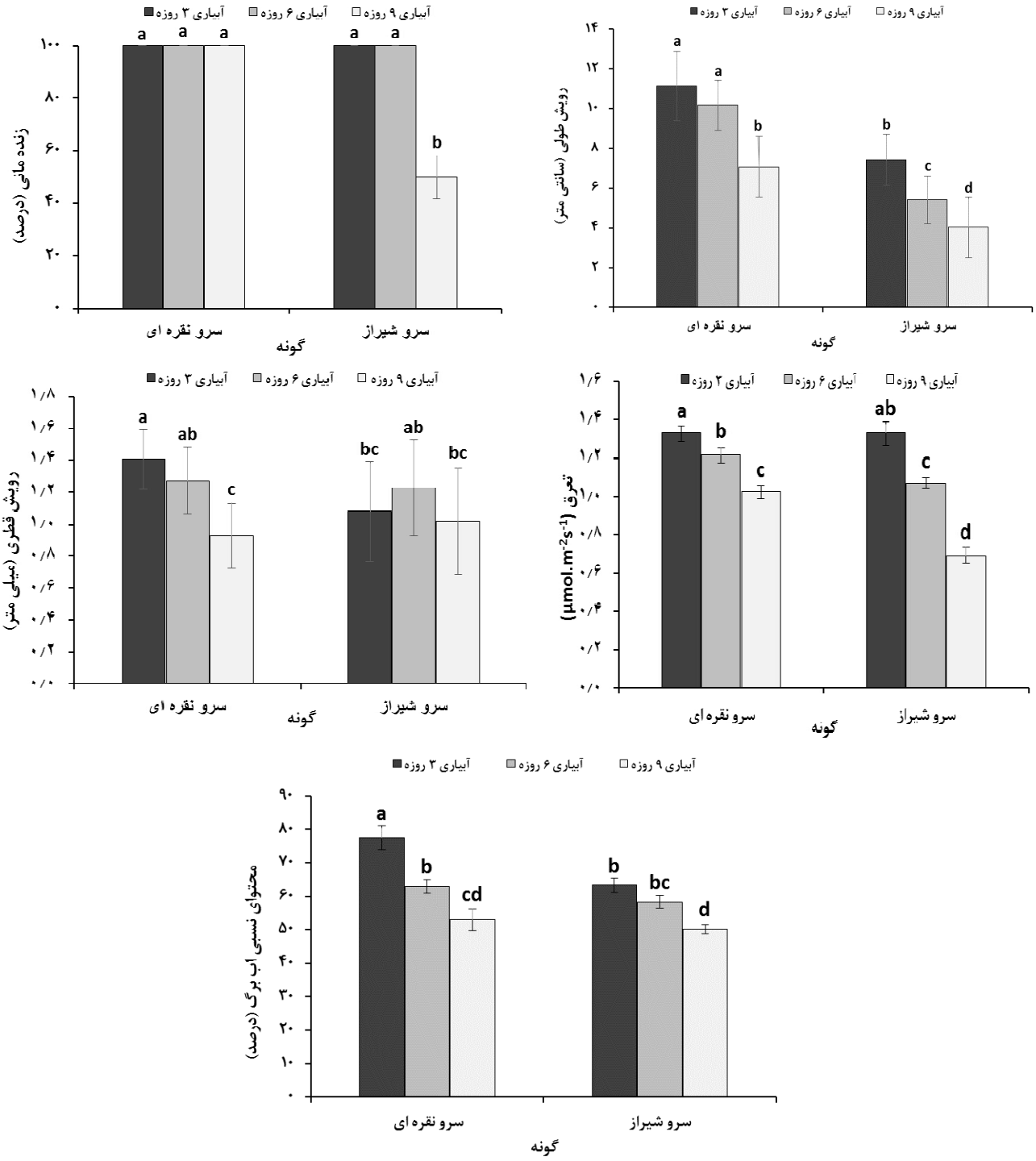
حروف مختلف نمایانگر اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها است.



شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه بین دو گونه
حروف مختلف نمایانگر اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها است.

افزایش دوره آبیاری از سه تا نه روز باعث کاهش ۴۱/۷ درصدی نرخ فتوسنتز خالص شد (شکل ۱). با افزایش دوره آبیاری از سه تا نه روز هدایت روزنه‌ای کاهش ۳۲ درصدی را نشان داد (شکل ۱) و اندازه آن در نهال‌های سرو نقره‌ای بیشتر از سرو شیراز بود (شکل ۲). بیشترین میزان تعرق در دوره آبیاری سه روزه، در هر دو گونه و کمترین آن در سرو شیراز در دوره آبیاری نه روزه مشاهده شد (شکل ۳). تیمار خشکی در سرو نقره‌ای و سرو شیراز به ترتیب باعث کاهش ۲۳ و ۴۸ درصدی میزان تعرق شد طوری‌که در دوره های آبیاری شش و نه روزه نهال‌های سرو نقره‌ای به ترتیب ۱۲ و ۳۲/۳ درصد میزان تعرق بیشتری نسبت به نهال‌های سرو شیراز داشتند (شکل ۳). دمای برگ تحت تاثیر هیچ یک از دو فاکتور و اثر متقابل آنها قرار نگرفت و غلظت CO_2 بین سلولی فقط متاثر از

گونه بود (جدول ۱)، به‌طوری‌که نهال سرو شیراز نسبت به سرو نقره‌ای از غلظت CO_2 بین سلولی بیشتری برخوردار بود (شکل ۲). با افزایش دوره آبیاری از سه تا نه روز، پتانسیل آب برگ به میزان ۴۴/۴۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱)، این در حالی است که نهال‌های سرو نقره‌ای در مقایسه با نهال‌های سرو شیراز به طور معنی‌داری پتانسیل آب برگ بالاتری (مثبت‌تر) داشتند (شکل ۲). با افزایش دوره آبیاری، از سه تا نه روز محتوای نسبی آب برگ ۲۶/۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱). بیشترین میزان محتوای نسبی آب در دوره آبیاری سه روزه (۷۷/۵۵ درصد) در سرو نقره‌ای، و کمترین آن در دوره آبیاری نه روزه (۵۰/۲ درصد) در سرو شیراز بود. فقط در دوره آبیاری سه روزه نهال سرو نقره‌ای به طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سرو شیراز داشت (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و تنش خشکی بر شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون Tukey-HSD
حروف مختلف نمایانگر اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها است.

بحث

تنش خشکی اثر متفاوتی بر ویژگی‌های رویشی گیاهان دارد. برخی از صفات نسبت به افزایش تنش خشکی حساس بوده، درحالی‌که برخی دیگر از به میزان کمتری تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. نتایج تحقیق پیش‌رو نشان داد که خشکی بر زنده‌مانی، رویش طولی و رویش قطری نهال‌ها تاثیر معنی‌داری داشته است. با افزایش دوره آبیاری (افزایش خشکی) نهال‌های سرو شیراز در دوره آبیاری ۹ روز کاهش ۵۰/۱۷ نشان داد که این کاهش همسو با نتایج انجام یافته روی نهال بنه (*Pistacia atlantica*) [۱۹] بود. کاهش رویش طولی نهال‌ها با افزایش تنش خشکی نتیجه سازگاری گیاه در مقابل خشکی است، زیرا گیاه در این شرایط انرژی خود را صرف افزایش ارتفاع نمی‌کند و برای افزایش حجم و طول ریشه از آن بهره می‌برد تا بتواند در مقابل خشکی مقاومت کند [۱۰]. با افزایش دوره آبیاری رویش طولی و رویش قطری در هر دو گونه کاهش یافت که با یافته‌های روی نهال‌های کاج بادامی (*Pinus pinea*) [۷] و *Abies fabri* [۱۳] مطابقت داشت.

در تحقیق حاضر با افزایش شدت کم‌آبی، نرخ فتوسنتز خالص دچار کاهش شد. کاهش میزان فتوسنتز در نهال‌های تحت تنش می‌تواند به دلیل عدم جذب موثر CO_2 از طریق باز و بسته شدن نامناسب روزنه‌های برگ بوده باشد [۱۲] که عموما منتج به کاهش توسعه برگ، اختلال در دستگاه فتوسنتزی، پیری برگ قبل از بلوغ و کاهش در تولید مواد غذایی می‌شود [۲۸]. کاهش میزان فتوسنتز و تعرق می‌تواند همچنین به کاهش هدایت روزنه‌ای نسبت داده شود که پیش از این روی نهال‌های نوئل (*Picea abies*) [۸]، استبرق (*Calotropis procera*، [۴] کُنار (*Ziziphus spinosus*) [۱۶]، گلابی وحشی (*Pyrus boisseriana*) [۳۰] و ژنوتیپ‌های گلابی وحشی (*Pyrus syriaca*) [۱۵] گزارش شده بود. در تحقیق پیش رو نیز، همانند نرخ فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای برگ با افزایش دوره آبیاری کاهش یافت. با توجه به کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز تحت تاثیر دوره آبیاری و ثابت بودن غلظت CO_2 بین سلولی در هر دو گونه، می‌توان امکان نقش عوامل غیر روزنه‌ای را در محدودیت فتوسنتز این گونه‌ها انتظار داشت [۲۶]. براساس یافته‌های تحقیق حاضر، میزان تعرق با افزایش شدت خشکی در هر دو گونه کاهش یافت. در حقیقت، پدیده تعرق موجب خنک نگه‌داشتن گیاه می‌شود. اگرچه با افزایش تنش خشکی میزان تعرق کاهش و برعکس، دمای برگ افزایش می‌یابد [۴]، ولی در تحقیق پیش‌رو با افزایش شدت تنش کم‌آبی، تغییری در دمای برگ نهال‌ها مشاهده نشد. به همین دلیل، گیاه برای خنک شدن نیازی به افزایش تعرق نداشته و برای حفظ آب، میزان تعرق را کاهش داده است.

همانند تحقیقات انجام شده روی نهال‌های سفید پلت (*Populus caspica*) [۲۲]، اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) [۲۱] و کاج بادامی (*Pinus pinea*) [۷]، در پژوهش حاضر، در هر دو گونه، با افزایش شدت خشکی، پتانسیل آب برگ کاهش یافت و این کاهش در سرو شیراز بیشتر از سرو نقره‌ای بود. در حقیقت، این سازوکار، نهال‌ها را قادر می‌سازد تا بتوانند در شرایط کم‌آبی و دوره طولانی آبیاری، واکنش فیزیولوژیکی خوبی داشته باشند. به‌طور کلی، با کاهش مقدار رطوبت برگ، کاهش پتانسیل آبی برگ و آماس سلولی رخ می‌دهد و به دنبال آن کاهش مقدار زیتوده اتفاق می‌افتد [۲۹]. در این صورت، گیاه از طریق تنظیم اسمزی و کاهش پتانسیل آبی ساقه در جهت حفظ آب درون سلول و برقراری تورژسانس سلولی اندام‌ها تلاش می‌کند که حداکثر رطوبت را از خاک جذب کند [۲۳]. محتوای نسبی آب (RWC) نشان دهندهٔ رابطهٔ بین صفات فیزیولوژیک و سطح تحمل به خشکی گیاه است [۱۱]. همانند پژوهش‌های صورت گرفته روی گونه‌های *Abies fabri* [۱۱] و محلب (*Prunus mahaleb*) و زالزالک زرد (*Crataegus aronia*) [۲]، در تحقیق پیش‌رو در هر دو گونه با افزایش شدت خشکی سیر نزولی محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، در هر دو گونه، صفات رویشی، تبادلات گازی و روابط آبی تحت تاثیر خشکی قرار گرفتند و با افزایش کم‌آبی دچار کاهش شدند. با توجه به اینکه، به‌ویژه در تنش کم‌آبیِ شدید، نهال‌های سرو نقره‌ای به برخی

صفات مورد بررسی از جمله زنده‌مانی، رویش طولی و تعرق پاسخ بهتری نسبت به سرو شیراز نشان دادند، از این‌رو می‌توان اظهار داشت که نهال‌های این گونه با اتخاذ سازوکارهای مناسب‌تری در مقایسه با نهال‌های سرو شیراز از دامنه تحمل بیشتری به تنش خشکی برخوردار هستند.

References

[1]. Ahmadi, A. 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: 807-811.

[2]. Ashkavand, P., Tabari Kouchaksaraei, M., & Zarafshar, M. (2014). Assessment of drought resistance in hawthorn and mahaleb seedlings with emphasis on biochemical parameters. *Zagros Forests Researches*. 1 (1): 1-18. (in Farsi).

[3]. Assadi, M., Khatamsaz, M., Maassomi, A.A., & Mozafarian, V. (1998). Flore of Iran, No, 21, *Tehran: Research Institute of Forest and Rangelands*, pp: 8-9.

[4]. Bahmani, M., Jalali, Gh.A., Asgharzade, A., Tabari, M., & Sadati, S. E. (2015). Gas exchange recovery of *Calotropis procera* Ait. seedling in different irrigation periods. *Arid Biome.* 4 (2): 28-38. (in Farsi).

[5]. Bartlett, MK., Scoffoni, C., & Sack, L. (2012). The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. *Ecology Letters,* 15(5):393–405.

[6]. Borghi, M., Tognetti, R., Monteforti, G., & Sebastiani, L. (2008). Responses of two poplar species (*Populus alba* and *Populus x canadensis*) to high copper concentrations, *Environmental and Experimental Botany*, 62 (3): 290-299.

[7]. Deligoz, A., & Gur, M. (2015). Morphological, physiological and biochemical responses to drought stress of Stone pine (*Pinus pinea* L.) seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(11): 1-8.

[8]. Ditmarova, L., Kurjak, D., Palmroth, S., Kmet, J., & Strelcova, K. (2009). Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. *Tree Physiology*, pp116.

[9]. Echevarria-Zomeno, S., Ariza, D., Jorge, I., Lenz, C., Del Campo, A., Jorrin, J.V., & Navarro, R.M. (2009). Changes in the protein profile of *Quercus ilex* leaves in response to drought stress and recovery. *Journal of Plant Physiology*, 166 (3): 233-245.

[10]. Ehsani Tabatabaei, F. 2006. Plant Stresses of Physiology. Payam Noor University Press.

[11]. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *In Sustainable Agriculture*. Springer Netherlands. 153-188 pp.

[12]. Galle, A., Haldimann, P., & Feller, U. (2007). Photosynthetic performance and water relations in young pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and recovery. *New Phytologist*, 174 (4): 799-810.

[13]. Guo, J., Yang, Y., Wang, G., Yang, L., & Sun, X. (2010). Ecophysiological responses of *Abies fabri* seedlings to drought stress and nitrogen supply. *Physiologia Plantarum*, 139(4), 335-347.

[14]. Hassan, I.A. 2006. Effects of water stress and high temperature on gas exchange and chlorophyll fluorescence in *Triticum aestivum* L, *Photosynthetica*, 44(2): 312-315.

[15]. Javadi, T., & Bahramnejad, B. (2011). Relative water content and gas exchange *Pyrus syriaca* genotypes under water stress conditions. *Horticulture Sciences*, 24(2): 223-233. (in Farsi).

[16] Jinying, L., Min, L., Yongmin, M. & Lianying, S. (2007). Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphus spinosus* Hu.) seedlings. *Frontiner Agriculture China*. 1(4): 468-471.

[17]. Kalefetoglu, T., & Ekmekc, I.Y. (2005). The effect of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi. University Journal of Science.* 18(4):723–740.

[18]. Krasensky, J., & Jonak C. (2012). Drought, salt, and temperature stress induced metabolic rearrangements and

regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*. 63: 1593-1608.

[19]. Mirzaei, J., & Kermanshahi, A. (2015). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of (*Pistacia atlantica*) seedlings. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22 (1): 31-43. (in Farsi).

[20]. Nasri, M., Heidari Sharifabad, H., Shiranirad, A., Majidi harvan, A., & Zamanzadeh, H. (2006). Effect of drought stress on physiological characteristics of *canola* cultivars. *Agricultural Sciences*, 1(12):127-134.

[21]. Norouzi Haroni, N., & Tabari kouchaksaraei, M. (2015). Morpho-physiological responses of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings to drought stress. *Journal of Forest and Wood Products*, 68(3): 715-727. (in Farsi).

[22]. Sadati, S.E. & Tabari, M. (2013). Vegetative characteristics and water potential of seedlings plantation *Populus caspica* a year after the drought stress, *The First National Conference on Plant Stress*, University of Esfahan, 1-6. (in Farsi).

[23]. Sanchez-Blanco, M.J., Ferrandez, T., Morales, M., Morte, A., & Alarcon, J.J. (2004). Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, 161: 675-682.

[24]. Sanchez-Blanco, M.J., Alvarez, S., Navarro, A., & Banon, S. (2008). Changes in leaf water relations, gas exchange, growth and flowering quality in potted geranium plants irrigated with different water regimes, *Journal of Plant Physiology*, 166(5): 467-476.

[25]. Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., & papendick, R.I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50(4):1031-1036.

[26]. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Ebrahimzadeh, H. (2003). Stomatal and nonstomatal Limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat Cultivars. *Iranian Journal of Agriculture of Science*, 34, 94-105 (in in Farsi).

[27]. Tian, X., Lei, Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biology Plant, 50: 775-778.

[28]. Wahid, A. Rasul. E. (2005). Photosynthesis in leaf, stem, flower and fruit. *In:* Pessarakli M. (Ed.), Handbook of Photosynthesis, *Second Edition*. CRC Press*, Florida*, 479–497.

[29]. Wang, C.J., Yang, W., Wang, C., Gu, C., Niu, D.D., Liu, H.X., Wang, Y.P., & Guo, J.H. (2012). Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth promoting rhizobacterium strains. PlOS One, 7(12): e52565-.

[30]. Zarafshar, M., Akbarinia, M., Hosseini, S.M. & Rahaei, M. (2016). Drought resistance of wild pear (*Pyrus boisseriana* Buhse.). *Journal of Forest and Wood Products*, 69 (1): 97-110.

[31]. Zare, (2001). Native species and Non-native conifers in Iran. *Publishing Research Institute forests, and rangelands*, Tehran, 470p. (in in Farsi).

[32]. Zhou B, Gou Z, Liu Z (2005). Effects of abscisic acid on antioxidant systems of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. under chilling stress. Crop Science, 45:599–605.

Effect of water deficit on survival, growth, gas exchange and water relations of *Cupressus arizonica* and *C. sempervirens* var. *fastigiata* seedlings

1- M. Rooki, M.Sc. Graduated of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
2- M. Tabari Kouchaksaraei, Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
mtabari@modares.ac.ir
3-S. E. Sadati, Assistant Professor, Researches Center of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Received: 27 Mar 2017
Accepted: 03 Feb 2018

Abstract

Nowadays, the development of green space with ornamental species of cypress is a common in different dry areas of Iran. Regarding the limitation of water resources in dry areas, study on the response of cypresses to drought is essential. This study was carried out to recognize the responses of survival, growth, gas exchange and water relations in seedlings of two cypress species (*Cupressus arizonica* and *C. sempervirens* var. *fastigiata*) under water deficit condition in greenhouse. The experiment was conducted as complete randomized block design with different watering levels (3, 6 and 9 days) in three replicates. Results showed that water deficit had a significant effect on most of the traits measured in seedlings. Survival of *C. sempervirens* at 9-day irrigation was decreased about 50.2% but in *C. arizonica* seedling no mortality was detected in each watering level. During drought application, shoot growth and diameter growth in both species prominently decreased, while at 6- and 9-day irrigation, shoot growth in *C. arizonica* was 43-47% greater than that in *C. sempervirens*. With increasing drought, photosynthesis activity, stomotal conductance and water potential decreased but intracellular CO_2 concentration (Ci) and leaf temperature did not change. Transpiration rate and relative water content (RWC) of leaf were significantly decreased in both species, but in *C. arizonica* the decrease of transpiration rate at 6- and 9-day irrigation was 12-32/3% less than that in *C. sempervirens*. Generally, it can be stated that *C. arizonica* seedling is more tolerant than *C. sempervirens* seedling under drought stress.

Keywords: CO_2 Concentration of Intracellular; Cypress; Irrigation; Relative Water Content; Water Potential.