

## اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.)

زهرا سعیدی ابواسحق<sup>۱</sup>، بابک پیله‌ور<sup>۲\*</sup> و سیدوحید سیدنا<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
 ۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. پست الکترونیک: pilehvar.b@lu.ac.ir  
 ۳- دانش‌آموخته دکتری جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷

### چکیده

ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم در ایجاد فضای سبز و جنگل‌کاری محسوب می‌شود. با توجه به ارزش بوم‌شناختی و اقتصادی این گونه، آگاهی از نیاز آبی و مقاومت آن در برابر خشکی، ضروری است. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال ارغوان در قالب طرح کامل تصادفی با چهار سطح تنش خشکی شامل ظرفیت زراعی ۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۲۵ درصد (تنش شدید) در شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان انجام شد. براساس نتایج به‌دست آمده، تنش خشکی شدید به‌طور معنی‌داری سبب کاهش در ویژگی‌های ارتفاع نهال، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ به‌ترتیب به‌مقدار ۶۳/۳، ۷۷/۷ و ۶۲/۶ درصد و افزایش در طول ریشه، نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید به‌ترتیب به‌مقدار ۴۲/۱، ۶۳/۶ و ۳۳۴/۵ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد شد. با تشدید تنش خشکی تا ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز به‌ترتیب ۸۶۲، ۵۵۳/۹ و ۳۴۹/۶ درصد افزایش یافت. این سطح از تنش سبب کاهش ۵۵ درصدی در زنده‌مانی نهال‌ها شد. با توجه به ارزیابی ویژگی‌های مورد بررسی می‌توان گفت که ارغوان، تنش خشکی تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی را بدون آسیب تحمل می‌کند، اما کاهش آب تا حد آستانه ۲۵ درصد ظرفیت زراعی سبب اختلال شدید در رشد و عملکرد آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، پراکسیداز، کاتالاز، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت.

### مقدمه

شوند (Khan et al., 2010). گیاهان مانند جانوران برای مقابله با این شرایط سخت از سازوکارهای متفاوت شامل سازش و مقاومت استفاده می‌کنند. سازش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به‌شکلی انجام می‌شوند که گیاه با استفاده بهینه از امکانات مادی رویشگاه بتواند بهتر با محیط تطابق پیدا کند. اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی، کاهش تعرق از طریق بستن روزنه‌ها

از ضرورت‌های جنگل‌کاری و ایجاد فضای سبز، شناسایی گونه‌های مقاوم به خشکی است. خشکی به‌عنوان شایع‌ترین تنش محیطی و یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در ۲۵ درصد از خشکی‌های کره زمین محسوب می‌شود. عوامل آب‌وهوایی متعددی می‌توانند سبب کمبود آب در داخل گیاه و درنهایت، تنش خشکی

گونه‌های اکسیژن فعال شناخته می‌شوند (Asada, 1994). در پژوهش‌های مختلفی، پاسخ‌های فیزیولوژیکی درختان و درختچه‌های جنگلی به تنش خشکی بررسی شده است. Ranjbarfordoei و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثر تنش خشکی بر فیزیولوژی نهال‌های *Pistacia Khinjuk* و *P. mutica* گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش در پتانسیل اسمزی برگ، مقدار آب، کلروفیل‌های a و b، نسبت کلروفیل a/b، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسیداز می‌شود. برخی گونه‌های گیاهی مثل گزنه (*Urtica dioica* و *U. urens*) با افزایش نسبت طول ریشه به طول ساقه و نفوذ ریشه به قسمت‌های عمیق‌تر خاک، در برابر تنش خشکی مقاومت می‌کنند (Boot et al., 1986). Nourozi Haroni و همکاران (۲۰۱۷) با اعمال تیمارهای مختلف آبیاری (چهار، هشت، ۱۲ و ۱۶ روزه) به مدت ۷۰ روز در مورد ارغوان معمولی (*Cercis siliquastrum* L.) گزارش کردند که اگرچه بیشینه رشد نهال‌ها متعلق به دوره آبیاری چهارروزه است، اما دوره آبیاری هشت‌روزه به دلیل رویش و نرخ زنده‌مانی مناسب، کاهش هزینه و سهولت رویش نهال می‌تواند گزینه مناسب‌تری برای پرورش نهال‌های ارغوان باشد.

ارغوان معمولی از زیرخانواده *Caesalpinioideae*، خانواده *Fabaceae* و از گونه‌های بومی سرزمین‌های مدیترانه‌ای جنوب و جنوب شرقی اروپا و آسیای مرکزی و غربی است. این گونه در ایران خودرو است و قابلیت تحمل و رشد در مناطق خشک و بیشتر خاک‌ها را دارد، به طوری که بهترین رشد این گونه در خاک‌های با pH بیشتر از ۷/۵ اتفاق می‌افتد. ارغوان به‌عنوان گونه‌ای مناسب برای تولید و توسعه فضای سبز در مناطق خشک محسوب می‌شود و برای باغچه‌های بزرگ یا حاشیه کنار پیاده‌روها مناسب است. این گونه به خوبی با شرایط نیمه‌خشک، سازگار است و تحمل آلودگی هوا و خاک‌های ضعیف را نیز دارد (Zahreddine et al., 2007). باتوجه به اثرات کم‌آبی بر گونه‌های گیاهی، محدودیت آب در مناطق خشک و

است که عملکرد مورفولوژی و ویژگی‌های رشد گیاه مانند ارتفاع، زی‌توده، تعداد و سطح برگ را کم می‌کند (Dichio et al., 2002)، به طوری که کمبود آب سبب کندی رشد و نمو، کاهش اندازه برگ، تغییرات آناتومیکی در اثر تغییر اندازه سلول‌ها، پیری و درنهایت، مرگ در گونه‌های زیادی از گیاهان می‌شود.

هدایت روزنه‌ای یکی از عوامل فیزیولوژیکی است که فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شاخص مناسبی برای ارزیابی کاهش فتوسنتز در شرایط کم‌آبی است. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که با کاهش محتوای نسبی آب برگ در تنش خشکی، مقدار هدایت روزنه‌ای فتوسنتز، فراوری دی‌اکسیدکربن، رشد و تولید کم می‌شوند (Fang & Xiong, 2015). از جمله تغییرات بیوشیمیایی در گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی می‌توان به تولید گونه‌های اکسیژن فعال اشاره کرد. افزایش تولید این مولکول‌ها در اجزای مختلف سلولی مانند کلروپلاست‌ها، پراکسی‌زوم‌ها و میتوکندری‌ها از پیامدهای اجتناب‌ناپذیر تنش خشکی هستند. گیاهان برای کاستن از آسیب‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال، سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی دارند. زمانی که گیاهان در معرض تنش کم‌آبی قرار می‌گیرند، باید همه سامانه‌های دفاعی خود را برای مقابله با صدمات ناشی از این مولکول‌ها فعال کنند. از آنجایی که گونه‌های اکسیژن فعال در بخش‌های گوناگون برون و درون سلولی تولید می‌شوند، بنابراین به گروه‌های متنوعی از مولکول‌های دفاعی نیاز است تا در فازهای غشایی و آلی در همه بخش‌های سلول عمل کنند و رادیکال‌های آزاد را پس از تشکیل، غیرفعال کنند.

آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی شامل اسیدآسکوربیک و گلوکاتیبون هستند. از آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی می‌توان به پراکسیداز، آسکوربات‌پراکسیداز و کاتالاز اشاره کرد که نقش بسیار مهمی در تنش خشکی ایفا می‌کنند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان سریع‌ترین واحدهای مقابله‌کننده در برابر حمله

خاکی برداشته شد و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا وزن خشک آن به دست آید (B). برای محاسبه مقدار رطوبت خاک (ظرفیت زراعی) از میانگین سه گلدان استفاده شد. بدین منظور ابتدا وزن گلدان‌های خالی، وزن زهکش (شن بادامی) و وزن خاک خشک ثبت شدند. در روز اول، گلدان‌ها تا حد رطوبت اشباع آبیاری شدند و آب زهکشی از آن‌ها خارج شد. پس از دو ساعت، وزن گلدان‌ها یادداشت شد (روز صفر). سپس برای جلوگیری از تبخیر آب، یک نایلون روی آن‌ها کشیده شد و هر ۱۲ ساعت یک‌بار، وزن آن‌ها یادداشت شد. وزن گلدان که پس از چهار روز ثابت شد، به عنوان ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد (A) و طبق رابطه ۱، درصد رطوبت خاک به دست آمد (Alizadeh, 2000). گلدان‌ها چهار روز یک‌بار بر اساس درصد ظرفیت زراعی به دست آمده آبیاری شدند.

نیمه خشک و نیاز روزافزون به ایجاد فضای سبز و گسترش جنگل‌کاری در این مناطق، پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های ارغوان معمولی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار (در هر بلوک ۱۰ گلدان) در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان به مدت ۹۰ روز در بهار و تابستان ۱۳۹۹ انجام شد. رطوبت نسبی در گلخانه‌های مذکور ۶۰ تا ۷۰ درصد و دما روزانه و شبانه آن‌ها به ترتیب ۲۰ تا ۲۸ و ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد بودند. تنش خشکی در چهار سطح ۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۲۵ درصد (تنش شدید) ظرفیت زراعی اعمال شد. برای محاسبه ظرفیت زراعی و اعمال تنش در ابتدا یک نمونه خاک از مخلوط

$$\text{Soil water (\%)} = 100 \times (A - B) / A$$

رابطه (۱)

آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز اندازه‌گیری شدند.

## اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی

در ابتدا و انتهای تنش خشکی، ارتفاع نهال‌ها یادداشت شد. با استفاده از رابطه ۲، رویش ارتفاعی در طول دوره تنش محاسبه شد. ارتفاع نهال و طول ریشه با خط‌کش (با دقت سانتی‌متر)، سطح برگ با نرم‌افزار ImageJ و وزن تر و خشک کل نهال با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شدند.

که در آن: A وزن گلدان اشباع (وزن گلدان مرطوب) و B وزن خاک خشک شده در آون هستند.

صدوشصت نهال یک‌ساله و هم‌اندازه ارغوان از نهالستان بام لرستان واقع در شهر خرم‌آباد تهیه شدند. این نهال‌ها در گلدان‌های بزرگ شش کیلوگرمی حاوی مخلوط خاک زراعی و ماسه با نسبت یک‌به‌دو کاشته شدند. نود روز پس از اعمال تنش، شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی شامل ارتفاع نهال، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر و خشک کل، محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی (الکترولیت) و ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل مالون‌دی‌آلدئید و فعالیت

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{رشد ارتفاعی در اول دوره} - \text{رشد ارتفاعی در آخر دوره} = \text{رشد ارتفاعی}$$

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

برای اندازه‌گیری نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ گیاه به ترتیب از روش‌های Lutts و همکاران (۱۹۹۶) و Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) استفاده شد. مقدار مالون‌دی‌آلدئید نیز با استفاده از تیوباریتوریک‌اسید به عنوان معرف و براساس روش Wang و همکاران (۲۰۰۹) برحسب میکرومول بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد.

سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنزیم کاتالاز براساس روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) و با تجزیه گایاکول و تبدیل آن به تتراگایاکول اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز با کاربرد روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) سنجش شد. همچنین، برای استخراج آنزیم پراکسیداز از روش MacAdam و همکاران (۱۹۹۲) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. ابتدا با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-سمیرنوف و لون به ترتیب نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس آن‌ها بررسی شد. سپس با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA)، معنی‌داری اثر خشکی بر هر یک از شاخص‌ها بررسی شد. مقایسه میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد.

### نتایج

ویژگی‌های مورفولوژیکی و شاخص زنده‌مانی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خشکی بر شاخص زنده‌مانی و همه ویژگی‌های مورفولوژیکی (ارتفاع نهال، سطح برگ، طول ریشه و وزن تر و خشک کل) اثر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی نهال ارغوان

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع نهال	سطح برگ	طول ریشه	وزن تر کل	وزن خشک کل	زنده‌مانی
خشکی	۳	۲۹۳۶/۶۲*	۱۵۲۱/۲۳*	۵۰/۹۱۷*	۲۳/۵۰۴*	۱۲/۰۰۴*	۳۰/۲۵*
خطای آزمایش	۱۲	۷/۲۵	۱۷/۰۴	۰/۶۳۹	۰/۹۷۷	۰/۶۰۴	۱/۱۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱/۵۶	۱۰/۱۸	۷/۷۹	۷/۷۱	۷/۸	۱/۲۵

\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع نهال و سطح برگ می‌شود، به‌طوری‌که در تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کمترین ارتفاع نهال (۳۵/۷۵ سانتی‌متر) و سطح برگ (۱۲/۷۲ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. با افزایش سطح خشکی، طول ریشه در نهال‌های ارغوان افزایش یافت، چنانچه تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب کمترین (۱۹ سانتی‌متر) و بیشترین (۲۷ سانتی‌متر) طول ریشه را داشتند.

همچنین، با افزایش سطح خشکی، وزن تر و خشک کل نهال کاهش یافت. بیشترین وزن تر (۱۹/۶۶ گرم) و خشک (۱۲/۲۹ گرم) نهال در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در نهال‌های تحت تنش شدید نیز کمترین وزن تر (۱۴/۱۷ گرم) و خشک (۸/۳۲ گرم) مشاهده شد. شاخص زنده‌مانی فقط در این تیمار کاهش یافت (۴۵ درصد) و در تیمارهای دیگر بدون تغییر بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفولوژیک نهال ارغوان تحت شرایط تنش خشکی

سطح تنش آبی (FC)	ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر کل (گرم)	وزن خشک کل (گرم)	زنده‌مانی (درصد)
۱۰۰ درصد	۹۷/۵ <sup>a</sup>	۵۷/۲۴ <sup>a</sup>	۱۹ <sup>b</sup>	۱۹/۶۶ <sup>a</sup>	۱۲/۲۹ <sup>a</sup>	۱۰۰ <sup>a</sup>
۷۵ درصد	۶۹ <sup>b</sup>	۴۴/۹۲ <sup>b</sup>	۲۱/۵ <sup>b</sup>	۱۵/۷۱ <sup>b</sup>	۱۰/۴ <sup>b</sup>	۱۰۰ <sup>a</sup>
۵۰ درصد	۴۸/۲۵ <sup>c</sup>	۲۷/۷۱ <sup>c</sup>	۲۵ <sup>a</sup>	۱۵/۰۶ <sup>b</sup>	۹/۱۳ <sup>bc</sup>	۱۰۰ <sup>a</sup>
۲۵ درصد	۳۵/۷۵ <sup>d</sup>	۱۲/۷۲ <sup>d</sup>	۲۷ <sup>a</sup>	۱۴/۱۷ <sup>b</sup>	۸/۳۲ <sup>c</sup>	۴۵ <sup>b</sup>

حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر خشکی بر همه ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد مطالعه شامل محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، غلظت مالون‌دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال ارغوان

منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	نشت الکترولیت	مالون‌دی‌آلدئید	کاتالاز	پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز
خشکی	۳	۲۵۵۹/۸۸*	۶۲۳/۲*	۸۶/۱۷۱*	۱/۴۷۳۲۴*	۲/۸۸۲۸*	۰/۰۰۱۳۴۲*
خطای آزمایش	۱۲	۱۴/۹۹	۱۸/۶۹	۲/۰۰۵	۰/۰۰۸۲۶	۰/۰۵۱۹	۰/۰۰۰۰۳۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۱۶	۷/۶	۱۸/۴۲	۱۲/۳۲	۲۱/۳۴	۱۷/۴۲

\* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش خشکی، محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت. به‌طوری‌که در تیمار تنش ۲۵ درصد، کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۳۳/۸۸ درصد) و بیشترین نشت الکترولیت (۱۴/۲۱ درصد) و غلظت مالون‌دی‌آلدئید (۱۴/۲۱ میکرومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال ارغوان تحت شرایط تنش خشکی

سطح تنش آبی (FC)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	نشت الکترولیت (درصد)	مالون‌دی‌آلدئید (μmol/gWF)	کاتالاز (μmol/min/gWF)	پراکسیداز (μmol/min/gWF)	آسکوربات پراکسیداز (μmol/min/gWF)
۱۰۰ درصد	۹۰/۷۴ <sup>a</sup>	۴۲/۵۶ <sup>c</sup>	۳/۲۷ <sup>d</sup>	۰/۱۶۶ <sup>d</sup>	۰/۳۴۷ <sup>d</sup>	۰/۰۱۲۵ <sup>c</sup>
۷۵ درصد	۸۳/۵۸ <sup>b</sup>	۵۲/۵۴ <sup>b</sup>	۸/۹۱ <sup>c</sup>	۰/۵۴۲ <sup>c</sup>	۰/۷۳۱ <sup>c</sup>	۰/۰۲۶۵ <sup>b</sup>
۵۰ درصد	۷۱/۰۴ <sup>c</sup>	۶۶/۰۱ <sup>a</sup>	۱۱/۳ <sup>b</sup>	۰/۸۴۷ <sup>b</sup>	۱/۴۶۹ <sup>b</sup>	۰/۰۲۸۵ <sup>b</sup>
۲۵ درصد	۳۳/۸۸ <sup>d</sup>	۶۹/۶۴ <sup>a</sup>	۱۴/۲۱ <sup>a</sup>	۱/۵۹۷ <sup>a</sup>	۲/۲۶۹ <sup>a</sup>	۰/۰۵۶۲ <sup>a</sup>

حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

مورفولوژیکی نهال به تنش کم آبی به‌عنوان مهم‌ترین سازوکار مقابله با خشکی و سازگاری با شرایط تنش است که موجب کاهش رویش ارتفاعی و قطری و زی‌توده کل می‌شود (Lei *et al.*, 2006). گیاهانی که در معرض تنش‌های خشکی و شوری قرار می‌گیرند، وزن خشک برگ و شاخساره کمتری نسبت به گیاهان شاهد دارند که به پیری و مرگ برگ در اثر تنش اسمزی مربوط می‌شود (De Herralde *et al.*, 1998). براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، وزن تر و خشک کل نهال با افزایش سطح خشکی کم می‌شود که با نتایج Nourozi Haroni و همکاران (۲۰۱۷) روی ارغوان و Li و همکاران (۲۰۰۰) در مورد اکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*) مطابقت دارد. Nourozi Haroni و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تنش خشکی باعث افزایش طول ریشه می‌شود. اندام‌های گیاه در شرایط خشکی دچار ضعف می‌شوند، اما اندازه ریشه نسبت به ساقه افزایش می‌یابد. نفوذ ریشه به لایه‌های پایین خاک در شرایط کم آبی را می‌توان از قابلیت‌های گیاه برای حفظ محتوای رطوبت درونی خود و مقابله با تنش خشکی دانست (Heidari *et al.*, 2015). به‌طور کلی، توانایی یک گیاه برای زنده ماندن در دوره‌های بدون بارش و مقاومت در برابر کاهش آب دریافتی، رابطه مستقیمی با تنظیم اسمزی دارد. تنش خشکی با محدود کردن جذب عناصر اولیه رشد می‌تواند باعث ضعف استقرار و کاهش زنده‌مانی گیاه شود (Nourozi Haroni *et al.*, 2017). باین وجود در پژوهش پیش‌رو، درصد زنده‌مانی فقط در تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) کم شد. پژوهش‌گران دیگری (Sternberg, 2012; Nourozi, 2017) نیز گزارش کردند که نهال‌های ارغوان، توانایی زیادی در برابر کمبود آب دارند. به‌طور کلی، ارغوان به‌عنوان گونه‌ای مقاوم و انعطاف‌پذیر برای کاشت در شرایط مختلف رویشگاهی شناخته شده است (Nourozi Haroni *et al.*, 2017).

براساس نتایج، با افزایش خشکی، محتوای نسبی آب برگ کم شد و درصد نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت که با نتایج Hashempour

نتایج دیگر نشان داد که تحت تأثیر تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز (به ترتیب ۱/۵۹۷، ۲/۲۶۹ و ۰/۰۵۶۲ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در تنش خشکی ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. همچنین، تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، کمترین مقدار فعالیت آنزیم‌های مذکور (به ترتیب ۰/۱۶۶، ۰/۳۴۷ و ۰/۰۱۲۵ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر) را داشت (جدول ۴).

## بحث

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های رشدی نهال‌های ارغوان (ارتفاع، سطح برگ، طول ریشه و وزن تر و خشک کل) داشت. در پژوهش‌های Nourozi Haroni و همکاران (۲۰۱۷) روی ارغوان و Yin و همکاران (۲۰۰۵) در مورد صنوبر (*Populus kangdingensis*) نتایج مشابهی گزارش شد. رشد گیاه، نتیجه تنظیم و تکمیل فرایندهای فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر تعدادی از عوامل محیطی قرار می‌گیرند و پاسخ گیاه به تنش را مشخص می‌کنند. اولین و حساس‌ترین واکنش گیاه به کمبود آب، کاهش در تورژسانس سلولی، تقسیم سلولی و فتوسنتز است که به دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ، سبب کاهش رشد گیاه می‌شود، بنابراین کاهش رویش ارتفاعی گیاه می‌تواند به دلیل کاهش در تورگر سلولی، رشد و تقسیم سلولی در پلاسمولیز سلول‌ها به‌ویژه در بافت ساقه و میان‌گره‌ها باشد (Rao *et al.*, 2008). سطح برگ، تعیین‌کننده مقدار تشعشع جذب‌شده توسط گیاه و در نتیجه، تعرق و تولید ماده خشک است. نتایج نشان داد که با افزایش سطح خشکی، سطح برگ کم می‌شود. پژوهش‌های پیشین نیز گزارش کردند که کاهش سطح برگ گیاه بر اثر تنش خشکی، در نتیجه کاهش تعرق و تقسیم سلولی و نیز طول شدن سلول‌های سطح برگ رخ می‌دهد (Jaleel *et al.*, 2009). پاسخ

(Djanaguiraman *et al.*, 2005). نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد که با پژوهش‌های انجام‌شده در مورد زیتون (*Olea europaea*) (Amini *et al.*, 2014) و اکالیپتوس (Hashempour, 2008) همخوانی دارد. در واقع، به نظر می‌رسد که گیاهان، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز را به‌عنوان یک سازوکار بیوشیمیایی برای مقابله با تنش خشکی افزایش می‌دهند (Mittler *et al.*, 2004). Asgharpour و همکاران (۲۰۱۷) با ارزیابی تحمل به خشکی در نهال‌های شیردار گزارش کردند که تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌شدت سبب افزایش مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌شود. تجمع گونه‌های اکسیژن فعال در طی تنش، بیشتر به تعادل بین تولید و غربالگری آن مربوط می‌شود که به تغییرات شرایط رشد (مانند شدت نور و دما)، شدت و دوره تنش و نیز توانایی بافت گیاه در سازگاری سریع برای تعادل انرژی بستگی دارد (Mittler *et al.*, 2004). بنابراین درک پاسخ‌های بیوشیمیایی و مولکولی گیاهان به تنش خشکی برای فهم جامع سازوکارهای مقاومت ضروری است (Hasanuzzaman & Fujita, 2011).

به‌طور کلی، با توجه به ارزیابی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نهال‌های ارغوان می‌توان گفت که این گونه تنش آبی تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی را با حداقل خسارت تحمل می‌کند، اما با توجه به رشد و عملکرد زیاد آن در تیمار ۷۵ درصد و نیاز روزافزون به نهال‌های قوی و سالم برای توسعه فضای سبز و احیای جنگل‌کاری در مناطقی که با محدودیت آبی روبرو نیستند، به تولیدکنندگان نهال‌های ارغوان توصیه می‌شود فقط در دو سال اول کاشت این گونه، آبیاری کمتر از ۷۵ درصد ظرفیت زراعی را در نظر بگیرند، اما پس از کاشت نهال در محل مورد نظر و یا در نهال‌های گل‌دانی می‌توان مقدار آب مصرفی را تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش داد تا گیاه بتواند با افزایش طول ریشه، نیاز آبی خود را تأمین کند.

(۲۰۰۸) در مورد اکالیپتوس (*Eucalyptus spp.*) و Asgharpour و همکاران (۲۰۱۷) در مورد شیردار (*Acer cappadocicum*) همخوانی دارد. محتوای نسبی آب برگ، شاخص مناسبی از وضعیت آب در گیاهان است و رابطه بین ویژگی‌های فیزیولوژیکی و سطح تحمل به خشکی را نشان می‌دهد، به طوری که این شاخص با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد و سبب تغییراتی در غشای سلولی و در نتیجه، افزایش نشت الکتروولت از سلول می‌شود (Fu *et al.*, 2004). کاهش در پتانسیل آب و تورژسانس بافت‌های گیاهی می‌تواند جزء پیامدهای اولیه تنش خشکی باشد که رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. درصد نشت الکتروولت بیانگر مقدار آسیب به غشای سلولی است. تنش غیرزنده باعث آسیب و تخریب غشاهای زیستی، افزایش نفوذپذیری و نشت الکتروولت‌ها و نیز غیرفعال شدن پروتئین‌های غشا می‌شود که از فعالیت فتوسنتزی یا میتوکندریایی و توانایی غشا پلاسمایی در به‌دست آوردن آب و مواد غذایی می‌کاهد و در نهایت، سبب مرگ سلول می‌شود (Kamali *et al.*, 2012). در پژوهش پیش‌رو، افزایش مالون‌دی‌آلدئید در بافت برگ‌های ارغوان تحت تنش خشکی نشان می‌دهد که سازوکارهای ترمیم سلولی با سازوکار تخریب ناشی از کمبود آب که تجزیه و بازیابی لیبیدهای غشا را تحت تأثیر قرار می‌دهد، همگام نیستند. در اثر تنش خشکی، پراکسیداسیون گلیکولیپیدهای تیلاکوئید کلروپلاستی اتفاق می‌افتد. به دنبال آن، دی‌آسیل‌گلیسرول، تری‌آسیل‌گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد تولید می‌شود و در نتیجه، مقدار مالون‌دی‌آلدئید در بافت گیاهی افزایش می‌یابد (Smirnoff, 1993).

گیاهان برای حفاظت از خود در برابر گونه‌های اکسیژن فعال دارای سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی هستند، به طوری که واکنش هم‌زمان آنزیم‌هایی مثل سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز برای غربال گونه‌های اکسیژن فعال ضروری است. سوپراکسیددیسموتاز ابتدا رادیکال سوپراکسید را به پراکسیدهیدروژن و سپس، کاتالاز/پراکسیداز آن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند

- enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedling. *Biological Trace Element Research*, 143(3): 1758-1776.
- Hashempour, F., 2008. Investigation of the effect of drought stress on nine *Eucalyptus* species. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran, 410p (In Persian).
  - Heidari, N., Poryousef, M. and Tavakoli, A., 2015. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 27(5): 829-839 (In Persian).
  - Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R., 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(1): 100-105.
  - Kamali, M., Kharazi, S.M., Selahvarzi, Y. and Tehranifar, A., 2012. Effect of salicylic acid on growth and some morphophysiological characteristics of *Gomphrena* (*Gomphrena globosa* L.) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science*, 26(1): 104-112 (In Persian).
  - Khan, A.S., Allah, S.U. and Sadique, S., 2010. Genetic variability and correlation among seedling traits of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(2): 247-250.
  - Lei, Y., Yin, C. and Li, C., 2006. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*, 127(2): 182-191.
  - Li, C., Berninger, F., Koskela, J. and Sonninen, E., 2000. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27(3): 231-238.
  - Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3): 389-398.
  - MacAdam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E., 1992. Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue: I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Plant Physiology*, 99(3): 872-878.
  - Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. and Van Breusegem, F., 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science*, 9(10): 490-498.
  - Nakano, Y. and Asada, K., 1981. Hydrogen peroxide
- ### منابع مورد استفاده
- Alizadeh, A., 2000. Soil, Water, Plant Relationship. Imam Reza University Press, Mashhad, 356 (In Persian).
  - Amini, Z., Moalemi, N.A. and Saadati, S., 2014. Effects of water deficit on proline content and activity of antioxidant enzymes among three olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 27(2): 156-167 (In Persian).
  - Asada, K., 1994. Mechanisms for scavenging reactive molecules generated in chloroplasts under light stress: 129-142. In: Baker, N.R. and Bowyer, J.R. (Eds.). *Photoinhibition of Photosynthesis: from Molecular Mechanisms to the Field*. Bios Scientific Publishers, Oxford, 471p.
  - Asgharpour, E., Azadfar, D. and Saeedi, Z., 2017. Evaluation of *Acer cappadocicum* Gled seedlings to drought stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(1): 1-11 (In Persian).
  - Boot, R., Raynal, D.J. and Grime, J.P., 1986. A comparative study of the influence of drought stress on flowering in *Urtica dioica* and *U. urens*. *Journal of Ecology*, 74(2): 485-495.
  - Chance, B. and Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidases: 764-775. In: Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. (Eds.). *Methods in Enzymology*, Volume 2. Academic Press, New York, 987p.
  - De Herralde, F., Biel, C., Savé, R., Morales, M.A., Torrecillas, A., Alarcón, J.J. and Sánchez-Blanco, M.J., 1998. Effect of water and salt stresses on the growth, gas exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants. *Plant Science*, 139(1): 9-17.
  - Dichio, B., Romano, M., Nuzzo, V. and Xiloyannis, C., 2002. Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees (cv Coratina). *Acta Horticulture*, 586: 255-258.
  - Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Annie Sheeba, J. and Bangarusamy, U., 2005. Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil*, 272(1): 77-86.
  - Fang, Y. and Xiong, L., 2015. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 72(4): 673-689.
  - Fu, J., Fry, J. and Huang, B., 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. *HortScience*, 39(7): 1740-1744.
  - Hasanuzzaman, M. and Fujita, M., 2011. Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers



- deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125(1): 27-58.
- Sternberg, P., 2012. Physiological and morphological basis for differences in growth, water use and drought resistance among *Cercis* L. taxa. Ph.D. thesis, Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 170p.
  - Wang, F., Zeng, B., Sun, Z. and Zhu, C., 2009. Relationship between proline and Hg<sup>2+</sup>-induced oxidative stress in a tolerant rice mutant. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(4): 723-731.
  - Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y. and Li, C., 2005. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress. *Physiologia Plantarum*, 123(4): 445-451.
  - Zahreddine, H.G., Struve, D.K. and Talhouk, S.N., 2007. Growth and nutrient partitioning of containerized *Cercis siliquastrum* L. under two fertilizer regimes. *Sciatica Horticulturae*, 112(1): 80-88.
  - is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5): 867-880.
  - Nourozi Haroni, N., Tabari Kouchaksaraei, M. and Sadati, S.E., 2017. Response of growth indices of Judas tree seedling to different irrigation periods. *Iranian Journal of Forest*, 8(4): 419-430 (In Persian).
  - Ranjbarfordoei, A., Samson, R., Van Damme, P. and Lemeur, R., 2000. Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. *Photosynthetica*, 38(3): 443-447.
  - Rao, P.B., Kaur, A. and Tewari, A., 2008. Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand. *Tropical Ecology*, 49(1): 43-52.
  - 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.
  - Smirnoff, N., 1993. Tansley Review No. 52. The role of active oxygen in the response of plants to water

## Effect of drought stress on morphophysiological and biochemical traits of purple (*Cercis siliquastrum* L.) seedlings

Z. Saeidi Abueshaghi <sup>1</sup>, B. Pilehvar <sup>2\*</sup> and S.V. Sayedena <sup>3</sup>

1- M.Sc. Student, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2\*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: pilehvar.b@lu.ac.ir

3- Ph.D. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 03.04.2021

Accepted: 03.04.2021

### Abstract

Purple (*Cercis siliquastrum* L.) is one of the most important species in landscaping and afforestation. Due to both ecological and economical values, knowledge on the water needs and resistance of purple to different levels of drought stress is essential. Therefore, an experiment in a completely randomized design with four levels of drought stress including field capacity 100% (control), 75% (mild stress), 50% (medium stress) and 25% (severe stress) was performed in greenhouse conditions to study the effect of drought stress on morpho-physiological and biochemical traits of purple seedlings. Results showed that severe drought stress decreased seedling height, leaf area, relative leaf water content (63.3, 77.7 and 62.6%, respectively) and increased electrolyte leakage and malondialdehyde concentration (63.6 and 334.5%, respectively) compared with plants in the control treatment. Drought stress level of 25% of field capacity increased root length by 42.1%. In addition, activity of catalase, peroxidase and ascorbate peroxidase enzymes (862, 553.9 and 349.6%, respectively) increased with increasing drought. The results also showed that only the level of drought stress of 25% of field capacity reduced the survival of seedlings by 55%. Therefore, this species was concluded to be able to withstand water stress up to 75% of field capacity without causing damage, while its growth and yield will be severely affected if the amount of water is reduced to the threshold of 25% of field capacity.

**Keywords:** Catalase, electrolyte leakage, peroxidase, relative leaf water content, seedling height.