ارزیابی مقاومت به خشکی نهال‌های زالزالک و محلب با تأکید بر پارامترهای بیوشیمیایی

پیمان اشکاوند[۱]، مسعود طبری کوچکسرایی[۲،*]، مهرداد زرافشار[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس
[۲] استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس
[۳] دانش‌آموخته دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: mtabari@modares.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۸)

چکیده

بی‌شک، شناسایی و معرفی گونه‌های مقاوم به خشکی به‌منظور احیاء جنگل‌های زاگرس باید مورد توجه محققان علوم جنگل قرار بگیرد. برای رسیدن به این مهم در یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با در نظر گرفتن سه سطح تیمار خشکی و پنج تکرار به شناسایی مکانیسم‌های مقاومت به خشکی نهال‌های زالزالک (*Crataegus aronia* L.) و محلب (*Prunus mahaleb* L.) پرداخته شد. سطوح تیمار شامل شاهد (آبیاری به اندازه ظرفیت زراعی)، تنش متوسط و پیوسته (آبیاری به اندازه ۵۰٪ ظرفیت زراعی) و تنش شدید و یک‌باره (قطع آبیاری) بود. یافته‌ها نشان داد که در هر دو گونه با افزایش شدت خشکی خاک، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آبی ساقه کاهش یافت. اگرچه محتوای کلروفیل کل برگ تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار نگرفت؛ اما محتوای کاروتنوئید در پاسخ به تنش خشکی کاهش یافت. به‌عنوان اسمولیت‌های سازگارکننده، می‌توان به افزایش غلظت اسید آمینه پرولین در محلب و در مقابل افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در گونه زالزالک اشاره کرد. با توجه به افزایش نرخ نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید در سطوح تنش خشکی می‌توان نتیجه گرفت که زالزالک با مجموعه راهکارهای مذکور قادر به تحمل تنش آبی متوسط و پیوسته خاک می‌باشد اما کاهش یک‌باره و آنی رطوبت خاک (قطع آبیاری) سبب بروز نشانه‌های تنش اکسیداتیو در این گونه می‌شود. هر چند که تنش آبی متوسط و پیوسته خاک موجب بروز نشانه‌های تنش اکسیداتیو در محلب می‌شود؛ اما قطع یک‌باره آبیاری، تبعات منفی چندانی به‌شدت آنچه که در مورد زالزالک مشاهده شد، برای آن در پی ندارد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، زالزالک، مالون‌دی‌آلدئید، محلب، نشت الکترولیت

مقدمه

جنگل‌های زاگرس بیش‌ترین سهم از جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده و در طی مدت طولانی همواره در معرض بهره‌کشی و آسیب‌های مختلف قرارداشته که این امر موجب نابودی جنگل در قسمت‌هایی و سیر قهقرایی در قسمت‌های دیگر شده است (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲). یکی از پایدارترین و مناسب‌ترین روش‌ها به‌منظور احیاء و

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

غنی‌سازی این ناحیه رویشی استفاده از گونه‌های بومی و چندمنظوره نظیر زالزالک و محلب می‌باشد (سخاوتی و همکاران، ۱۳۹۱؛ جهانبازی گوجانی و همکاران، ۱۳۸۵). با این‌حال یکی از مشخصه‌های اصلی و مهم جنگل‌های زاگرس که نقش مهمی در تأمین آب، تعدیل آب و هوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی کشور دارد کمبود بارندگی در طول دوره رویشی است. لذا تنش خشکی عمدتاً در طول دوره رشد گیاهان این مناطق حادث می‌شود؛ به‌ویژه در مراحل رویشی نهال که گیاه به همه عوامل محیطی و غیرمحیطی حساس است. این امر یکی از دلایل عدم موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری و محدود شدن تولید نهال در نهالستان‌ها و در نهایت محدود شدن احیاء این مناطق شده است.

متأسفانه با توجه به اهمیت موضوع فوق، روی گونه‌های جنگلی زاگرس تحقیقات محدودی در رابطه با پاسخ به خشکی آن‌ها انجام شده است. به‌عنوان مثال در تحقیقات حیدری و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی مناسب‌ترین دوره آبیاری نهال‌های کیکم (*Acer monspessulanum*) در نهالستان به این نتیجه رسیدند بین تیمارهای مختلف آبیاری دو، چهار، شش، نه و ۱۱ روز، نهال‌هایی که تیمار آبیاری هر چهار روز یک‌بار را تجربه کرده‌اند دارای درصد زنده‌مانی و شاخص کیفیت بالاتری هستند. میرزایی (۳۹۰) نیز به‌بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر نهال‌های خنجوک (*Pistacia khinjuk*) تحت تنش خشکی پرداختند. بر همین اساس همزیست‌کردن نهال با قارچ‌ها جهت افزایش موفقیت در استقرار و رشد گونه‌های نهال‌کاری‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس را پیشنهاد دادند. نظری و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی میزان تغییرات ترکیبات ثانویه‌ی سه گونه بلوط در جنگل‌های زاگرس تحت تأثیر تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که افزایش تانن در نهال‌های گونه برودار (*Quercus brantii*) سبب افزایش مقاومت به خشکی این گونه شده است.

مرور منابع حاکی از آن است که اطلاعاتی در مورد مکانیسم مقاومت به خشکی در رابطه با دو گونه زالزالک و محلب وجود ندارد؛ این درحالی‌است که از هر دو گونه برای احیاء و جنگل‌کاری استفاده می شود (Khatamsaz, 1992; Sabeti, 1976). معمول‌ترین کاربرد محلب یا آلبالو تلخه (*Prunus mahaleb* L.) استفاده از آن به‌عنوان پایه برای گیلاس و آلبالو است (قارونی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌دلیل مقاومت آن به انواع بیماری‌ها (گنجی‌مقدم و طلایی، ۱۳۸۵) و دارابودن شاخه‌های آویزان زیبا، اهمیت خاصی در جنگل‌کاری شهری و پارک سازی دارد (آقابیگی، ۱۳۷۴). میوه محلب در تولید محصولات فرعی (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲) و برگ و میوه آن در صنایع رنگ و عطر کاربرد دارد (Grae, 1974). از جنس زالزالک (*Crataegus*) نه‌تنها در باغ‌ها، مزارع و حاشیه جاده‌ها، بلکه به‌دلیل داشتن گل و میوه

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

زینتی در فضای سبز شهری استفاده می‌شود (میرزاده واقفی و همکاران، ۱۳۸۸). زالزالک زرد (*Crataegus aronia* L.) به‌دلیل تولید میوه قابل مصرف و نیز به‌عنوان گونه چندمنظوره مورد توجه در احیای جنگل‌های مخروبه زاگرس می‌باشد، افزون‌برآن، به‌دلیل خاردار بودن، بر اهمیت آن به‌عنوان گونه پیش‌آهنگ و پرستار افزوده می‌شود.

تنش خشکی فاکتور محیطی چند بعدی است به‌طوری که از سطح مولکولی در تک درخت تا سطح توده جنگلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yordanov *et al.*, 2000)؛ بااین حال گیاهان به‌ویژه ژنوتیپ‌های وحشی مکانیسم‌هایی جهت سازش در مقابله با آن پیدا کرده‌اند. فیزیولوژیست‌های گیاهی معتقدند با شناسایی برخی شاخص‌ها می‌توان به میزان سازگاری گیاهان به خشکی کسب آگاهی نمود که در این تحقیق سعی شده است از شاخص‌های محتوی نسبی رطوبت[1] (RWC) و پتانسیل آبی (برای درک شدت تنش خشکی)، شاخص‌های پرولین و کربوهیدرات‌های محلول (برای درک تعدیل اسمزی) و شاخص‌های نشت الکترولیت و مالون‌دی‌آلدئید (MDA) (برای درک شدت تنش اکسیداتیو) استفاده شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی تغییرات پارامترهای بیوشیمیایی نهال‌های زالزالک (*Crataegus aronia* L.) و محلب (*Prunus mahaleb* L.) در شرایط گلخانه اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، بافت، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت خاک مورداستفاده در آزمایشگاه خاک‌شناسی اندازه‌گیری شد. پس از مشخص شدن مشخصات فوق ظرفیت زراعی[2] خاک و وزن مرجع با استفاده از فرمول Saxton *et al* (1986) (رابطه ۱) تعیین شد تا میزان آبی که در قالب سطوح تیمار به هر گلدان لازم است داده شود (با توجه به FC مورد نظر) معین شود.

رابطه ۱: $\Psi_m = A\theta_v^{\ B}$

در این رابطه Ψ_m: پتانسیل ماتریس خاک بر حسب کیلوپاسکال، θ_v: مقدار رطوبت حجمی خاک برحسب مترمکعب بر مترمکعب و A و B ضرایبی هستند که می‌توان آن‌ها را به ویژگی‌های خاک ارتباط داد.

$$A= \exp^{[-4.369-0.0715(c)-4.88\times10\text{-}4(s)2-4.285\times10\text{-}5(s)2\ (c)]100}$$

$$B= -3.14-0.00222c^2-3.14\times 10^{-5}s^2c$$

در روابط بالا exp: عدد نپر (۲/۷۱۸)، C: درصد رس و S: درصد شن خاک می‌باشد.

[1] Relative water content

[2] Field Capacity

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

در این تحقیق بذر گونه‌های زالزالک و محلب از باغ بذر نهالستان جنگلی شهرستان مریوان تهیه و کاشته شد. سپس نهال‌های یک‌ساله همگن در اسفندماه ۱۳۹۱ (قبل از رویش و شکفتن جوانه‌ها) برای انجام آزمایش به گلخانه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس منتقل و در گلدان‌های شش لیتری کاشته شدند. شرایط گلخانه‌ی تحقیقاتی شامل دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب ۲۳ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۳۵ درصد و شدت نور ۱۵۰۰ لوکس (در ساعت ۱۳) بوده است. به‌منظور شبیه‌سازی خاک گلدان‌ها با خاک نهالستان از خاک با ترکیب لومی-شنی-رسی (۱:۲:۱) استفاده شد. مشخصات خاک مورداستفاده در تحقیق در جدول ۱ آمده است. نهال‌ها تا زمان شروع آزمایش تنش خشکی (خرداد ماه)، هر سه روز یک‌بار به‌اندازه ظرفیت زراعی آبیاری شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده در تحقیق

Table 1. Soil characteristics was used in research

characteristics	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	درصد رس Clay (%)	تخلخل ذرات Bulk density	PH pH	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل تعویض Exchangeable potassium (ppm)
	28	46	26	1.26	8.04	0.875	30.33	274.6

طراحی تیمارهای آبیاری

اعمال تیمارهای آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار تنش خشکی و با پنج تکرار انجام گرفت. تیمارهای خشکی شامل شاهد (آبیاری هر سه روز یک‌بار بر اساس ظرفیت زراعی)، تنش متوسط و پیوسته (آبیاری هر سه روز یک‌بار به اندازه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بر اساس وزن مرجع) و تنش شدید و یک‌باره (قطع آبیاری تا مشاهده اولین علایم در پیچش و پژمردگی برگ‌ها) بود. با توجه به تیمار خشکی شدید و شروع اولین علایم در پیچش و پژمردگی برگ، مدت آزمایش ۱۹ روز بود.

شاخص‌های مورد مطالعه

برای اندازه‌گیری پتانسیل آبی آوندچوبی در پایان آزمایش بر روی همه نهال‌ها در ساعت ۱۲ ظهر از دستگاه Pressure Chamber Skye, SKPM 1400, UK استفاده شد. محتوی نسبی رطوبت برگ

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

(RWC) نیز برای همه نهال‌ها با انتخاب جوان‌ترین برگ کاملاً بازشده از رابطه زیر محاسبه شد. در این رابطه FW: وزن برگ تازه،SW: وزن آماس برگ (اشباع) وDW: وزن برگ پس از خشکشدن است (Yang *et al*., 2007).

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times ۱۰۰$$

در انتهای آزمایش، پس از جمع‌آوری نمونه‌های برگ از نهال‌های مورد مطالعه، از روش Campos *et al*. (2009) برای اندازه‌گیری درصد نشت الکترولیت به‌عنوان شاخص آسیب غشای سلولی استفاده شد. محتوای کلروفیل و کاروتنوئید از روش Arnon (۱۹۴۹) اندازه‌گیری شد. محتوای پرولین با استفاده از روش Bates (1973) و کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها طبق روش آنترون (Anthron) اندازه‌گیری شد (به نقل از، زرافشار و همکاران، ۱۳۹۳). برای بررسی پراکسیداسیون لیپیدها جهت ارزیابی استرس اکسیداتیو، از اندازه‌گیری میزان مالون‌دی آلدئید تولیدشده در فرآیند پراکسیداسیون لیپید استفاده شد. برای این منظور پراکسیداسیون لیپیدها با اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدئید به‌روش Packer & Heath (1986) بررسی شد. شاخص‌های مورد بررسی و نقش آن‌ها در بیولوژی گیاه تحت تنش خشکی در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲- شاخص‌های مورد بررسی و نقش آن‌ها در تنش بیولوژیکی خشکی (Zarafshar et al., 2014)

Table 2. Measured indices and their roles in drought biological stress

پارامتر Parameters	مخفف Abbreviation	واحد Unit	توصیف Description
Xylem predawn water potential	Ψ_{stem}	MPa	Useful to describe the water status of plants before sunrise and the consequent starting of plant transpiration
Leaf relative water content	RWC	%	It indicates the relative degree of hydration of leaf tissues with respect to the maximum hydration potential. It is a complement of xylem stem water potential to assess the water status of plants
Electrolyte Leakage	EL	%	Ion leakage from plant tissues as indicative of damage in cell membranes
Chlorophyll and Carotenoids	-	$mg.g^{-1}$ FW	Chlorophylls indicate leaf greenness degree in relation to senescence-yellowing triggered by drought. Carotenoids are important antioxidants that help to prevent the accumulation of reactive oxygen species
Free proline	-	$mg.g^{-1}$ FW	It is a compound used as general indicator of stress at cellular level
Soluble Carbohydrates	-	$mg.g^{-1}$ FW	Both qualitative and quantitative changes in Soluble carbohydrates often accompany plant's responses to stress
Malondialdehyde	MDA	$mmol.g^{-1}$ FW	It is an indicator of lipid peroxidation related to stress symptoms

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد به‌طوری که پس از آزمودن نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Kolmogorov-Smitnov و همچنین همگن بودن آنها توسط آزمون همگنی واریانس‌ها (Leven) برای درک اثر "گونه" و "تیمارهای خشکی" تجزیه واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر ساده گونه و تیمار خشکی و همچنین اثرات متقابل آنها روی میزان پتانسیل آبی آوندچوبی معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش پتانسیل آبی در محلب بیشتر از زالزالک بود، به‌طوری که پتانسیل آبی در شرایط تنش شدید خشکی در نهال‌های زالزالک و محلب به‌ترتیب ۴۶ و ۶۵ درصد در مقایسه با نهال‌های کنترل خودشان کاهش یافت (شکل ۱). اثر ساده گونه و تنش کمبود آب بر میزان محتوای نسبی رطوبت برگ مؤثر بود به نحوی‌که محتوای نسبی رطوبت برگ در گونهٔ زالزالک کمتر از محلب بود و با افزایش تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ در هر دو گونه کاهش یافت. همچنین اثر متقابل معنی‌داری نیز بین گونه و رژیم آبی مشاهده نشد (جدول ۳). در مقایسه با نهال‌های کنترل هر گونه، میزان محتوای نسبی رطوبت برگ گونه زالزالک تحت تنش متوسط کمتر و تحت تنش شدید بیشتر از گونه محلب کاهش یافت (شکل ۱).

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که نرخ کلروفیل در برگ تحت تیمارهای آبیاری قرار نگرفت و فقط بین دو گونه اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد به‌طوری که در تمامی شرایط آبیاری نرخ کلروفیل برگ در گونه زالزلک بیشتر بود. از سوی دیگر اثر متقابل گونه و تیمارهای خشکی نیز برای این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۳). میزان کاروتنوئید در برگ تحت تأثیر تنش خشکی و گونه قرار گرفت، در حالی‌که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. در هر دو گونه میزان کاروتنوئید با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۲). در مورد گونه محلب بین شدت خشکی متوسط و شدید اختلاف معنی‌دار آماری ثبت نشد در حالی‌که در گونه زالزلک با افزایش شدت خشکی میزان کارتنوئید نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در مقایسه با نهال‌های کنترل هر گونه، میزان کارتنوئید در برگ گونه زالزالک تحت تنش متوسط کمتر از گونه محلب تحت تأثیر قرار گرفت.

نتایج آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که اثر تنش خشکی، گونه و اثرات متقابل آن‌ها در میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکترولیت و مالون‌دی‌آلدهید معنی‌دار است (جدول ۳). در رابطه با

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

پرولین بیشترین میزان آن در برگ نهال‌های محلب تحت تنش شدید خشکی (۶۱ درصد افزایش در مقایسه با نهال‌های شاهد محلب) ثبت شد. نهال‌های محلب با دریافت سیگنال‌های خشکی میزان این اسید آمینه را در برگ‌های خود بیشتر از زالزالک افزایش داد. از سوی دیگر بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ نهال‌های زالزالک تحت تنش شدید خشکی ثبت شد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، غلظت کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌های بالغ و کاملاً توسعه‌یافته نهال‌های زالزالک افزایش بیشتری نسبت به محلب داشت. در مورد گونه زالزالک اگرچه تنش خشکی با شدت متوسط باعث تغییر میزان نشت الکترولیت در سلول‌های گیاهی آن نشد ولی تنش خشکی شدید و آنی (قطع آبیاری) به‌میزان قابل توجهی باعث تحلیل دیواره سلولی و به دنبال آن افزایش معنی‌دار نشت الکترولیت شد. در مورد گونه محلب نیز با اعمال تنش خشکی و افزایش شدت آن، میزان نشت الکترولیت افزایش معنی‌دار نشان داد. نتایج نشان داد که میزان شاخص مالون‌دی‌آلدئید در پاسخ به تنش خشکی در گونه محلب افزایش معنی‌دار داشت ولی با این وجود بین خشکی با شدت متوسط و شدید اختلاف معنی‌دار آماری برای این گونه ثبت نشد (شکل ۲). با کاهش شدید محتوای رطوبتی آب خاک در تیمار قطع آبیاری، غلظت مالون‌دی‌آلدئید در برگ‌های بالغ نهال‌های زالزالک افزایش بیشتری نسبت به محلب داشت.

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس دوطرفه با دو عامل اصلی گونه و تنش خشکی

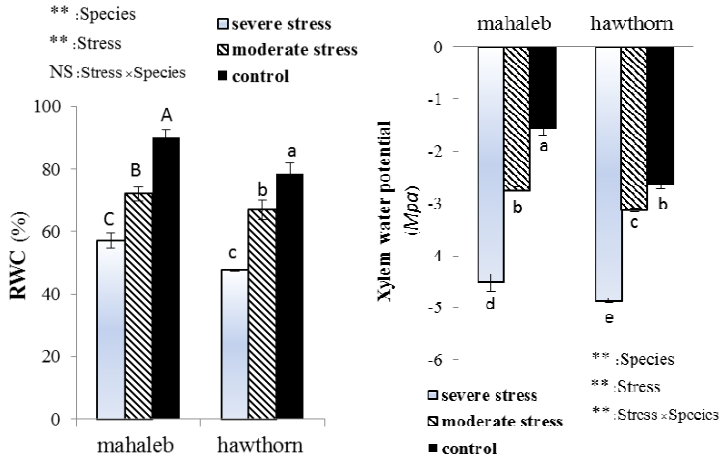
Table 3. The two-way ANOVA reuslts with spcies and drought stress as fixed factores

خطا Error	گونه×تنش Species×Stress		گونه Species		تنش Stress		ویژگی‌های مطالعاتی Characteristics of Study
MS	F	MS	F	MS	F	MS	
0.015	16.603*	0.244	106.842*	1.572	710.578*	10.457	Xylem predawn water potential
20.15	0.79 ns	16.04	17.05*	343.7	75.72*	1526.3	RWC
0.000	2.989 ns	0.000	531.624*	0.000	2.219 ns	0.000	Total chlorophyll
0.008	1.091 ns	0.009	504.938*	4.024	21.489*	0.171	Carotenoids
23.98	8.28*	198.8	92.94*	2229	85.71*	2056.01	Electrolyte Leakage
0.000	4.636*	0.002	89.866*	0.041	30.750*	0.014	MDA
0.000	330.423*	0.000	757.604*	0.001	660.448*	0.001	Free proline
0.000	17.284*	0.000	17.223*	0.000	138.412*	0.000	Soluble Carbohydrates

** و ns به‌ترتیب مبین معنی‌داری و عدم معنی‌داری در سطح ۵٪

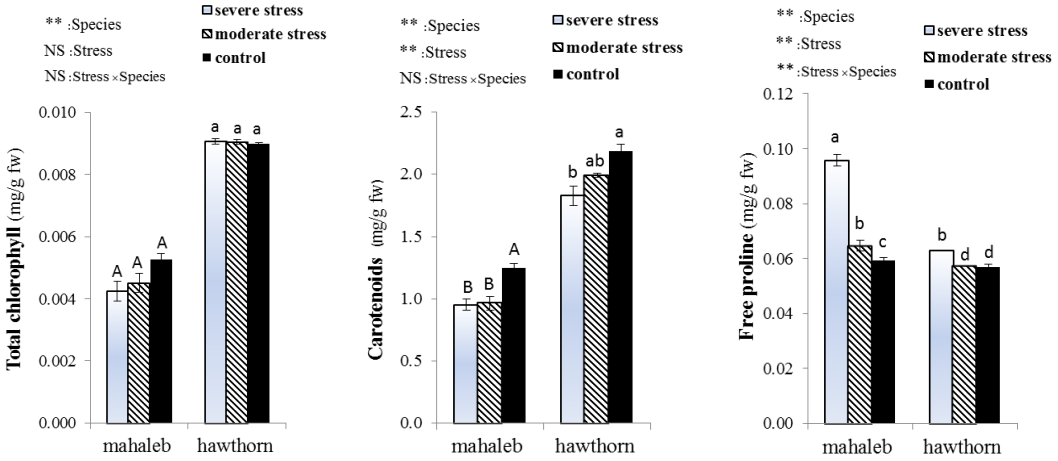
respectively * and ns represents significant at 5% level and not significant

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

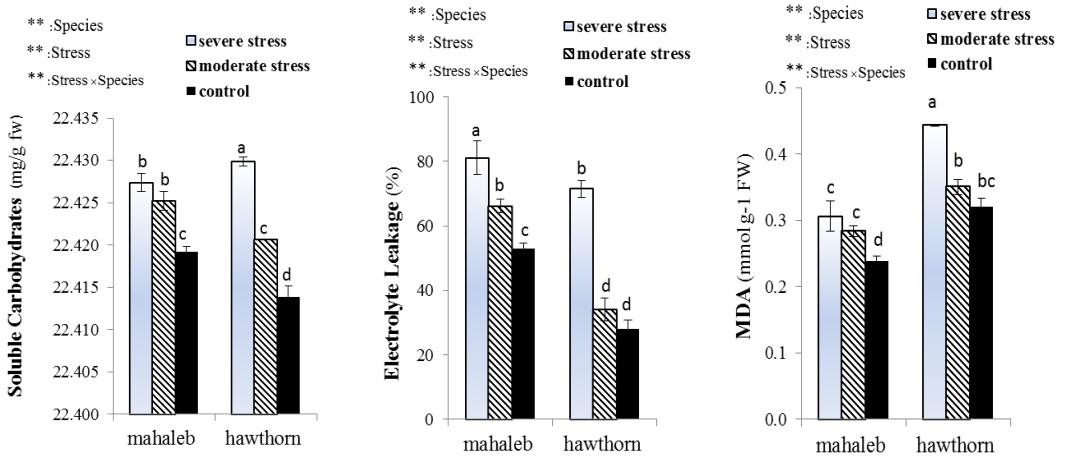


شکل ۱- شاخص‌های فیزیولوژی تحت تأثیر تنش خشکی و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است. خلاصه نتایج تجزیه واریانس دوطرفه در سه سطح تیمار خشکی و دو گونه زالزالک و محلب ارائه شده است (**: معنی‌داری در سطح ۵ درصد وns: عدم معنی‌داری).

Figure 1. The effect of drought stress on physiological indexes and the results of mean comparison by Duncan's test. Similar letters indicate insignificant differences. Summary of two-way ANOVA results with three drought treatments and two species are presented. (Respectively, ** and ns: significant at 5% level and no significant)



[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]



شکل ۲- پارامترهای بیوشیمیایی تحت تأثیر تنش خشکی و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون Duncan در سطح اطمینان ۹۵٪. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است. خلاصه نتایج تجزیه واریانس دو طرفه در سه سطح تیمار خشکی و دو گونه زالزالک و محلب ارائه شده است (**: معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری).

Figure 2. The effect of drought stress on biochemical indexes and the results of mean comparison by Duncan's test. Similar letters indicate insignificant differences. Summary of two-way ANOVA results with three drought treatments and two species are presented. (Respectively, ** and ns: significant at 5% level and no significant)

بحث و نتیجه‌گیری

واکنش‌های فیزیولوژی در برابر تنش نقش مهمی در ماندگاری گیاه ایفا می‌کنند (Zhang *et al.*, 2004). محتوای نسبی رطوبتی برگ، در حقیقت شاخصی است که بر اساس آن وضعیت آب سلول برگ ارزیابی می‌شود (Fu *et al.*, 2004) و بی‌شک با کاهش مقدار رطوبت برگ در طی تنش خشکی کاهش آماس سلولی و در پی آن کاهش بیوماس برگ اتفاق می‌افتد (Wang *et al.*, 2012). همانند پژوهش‌های پیشین روی گلابی وحشی (جوادی و بهرام‌نژاد، ۱۳۸۹)، بادام (Barzegar *et al.*, 2012) و سیب (Jie *et al.*, 2013)، در پژوهش پیش رو نیز سیر نزولی در محتوای نسبی رطوبت برگ نهال‌های هر دو گونه در پاسخ به افزایش شدت تنش خشکی مشاهده شد.

گیاهان در مقابل تنش خشکی پتانسیل آبی خود را کاهش می‌دهند (Gindaba *et al.*, 2004) و گونه‌های مقاوم‌تر دارای ثبات و پایداری بیشتری بوده و پتانسیل آبی خود را کمتر کاهش می‌دهند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). همانند نتایج Rieger *et al* (2003) روی دو گونه آلوچه (*Prunus ferganensis* و *P. persica*) و Ranjbarfordoei *et al*. (2013) روی گونه قیچ (*Calligonum comosum*)، در تحقیق حاضر، در شرایط تنش خشکی کاهش پتانسیل آبی نهال در هر دو گونه مشاهده شد و این کاهش در نتیجه تنش خشکی شدید در محلب بیشتر از زالزالک

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

بود. در این تحقیق تنش خشکی در مورد دو گونه تأثیری معنی‌داری بر میزان کلروفیل نداشته است. اصولا، به هنگام تنش خشکی فعالیت فتوسنتز محدود می‌شود و در کلروپلاست برخی اکسیژن‌های فعال از قبیل رادیکال سوپراکسید (O^{2-})، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (-OH) افزایش می‌یابد (Foyer *et al*., 1994; Asada *et al*., 1999). همچنین، حضور اکسیژن‌های فعال در کلروپلاست باعث تجزیه و تخریب رنگیزه‌های گیاهی می‌شود (Sairam *et al*., 2002) با این حال، به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر میزان گونه‌های اکسیژن فعال توسط سیستم آنتی‌اکسیدانتی گیاه مدیریت‌شده و میزان آن‌ها به‌قدری نبوده که کلروفیل a و b را تخریب کند. ترحمی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کرده است که حفظ کلروفیل و عدم تخریب و تجزیه آن در طی تنش خشکی نشان از مقاومت یک گونه به این استرس محیطی است. افزایش میزان کارتنوئید در برگ برخی گیاهان تحت استرس خشکی و نقش آنتی‌اکسیدانتی آن پیش از این گزارش شده است (Inze & Montagu, 2003; Zarafshar *et al*., 2014) ولی در این تحقیق کاهش معنی‌دار این رنگدانه گیاهی برای هر دو گونه در پاسخ به کاهش رطوبت خاک ثبت شد.

نتایج حاضر نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی غلظت پرولین در برگ نهال‌های محلب افزایش چشم‌گیرتری نسبت به زالزالک دارد لذا به‌نظر می‌رسد که تعدیل اسمزی در این گونه با افزایش پرولین صورت می‌گیرد (آقایی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۸). در مقابل، با افزایش شدت تنش خشکی غلظت کربوهیدرات های محلول در برگ نهال‌های زالزالک افزایش بیشتری نسبت به محلب نشان داد که به‌نظر می‌رسد تعدیل اسمزی در این گونه با افزایش کربوهیدرات های محلول صورت می‌گیرد که البته پیش از این در گونه‌های اکالیپتوس (شریعت و عصاره، ۱۳۸۷) و ارقام گلابی (جوادی و همکاران، ۱۳۸۳) نیز گزارش شده است.

میزان تخریب غشای سیتوپلاسمی با افزایش درصد نشت الکترولیت مرتبط است (De Diego *et al*., 2012؛ اعتمادی و همکاران، ۱۳۹۲). در این تحقیق مشخص شد که آبیاری تا ظرفیت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به مدت ۱۹ روز (تنش متوسط و پیوسته) سبب تخریب غشای سیتوپلاسمی گونه زالزالک نشد این در حالی است که این آسیب به‌دنبال افزایش نشت الکترولیت در نهال‌های محلب تحت استرس متوسط مشاهده شد. از سوی دیگر، در پاسخ به تنش قطع آبیاری (تنش شدید) غشای سیتوپلاسمی در گونه زالزالک آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به محلب نشان داد.

مالون‌دی‌آلدئید شاخصی است که می‌توان از طریق آن مقدار تخریب پراکسیداسیون لیپید را مورد ارزیابی

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

قرار داد (Chaves *et al*., 2003; Shao *et al*., 2009). در این تحقیق اگرچه تحت تنش متوسط و پیوسته، میزان مالون‌دی‌آلدئید در گونه زالزالک در مقایسه با شاهد تغییر نکرد اما در شرایط تنش آنی و یک‌باره (تنش شدید) به‌دنبال افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید، تخریب پراکسیداسیون لیپیدها در زالزالک بیشتر از محلب رخ داد.

در مجموع، آنچه که از نتایج بر می‌آید در هر دو گونه با افزایش شدت خشکی خاک، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آبی ساقه کاهش یافت. محتوای کلروفیل هر چند که تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار نگرفت اما در گونه زالزالک به‌مراتب بیشتر از محلب بود که این امر خطر تنفس نوری و تولید رادیکال‌های آزاد را در زالزالک در شرایط کمبود آب نسبت به محلب افزایش می‌دهد. اما بالاتربودن محتوای کاروتنوئیدها در زالزالک می‌تواند نقش کمکی در مقابله با تخریب فتوسیستم دو داشته باشد. در مورد تأثیر تنش خشکی بر محتوای اسمولیت‌ها می‌توان اذعان داشت که در محلب افزایش تنش کمبود آب موجب افزایش غلظت پرولین شد و در مقابل در زالزالک این امر با افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول همراه بود.

در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از نرخ نشت الکترولیت و غلظت مالون‌دی‌آلدهید می‌توان جمع‌بندی کرد که نهال‌های زالزالک با مجموعه راهکارهای مذکور قادر به تحمل شرایط کمبود آب متوسط و پیوسته[1] در خاک می‌باشد اما کاهش یک‌باره و آنی رطوبت خاک[2] موجب ظهور علائم تنش و افزایش آسیب‌های ناشی از آن در این گونه می‌شود. در محلب هر چند که تنش آبی متوسط و پیوسته در خاک موجب بروز نشانه‌های تنش اکسیداتیو در آن می‌شود اما قطع یک‌باره آبیاری آثار سوء زیادی همانند آنچه در زالزالک دیده شد برای محلب در برندارد.

[1] Gradual stress
[2] Accidental stress

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

منابع

اعتمادی، ا.، فیاض، پ. و ذوالفقاری، ر. ۱۳۹۲. واکنش فتوسنتزی دو گونه سپیدار (*Populus alba* L.) و شالک (*Populus nigra* L.) نسبت به افزایش سرب در محیط کشت‌آبی. مجله جنگل ایران، ۵(۱): ۷۵-۶۵.

آقابیگی، ف. ۱۳۷۴. درختان و درختچه‌های سودمند و قابل کشت در ایران، انتشارات فلاحت ایران. اصفهان، مؤسسه چاپ الهادی قم، ۱۰۰ ص.

آقائی سربرزه، م.، رجبی، ر.، حقپرست، ر.، محمدی، ر. ۱۳۸۸. مطالعه تغییر محتوی پرولین، خسارت غشاء سلولی و تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم (*Triticum turgidum* var. durum) در شرایط کنترل‌شده. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۲(۳): ۳۴۷-۳۵۴.

ترحمی، گ.، لاهوتی، م. و عباسی، ف. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروزک. فصلنامه علوم‌زیستی دانشگاه آزاد زنجان، ۲(۳): ۷-۱.

جزیره‌ای، م. ح. و ابراهیمی رستاقی، م. ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۶۰ ص.

جوادی، ت.، ارزانی، ک.، ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۸۳. بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در نه ژنوتیپ گلابی آسیایی (*Pyrus seratonia*) تحت تنش خشکی. مجله زیست‌شناسی ایران. ۱۷(۴):۳۸۷- ۳۶۹.

جهانبازی گوجانی، ح.، ایرانمنش، ی.، و طالبی، م. ۱۳۸۵. توان جنگل‌های استان چهار محال و بختیاری در زمینه تولید بذر بنه و اثر اقتصادی آن بر زندگی جنگل‌نشینان. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۴(۲): ۱۵۹-۱۶۷.

حیدری، م.، عطارروشن، س. و عبدلله‌زاده، ص. ۱۳۸۹. تعیین دوره آبیاری نهال‌های کیکم (*Acer monspessulanum*) در نهالستان دره‌شهر- استان ایلام. مجله تحقیقات منابع تجدید شونده، ۱(۲): ۵۹-۷۱.

سخاوتی، ن.، حسینی، م. س.، اکبری‌نیا، م. و رضایی. ا. ۱۳۹۱. اثر جیبرلیک همراه با سرمادهی جهت رفع خواب و افزایش جوانه‌زنی بذر بدون پوست و با پوست محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill). دوفصلنامه علمی– پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۹(۱): ۲۰۴-۱۹۲.

شریعت، آ.، عصاره، م.ح. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر رنگیزه‌های گیاهی، پرولین، قندهای محلول و پارامترهای رشد چهار گونه از اکالیپتوس. پژوهش و سازندگی، ۲۱(۸۷): ۱۴۸-۱۳۹.

قارونی، ت.، زمانی، ذ. ا. و بوذری، ن. ۱۳۹۱. تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های محلب (*Prunus mahaleb* L.) بر اساس صفات مورفولوژیکی و نشانگرهای RAPD. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۸(۱): ۷۲۱-۷۱۷.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع.، نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ ص.

گنجی‌مقدم، ابراهیم و علیرضا طلایی. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی در توده‌های جمع‌آوری شده محلب (*Prunus mahaleb* L.) با استفاده از خصوصیات مرفولوژیک. نهال و بذر، ۲۲(۱): ۴۱-۲۹.

میرزاده واقفی، س. س.، جم‌زاده، ز.، جلیلی، ع. و نصیری، م. ۱۳۸۸. بررسی شکستن خواب بذر و تشدید جوانه‌زنی در سه گونه زالزالک (*Crataegus persica, C. aminii, C. babakhanloui*). فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۴): ۵۵۹-۵۴۴.

میرزایی، ج. ۱۳۹۰. شناسایی قارچ‌های میکوریزی آربسکولار همزیست با درختان بنه (*Pistacia atlantica*) و خنجوک (*P. khinjuk*) در استان ایلام و اثرات آن‌ها بر رشد نهال‌های تحت تنش خشکی. رساله دکترا گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۷ ص.

نظری، م.، ذوالفقاری، ر. و فیاض، پ. ۱۳۹۲. میزان تغییرات ترکیبات ثانویه تحت تنش خشکی در نهال‌های بلوط برودار، دارمازو و وی‌ول. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶(۱): ۱۴-۱.

زرافشار، م.، اکبری‌نیا، م.، عسگری، ح.، حسینی، س. م. و رهایی. ۱۳۹۳. تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در نهال‌های گلابی وحشی (*Pyrus boisseriana*) در پاسخ به تغییرات آبیاری. مجله زیست‌شناسی کاربردی، در حال چاپ.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1): 1-15.

Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Annual Review of Plant Biology, 50(1): 601–639.

Barzegar, K., Yadollahi, A., Imani, A. & Ahmadi, N. 2012. Influences of severe water stress on photosynthesis, water use efficiency and proline content of almond cultivars. Journal of Applied Horticulture, 14(1).

Bates, L., Waldren, R.P. & Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39(1): 205-207.

Campos, P.S., Quartin, V., Ramalho, J.C. & Nunes, M.A. 2009. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea sp*. Plants. Journal of Plant Physiology, 160(3): 283–292.

Chaves, M.M., Maroco, J.P. & Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30(3): 239–264.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

De Diego, N., Pérez-Alfocea, F., Cantero, E., Lacuesta, M. & Moncaleán, P. 2012. Physiological response to drought in radiata pine: phytohormone implication at leaf level. Tree physiology, 32(4): 435–449.

Foyer, C.H., Descourvieres, P. & Kunert, K.J. 1994. Protection against oxygen radicals: An important defense mechanism studied in transgenic plants. Plant, Cell and Environment, 17(5): 507-523.

Fu, J., Fry, J. & Huang, B. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. HortScience, 39(7): 1740–1744.

Gindaba, J., Rozanov, A. & Negash, L. 2004. Response of seedlings of two *Eucalyptus* and three deciduous tree species from ethiopia to severe water stress. Forest Ecology and Management, 201(1): 119- 129.

Grae, I. 1974. Nature's Colors: Dyes from Plants. MacMillan Publisher, New York, 229 p.

Heath, R.L. & Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 125(1): 189-198.

Inze, J. & Montagu, M.V. 2003. Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Carnawell Great Britain, 321 p.

Jie, Z., Yuncong Y., Streeter, J.G. & Ferree, D.C. 2013. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phophorus absorb in different section of leaves and stem of Fugi/M. 9EML, a young apple seedling. African Journal of Biotechnology, 9(33): 5320-5325.

Khatamsaz, M. 1992. Pyrus L. Flora of Iran, 6: 181-200.

Ranjbarfordoei, A., Vandamme, P. & Samson, R. 2013. Some ecophysiological characteristics of artà (Calligonum comosum L' Hérit) in response to drought stress. Forest Science and Practice, 15(2): 114–120.

Rieger, M., Bianco, R.L. & Okie, W.R. 2003. Responses of Prunus ferganensis, Prunus persica and two interspecific hybrids to moderate drought stress. Tree physiology, 23(1): 51-58.

Sabeti, H. 1976. Forests, trees and shrubs of Iran. Tehran, Ministry of Agriculture and Natural Resources.

Sairam, R.K., Roa, K.V. & Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163(5): 1037-1046.

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.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Panneerselvam, R., & Shao, M.A. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology, 29(2): 131-151.

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.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q., and Yin, H.J. 2007. Influence of water stress and low irradianceon morphological and physiological characteristicsof *Picea asperata* seedlings. Photosynthetica, 45(4): 613-619.

Yordanov, I., Velioka, V. & Tsonev, A. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. Photosynthetica, 38(2): 171-186.

Zarafshar, M., Akbarinia, M., Askari, H., Hosseini, S.M., Rahaie, M., Struve, D., & Striker, G.G. 2014. Morphological, physiological and biochemical responses to soil water deficit in seedlings of three populations of wild pear tree (*Pyrus boisseriana*). Biotechnology Agronomy Society and Environment, 18:353-366

Zhang, X., Zang, R., Li, C. 2004. Population differences in physiological and morphological adaptations of *Populus davidiana* seedlings in response to progressive drought stress. Plant Science, 166(3): 791–797.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

Journal of Zagros Forests Researche, 1(1), Spring & Summer, 2014

Assessment of drought resistance in hawthorn and mahaleb seedlings with emphasis on biochemical parameters

Peyman Ashkavand[1], Masoud Tabari[2,*], Mehrdad Zarafshar[3]

[1] *M'Sc. Student Department of Forestry Faculty of Natural Resources Tarbiat Modares University, Iran*
[2] *Professor Department of Forestry Faculty of Natural Resources Tarbiat Modares University, Iran*
[3] *Ph.D Graduated, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources Tarbiat Modares University, Iran*
[*] Corresponding author, E-mail address: mtabari@modares.ac.ir

(Received: 2014.08.11 - Accepted: 2014.09.09)

Abstract

Undoubtedly, identifying and introducing drought resistant species for reforestation of the Zagros forests should be considered by forest specialists.,the current research identified mechanisms of drought tolerance in Hawthorn (*Crataegusaronia*L.) and Mahaleb (*Prunusmahaleb* L.) seedlings in a greenhouse experiment using a completely randomized design. The experiment contained 3 stress treatments with 5 replications each. The treatments were soil moisture as control (based on field capacity), moderate stress (based on 50% field capacity) and severe stress (water withholding). Our findings showed that relative water content and stem water potential decreased in both species with increasing of drought severity. Although the total chlorophyll content was no affected by drought stress, carotenoid content was declined in response to the stress. Proline and total soluble carbohydrate concentration, as osmotic adjustments, increased in both species. According to electrolyte leakage and malondialdehyde results, we concluded that Hawthorn can tolerate moderate and gradual drought stress by the means of some adaptations but accidental water withholding stress leads to oxidative stress in this species. On the other hand, although moderate and gradual drought stress leads to oxidative stress on the Mahaleb, but accidental water withholding stress did not have the same course of negative effect as it had on Hawthorn.

Keywords: Electrolyte leakage, Hawthorn, Mahaleb, Malondialdehyde, Proline

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

Translated References

Aghabaeigi, F. 1995. Trees and shrubs advantageous and cultivable in Iran. Published Falahat Iran, Esfahan, 100 Pages. (In Persian).

Etemadi, E., Fayyaz, P. & Zolfaghari, R. 2013. Photosynthetic reactions of two species of aspen (*Populus alba* L.) and cottonwood (*Populus nigra* L) to lead increment in hydroponic medium. Iranian Journal of Forest, 5(1): 65-75. (In Persian with English Abstract).

Ganji Moghadam, E., Talaie, A. 2006. Investigation on Genetic Diversity in Mahaleb (*Prunus mahaleb* L.) Populations using morphological characters. Seed and Plant Improvement Journal, 22(1): 29-41. (In Persian with English Abstract).

Gharooni, T., Zamani, Z. & Bouzari, N. 2012. Genetic variation of mahaleb (*prunus mahaleb* L.) genotypes based on morphological traits and rapd primers. Seed and Plant Improvement Journal, 28(4): 717-721. (In Persian with English Abstract).

Heidari, M., Attar Roshan, S. & Abdolahzade, S. 2010. Determining the suitable irrigation period of *Acer monspessulanum* sapling in Dareh-Shahr Nursery-Ilam. Natural-Resources reaserch, 1(2): 59-71. (In Persian with English Abstract).

Jahanbazi, H., Iranmanesh, Y. & Talebi, M. 2006. Seed production potential of pistachio forests of Chaharmahal va Bakhtiari province and its economical effects on dwellers welfare. Iran Journal of Forest and Poplar Research, 14(2): 159-167. (In Persian with English Abstract).

Javadi, T., Arzani, K. & Ebrahimzadeh, H. 2004. Evaluation of soluble carbohydrates and proline nine pear cultivars under drought stress. Journal of Iranian Biology, 17(4): 369-387. (In Persian with English Abstract).

Jazireie, M.H. & Ebrahimi Rastaghi, M. 2003. Zagros Silviculture. Published Tehran University, Tehran. (In Persian).

Kafi, M., borzouey, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. & Nabati, J. 2009. Environmental Stress Physiology of Plants. Jahad Daneshgahi Mashhad press, 502 Pages. (In Persian).

Mirzadeh Vaghefi, S.S., Jamzad, Z., Jalili, A. & Nasiri, M. 2010. Study on dormancy breakage and germination in three species of Hawthorn (*Crataegus aminii*, *C. persica* and *C. babakhanloui*). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(4): 553-559. (In Persian with English Abstract).

Mirzaei, J. 2011. Identification of arbuscular mycorrhizal fungi associated with pistacia atlantica and P. khinjuk in Ilam province and their effects on seedlings growth under drought stress. Ph.D thesis, Forestry Department, Faculty of Natural Resources. Tarbiat Modares University, 157 pages. (In Persian with English Abstract).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]

Nazari, M., zolfaghari, R. & fayaz, P. 2013. Rate of change in second composition of *Quercus infectoria, Q. libani* and *Q. Brantii* seedlings under drought stress. Journal of Forest and Wood Product, 66(1): 1-14. (In Persian with English Abstract).

Sekhavati, N., Hoseini, M., Akbarinia, M., & Rezaei, A. 2011. Effects of gibberellic acid and cold stratification on seed dormancy and seed germination on seeds with and without coat of *Cerasus mahaleb* (L.) Mill. Iranian Journal of Rangelands and Forest Plant Breeding and Genetic Research, 19(1): 192-204. (In Persian with English Abstract).

Shariat, A. & Assareh, A.H. 2008. Effects of drought stress on pigments, prolin, soluble sugar and growth parameters on four eucalyptus species. Pajoihesh & Sazandagi, 78(1): 139-148. (In Persian with English Abstract).

Tarahomi, G., Lahoti, M. & Abasi, F. 2010. Effects of drought stress on soluble sugars, chlorophyll and potassium in *Salvia leriifolia* Benth plants. Journal of Biological Sciences Zanjan Azad University, 3(2): 1-7. (In Persian with English Abstract).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-05-09]