

## ارزیابی تحمل به خشکی نهال‌های افرا شیردار (*Acer cappadocicum Gled*)

الهام اصغرپور\*، داوود آزادفر و زهره سعیدی

گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده علوم جنگل

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۸



### چکیده

افرا شیردار (*Acer cappadocicum Gled*) یکی از گونه‌های صنعتی و مهم جنگل‌های هیرکانی می‌باشد که دارای پراکنش وسیعی است. با توجه به تغییرات اقلیمی در چند دهه اخیر که افزایش گرمایش جهانی و خشکی از پیامدهای آن است و نیز ارزش اکولوژیکی و اقتصادی گونه افرا شیردار، آگاهی از نیاز آبی و میزان مقاومت این گونه نسبت به سطوح مختلف تنش خشکی ضروری بنظر می‌رسد. به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر روی ویژگی‌های رویشی، مورفولوژیکی برگ و فیزیولوژیکی نهال‌های یکساله، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح ظرفیت زراعی شامل ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ (شاهد)، ۷۵٪ (تنش ملایم)، ۵۰٪ (تنش متوسط) و ۲۵٪ (تنش شدید) در شرایط اتاقک رشد انجام شد. نتایج نشان داد که از میان ویژگی‌های مورد مطالعه، تنش خشکی بیشترین اثر را روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی داشت. تشدید تنش خشکی موجب تغییر میزان کلروفیل b، فعالیت آنزیم پراکسیداز و نشت الکترولیت و کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، درحالی‌که روی ویژگی‌های مورفولوژیکی برگ تأثیری نداشت. همچنین از میان خصوصیات رویشی تنش خشکی باعث کاهش میزان آب برگ شد. براساس نتایج این تحقیق و باتوجه به بافت خاک سیلت لوم مورد استفاده، می‌توان آستانه پاسخ به تنش خشکی را در این گونه، ظرفیت زراعی ۵۰٪ معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: افرا شیردار، نیاز آبی، ویژگی‌های رویشی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۵۱۷۲۴۷، پست الکترونیکی: easgharpour@gmail.com

### مقدمه

خشکی عکس‌العمل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند که شامل تغییر در تمام جنبه‌های رشد از جمله آناتومی، فیزیولوژی، مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه می‌باشد (۱۰). تنش طولانی آب موجب کاهش اندازه گیاه می‌شود (۱۵). بررسی‌ها نشان داد که تنش خشکی در گونه‌های بنه، خنجوک، *Acer mono* و *Acer buergerianum* Miq. موجب کاهش رشد ارتفاعی و قطر یقه گردید (۲۰، ۵۶، ۳۸). درختان در مکان‌هایی که با تنش خشکی رو به رو هستند با تغییر در مورفولوژی برگ و کاهش تاج پوشش خود با محیط تطابق پیدا می‌کنند (۳۹). رشد برگ‌ها به حدی نسبت به تنش آب حساس است که می‌توان از آن بعنوان شاخص نیاز آبی گیاه برای آبیاری استفاده کرد

یکی از مهمترین مسائل قرن حاضر، مسئله گرمایش جهانی است (۱۶). خشکسالی یا کاهش آب قابل دسترس یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که می‌تواند به صور گوناگون مانند کمبود بارش، کاهش دبی رودخانه‌ها و کاهش حجم منابع آب مشاهده گردد و در همه رژیم‌های آب و هوایی ایران با شدت و ضعف مختلف روی می‌دهد. ایران کشوری آسیب پذیر نسبت به پدیده خشکسالی می‌باشد و این پدیده در کلیه زیرحوضه‌ها، با دوره‌های بازگشت متفاوت و احتمال وقوع شدت‌های مختلف در آینده تکرار خواهد شد (۱۳). اگر آب قابل دسترس برای ریشه گیاه محدود شود و یا سرعت تعرق بسیار زیاد شود، گیاه تنش خشکی را تجربه می‌کند (۴۵). گیاهان در مقابله با تنش

مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌باشد. این صفت می‌تواند توانایی گیاه را در تحمل به خشکی نشان دهد (۲۱). تحقیقات متعددی افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاهش محتوای نسبی آب برگ را تحت تأثیر تنش خشکی نشان دادند (۲۲، ۵۵، ۵۰). محتوای کلروفیل در گیاهان بعنوان پارامتر مقاومت به تنش خشکی شناخته شده است (۴۹). Wang (۵۰) و Xu (۵۵) افزایش محتوای کلروفیل را تحت تأثیر تنش خشکی بر روی درخت کائوچو و *Populus cathayana Rehd* گزارش کردند، درحالی‌که هاشم‌پور (۲۲) کاهش محتوای کلروفیل را در بنه و خنجوک تحت تأثیر تنش خشکی مشاهده کردند. همچنین جوادی و بهرام‌نژاد (۶) در تحقیق خود بر روی سه ژنوتیپ گلابی وحشی تغییری در محتوای کلروفیل مشاهده نکردند. همزمان با تنش خشکی، انواع اکسیژن فعال در سلول گیاه تولید می‌شود. در اثر کمبود آب نفوذپذیری دیواره سلولی گیاهان افزایش می‌یابد و قابلیت گزینش خود را از دست می‌دهند و سبب افزایش نشت مواد داخل برگ به خارج می‌شود (۲۶). Duan و همکاران (۳۳) در تحقیق خود بر روی *Picea asperata* افزایش نشت الکترولیت را تحت تأثیر تنش خشکی گزارش کردند ولی فیاض و همکاران (۱۷) تغییری در میزان نشت الکترولیت بر روی پسته وحشی مشاهده نکردند.

افرا شیردار (*Acer cappadocicum Gled*) از جنس *Acer* و خانواده *Aceraceae* است. درختان مسن شیردار در سرتاسر جنگل‌های شمال و در ارتفاعات مختلف جنگل از جلگه‌های ساحلی تا ارتفاعات فوقانی یافت می‌شود (۵). یکی از جوامع اصلی جنگل‌های هیرکانی جامعه بلوط - شمشادستان است که افرا شیردار یکی از گونه‌های تشکیل‌دهنده اشکوب بالای این جامعه است (۱۲). درخت شیردار، گونه‌ای مزوفیل (*Mesophyllic Species*) است که در مناطق مرطوب جنگلی، بحالت آمیخته با گونه‌های دیگر روئیده و توده‌های خالص را تشکیل نمی‌دهد (۲۸). افرا

(۱۵). در تحقیق ارجی و همکاران (۲) سطح برگ زیتون در دوره‌های کوتاه مدت خشکی کاهش یافت و با طولانی شدن این دوره از تعداد برگ‌ها نیز کاسته شد. همچنین Guo و همکاران (۳۸) بیان کردند که تحت تنش خشکی تعداد برگ کاهش یافت. تحقیقات متعددی نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش طول، عرض، مساحت و سطح برگ ویژه می‌شود (۵۲، ۳۸). در مناطق و اکوسیستم‌های جنگلی شاخص سطح برگ (LAI: Leaf Area Index) عاملی مهم و متغیری کلیدی است که با بسیاری از فرایندهای فیزیکی، بیولوژیکی و فیزیولوژیکی جوامع گیاهی ارتباط دارد. میان حاصل‌خیزی خاک، شاخص سطح برگ، ریش درختان و بیوماس رابطه مستقیمی وجود دارد (۲۳، ۵۱). در تحقیقی که بر روی راش و بلوط انجام شد تنش خشکی تأثیری بر شاخص سطح برگ نداشت (۴۱). همچنین میرزایی (۲۰) و Yang و همکاران (۵۶) بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش وزن تر برگ، ساقه و ریشه در گونه‌های بنه، خنجوک و *Acer mono* گردید. نتایج تحقیقات Bsoul و Hilaire (۲۸) بر روی *Acer grandidentatum* و Yin و همکاران (۵۷) بر روی *Populus kangdingensis* نشان داد که تنش خشکی وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش داد. همچنین میزان آب برگ تحت تأثیر تنش خشکی در نه گونه اکالیپتوس کاهش یافت (۲۲). در شرایط تنش خشکی ویژگی‌هایی همانند نسبت پایین ساقه به ریشه و نفوذ عمیق‌تر ریشه به خاک، سبب بالا بردن قدرت جذب آب و مواد غذایی برای گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شود (۲۷). تحقیقات زیادی در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر روی نسبت ریشه به ساقه انجام شده است. در تحقیق میرزایی (۲۰) بر روی بنه و خنجوک این نسبت افزایش، درحالی‌که در تحقیق Yang و همکاران (۵۶) بر روی *Acer mono* کاهش پیدا کرد. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله پراکسیداز به سلول‌های گیاهی کمک می‌کنند که با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، تحمل شرایط تنش را آسان‌تر کنند (۵۸). یکی از

می‌باشد، مشخص شد (۴۸). تیمارهای آبیاری شامل تیمار آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد)، تیمار آبیاری ۷۵٪ ظرفیت زراعی (تنش ملایم)، تیمار آبیاری ۵۰٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و تیمار آبیاری ۲۵٪ ظرفیت زراعی (تنش شدید) در نظر گرفته شدند (۲۰). نهال‌های تیمارها بر اساس ظرفیت زراعی مورد نظر، آبیاری و بعد بصورت یک روز در میان از طریق توزین در حد ظرفیت مربوطه نگهداری شدند. اعمال تیمارهای تنش خشکی از تیر ماه (شروع چهار ماهگی نونهال‌ها) تا شروع علائم پژمردگی مانند شل شدن برگ‌های نهال‌های هر تیمار ادامه یافت و تعداد روز رسیدن به این حد ثبت شد.

#### ویژگی‌های رویشی و مورفولوژیکی مورد مطالعه:

صفت‌های ارتفاع ساقه توسط خط کش با دقت سانتی‌متر و قطر یقه توسط کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر و تعداد برگ‌های هر نهال، در ابتدا و پایان اعمال هر تیمار، اندازه‌گیری و تغییرات آنها تجزیه و تحلیل گردید. وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم در قبل و بعد از ۴۸ ساعت خشک کردن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری (۳۱) و از اختلاف آن دو میزان آب برگ، ساقه و ریشه محاسبه شد. همچنین نسبت ریشه به ساقه (R/S) از تقسیم وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی (برگ‌ها و ساقه) نسبت مورد نظر برای هر نهال محاسبه گردید (۲۵). برای اندازه‌گیری مساحت، محیط، طول، عرض، نسبت طول به عرض و ضریب شکل برگ، بزرگ‌ترین و سالم‌ترین برگ هر نهال انتخاب و مشخصات فوق توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter) مدل CI-202 ساخت شرکت CID, Inc اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص سطح برگ کل و سطح برگ ویژه تعیین و محاسبه گردید (۳۲).

#### ویژگی‌های فیزیولوژیکی مورد مطالعه: محتوای نسبی آب

برگ (RWC) به روش Ferrat و Lovat (۳۴) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

شیردار یکی از گونه‌های انفرادی جنگل‌های شمال است که به لحاظ اکولوژیکی و اقتصادی دارای اهمیت بوده و نهال‌های این گونه بمنظور جنگل‌کاری و احیاء عرصه‌های جنگلی مخروبه شمال کشور در نهالستان‌ها تولید می‌شود (۴). از آنجا که گیاهان چوبی در مراحل اولیه زندگی خود از ریشه کوچکتري برای جذب مواد برخوردار بوده و رشد آنها در نهالستان و یا استقرار آنها در سال اول کاشت در عرصه بر اساس سرشت رطوبت پسندی گونه تحت تأثیر تغذیه آبی قرار می‌گیرد، این پژوهش با هدف بررسی عکس‌العمل‌های گونه شیردار به کمبود آب و تعیین نیاز آبی و آستانه تحمل به خشکی این گونه از طریق مطالعه پارامترهای رویشی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی انجام شد.

#### مواد و روشها

بمنظور بررسی تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر روی برخی ویژگی‌های گونه شیردار، نهال‌های این گونه در سال اول رویشی (سه ماه رشد با میانگین ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر پنج میلی‌متر) با مبدأ بذر منطقه شش آب شهر رامیان از نهالستان قرق شهرستان گرگان تهیه (که از نظر شرایط تولیدی، شکل ظاهری و شادابی مشابه بودند) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هفت تکرار در شرایط اتاقک رشد تحت تنش قرار گرفتند. دمای محیط اتاقک رشد ۲۴ درجه سانتی‌گراد، میزان نور ۱۸۰۰ لوکس و ۱۶ ساعت روز و هشت ساعت شب تنظیم شد. بافت خاک گلدان‌ها از نوع سیلت لوم بود که به روش هیدرومتری بایکاس تعیین شد. پس از انتقال نهال‌ها به اتاقک رشد، ظرفیت زراعی کامل خاک گلدان‌ها به روش وزنی تعیین شد. بمنظور تعیین ظرفیت زراعی کامل، سه نمونه خاک مشابه خاک گلدان‌های مورد استفاده تهیه، توزین و بعد در آون خشک گردیدند. در مرحله بعد نمونه‌ها با آب اشباع شده و ۴۸ ساعت بعد، از اختلاف آب ورودی و خروجی میزان آب باقی‌مانده در خاک که همان ظرفیت زراعی کامل

## نتایج

نهال‌های تیمارهای ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب پس از ۱۶، ۴۶ و ۷۴ روز اعمال تیمار به آستانه پژمردگی رسیدند. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بیانگر این مطلب است که از بین ویژگی‌های مورفولوژیکی و رویشی ضریب شکل برگ و میزان آب برگ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به طوری که تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی بیشترین ضریب شکل برگ و کمترین میزان آب برگ را داشت. همچنین در مورد سایر ویژگی‌های مورفولوژیکی و رویشی در سطوح مختلف تیمارهای تنش خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

$$RWC (\%) = (FW - DW) / (TW - DW)$$

RWC: محتوای آب نسبی برگ، FW: وزن تر برگ، TW:

وزن آماس برگ و DW: وزن خشک برگ

کلروفیل a و b به روش Arnon (۲۴)، آنزیم پراکسیداز به روش Worthington (۵۳) و همچنین نشت الکترولیت به روش Zhao و همکاران (۵۹) اندازه‌گیری گردید. نرمال بودن داده‌ها به روش کولموگروف - اسمیرنوف و همگنی داده‌ها به روش لون آزمون شد. سپس از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA برای مقایسه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف تنش خشکی و برای دسته‌بندی خصوصیات اندازه‌گیری شده در تیمارها از آزمون چندگانه دانکن (۱۹) و نرم‌افزار SPSS Ver.22 استفاده شد.

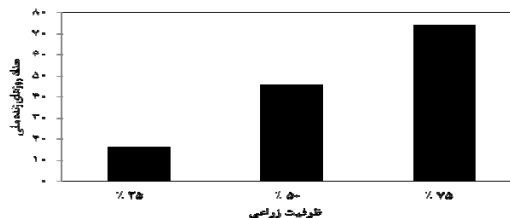
جدول ۱- آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها در مورد ویژگی‌های رویشی و مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف ظرفیت زراعی

میانگین تیمارها				میزان f	مجموع مربعات	ویژگی (واحد)
۲۵٪	۵۰٪	۷۵٪	۱۰۰٪			
۰/۳۳ <sup>a</sup> ±۰/۲۸	۰/۱۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۰ <sup>a</sup> ±۰/۰۰	۰/۱۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۰/۶۲۲ <sup>NS</sup>	۰/۳۸۹	تغییرات ارتفاع ساقه (cm)
۰/۶۹ <sup>a</sup> ±۰/۱۶	۰/۲۹ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۰/۳۴ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	۰/۲۳ <sup>a</sup> ±۰/۲۵	۱/۲۶۲ <sup>NS</sup>	۰/۹۲۰	تغییرات قطر یقه (mm)
۱/۵۷ <sup>a</sup> ±۱/۴۱	۰/۸۶ <sup>a</sup> ±۰/۸۸	۰ <sup>a</sup> ±۰/۰۰	۰/۶۷ <sup>a</sup> ±۰/۲۸	۰/۵۸۵ <sup>NS</sup>	۸/۷۴۴	تغییرات تعداد برگ
۱/۰۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۱	۱/۸۰ <sup>a</sup> ±۰/۴۳	۲/۳۱ <sup>a</sup> ±۰/۴۱	۱/۶۹ <sup>a</sup> ±۰/۳۰	۲/۳۴ <sup>NS</sup>	۵/۵۶۶	وزن تر برگ (g)
۰/۷۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۶	۰/۹۵ <sup>a</sup> ±۰/۲۷	۰/۸۶ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۰/۷۰ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۰/۳۲۶ <sup>NS</sup>	۰/۲۳۷	وزن خشک برگ (g)
۰/۲۵ <sup>c</sup> ±۰/۰۹	۰/۸۵ <sup>b</sup> ±۰/۱۷	۱/۴۵ <sup>a</sup> ±۰/۲۷	۰/۹۹ <sup>ab</sup> ±۰/۱۷	۷/۱۰۵ <sup>*</sup>	۵/۱۴۹	میزان آب برگ (g)
۱/۰۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۴	۱/۳۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۵	۱/۴۶ <sup>a</sup> ±۰/۳۲	۱/۲۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۷	۰/۴۴۱ <sup>NS</sup>	۰/۶۸۵	وزن تر ساقه (g)
۰/۵۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۳	۰/۶۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۳	۰/۶۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۰/۵۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۳	۲/۳۴۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۶۵	وزن خشک ساقه (g)
۰/۴۶ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۰/۶۷ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۰/۷۹ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	۰/۶۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۰/۸۹۳ <sup>NS</sup>	۰/۳۷۱	میزان آب ساقه (g)
۳/۳۸ <sup>a</sup> ±۰/۴۵	۳/۶۰ <sup>a</sup> ±۰/۷۱	۵/۰۹ <sup>a</sup> ±۰/۷۶	۳/۸۰ <sup>a</sup> ±۰/۶۲	۴/۱۱۰ <sup>NS</sup>	۱۲/۳۳۰	وزن تر ریشه (g)
۱/۶۸ <sup>a</sup> ±۰/۲۳	۱/۶۳ <sup>a</sup> ±۰/۳۱	۲/۰۴ <sup>a</sup> ±۰/۳۲	۱/۶۰ <sup>a</sup> ±۰/۲۷	۰/۵۲۸ <sup>NS</sup>	۰/۹۰۷	وزن خشک ریشه (g)
۱/۶۹ <sup>a</sup> ±۰/۲۳	۱/۹۷ <sup>a</sup> ±۰/۴۰	۳/۰۴ <sup>a</sup> ±۰/۴۵	۲/۲۰ <sup>a</sup> ±۰/۳۵	۲/۴۷۹ <sup>NS</sup>	۷/۰۷۴	میزان آب ریشه (g)
۱/۴۲ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	۱/۰۸ <sup>a</sup> ±۰/۱۰	۱/۴۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۶	۱/۳۶ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۱/۵۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۶۲۳	نسبت ریشه به ساقه
۴/۹۴ <sup>a</sup> ±۰/۳۹	۵/۲۶ <sup>a</sup> ±۰/۳۶	۵/۵۰ <sup>a</sup> ±۰/۲۰	۴/۹۰ <sup>a</sup> ±۰/۲۴	۰/۸۲۷ <sup>NS</sup>	۱/۶۶۸	طول برگ (cm)
۵/۳۹ <sup>a</sup> ±۰/۴۱	۵/۷۰ <sup>a</sup> ±۰/۵۳	۵/۸۵ <sup>a</sup> ±۰/۲۶	۵/۰۷ <sup>a</sup> ±۰/۲۳	۰/۸۲۷ <sup>NS</sup>	۲/۴۸۲	عرض برگ (cm)
۰/۹۵ <sup>a</sup> ±۰/۰۳	۰/۹۷ <sup>a</sup> ±۰/۰۴	۰/۹۷ <sup>a</sup> ±۰/۰۴	۰/۹۹ <sup>a</sup> ±۰/۰۲	۰/۳۲۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۸	طول / عرض برگ
۰/۶۹ <sup>a</sup> ±۰/۰۲	۰/۵۹ <sup>b</sup> ±۰/۰۴	۰/۶۴ <sup>ab</sup> ±۰/۰۳	۰/۶۸ <sup>ab</sup> ±۰/۰۲	۲/۳۷۱ <sup>*</sup>	۰/۰۴۶	*ضریب شکل برگ
۱۶/۲۷ <sup>a</sup> ±۱/۲۹	۱۷/۵۴ <sup>a</sup> ±۱/۵۷	۱۷/۸۱ <sup>a</sup> ±۰/۷۶	۱۵/۷۴ <sup>a</sup> ±۰/۹۴	۰/۷۰۹ <sup>NS</sup>	۲۰/۸۴۶	محیط برگ (cm)
۱۴/۸۶ <sup>a</sup> ±۱/۹۷	۱۴/۷۵ <sup>a</sup> ±۲/۴۴	۱۶/۱۳ <sup>a</sup> ±۱/۳۳	۱۳/۴۷ <sup>a</sup> ±۱/۳۲	۰/۳۵۴ <sup>NS</sup>	۲۴/۷۴۱	مساحت برگ (cm <sup>2</sup> )
۳۵۱/۷۱ <sup>a</sup> ±۶۳/۷۸	۳۸۱/۶۸ <sup>a</sup> ±۹۵/۱۰	۴۷۰/۳۳ <sup>a</sup> ±۷۱/۱۲	۳۴۵/۹۲ <sup>a</sup> ±۷۱/۹۷	۰/۰۶۳ <sup>NS</sup>	۷۷۱۹/۳۴۵	LAI (cm <sup>2</sup> )
۱۸۴/۹۶ <sup>a</sup> ±۹/۳۰	۱۹۵/۳۱ <sup>a</sup> ±۱۳/۷۲	۱۸۲/۴۶ <sup>a</sup> ±۲/۹۱	۲۰۵/۳۶ <sup>a</sup> ±۹/۲۱	۱/۱۹۵ <sup>NS</sup>	۲۳۰/۸۵۲۰	SLA (cm <sup>2</sup> /g)

\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، <sup>NS</sup>: غیر معنی‌دار

\*: ضریب شکل برگ، نسبت شکل برگ به شکل دایره است که با دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری می‌شود.

خشکی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. با افزایش شدت تنش خشکی محتوای کلروفیل b در تیمارهای ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و نشت الکترولیت در تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی افزایش یافت. همچنین محتوای نسبی آب برگ در تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش یافت، به طوری که بیشترین محتوای کلروفیل b، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و نشت الکترولیت و کمترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار ۲۵٪ ظرفیت زراعی بود.

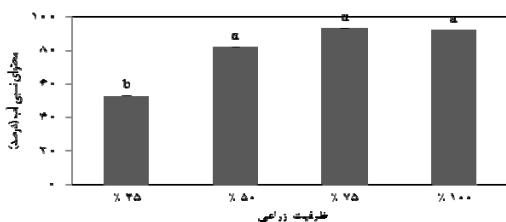


شکل ۱- تعداد روز از زمان شروع تنش تا شروع پژمردگی نهال‌ها همچنین از میان ویژگی‌های فیزیولوژیکی مطالعه شده، محتوای کلروفیل b و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح ۵٪ خطا و میزان نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب برگ در سطح ۱٪ خطا در تیمارهای مختلف تنش

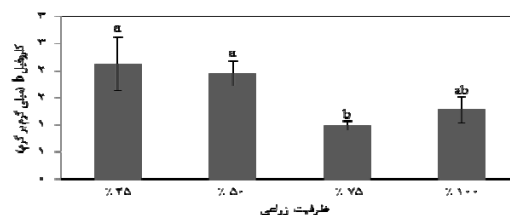
جدول ۲- آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها در مورد ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف ظرفیت زراعی

ویژگی (واحد)	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	میزان f
محتوای کلروفیل a (mg/g)	۷/۶۶۷	۳	۲/۵۵۶	۰/۷۹۷ <sup>ns</sup>
محتوای کلروفیل b (mg/g)	۵/۹۱۴	۳	۱/۹۷۱	۳/۰۵۵*
فعالیت آنزیم پراکسیداز (فعالیت در واحد زمان)	۰/۰۱۴	۳	۰/۰۰۵	۳/۶۰۱*
میزان نشت الکترولیت	۸۵/۷۴۳	۳	۲۸۳/۵۸۱	۱۰/۷۹۱ <sup>**</sup>
محتوای نسبی آب برگ (%)	۰/۷۴۳	۳	۰/۲۴۸	۴/۹۲۰ <sup>ns</sup>

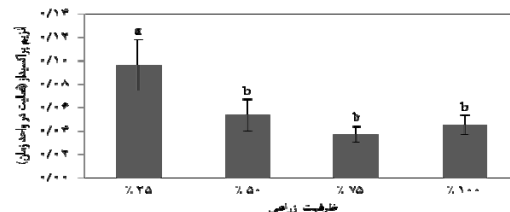
\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns غیر معنی‌دار



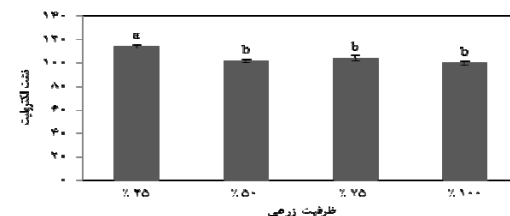
شکل ۵- میانگین درصد محتوای نسبی آب در تیمارهای ظرفیت زراعی



شکل ۲- میانگین میزان کلروفیل b در تیمارهای ظرفیت زراعی



شکل ۳- میانگین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای ظرفیت زراعی



شکل ۴- میانگین میزان نشت الکترولیت در تیمارهای ظرفیت زراعی

## بحث

تنش‌های آبی و خشکی عوامل اصلی کاهش دهنده بقای نونهال‌ها در مرحله استقرار جنگل‌کاری به شمار می‌آیند (۳۷) و بر هر یک از جنبه‌های رشد مؤثر بوده و موجب تغییرات آناتومی، مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی می‌گردد (۱۴). بررسی و شناخت عکس‌العمل نهال‌ها از نظر صفات مورفولوژیکی به تنش خشکی می‌تواند به اصلاح و موفقیت جنگل‌کاری‌ها کمک کند (۴۷). تنش خشکی بلافاصله بعد از بروز، اثر خود را ایجاد نمی‌کند،

ولی در مورد افرا شیردار، عدم تغییر ویژگی‌های ذکر شده احتمالاً مربوط به بکارگیری سایر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و روزه‌ای تا زمان رسیدن به پژمردگی برای حفظ تعادل آبی آن بوده است. نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در واقع نسبت سطح جذب کننده به سطح در حال تعرق است و یکی از مکانیسم‌های گیاهان برای مقابله با تنش خشکی گسترش بیشتر ریشه نسبت به ساقه برای جذب آب است (۷) که در مورد افرا شیردار بنظر می‌رسد با توجه به زیستگاه طبیعی آن در جنگل‌های مرطوب شمال این توانایی نسبت به گونه‌های خشکی پسندتر، ضعیف‌تر است. البته میزان آب برگ تحت تأثیر تنش بطور معنی‌داری کاهش یافت که با نتیجه تحقیق هاشم‌پور (۲۲) بر روی نه گونه اکالیپتوس همسو است. در واقع کاهش میزان آب برگ موجب خشکیدگی و رسیدن نهال‌ها به آستانه پژمردگی شده است (۱). در مورد شاخص سطح برگ پس از اعمال تنش تغییر معنی‌داری مشاهده نشد و با نتیجه تحقیق Leuschner و همکاران (۴۱) بر روی راش و بلوط همسو می‌باشد. تغییر نکردن شاخص سطح برگ و سطح برگ ویژه در اثر تنش خشکی احتمالاً مربوط به ژنتیک گونه افرا شیردار می‌باشد و نیز از آنجایی که سطح و وزن خشک برگ‌ها تغییر نکردند، این دو صفت نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند.

تنش خشکی بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی بعکس خصوصیات رویشی و مورفولوژیکی، تأثیرات معنی‌دار زیادی داشت، بنحوی که با افزایش شدت تنش، میزان کلروفیل b، آنزیم پراکسیداز و نشت الکترولیت افزایش و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. بسیاری از بیان ژن‌ها تحت تأثیر تنش خشکی، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را کد می‌کنند که می‌توانند در حفظ و ادامه فعالیت تنظیمی نیز تحت شرایط کم آبی القا گردد (۵۴). پراکسیداز حساس‌ترین آنزیم گیاهی نسبت به تنش‌های محیطی است (۳۰). در این تحقیق با افزایش شدت تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ افزایش یافت که نتایج تحقیقات

زیرا گیاهان مکانیسم‌های حفاظتی را برای تأخیر یا متوقف کردن اختلالات شیمیایی و ترمودینامیکی داخل سلول بکار می‌برند (۸). در این تحقیق نهال‌های تیمارهای ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب پس از ۱۶، ۴۶ و ۷۴ روز اعمال تیمار به آستانه پژمردگی رسیدند. بطور کلی در این مدت زمان نهال‌ها به لحاظ فیزیولوژیکی عکس العمل نشان داده و در نهایت به آستانه مرگ نزدیک شدند، بنابراین به ناچار در همین فرصت کوتاه که تغییرات فیزیولوژیکی به سمت مرگ‌آور شدن پیش‌رفت، ویژگی‌های رویشی و مورفولوژیکی نیز برآورد شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش میزان آب برگ از تیمار ۵۰٪ به پایین شد که با نتایج مطالعه تنش کم آبی بر روی زیتون (۳) و گیاهان آنیسون (۹) و بابونه (۱۱) مطابقت دارد. همچنین ضریب شکل برگ در تیمار ۲۵٪ افزایش یافت ولی سایر ویژگی‌های رویشی و مورفولوژیکی تغییر معنی‌داری نداشت که از نظر عدم تغییر ارتفاع ساقه، قطر یقه، تعداد برگ، طول، عرض، مساحت برگ، سطح برگ ویژه و وزن تر برگ، ساقه و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه با نتایج تحقیقات بر روی سایر گونه‌های جنس افرا در خارج از کشور مانند *Acer mono* و *Acer buergerianum Miq.* (۳۸، ۵۶) و بعضی از گونه‌های دیگر مانند زیتون (۲)، *Pyrus ussuriensis Maxim* *Acer ginnala Maxim* و *Prunus davidiana Carr* (۵۲)، بنه (*Pistacia atlantica*) و خنجوک (*P. khinjuk*) (۲۰) مطابقت ندارد. علت این مشاهدات بنظر می‌رسد به زمان کوتاه بین شروع اعمال تنش و آستانه پژمردگی و سرشت متفاوت این گونه با سایر گونه‌های ذکر شده باشد. یکی از پاسخ‌های مربوط به رشد در پاسخ به تنش خشکی کاهش اندازه برگ است که سطح برگ و تعداد برگ در پاسخ به خشکی کاهش پیدا خواهد کرد (۳۶). کاهش سطح برگ و تعداد برگ می‌تواند بدلیل کاهش میزان تعرق در مقاومت گیاه به خشکی باشد (۴۷)، که از سوی دیگر سطح فتوسنتزی نیز کاهش می‌یابد

سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز است (۱۷). بر اساس نتایج آزمایش‌ها با افزایش تنش خشکی میزان نشت الکترولیت افزایش یافت که با نتیجه تحقیق Duan و همکاران (۳۳) بر روی *Picea asperata* همسو می‌باشد. محتوای نسبی آب برگ نشان دهنده رابطه بین صفات فیزیولوژیکی و سطح تحمل به خشکی است (۳۴). در این تحقیق نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید که نشان دهنده پایین بودن سطح تحمل به خشکی افرا شیردار است. نتیجه این تحقیق با نتایج تحقیقات انجام شده بر روی نه گونه اکالیپتوس (۲۲)، زیتون (۳)، بابونه (۱۱)، آنیسون (۹)، درخت کائوچو (۵۰) و *Populus cathayana Rehd* (۵۵) همسو می‌باشد. در مجموع مشاهده شد که وقتی تنش خشکی شدیدتر می‌شود نهال‌ها برای حفظ فعالیت‌های حیاتی مانند فتوسنتز، عکس العمل‌های فیزیولوژیکی بالایی را نشان دادند (۴۴) تا تنش را تعدیل کنند. بنابراین شیردار با تنش-های ۵۰٪ و ۷۵٪ کمبود آب مقابله کرده و به ترتیب تا حدود ۱ تا ۲ ماه نهال‌ها را زنده نگه‌داشته است.

بطور کلی با توجه به بافت خاک سیلت لومی مورد استفاده و ارزیابی صفات رویشی و فیزیولوژیک گونه شیردار می‌توان بیان کرد که این گونه از سطح ۵۰٪ ظرفیت زراعی به پایین تحت تنش کم آبی قرار گرفته و در صورت رسیدن به حد آستانه ۲۵٪ ظرفیت زراعی، برای آن مرگ آور خواهد بود. بنابراین توصیه می‌گردد از نتایج این تحقیق در تأمین نیاز آبی بهینه پرورش نهال‌های این گونه در نهالستان‌ها به‌ویژه در ماه‌های کمبود آب، انتخاب عرصه‌های مناسب کاشت در جنگل‌ها و مدیریت خطر نهال‌های تجدید حیات طبیعی این گونه استفاده گردد.

انجام شده بر روی نه گونه اکالیپتوس (۲۲)، زیتون (۳)، درخت کائوچو (۵۰)، *Populus cathayana Rehd* (۵۵) و بابونه (۱۱) را تأیید می‌کند. در واقع بنظر می‌رسد افرا شیردار، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را بعنوان یک مکانیسم فیزیولوژیکی برای مقابله با تنش خشکی افزایش داد.

کلروفیل‌ها از جمله ماکرومولکول‌هایی هستند که در شرایط تنش آسیب می‌بینند (۴۰). با توجه به نتایج این تحقیق در اثر تنش خشکی میزان کلروفیل b افزایش یافت و با نتیجه تحقیق Xu و همکاران (۵۵) بر روی *Populus cathayana Rehd* همسو می‌باشد ولی با نتایج تحقیقات انجام شده بر روی نه گونه اکالیپتوس (۲۲) و درخت کائوچو (۵۰) مطابقت ندارد. این امر می‌تواند به دو علت باشد، یکی اینکه رنگیزه‌های کلروفیل b در گونه افرا شیردار تا حدودی مقاوم به آبیگری بود و دیگر اینکه سنتز کلروفیل b بوسیله تنش خشکی در این گونه القاء می‌شود (۴۱). همچنین تغییر معنی‌داری در میزان کلروفیل a مشاهده نشد که با نتیجه تحقیق جوادی و بهرام‌نژاد (۶) بر روی سه ژنوتیپ گل‌ابی وحشی و صالحی و همکاران (۱۱) بر روی گیاه بابونه همسو می‌باشد. بطور کلی کلروفیل‌ها تحت تنش خشکی بعلت سنتز کمتر و یا از بین رفتن کلروفیل کاهش می‌یابد (۴۳) ولی در مورد افرا شیردار شاید به این علت میزان کلروفیل a تغییر معنی‌داری نداشت که افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مانع از تخریب کلروفیل‌ها گردید.

اگر غشای پلاسمایی در اثر پسابیدگی صدمه ببیند، ممکن است محتوای سلول‌ها به بیرون تراوش کرده و سلول از بین برود. یکی از مکانیسم‌هایی که غشاها را طی خشکی محافظت می‌کند تجزیه آنزیمی سوپراکسید بوسیله

## منابع

۲- ارجی، ع، ارزانی، ک و میرلطیفی، س. م. ۱۳۸۱. تأثیر مقادیر مختلف آبیاری بر عکس العمل‌های فیزیولوژیکی و رشدی نهال-

۱- احسانی طباطبایی، ف. ۱۳۸۵. فیزیولوژی تنش‌های گیاهی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ۲۴۷ ص.

- ۱۳- عباسپور، م و ثابت رفتار، ع. ۱۳۸۳. تحلیل خشکسالی‌های گذشته در ایران، پیش‌بینی خشکسالی‌های آینده و چالش‌های پیش روی مدیریت منابع آب در برنامه توسعه چهارم کشور، مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران، ۱۶-۱۷ اسفند، تهران، ۱۵۸-۱۹۱.
- ۱۴- عزیزاده، ا. ۱۳۷۸. (ترجمه)، رابطه‌ی آب، خاک و گیاه، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد، ۳۵۳ ص.
- ۱۵- عزیزاده، ا. ۱۳۷۸. (ترجمه)، رابطه‌ی آب، خاک و گیاه، نشر مشهد، مشهد، ۷۴۴ ص.
- ۱۶- عزیزاده، ا، سیاری، ن، حسامی کرمانی، م.ر، بنایان اول، م و فرید حسینی، ع. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل تغییرات اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی، مطالعه موردی: حوزه آبریز رودخانه کشف رود، نشریه آب و خاک، (۴): ۲۴-۸۱۵-۸۳۵.
- ۱۷- فیاض، پ، جولایی‌منش، ن و ذوالفقاری، ر. ۱۳۹۰. ارتباط بین محتوای نسبی آب و نشت الکترولیت از غشای سیتوپلاسمی در بافت‌های مختلف پسته‌ی وحشی (*Pistacia atlantica*)، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران، یزد، صفحه ۳۷۸.
- ۱۸- کافی، م و مهدوی دامغانی، ع. ا. ۱۳۷۹. (ترجمه)، مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ۴۶۷ ص.
- ۱۹- مصداقی، م. ۱۳۷۷. روش‌های آماری در تحقیقات علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، تهران، ۲۸۸ ص.
- ۲۰- میرزایی، ج. ۱۳۹۰. شناسایی قارچ‌های میکوریزی آریسکولار همزیست با درختان بنه (*Pistacia atlantica*) و خنجوک (*P. khinjuk*) در استان ایلام و اثرات آنها بر رشد نهال‌های تحت تنش خشکی، رساله دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۷۶ ص.
- ۲۱- وزان، س.، رنجی، ذ. ا، هوشدار تهرانی، م. ح.، فلاوند، ا و صانعی شریعت‌پناه م. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر میزان تجمع اسید آیزویک و هدایت روزنه‌ای برگ چغندر قند، مجله علوم زراعی ایران، (۴): ۱۷۶-۱۸۲.
- ۲۲- هاشم‌پور، ف. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش خشکی بر روی نه گونه‌ی اکالیپتوس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، ۱۷۳ ص.
- ۲۳- Arias-Aguilar, D., J.C, Calvo-Alvarado, and A, Dohrenbusch, 2007. Calibration of LAI- 2000 to estimate leaf area index and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica, *Forest Ecology and Management*, 247: 185-193.
- ۲۴- Arnon, A.N, 1967. Method of chlorophyll measurements in plants, *Agronomy Journal*, 23: 112-121.
- های جوان زیتون رقم زرد، مجله علوم خاک و آب، (۱): ۱۱۱-۱۲۰.
- ۳- امینی، ز، معالمی، ن. ا و سعادت، ص. ۱۳۹۳. مقایسه‌ی اثر تنش کم آبی بر تغییرات میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در سه رقم زیتون (*Olea Europaea L.*)، مجله زیست‌شناسی ایران، (۳): ۱۵۶-۱۶۷.
- ۴- پورعسگری، ع. م و پورسید لزجانی، س. ه. ۱۳۸۳. ایران را سبز کنیم: راهنمای تولید نهال و درختکاری و معرفی تعدادی از درختان و درختچه‌های جنگلی برای عموم مردم، نشر پونه، تهران، ۱۲۵ ص.
- ۵- ثابتی، ح. ۱۳۷۳. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، یزد، ۸۰۵ ص.
- ۶- جوادی، ت و بهرام‌نژاد، ب. ۱۳۸۹. محتوای نسبی آب و تبدلات گازی سه ژنوتیپ وحشی گلابی در شرایط تنش آبی، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، (۲): ۲۲۳-۲۳۳.
- ۷- جباری، ف. ۱۳۹۰. (ترجمه)، فیزیولوژی گیاهان چوبی، نشر آیز - من گرافیک، تهران، ۴۸۰ ص.
- ۸- حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ۲۵۱ ص.
- ۹- حیدری، ن، پورسیف، م و توکلی، ا. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum L.*)، مجله زیست‌شناسی ایران، (۵): ۸۲۹-۸۳۹.
- ۱۰- سرمدنیا، غ. ح و کوچکی، ع. ۱۳۷۱. (ترجمه)، جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۲۸۰ ص.
- ۱۱- صالحی شانجانی، پ، ایزدپناه، م، فلاح حسینی، ل، رضانی یگانه، م، رسول زاده، ل، کاوندی، ا، سردابی، ف، پهلوانی، م. ر، امیرخانی، م و سیدیان، س. ا. ۱۳۹۴. مقایسه اثر تنش خشکی بر تنظیم اسمزی، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و پیگمان‌ها در نمونه‌های بذری مختلف بایونه کاذب و بایونه زرد *Anthemis tinctoria* و *Tripleurospermum servanes* بانک ژن منابع طبیعی ایران. مجله زیست‌شناسی ایران، (۱): ۱۲۶-۱۳۹.
- ۱۲- طاهری آبکنار، ک و پیلهور، ب. ۱۳۸۷. جنگلشناسی، انتشارات حق‌شناس، رشت، ۲۴۶ ص.



- 25- Bargali, K, and A, Tewari, 2004. Growth and water relation parameters in drought-stress *Coriaria Nepalensi* seedling, *Journal of Arid Environment*, 58:505-512.
- 26- Blokhina, O., E, Virolainen, and K.V, Fagerstedt, 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Annals of botany*, 91(2): 179-194.
- 27- Boot, R.G.A, 1989. The significance of size and morphology of root systems for nutrient acquisition and competition, In Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity of Higher Plants. Eds, H Lambers M L Cambridge H Konings and T L Pons, SPB Academic Publishing, The Hague, the Netherlands, 299-312.
- 28- Browicz, K, 1982. Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions, Vol. One, 89 p.
- 29- Bsoul, E, and R, Hilaire, 2006. Bigtooth Maples Exposed to Asynchronous Cyclic Irrigation Show Provenance Differences in Drought Adaptation Mechanisms, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131: 459-468.
- 30- Castillo, F.J, 1986. Extracellular peroxidases as markers of stress? In: Greppin H, Penel C, Gaspar T, eds. Molecular and physiological aspects of plant peroxidases. Geneva: University of Geneva, 419-426.
- 31- Cobb, W.R., R.E, Will., R.F, Daniels, and M.R, Jacobson, 2008. Aboveground biomass and nitrogen in four short-rotation woody crop species growing with different water and nutrient availabilities, *Forest Ecology and Management Journal*, 255 (12): 4032-4039.
- 32- Cutini, A., G, Matteucci, and G.S, Mugnozza, 1998. Estimation of leaf area index with the Li-cor LAI 2000 in deciduous forests, *Forest Ecology and Management*, 105: 55-63.
- 33- Duan, B., Y, Lu., Ch, Lu., O, Junttila, and Ch, Li, 2005. Physiological responses to drought and shade in two contrasting *Picea asperata* populations, *Physiologia Plantarum*, 124: 476-484.
- 34- Farooq, M., A, Wahid., N, Kobayashi., D, Fujita, and S.M.A, Basra, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management, In *Sustainable Agriculture*, 153-188.
- 35- Ferrat, I.L, and C.J, Lovat, 1999. Relation between relative water content, Nitrogen pools, and Growth of *phaseolus vulgaris L.* and *P. acutifolius*, A. Gray during water deficit, *Crop Science*, 39: 467-474.
- 36- Fort, C., F, Muller., P, Label., A, Granier, and E, Dreyer, 1998. Stomatal conductance, growth and root signaling in *Betula pendula* seedlings subjected to partial soil drying, *Tree Physiology*, 18(11): 769-776.
- 37- Garau, A.M., J.H, Lemcoff., C.M, Ghersa, and C.L, Beadle, 2008. Water stress tolerance in *Eucalyptus globulus* Labill. Subsp.Maidenii (F. Muell). Saplings induced by water restrictions imposed by weeds, *Forest Ecology and Management*, 255: 2811-2819.
- 38- Guo, X., W, Guo, Y, Luo, X, Tan, N, Du, and R, Wang, 2013. Morphological and biomass characteristic acclimation of trident maple (*Acer buergerianum* Miq.) in response to light and water stress, *Acta Physiol Plant*, 35: 1149-1159.
- 39- Hoff, C, and S, Rambal, 2003. An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a *Quercus ilex* ecosystem, *Annals of Forest Science*, 60(2): 153-161.
- 40- Hopkins, W.G, 1999. Introduction to plant physiology, New York, John Wiley, 512 pp.
- 41- Leuschner, Ch., K, Backes., D, Hertel., F, Schipka., U, Schmitt., O, Terborg, and M, Runge, 2001. Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica L.* and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Trees in dry and wet years, *Forest Ecology and Management*, 149(1-3): 33-46.
- 42- Luvaha, E., G.W, Netondo, and G, Ouma, 2007. Physiological responses of mango (*Mangifera Indica*) rootstock seedling to water stress, *journal of agricultural and biological science*, 2: 4-5.
- 43- Majumdar, S., S, Ghosh., B.R, Glick., E.B, Dumbroff, 1991. Activities of chlorophyllase, phosphoenolpyruvate carboxylase and ribulose-1,5- bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought, *Physiologia Plantarum*, 81: 473-480.
- 44- Quero, J.L., R, Villar., T, Marañón, and R, Zamora, 2006. Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses, *New Phytologist*, 170: 819-834.
- 45- Reddy, A.R., K.V, Claitanya, and M, Vivekanadan, 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism I higher plants, *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189-1202.
- 46- Rose, R., W.C, Carlson., and P, Morgan, 1990. The target seedling concept: 1-8. In: Combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. Eds., Rose, R., Cambell, S.J., and Landis, T.D., Proc. USDA For.Serv. Rocky Mtn. Forest and Range Expt. Sta. Fort Collins.CO. Gen. Tech. Rep. RM-200: 286 p.
- 47- Shao, G., D.R. Young, J.H. Porter, and B.P. Hayden. 1998. An integration of remote sensing and GIS to examine the responses of shrub thicket distributions to shoreline changes on

- Virginia barrier islands. *Journal of Coastal Research*, 14: 299-307.
- 48- Shibairo, S.I., M.K. Upadhyaya, and P.M.A. Toivonen, 1998. Influence of preharvest water stress on postharvest moisture loss of carrot (*Daucus carota L.*), *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73: 347-352.
- 49- Sinha, S., U.N. Rai., K. Bhatt., K. Pandey, and A.K. Gupta, 2005. Fly-ash-induced oxidative stress and tolerance in *Prosopis juliflora L.* grown on different amended substrates, *Environmental monitoring and assessment*, 102(1-3): 447-457.
- 50- Wang, L.F., 2014. Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree (*Hevea brasiliensis Muell. Arg.*), *Plant Physiology and Biochemistry*, 1-22.
- 51- Wang, P., 2007. Measurements and simulation of forest leaf area index and net primary productivity in Northern China, *Journal of Environmental management*, 85: 607-615.
- 52- Wang, Q., Zh, Sun, and Y, Zhang, 2003. Adaptive responses of *Acer ginnala*, *Pyrus ussuriensis* and *Prunus davidiana* seedlings to soil moisture stress, *Journal of Forestry Research*, 14(4): 280-284.
- 53- Worthington, K., 1972. Manual of Clinical Enzyme Measurements, Freehold, NJ: Worthington Biochemical Corporation. 56 p.
- 54- XU. D., B, Duan., B, Wang., B, Hong., T.D, Ho, and R, WU, 1996. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, HVA1, from barley-conferred tolerance to water deficit and salt transgenic rice, *Plant Physiology*, 110: 249-257.
- 55- Xu, X., G, Peng., Ch, Wu., H, Korpelainen., Ch, Li, 2008. Drought inhibits photosynthetic capacity more in females than in males of *Populus cathayana*, *Tree Physiology*, 28: 1751-1759.
- 56- Yang, Y., Q, Liu, and G.X, Wang, 2011. Physiological Behaviors of *Acer mono* under Drought and Low Light, *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(3): 531-537.
- 57- Yin, Ch., Y, Peng., R, Zang., Y, Zhu., Ch, Li, 2005. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress, *Physiologia Plantarum*, 123: 445-451.
- 58- Zhang, Y., C.L, Zhong., Y, Chen., Z, Chen., Q.B, Jiang., C, Wu, and K, Pinyopusarek, 2010. Improving drought tolerance of *Casuarina equisetifolia* seedlings by arbuscular mycorrhizas under glasshouse conditions, *New Forests*, 40: 261-271.
- 59- Zhao, Y., D, Aspinall, and L.G, Paleg, 1992. Protection of membrane integrity in *Medicago saliva L.* by glycinebetaine against the effects of freezing, *Journal of Plant Physiology*, 140: 541-543.

## Evaluation of *Acer cappadocicum Gled* seedlings to drought stress

Asgarpour E., Azadfar D. and Saeedi Z.

Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. of Iran

### Abstract

Cappadocian maple (*Acer cappadocicum Gled*) is one of the industrial and important species of Hyrcanian forests which has a wide distribution. Due to climate changes in recent decades that rising global warming and drought its consequences and the ecological and economical value of Cappadocian maple species, it seems to be necessary to know about resistant adjustment of this species compared with different levels of drought stress. In order to investigate the effect of drought stress on growth, leaf morphological and physiological characteristics of the one-year seedlings, an experiment was designed in a completely randomized design with four levels field capacity included %100 field capacity (control), %75 (mild stress), %50 (medium stress) and %25 (severe stress) which was performed in growth chamber. The results showed that among the studied characteristics, drought stress had the greatest effect on physiological characteristics. Intensifying drought stress induces changes in amount of Chlorophyll b, peroxidase enzyme, electrolyte leakage and relative water content, whereas it had no effects on leaf morphological characteristics. Also among morphological characteristics, drought stress exertion caused to decrease the rate of leaf water. Based on results of this study and taking silt loam soil texture used, threshold of response to drought stress could be introduced %50 field capacity in this species.

**Key words:** *Acer cappadocicum Gled*, Water requirement, Growth, Morphological and Physiological characteristics