نشریه شمـاره ۱۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۰۷ تا ۱۱۸

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک برخی درختان مقاوم به خشکی در شرایط طبیعی

زهرا جعفری[۱]، سیدحمید متین خواه[۲]، کیومرث ابراهیمی[۳*]

۱. دانشجوی دکتری گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۳. استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
* نویسنده مسئول: EbrahimiK@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پژوهش حاضر برای اندازه‌گیری برخی عوامل فیزیولوژیک چهار گونه از درختان مقاوم به خشکی در محدودهٔ اراضی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. شاخص‌های فیزیولوژیک چهار گونهٔ درخت عرعر *Ailanthus altissima* (Mill) Swingle، اقاقیا *Robinia pseudoacacia* L.، توت سفید *Morus alba* L. و زیتون تلخ *Melia azedarach* L. شامل پتانسیل آب برگ با بهره‌گیری از بمب فشار، هدایت روزنه‌ای از طریق پرومتر دستی و محتوی کلروفیل نسبی با بهره‌گیری از دستگاه اسپد قبل و بعد از آبیاری اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها و مقایسهٔ میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده به روش آزمون تی تست وابسته انجام شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی بعد از آبیاری به طور معنی‌داری پتانسیل آب برگ را به مقدار ۱۱/۵۶، ۱۶/۳، ۱۴/۵۴ و ۱۳/۵۴ "bar" و همچنین هدایت روزنه‌ای را معادل ۶/۹۳، ۵/۴۲، ۶/۳۹ و ۹/۹۸ "$mmol\ m^{-2}s^{-1}$" به ترتیب برای گونه‌های اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید کاهش داد ($P>0.05$). شاخص کلروفیل نسبی برگ درختان پس از آبیاری به مقدار ۱/۵، ۲/۸۳، ۲/۱۶ و ۲/۲۴ "$mg\ g^{-1}$" به ترتیب برای گونه‌های اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید کاهش یافت، امّا این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P>0.05$). بر پایهٔ بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان، نتیجه‌گیری شد که درختان اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید به ترتیب گیاهان مقاوم به خشکی هستند که در مناطق خشک و نیمه خشک توصیه می‌شوند.

واژگان کلیدی: پتانسیل آب برگ؛ هدایت روزنه‌ای؛ محتوی کلروفیل؛ اقاقیا؛ تنش آبی

■ مقدمه

خشکی به عنوان تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان دارای جایگاه ویژه‌ای در میان تنش‌های محیطی است. از طرف دیگر ایران سرزمینی خشک و نیمه خشک با نزولات جوی بسیار کم است (۳۱). بسیاری از گیاهان توانسته‌اند در شرایط خشک و نیمه‌خشک ایران به رشد و حیات خود ادامه دهند. انتخاب گونه‌های مقاوم به خشکی با نیاز آبی کم در مدیریت مناطق بیابانی، راه‌حلی برای مقابله با مشکل کم آبی در توسعه فضای سبز، احیای مناطق خشک و فعالیت‌های بیولوژیک آبخیزداری در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. تاکنون روش‌های متعددی به منظور بررسی مقاومت به خشکی گیاهان به کار رفته است که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش وزنی اندازه‌گیری آب برگ (۴۵)، اندازه‌گیری درجه حرارت گیاه به عنوان شاخصی برای نشان دادن پتانسیل آب برگ (۳۶)، اندازه‌گیری اسیدآمینه پرولین (۳۹)، مقاومت در برابر انتشار گازها (۳۳)، مقاومت روزنه‌ای، اندازه‌گیری اسیدآبسزیک و گلیسین (۳۶)، اندازه‌گیری مقدار فتوسنتز (۱۳)، اندازه‌گیری کاهش رشد برگ و مرگ و میر گیاه (۸) اشاره کرد. اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ، روش مستقیم قابل اعتماد تعیین تنش آبی گیاه است (۹) و به طور غیرمستقیم مربوط به مقاومت به خشکی است (۳۶).

استفاده از شاخص‌های تنش آبی گیاه برای کاهش خطر خشکیدگی یا صدمه درختان در اثر تنش آبی به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ[1] و کاهش رشد گیاهان می‌شود، اما وجود سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان مقاوم به خشکی، موجب حفظ رطوبت نسبی آب در گیاه می‌شود. پتانسیل آب برگ، شاخص بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که برای تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (۴۶). کم بودن مقدار این ویژگی بیشتر نشان دهندهٔ تمایل به جذب آب بیش‌تر است و می‌تواند شاخصی برای تعیین گیاهان حساس باشد (۳۸). به طور کلی فرض بر این است که تنش خشکی به علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌های گیاه و در نتیجه کاهش دسترسی به CO_2 در مزوفیل موجب کاهش فتوسنتز گیاه شود (۴۸). شاخص هدایت روزنه‌ای[2]، مقدار تبادل گازی و تعرق از طریق روزنه‌های برگ را تخمین می‌زند و به عنوان درجه‌ای از بازشدگی روزنه[3] و در واقع، مقاومت فیزیکی در برابر حرکت گازها بین هوا و محیط داخل برگ است. بنابراین، شاخص مذکور تابعی از تراکم، اندازه و مقدار بازشدگی روزنه‌ها است که با باز شدن بیش‌تر روزنه‌ها، هدایت روزنه‌ای افزایش یافته و در نتیجه مقدار فتوسنتز بالقوه و نرخ تعرق بیش‌تر می‌شود (۳۷). بسته شدن روزنه‌ها یکی از پاسخ‌های اولیه به خشکی است و کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت استرس خشکی به دفعات گزارش شده است (۲۴). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است (۲۸). افزایش ۴ واحدی شاخص محتوی کلروفیل با کاهش محتوی آب نسبی از ۹۴٪ به ۸۷٪ نیز گزارش شده است (۶). در بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و فاکتورهای فتوسنتزی در دو رقم سویا نتیجه گرفتند که مقدار کلروفیل a و b در تنش خشکی شدید و ملایم در هر دو رقم کاهش می‌یابد، ولی مقدار آن در رقم ویلیامز بیش‌تر است (۳۴). با استفاده از پتانسیل آب برگ، مقاومت به خشکی تعدادی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای برای احیای مناطق خشک و نیمه‌خشک اندازه‌گیری شد و نتیجه گرفته شد که با استفاده از این شاخص می‌توان از بین گونه‌های مختلف، گونه‌هایی با توانمندی مقاومت به خشکی بالا انتخاب و برای توسعه فضای سبز شهری و جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی کرد (۴۳).

یافته‌های پژوهشی مقایسهٔ برخی شاخص‌های مقاومت به خشکی از جمله: پتانسیل آب برگ، محتوی کلروفیل، سدیم و پتاسیم، قندهای محلول و پرولین دو گونه اسکنبیل *Calligonum persicum* L. و

[1] Leaf Water Potential

[2] Stomatal Conductance Index

[3] Stomatal Aperture

C. stenopterum Bunge ex Boiss نشان دادند که هر دو گونه با حفظ پتانسیل منفی‌تر آب از طریق استفاده از اسمولیت‌های سازگار و هم‌چنین کلروفیل و محتوی نسبی آب، بیشتر با شرایط محیط سازگار شده‌اند (۳۱). در بررسی دیگری به بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک نهال‌های اقاقیا *Robinia pseudoacacia* L از جمله مقدار کلروفیل و محتوای پرولین تحت شرایط تنش خشکی پرداختند و نتیجه گرفتند که اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل و مقدار پرولین برگ اقاقیا به عنوان شاخص تعیین میزان تحمل به خشکی به منظور انتخاب آن برای کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک مفید خواهد بود (۲۵).

بسیاری از پژوهش‌های تأثیر تنش خشکی بر گیاهان را در محیط آزمایشگاهی و با تیمارهای مقطعی مورد بررسی قرار داده‌اند، در صورتی که در شرایط طبیعی، گیاهان در معرض اثرات تدریجی خشکی هستند. با توجه به نتایج پژوهش‌های مرور شده فوق، از آن‌جا که خشکی تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان به ویژه در اکوسیستم‌های بیابانی محسوب می‌شود و با توجه به پژوهش‌های کم در زمینهٔ گونه‌های درختی مناسب در راستای مدیریت مناطق بیابانی، هدف بررسی حاضر، شناسایی سازوکارهای مؤثر در مقاومت به خشکی درختان و نیز انتخاب بهترین گونه برای کاشت در مناطق کم آب ایران بود.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

اراضی پیرامون دانشگاه صنعتی اصفهان با پوشش گیاهی طبیعی خود نمونه‌ای از مراتع خشک مناطق مرکزی کشور با تیپ رویشی ایران و توران دشتی است. مختصات عرصه درختان کشت شده در این پژوهش عرض جغرافیایی ′۴۳ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۳۳ °۵۱ شرقی و ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا است. طبق بررسی‌های بلندمدت آماری از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴، میانگین درجهٔ حرارت، بارندگی و رطوبت نسبی هوای سالانه به ترتیب ۱۶/۰۴ درجهٔ سانتی‌گراد و ۱۲۷ میلی‌متر و ۳۸/۷٪ می‌باشد. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال به ترتیب تیرماه با ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد و دی ماه با ۳ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. میانگین سالانهٔ بیشینه دمای هوا، ۲۳/۵ و کمینهٔ آن ۹/۲ درجه سانتی‌گراد است (۲).

گونه‌های مورد بررسی

با توجه به بررسی‌های انجام شده در زمینهٔ گونه‌های مقاوم به خشکی و مناسب برای احیای مناطق خشک، چهار گونهٔ گیاهی اقاقیا، توت سفید، زیتون تلخ و عرعر برای پژوهش حاضر برگزیده شدند که در ادامه به طور مختصر معرفی می‌شوند:

درخت اقاقیا با نام علمی *Robinia pseudoacacia* L. و نام انگلیسی Black locust از خانواده Papilionaceae در بیشتر سرزمین‌های معتدل و معتدل سرد ایران کاشته شده است (۲۲). بومی آمریکای شمالی است و در دیگر مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک توسعه یافته است (۲۲). گیاه اقاقیا یکی از کارآمدترین درختان جهان از نظر توانایی تثبیت نیتروژن موجود در اتمسفر محسوب می‌شود. در بیشتر جاها استفاده زینتی دارد و به خاطر گل‌های معطر آن در زیباسازی فضای شهر و در پارک‌های جنگلی کاشته می‌شود، اگرچه به عنوان بادشکن برای کنترل فرسایش و احیای اراضی در مناطق خشک با خاک‌های شنی خشک همراه با آبیاری کاربرد دارد (۳۲).

درخت توت سفید با نام علمی *Morus alba* L. و نام انگلیسی White mulberry از خانواده Moraceae در بیشتر مناطق ایران اعم از مناطق گرمسیری و سردسیری دیده می‌شود (۳۲). بیش‌تر در مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیری جهان پراکنش دارد. بومی چین، ایران، عراق، ترکمنستان، افغانستان و پاکستان است. به طور معمول در آسیا، اروپا، آفریقای شمالی، مکزیک، استرالیا، آرژانتین و آمریکا کشت شده است (۲۲). به تدریج با توسعه پروژه‌های شهری در طراحی فضاهای سبز از درختان توت استفاده زیادی شده است. از سویی

مقاومت این درخت در برابر گرما و خشکی منحصر به فرد است و از طرف دیگر در برابر آفات و امراض بسیار مقاوم است. به عنوان سایبان، بادشکن، پرچین و کنترل فرسایش در نواحی نامساعد همراه با آبیاری نیز کاربرد دارد.

درخت زیتون تلخ با نام علمی *Melia azedarach* L. و نام انگلیسی Chinaberry از خانواده Meliaceae در مازندران، تیرتاش، چالوس، نوشهر، رامسر و ساری، گیلان، تهران، یزد، بلوچستان، افغانستان، پاکستان و کوه‌های هیمالیا پراکنش دارد (۲۲). درختی است مناسب برای جنگل‌کاری مصنوعی و به عنوان درخت خیابانی در مناطقی که سرمای شدید نداشته باشند در طرح‌های توسعه فضای سبز شهری همراه با آبیاری استفاده می‌شود.

درخت عرعر با نام علمی *Ailanthus altissima* (Mill) Swingle، و نام انگلیسی Tree of Heaven از خانواده Simaroubaceae در سال‌های اخیر در بیشتر اقلیم‌های معتدل و معتدل سرد ایران کاشته شده است. هم‌چنین اطراف تهران، بندر انزلی و جاهای دیگر به حالت طبیعی نیز مشاهده می‌شود (۳۲). بومی چین است و به خاورمیانه، آسیا، اروپا، آمریکای شمالی معرفی شده است (۲۲). گونه‌ای چندمنظوره برای اهداف مختلف جنگل‌کاری در مناطق خشک، کنترل فرسایش در شیب‌ها، توسعه فضای سبز حاشیه شهری و به عنوان درخت زینتی و سایه‌انداز کشت می‌شود.

روش پژوهش

برای کاشت درختان، گودال‌هایی با عمق ۵۰ و با قطر ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله ردیف‌های ۲ متری حفر شد. آن‌گاه نهال‌های دو ساله توت سفید، زیتون تلخ، عرعر و اقاقیا با سه تکرار در تاریخ ۲۲ اسفند سال ۱۳۹۶ به صورت کاملاً تصادفی کشت شدند و تأثیر تنش خشکی قبل از آبیاری و ۱۵ روز بعد از آبیاری بر پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای و محتوی کلروفیل نسبی نهال‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تا حد امکان سعی شد از درختان همسان و یکنواخت استفاده شود.

برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ از دستگاه بمب فشار[1] مدل DIK-7000 OGAWA SEIK استفاده شد (۲۶).

استفاده از محفظه فشار روش نسبتاً سریع و دقیقی برای تخمین پتانسیل آب از بافت‌های گیاهی مانند برگ و ساقه‌های کوچک است. منبع تأمین فشار در این دستگاه بالن هوای فشرده ۱۰ کیلوگرمی است که برای انجام ۲۵ آزمایش کافی بود. کلیه اتصال‌های این دستگاه فشاری معادل ۶۰ بار را تحمل می‌کند.

بالاترین برگ گیاه توسط تیغ جدا شد و بلافاصله پتانسیل آب آن با استفاده از بمب فشاری اندازه‌گیری شد. دستگاه بمب فشار مورد استفاده یک محفظه داشت که برگ در آن قرار داده شد و فشار هوا موجب خارج شدن حباب‌های ریز آب از نوک برگ گردید (شکل ۱).

در نهایت، فشار تعادل P_0 نمونه برگ روی دستگاه در لحظه خروج آب قرائت شد و پتانسیل آب برگ معادل P_0 با علامت منفی یعنی، $-P_0\Psi_w$ در نظر گرفته شد (۲۳).

از دستگاه پرومتر دستی[2] برای اندازه‌گیری تأثیر آبیاری بر شاخص هدایت روزنه‌ای برگ استفاده شد (شکل ۲). واحد اعداد این دستگاه بر حسب " mmol m^2s^{-1}" نشان داده می‌شود (۳۷). در زمان یادداشت - برداری، دما و زمان هم ثبت شد.

شکل ۱. دستگاه بمب فشار

[1] Pressure Bomb
[2] Hand Held Porometer

شکل ۲. دستگاه پرومتر دستی

محتوی کلروفیل نسبی برگ به روش غیرتخریبی با استفاده از دستگاه Chlorophyll Content Meter یا SPAD[1] Model CL-01 اندازه‌گیری شد (۳ و ۱۸) (شکل ۳). اعداد خوانده شده توسط دستگاه، مجموع مقدار کلروفیل a و b موجود در گیاه ($mg\ g^{-1}$) است (۱۱، ۲۰ و ۴۲). به منظور کاهش خطای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل نسبی، در هر نقطه سه تکرار انجام شد و در آخر میانگین مقدارهای اندازه‌گیری شده به عنوان کلروفیل نسبی ثبت شد. بدین منظور سه پایه از هر نهال به طور تصادفی انتخاب و از سه نقطه آخرین برگ توسعه یافته نمونه‌گیری و اندازه‌گیری انجام شد. عدد بدست آمده میزان سبزینگی گیاه را نشان می‌دهد. برای به‌دست آوردن غلظت کلروفیل برگ گیاه لازم است دستگاه واسنجی شود. این کار برای چهار گونهٔ مورد بررسی انجام و عدد پایانی ثبت شد (۳۵).

شکل ۳. دستگاه اسپد

[1] Soil Plant Analysis Development

محاسبه‌های آماری و مقایسهٔ میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با روش آزمون تی وابسته در نرم‌افزار SPSS 22.0 انجام شد.

■ نتایج

یافته‌های آزمون تی وابسته شاخص‌های پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای و محتوی کلروفیل نسبی چهار نهال درخت مورد مطالعه به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

مقدار پتانسیل آب برگ بعد از آبیاری در چهار نهال درختی مطالعه شده به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0.05$) (جدول ۱). اختلاف پتانسیل آب برگ قبل و بعد از آبیاری برابر ۱۱/۵۶، ۱۶/۳، ۱۴/۵۴ و ۱۳/۵۴ "bar"، به ترتیب در گونه‌های اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید ثبت شد. هم‌چنین با توجه به این که پتانسیل آب برگ، معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است و هر چه مقدار پتانسیل آب برگ گیاه در شرایط خشکی بیش‌تر باشد، مقاومت آن نیز بیش‌تر خواهد بود، می‌توان گفت درختان اقاقیا ۳۰/۱۴-، عرعر ۳۶/۴-، زیتون تلخ ۴۳/۵- و توت سفید ۴۸/۱۰- "bar" به ترتیب گونه‌های مقاوم به خشکی هستند.

در شرایط آزمایش انجام شده، مقدار هدایت روزنه‌ای برگ نیز پس از آبیاری در هر چهار گونهٔ مورد بررسی، کاهش یافت و از نظر آماری معنی‌دار بود ($P<0.05$) (جدول ۲). اختلاف هدایت روزنه‌ای چهار گونه مورد مطالعه قبل و بعد از آبیاری معادل ۶/۹۳، ۵/۴۲، ۶/۳۹ و ۹/۸۸ "$mmol\ m^{-2}s^{-1}$" به ترتیب برای گونه‌های اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید ثبت شد.

محتوی کلروفیل برگ پس از آبیاری به روش کاهش یافت، امّا این کاهش معنی‌دار نبود ($P>0.05$). به طوری که اختلاف محتوی کلروفیل چهار گونه مورد مطالعه قبل و بعد از آبیاری به روش معادل ۱/۵، ۲/۸۳، ۲/۱۶ و ۲/۲۴ "$mg\ g^{-1}$" به ترتیب برای گونه‌های اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید مشاهده شد.

جدول ۱. نتایج آزمون تی وابسته پتانسیل آب برگ (bar) قبل و بعد از آبیاری چهار گونه

گونه	انحراف معیار ± میانگین		t	Sig.
	قبل آبیاری	بعد آبیاری		
اقاقیا	-۳۰/۱۴±۵/۳	-۱۸/۵۸±۱/۵	۳/۲	۰/۰۱*
عرعر	-۳۶/۴±۷/۳	-۲۰/۱±۷/۱	۲۱/۴۱	۰/۰۱*
زیتون تلخ	-۴۳/۵±۴/۴	-۲۸/۹۶±۲/۳	۴/۱۵	۰/۰۲*
توت سفید	-۴۸/۲±۱/۲	-۳۴/۵۶±۱/۹	۱۰/۲	۰/۰۱*

* نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

جدول ۲. نتایج آزمون تی وابسته هدایت روزنه‌ای ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$) قبل و بعد از آبیاری چهار گونه

گونه	انحراف معیار ± میانگین		t	Sig.
	قبل آبیاری	بعد آبیاری		
اقاقیا	۲۵/۴۳±۶/۲	۲۱±۵/۲	۳/۵۶	۰/۰۳*
عرعر	۳۲/۹۲±۸/۵	۲۷/۵±۸/۷	۳/۷۵	۰/۰۳*
زیتون تلخ	۴۵/۶۴± ۷/۲	۳۹/۲۵±۸/۳	۲/۹۲	۰/۰۵*
توت سفید	۲۹/۹۸±۷/۲	۲۰/۱±۷/۳	۲/۶۸	۰/۰۴*

* نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

جدول ۳. نتایج آزمون تی وابسته محتوی کلروفیل ($mg\ g^{-1}$) قبل و بعد از آبیاری چهار گونه

گونه	انحراف معیار ± میانگین		t	Sig.
	قبل آبیاری	بعد آبیاری		
اقاقیا	۱۱/۸۳±۵/۲	۱۰/۳۳±۸/۷	۱/۵۶	۰/۲ns
عرعر	۲۳/۴۹±۲/۹	۲۰/۶۶±۸/۷	۵/۴۴	۰/۲ ns
زیتون تلخ	۴۴/۶۱±۶	۴۳±۷	۲/۶۹	۰/۱ns
توت سفید	۱۴/۲۴±۶/۴	۱۲/۱۰±۱۰/۸۸	۲/۹۶	۰/۲ ns

ns نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهشی که از محتوی آب نسبی، پتانسیل آب برگ و هدایت بخار آب برای انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب مقاوم به خشکی در شرایط تنش کم آبی انجام شد، پتانسیل آب برگ گونه‌های درختی و درختچه‌ای که تحت تنش آبی قرار گرفتند، کاهش یافت (۷). با مطالعه

روی دو گونه اسکنبیل *Calligonum persicum* L. و *C. stenopterum* Bunge ex Bois مشخص شد که پتانسیل آب برگ بعد از آبیاری در مقایسه با قبل از آبیاری کاهش معنی‌داری داشت که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارند (۳۱).

یافته‌های پژوهشی دیگر نشان‌داد که اقاقیا مقاوم به خشکی است، زیرا دو استراتژی مقاومت به خشکی و اجتناب از خشکی را از خود نشان می‌دهد (۳۰). هم‌چنین ممکن است دلیل مقاومت زیاد اقاقیا در برابر تنش خشکی به مقاوم بودن این گونه در برابر دیگر تنش‌های خاکی اعم از فیزیکی و شیمیایی باشد (۱). تثبیت نیتروژن می‌تواند با تأمین ازت بافت‌های برگ برای جذب و تسهیل رشد جبرانی بعد از خشکی نقش ایفا کند. اقاقیا معمولاً سامانه ریشه گسترده و کم عمق دارد که موجب اتصال ذرات خاک می‌شود، هم‌چنین قادر به تولید ریشه‌های عمیق و گسترش ریشه شعاعی حدود ۱/۵-۱ برابر ارتفاع خود است (۵). اقاقیا با افزایش مقدار پرولین، تنش ناشی از کمبود آب را تحمل می‌کند. افزایش پرولین نشان دهنده نقش این اسیدآمینه در تنظیم فشار اسمزی است. علاوه بر تنظیم اسمزی، پرولین به عنوان محافظ در برابر تنش عمل می‌کند، بدین ترتیب که به طور مستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل دارد و به حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها تحت شرایط تنش کمک می‌کند (۲۷). مقاومت به خشکی عرعر به دلیل توانایی ذخیرهٔ آب در سامانهٔ ریشه زیاد است (۱۹) و بیشتر در سرزمین‌هایی که مناطقی که درختان کمی می‌توانند زنده بمانند یافت می‌شود (۱۷). در شرایط مختلف تنش خشکی، رشد درختان توت سفید متوقف خواهد شد، اما این گونه می‌توانند با افزایش سطوح جذب ریشه و ارتقاء ظرفیت جذب به تنش پاسخ دهد (۱۶). این درخت مقاومت زیادی به تنش خشکی از خود نشان می‌دهد. هم‌چنین، درخت زیتون تلخ در هاوایی، مکان‌های خشک، به ویژه آبخیزها و مراتع را ترجیح می‌دهد (۴۷). در جنوب غرب آلاباما[1]، زیتون تلخ گونهٔ است که در مکان‌های با زهکشی خوب رشد می‌کند (۱۲). بررسی‌ها نشان داده است که این درخت برای مناطق خشک مناسب است (۴۱).

وضعیت رطوبتی خاک یا ریشه به طور مستقیم روزنه را در تأثیر قرار می‌دهد. این موضوع در بیش‌تر گیاهان گزارش شده است (۴۹). تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل می‌شود (۱۵). در پژوهش دیگری گزارش شده است که اولین پاسخ گیاه به تنش کم آبی، کاهش پتانسیل آب برگ و تبادلات گازی روزنه‌ها است که مشابه نتایج این پژوهش است (۷ و ۱۳). یافته‌های پژوهش حاضر از این حقیقت حمایت می‌کند که تحت تنش آب روزنه‌ها به طور جزیی و به طور کلی بسته می‌شوند و از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کند. این امر موجب کاهش جذب CO_2 و به دنبال آن گیاهان مقدار زیادی انرژی برای جذب آب از خاک مصرف می‌کنند که به طور منفی فعالیت فتوسنتزی را در تأثیر خود قرار می‌دهند و تولید گیاهان کاهش می‌یابد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، علاوه بر تولید ABA[2] در ریشه و ارسال آن به برگ‌ها، در کاهش پتانسیل آماسی در برگ نیز مؤثر است و به احتمال زیاد از طریق ABA تولید شده در خود برگ‌ها عمل کند (۴).

مشابه نتایج پژوهش حاضر، یافته‌های تحقیق واکنش فیزیولوژیک نهال‌های درخت اقاقیا به تنش خشکی نشان داد که محتوی کلروفیل در اقاقیا تحت تأثیر تنش قرار نگرفت (۲۵)، و از این‌رو، تعیین محتوی کلروفیل شاخص خوبی در سنجش مقاومت آن به تنش خشکی نیست. تعدادی از محققان نیز بیان کردند که طی تنش، به دلیل وجود سلول‌های بیش‌تر در واحد وزن برگ، ممکن است مقدار کلروفیل افزایش یابد (۱۴). در تحقیقی نیز کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها در تنش خشکی گزارش شده است و علت این امر تخریب غشاء در اثر تنش اکسایشی عنوان شد (۲۱). در بیشتر گیاهان، بر اثر تنش آبی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد. محتوای کلروفیل نسبی، شاخصی از فعالیت فتوسنتز، اندازه‌گیری واکنش گیاه به کاربرد نیتروژن و بسیاری از جنبه‌های

[1] Alabama

[2] Abscisic Acid

بیوشیمیایی گیاه است. ممکن است تغییر محتوی رنگدانه اطلاعات ارزشمندی در مورد وضعیت فیزیولوژیک گیاهان ارائه دهند (۴۴). کلروپلاست نیز در تنش خشکی تأثیر می‌پذیرد و تنش خشکی موجب هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوییدی و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد (۲۹). کاهش مقدار محتوی کلروفیل در شرایط تنش آبی، به احتمال به دلیل افزایش تخریب این رنگدانه و/یا کاهش ساخت آن‌ها و هم‌چنین اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی است (۱۰). در روزهای اولیه پس از تنش اسمزی فعالیت آنزیم کلروفیلاز که موجب تجزیه کلروفیل می‌شود افزایش می‌یابد ولی با گذشت زمان و با طولانی شدن تنش کاهش ساخت کلروفیل دلیل اصلی کاهش مقدار آن است. زیرا خشکی زیاد مانع از تشکیل آمینول آوولینیک اسید[1] می‌شود. این مادّه پیش مادّه پروتوکلروفیل[2] است که در معرض نور تبدیل به کلروفیل می‌شود (۴۰).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آب برگ درختان مورد آزمایش شد. هم‌چنین شاخص کلروفیل نسبی برگ درختان پس از آبیاری کاهش یافت، امّا این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. درختان اقاقیا، عرعر، زیتون تلخ و توت سفید به ترتیب گیاهان مقاوم به خشکی هستند که برای احیاء مناطق خشک توصیه می‌شوند. در میان درختان مورد مطالعه، درخت اقاقیا با پتانسیل آب برگ ۳۰/۲۳- بار، مقاوم‌ترین گونه بود. دلیل زیاد بودن پتانسیل آب برگ در اقاقیا می‌تواند به پتانسیل منفی‌تر این گونه نسبت به گونه‌های دیگر مربوط باشد که موجب جذب بیش‌تر آب از طریق ریشه‌ها گردیده است. هم‌چنین می‌توان گفت مهم‌ترین و مناسب‌ترین شاخصی که تنش آب در گیاه را نشان می‌دهد، پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی است و شاخص کلروفیل نسبی شاخص مناسبی برای تعیین مقاومت گیاه به خشکی نیست.

با توجه به این‌که ایران جزء کشورهایی با پوشش اندک است نیاز به توسعه فضای سبز و جنگل‌کاری احساس می‌شود. بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک گونه‌ها به تنش خشکی می‌تواند به شناسایی سازوکارهای مؤثر در مقاومت به خشکی و نیز انتخاب بهترین گونه برای کاشت در مناطق کم آب ایران کمک کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه تهران که امکانات لازم برای انجام این پژوهش و تهیه مقاله‌های آن را فراهم کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

■ References

1. Abdollahi, P., Soltani, A., & Beigai Harchegani, H. (2011). Evaluation of salinity tolerance in four suitable tree species in urban forestry. *Forest and Poplar Research*, *19*(3), 265-282 (in Farsi).
2. Anonymous. (2015). Meteorological statistics of Isfahan province in the years 1951-2010.
3. Chang, S. X., & Robison, D.J. (2003). Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management, 181*(3), 331–338.
4. Cornic, G. (2000). Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture– not by affecting ATP synthesis. TIBS 5,187-188.
5. Cutler, D. F. (1978). Survey and identification of tree roots. *Arboricultural*, *3*(4), 243-246.
6. Dana, E., Martнnez, Z., & Guiamet, J. (2004). Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomy*, *24*(1), 41-46.
7. Drivas, E.P., & Everett, R.L. (1988). Water relations characteristics of competing single-leaf pinyon seedlings and sagebrush nurse plants. *Forest Ecology and management*, *23*(1), 27-37.

[1] Aminolaevulinic acid
[2] Protochlirophyll

8. Elliott, K.J., & Swank, W.T. (1999). Impacts of drought on tree mortality and growth in a mixed hardwood forest. *Vegetation science*, *5*(2), 229-236.

9. Endres, L. (2007). Daily and seasonal variation of water relationship in sugar apple (*Annona squamosa* L.) under different irrigation regimes at semi-arid Brazil. *Scientia horticulturae*, *113*(2), 149-154.

10. Erdem, Y., Shirali, S., Erdem, T., & Kenar, D. (2006). Determination or crop water stress index for irrigation scheduling of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture and Forest*, *30*(3), 195-202.

11. Feibo, W., Lianghuan, W., & Fuhua, X. (1998). Chlorophyll meter to predict nitrogen side dress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L). *Field Crops Research*, *56*(3), 309 314.

12. Gemborys, S.R., & Hodgkins, E.J. (1971). Forests of small stream bottoms in the coastal plain of southwestern Alabama. *Ecology*, *52*(1), 70-84.

13. Giorio, P., Sorrentino, G., & Andria, R.D. (1999). Stomatal behavior. Leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany, 42*(2), 95-104.

14. Guan, B.H., Ge, Y., Fan, M.Y., Niu, X.Y., Lu, Y.J., & Shang, J. (2003). Phenotypic plasticity of growth and morphology in *Mosla chinensis* responds to diverse relative soil water content. *Acta Ecologica Sinica*, *23*(2), 259-263.

15. Heidari, N. Pouryousef, M., & Tavakoli, A. (2013). Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Plant Researches, 27*(5), 829-839 (in Farsi).

16. Huang, X., Liu, Y., Li, J., Xiong, X., Chen, Y., Yin, X., & Feng, D. (2013). The response of mulberry trees after seedling hardening to summer drought in the hydro-fluctuation belt of Three Gorges Reservoir Areas. *Environmental Science and Pollution Research*, *20*(10), 7103-7111

17. Hu, S. Y. (1979). *Ailanthus altissima*. *Arnoldia, 39*(2), 29–50.

18. Hu, H., Zhang, G., & Zheng, K. (2014). Modeling Leaf Image, Chlorophyll Fluorescence, Reflectance from SPAD Readings. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations abd Remote Sensing, 7*(11), 4368–4373.

19. Hoshovsky, M. C. (1988). Element Stewardship Abstract for *Ailanthus altissima*. Arlington, Virginia: The Nature Conservancy. Retrieved 2010-02-07.

20. Ichie, T., Kitahashi, Y., Matsuki, S., Maruyama Y., & Koike, T. (2002). The use of a potable nondestructive type nitrogen meter for leaves of woody plants in field studies. *Photosynthetic*, *40*(2), 289-292.

21. Juang, S. (2004). Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of Arabidopsis thaliana subjected to drought. Plant Science, *166*(2), 459-466.

22. Khajeddin, S.J. (2018). The flora Atlas of the Mutheh Wildlife Refuge. 1271 p (in Farsi).

23. Kirkham, M.B. (2014). Principles of Soil and Plant Water Relations. 2nd Edition.

24. Koc, M., Barutcular, C., & Genc, I. (2003). Photosynthesis and productivity of old and modern durum vheats in Mediterranean environment. *Crop Science*, *43*(6), 2089-209.

25. Kordrostami, F. Shirvani, A. Atarod, P., & Khoshnevis, M. (2017). Physiological responses of *Robinia pseudoacacia* seedlings to drought stress. *Forest and Wood Products*, *70*(3), 393-400 (in Farsi).

26. Kramer, P.J. (1969). Plant and soil water relationships: a modern synthesis. Mc Graw-Hill, New York.

27. Kuznetsov, V.V., & Shevyakova, N.I. (1999). Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation. *Plant Physiology, 46*(2), 274-287.

28. Lawler, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ, 25*(2), 275-294.

29. Martin, B., & Torres, A.R. (1992). Effects of water deficits stress on photosynthesis, its components, and component limitations and on water use efficiency in wheat. *Plant Physiology, 100*(2), 733-739.

30. Minucci, J.M., Miniat, C.F., Teskey, R.O., & Wurzburger, N. (2017). Tolerance or avoidance: drought frequency determines the response of an N2-fixing tree. *New Phytologist, 215*(1), 434-442.

31. Mosleh Arany, A. Ehghaghi, R. Azimzadeh, H., & Zargran, M. (2013). The comparison of some drought resistance parameters in two Calligonum species (*Calligonum persicum* and *C. stenopterum*) in natural conditions. *Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research,* 21(1), 33-44 (in Farsi).

32. Mozaffarian, V. (2004). Trees and shrubs of Iran. Contemporary Culture Press. Tehran. 661 p (in Farsi).

33. Ngugi, M.R., Hunt, M.A, Doley, D., Ryan, P., & Dart, P. (2004). Selection of species and provenance for low rainfall areas: Physiological responses of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* to seasonal condition in subtropical Queensland. *Forest Ecology and Management*, *193*(1-2), 141-156.

34. Niakan, M. & Ghorbanli, M. (2007). The effect of drought stress on growth, photosynthetic factors, content of proline, Na, and K content in two cultivars of soybean. *Rostaniha*, *8*(1), 17-29.

35. Orangi, M. Matinkhah, S.H. Mahmoodi, M. Raofi, M.R. (2016). Analysis of aridity resistance of phanerophyte species base on physiological charactristcs. Msc. Thesis. Isfahan University of Technology. Iran. 123p (in Farsi).

36. Ozturk, M., & Sakcali, M.S. (2004). Eco-physiological behaviors of some Mediterranean plants as suitable candidates for reclamation of degraded areas. *Arid Environments*, *57*(2), 141-153.

37. Pask, A. J. D.; Pietragalla, J.; Mullan, D. M., & Reynolds, M. P. (2012). Pphiysological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Mexico, D. F. CIMMYT 1-140.

38. Richards, R. A. (2004). Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water scarce environments. *Agriculture Water Management, 80*(1-3), 197-211.

39. Salleo, S., & Lo-Gullo, M.A. (1990). Sclerophylly and plant water relations in three Mediterranean Quercus species. *Annals of Botany*, *65*(3), 315-331.

40. Santos, C.V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*, *103*(1), 93-99.

41. Seth, M. K. (2003). Trees and their economic importance. *The Botanical Review*, 69(4), 321-376.

42. Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F., & Schepers, J.S. (2005). Remotely Measuring Chlorophyll Content in Corn Leaves with Differing Nitrogen Levels and Relative Water Content. *Agronomy*, *97*(1), 106 112.

43. Shaban, M. Khajeddin, S.J., & Karimzadeh, H.R. (2007). Effect of water stress on leaf water potential of some trees and shrubs. *Watershed Management Science and Engineering*, *1*(2), 58-64.

44. Sims, D.A., & Gamon, J.A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing Environment*, *81*(2-3), 337-354.

45. Tavili, A., Jafari, Heidari Sharifabad. M., & Arzani, H. (2000). Drought resistance studies on tree range plant species *Stipa barbata, Agropyron cristatum* and *Agropyron desertorum. Natural Resources*, *53*(3), 227-237 (in Farsi).

46. Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A. & This, D. (1997). Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. *New Phytologist*, *137*(1), 99-107.

47. Wagner, Warren L., Herbst, Derral R., & Sohmer, S. H. (1999). Manual of the flowering plants of Hawai'i. Revised edition: Volume 1. Bishop Museum Special Publication 97. Honolulu, HI: University of Hawai'i Press; Bishop Museum Press. 988 p.

48. Yordanov, I., Tsonko, T., Velikova, V., Georgieva, K., Ivanov, P., Tsenov, N., & Petrova, T. (2001). Change in CO2 assimilation, transpiration and stomatal resistance to different wheat cultivars expressing drought under field conditions. *Plant Physiology*, *27*(3-4), 20-33.

49. Zhang, J., & Davies, W.J. (1990). Does ABA in the xylem control the rate of leaf growth in soil-dried maize and sunflower plants? *Experimental Botany*, *41*(9), 1125-1132.

No. 14, Autumn & Winter, 2020, pp 107-118

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Study of Physiological Indices of Some Drought Resistance Trees in Natural Conditions

Z. Jafari[1], S. H. Matinkhah[2], K. Ebrahimi[3*]

1. PhD Candidate, Department of Range and Watershed, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Range and Watershed, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

* Corresponding Author: EbrahimiK@ut.ac.ir

Received date: 13/07/2019 **Accepted date: 22/09/2019**

Abstract

Drought is one of the most important environmental stresses that affects plant morphology and physiology. The present study was carried out to measure some physiological indices of four drought resistance trees at Isfahan University of Technology and aimed at managing desert. Physiological parameters of *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba* and *Melia azedarach* including leaf water potential using pressure bomb, stomatal conductance through hand-held Porometer and chlorophyll content using SPAD were measured before and after irrigation. Data analysis and comparison of means was performed using SPSS 22.0 software, dependent T-Test. The results that showed that drought stress significantly reduced the leaf water potential by 11.56, 16.3, 14.54 and 13.54 bar as well as the stomatal conductance by 6.93, 5.42, 6.39 and 9.98 mmol $m^{-2}s^{-1}$ after irrigation for *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Melia azedarach* and *Morus alba,* respectively. The chlorophyll content was also decreased by 1.5, 2.83, 2.16 and 2.24 mg g^{-1} after irrigation for *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Melia azedarach* and *Morus alba,* respectively, but this was not statistically significant (P>0.05). According to the physiological responses of the trees, it can be concluded that *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Melia azedarach* and *Morus alba* are drought resistance trees, respectively that are recommended in arid areas.

Keywords: Leaf water potential; Stomatal conductance; Chlorophyll content; *Robinia pseudoacacia*; Water stress