نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و دوم، شماره اول، ۱۳۹٤
http://jwfst.gau.ac.ir

اثر تنش خشکی بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی نهال‌های بنه (*Pistacia atlantica* Desf.)

***جواد میرزایی[۱] و عبدالعلی کرمشاهی[۲]**

[۱]استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام،
[۲]گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۹۱/٦/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۷

چکیده

تنش خشکی مهمترین فاکتور تأثیرگذار بر رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و نسبت به سایر تنش‌های غیرزنده، نقش بیشتری در استقرار نهال‌ها در یک اکوسیستم بازی می‌کند. بـه همـین دلیل سهم بالایی از پژوهش‌های بیولوژیکی این مناطق، مربوط به تـنش‌هـای خشـکی اسـت. در ایـن تحقیق اثر استرس خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بر زنده‌مانی، رشد (ارتفاع، قطر، سطح برگ، طول ریشه، حجم ریشه، طول ریشه به ساقه) و فعالیت‌های فیزیولوژیکی (فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و دمای سطح برگ) نهال‌های بنه (*Pistacia atlantica*) در شرایط گلخانه‌ای، مـورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استرس خشکی بر اکثر ویژگی‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های بنه تأثیر معنی‌داری دارد. به‌طوری که استرس خشکی سبب کاهش زنده‌مانی، رشد ارتفـاعی، قطری و سطح برگ نهال‌های بنه شده و فعالیت‌های فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و تبادلات گازی را به‌میزان قابل توجهی کاهش داد. اما از طرفی، تنش خشکی بر طول ریشه و طول ریشه بـه سـاقه و دمای سطح برگ نهال‌های بنه تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، فتوسنتز، تعرق، مرفولوژیکی، بنه

*مسئول مکاتبه: j.mirzaei@mail.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گونه درختی بنه (*Pistacia atlantica*) از مهمترین گونه‌های بومی جنگل‌های زاگرس می‌باشند که به‌صورت گونه‌های همراه با بلوط ایرانی سطح وسیعی از این ناحیه رویشی را به‌خود اختصاص داده است. این پوشش، در برخی مناطق، رویشگاه‌های منحصر به‌فردی را ایجاد نموده است. تخریب این‌گونه درختی توسط روستاییان و جنگل‌نشینان به‌منظور برداشت سقز، میوه، سوخت، وچرای دام، باعث کاهش کمی و کیفی رویشگاه‌های آن شده است. از طرفی، با توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک منطقه و پایین بودن رطوبت امکان استقرار زادآوری طبیعی این‌گونه‌ها با مشکل مواجهه شده، زیرا این عامل، مهمترین عوامل محدود کننده رشد و استقرار نهال گونه‌های درختی و درختچه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌حساب می‌آید (کاراویس و همکاران، ۲۰۰۲). تنش خشکی اثرات متفاوتی بر پارامترهای رشد گیاهان دارد (زو و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور مثال اثرات منفی تنش خشکی بر زنده‌مانی نهال‌ها، توسط انگلبرچ و کورسار (۲۰۰۷) برای گونه‌های جنگلی منطقهٔ تروپیکال گزارش شده است. جینینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز با مطالعه اثر تنش خشکی بر ارتفاع نهال زالزالک نشان دادند که استرس خشکی تأثیر منفی بر رشد نهال‌ها داشته است. کاهش ارتفاع و قطر نهال *Sophora davidii* (وو و همکاران، ۲۰۰۸)، *Eucalyptus microtheca* (لی و وانگ، ۲۰۰۳) و *P. khinjuk* (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۱) در اثر تنش خشکی نیز مشاهده شده است. علاوه‌بر این، تنش خشکی سبب کاهش سطح برگ نهال‌های *Eucalyptus microtheca* (لی و وانگ، ۲۰۰۳)، *Albizzia lebbek*، *Dalbergia sissoo*، *Leucaena leucocephala*، *Shorea robusta* و *Tectoniagrandis* (راو و همکاران، ۲۰۰۸) نیز شده است. لو و ژانگ (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش تعرق و افزایش دمای سطح برگ گیاه می‌گردد. اما با وجود این پژوهش‌های اندکی در زمینه اثر تنش خشکی بر رشد نهال گونه‌های درختی بومی زاگرس صورت گرفته است. این تحقیق در نظر دارد پاسخ‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های گونه بنه (*Pistacia atlantica*) را در شرایط گلخانه‌ای به استرس خشکی بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دما، رطوبت و نور به‌ترتیب روزانه ۳/۳۳±۲۲/۸ درجه سانتی‌گراد، ۹/۲۷±۳۵/۷۷ درصد و ۲/۲۹۵±٤/۰۵۷ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و شبانه ±۱/٦٥

Archive of SID

www.SID.ir

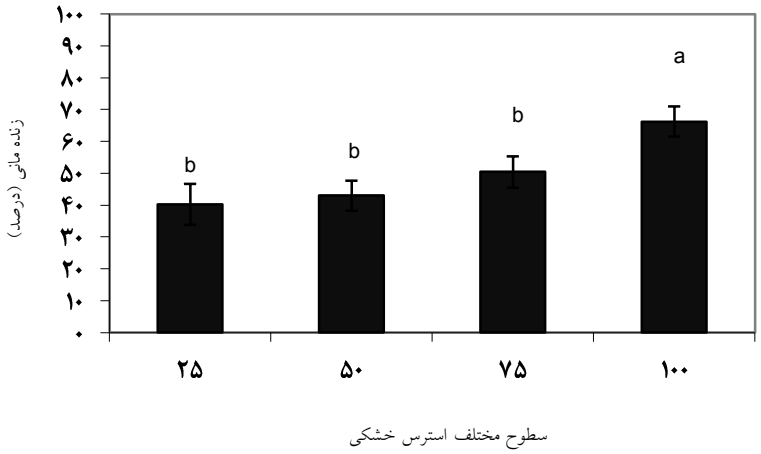
۱۷/۷٦ درجه سانتی‌گراد، ۱۰/۷۱±٤۳/۹۳ درصد و ۰/۱٦٥±۰/۲٥۳ میکرومول بر مترمربع در ثانیه انجام گرفت. برای این منظور در داخل گلدان‌های پلاستیکی (۲٥ سانتی‌متر عرض × ٥۰ سانتی‌متر ارتفاع)، خاک استریل شده لومی- شنی که ظرفیت زراعی آن بر اساس روش وزنی تعیین گردید (علیزاده، ۱۳۸٥)، قرار داده شد و سپس بذرهای جوانه‌زده در داخل آن قرار داده شد. تا زمان استقرار کامل نهال‌ها، روزانه گلدان‌ها را به‌میزان ظرفیت زراعی آبیاری نموده و سپس تیمارهای خشکی (۱۰۰، ۷٥، ٥۰ و ۲٥ درصد ظرفیت زراعی) در قالب یک طرح کاملا تصادفی اعمال شد. در نهایت در پایان دوره رویش (بعد از ۸ ماه) اندازه‌گیری مربوط به زنده‌مانی، ارتفاع نهال، قطر یقه (کولیس)، تعداد برگ‌ها، سطح برگ (Leaf Area Meter)، طول جوانه انتهایی، طول ریشه (خط‌کش)، حجم ریشه (استوانه مدرج)، دمای سطح برگ (Mini Temp)، فتوسنتر، تبخیر و تعرق، هدایت روزنه‌ای (LCA 4, ACD) انجام شد (وو و همکاران، ۲۰۰٦a). پس از برداشت داده‌ها، به‌منظور تجزیه و تحلیل آن‌ها، ابتدا، آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و لون تست نرمالیته و همگی واریانس داده‌ها، انجام شد. سپس با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون دانکن تیمارهای مختلف با همدیگر مقایسه گردید.

نتایج

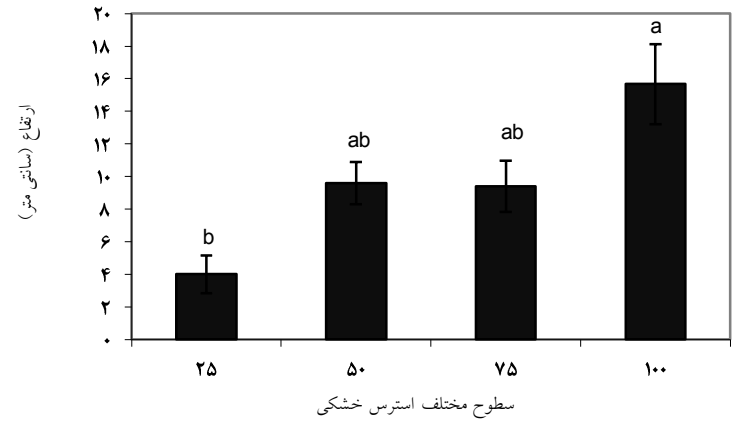
فعالیت‌های مرفولوژی نهال‌ها: استرس خشکی بر زنده‌مانی (p= ۰/۰۱۲ و f= ٥/۱٥۲)، ارتفاع نهال (p=۰/۰۰۹ و f=٥/٥۰٤)، قطر یقه (p=۰/۰۰۲ و f=۷/۸۸٥)، سطح برگ (p=۰/۰۰۰ و f=۱٤/۹۲۲)، حجم ریشه (p=۰/۰٤۱ و f= ۳/۲٦٦)، طول ریشه به ساقه (p=۰/۰۰۸ و f=٥/٦٦۹)، نهالها تأثیر معنی‌داری و بر طول ریشه (p=۰/٦٥۷ و f=۰/٥٤۸)، تعداد برگ (p=۰/۹۷٤ و f=۰/۰۷۳) و طول آخرین بند رویشی نهال (p=۰/٤۹۲ و f=۰/۸٤۲)، تأثیر معنی‌داری نداشت. بر اساس این نتایج تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بالاترین زنده‌مانی داشت در حالی‌که بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). علاوه‌بر این ارتفاع نهال، قطر یقه، سطح برگ نیز با افزایش استرس خشکی کاهش پیدا کردند (شکل‌های ۲، ۳ و ٤). در حالی‌که طول ریشه، طول آخرین بند رویشی و تعداد برگ تحت تأثیر استرس خشکی قرار نگرفتند (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

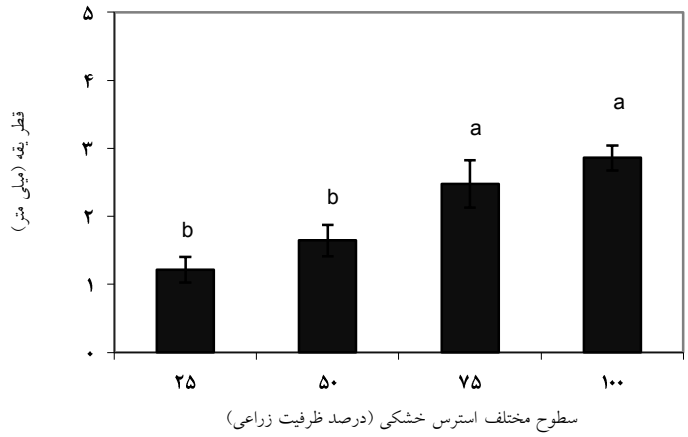


شکل ۱- مقایسه میانگین‌های زنده‌مانی نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی.

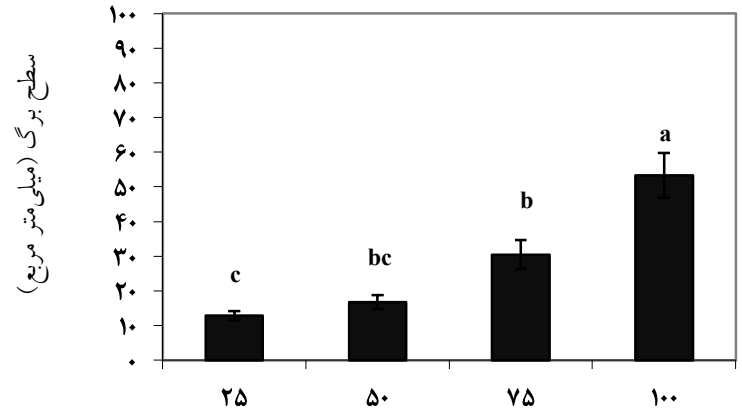


شکل ۲- مقایسه میانگین‌های ارتفاع نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).

www.SID.ir

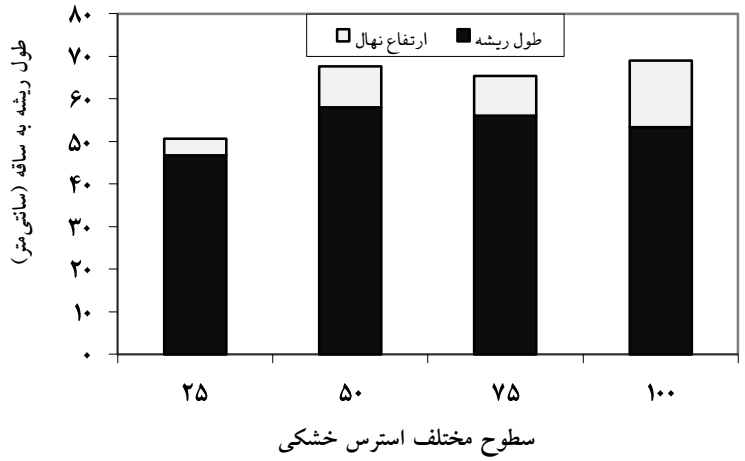


شکل ۳- مقایسه میانگین‌های قطر یقه نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های سطح برگ نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).

www.SID.ir



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های طول ریشه به ساقه نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های پارامترهای رشد نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی.

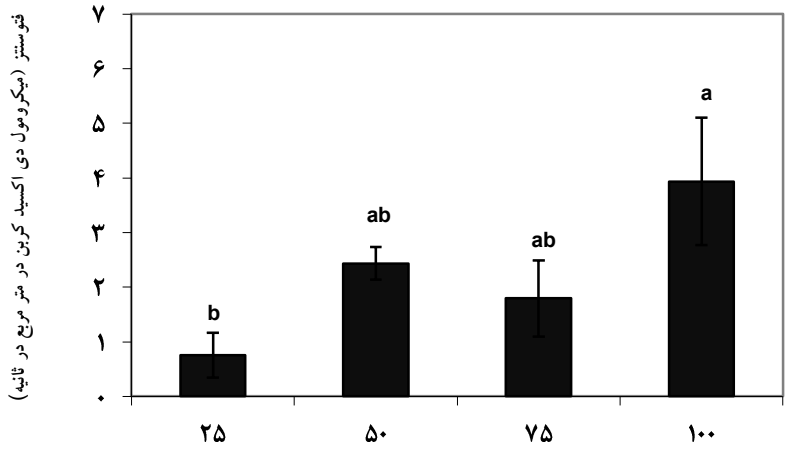
پارامترهای مورد بررسی	سطوح مختلف استرس خشکی (درصد ظرفیت زراعی)			
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
طول ریشه (سانتی‌متر)	٤٦/٦±٦/٦٧^{a}	٥٨±٤/٩٠^{a}	٥٦±٤^{a}	٥٣/٣±٦/٦٧^{a}
حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	٢/٣٣±٠/٨٨^{b}	٤/٨±٠/٧٣^{a}	٦±٠/٦٣^{a}	٤/٥±٠/٧٢^{ab}
طول ریشه به ساقه	١٣/٣±٣/٣٣^{a}	٦/٩±١/٦٣^{b}	٦/٦±١/١٧^{b}	٣/٨٤±٠/٦٤^{b}
تعداد برگ	٩/٦٦±٣/٨٤^{a}	٩/٢±٢/٨٤^{a}	١٠/٤±١/٤^{a}	١٠/٥±١/٩٣^{a}
طول آخرین بند رویشی (سانتی‌متر)	٠±٠^{a}	٠/٤±٠/٢٤^{a}	٠/٤±٠/١٩^{a}	٠/٢٥±٠/١١^{a}

حروف مشابه در ردیف‌ها نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

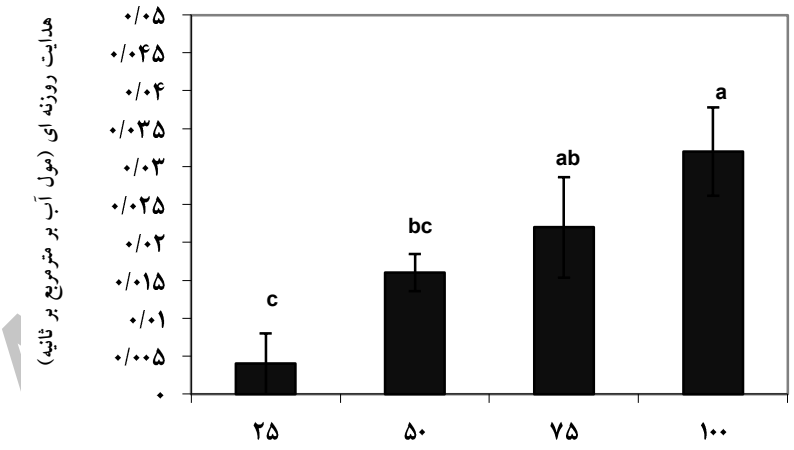
فعالیت‌های فیزیولوژی نهال‌ها: نتایج همچنین نشان داد که استرس خشکی بر فتوسنتز (p=۰/۰٤٥ و f= ۳/۳٥٥)، تعرق (p=۰/۰۰۰ و f=۱۱/۱٦۸)، هدایت روزنه‌ای (p=۰/۰۰۹ و f=٥/٤۸۰)، آب (p= ۰/۰۰۹ و f=٥/٤۸۰)، دی‌اکسیدکربن (p=۰/۰۰۹ و f=٥/٤۸۰) تأثیر معنی‌دار داشته، اما بر دمای سطح برگ (p=۰/۰۸۹ و f=٥/٤۸۰)، تأثیر معنی‌دار نداشت. به طوری‌که با افزایش استرس خشکی فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسید کربن و میزان آب به‌میزان قابل توجهی کاهش یافت (شکل ٦، ۷ و ۸ و جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

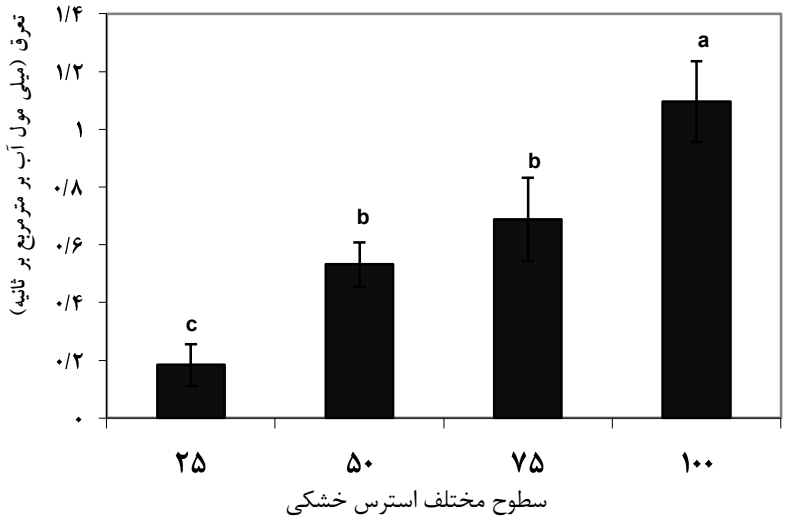


شکل ٦- مقایسه میانگین‌های نرخ فتوسنتز نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه بروی ستون‌ها نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های نرخ هدایت روزنه‌ای نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه بروی ستون‌ها نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).

www.SID.ir



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های نرخ تعرق نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی (حروف مشابه بروی ستون‌ها نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های پارامترهای فیزیولوژی نهال‌های بنه در سطوح مختلف تنش خشکی.

پارامترهای مورد بررسی	سطوح مختلف استرس خشکی			
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
دی‌اکسید کربن	٤٤٧/١±٢/٢٣^{a}	٤٣٩/٣±٢/٧٢^{b}	٤١٩/٤±١/٩٧^{c}	٤٥٢/٢±١/٥٢^{a}
آب	٠/١٦±٠/١٤^{c}	٠/٩±٠/١٣^{b}	١/٢±٠/٢٤^{b}	١/٩٢±٠/٢٣^{a}
دمای سطح برگ	٢٢/٦±٠/٦^{a}	٢٣/١٩±٠/٧^{a}	٢٢/٧٢±٠/١٣^{a}	٢٥/٨±٠/١٢^{a}

(حروف مشابه در ردیف‌ها نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار).

بحث

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل در زنده‌مانی و استقرار گونه‌های گیاهی است. به طوری‌که زنده‌مانی گیاه را به‌میزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه مشخص گردید که تنش خشکی تأثیر منفی بر زنده‌مانی نهال‌های بنه دارد. اثرات منفی تنش خشکی بر زنده‌مانی نهال‌ها، توسط انگلبرچ و کورسار (۲۰۰۷) در گونه‌های جنگلی منطقهٔ تروپیکال نیز گزارش شده است. همچنین مشخص گردید که تنش خشکی بر قطر و ارتفاع نهال‌های بنه تأثیر منفی دارد. جینینگ و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه اثر

Archive of SID

www.SID.ir

تنش خشکی بر ارتفاع نهال زالزالک و وو و زیا ۲۰۰۵a نیز با مطالعه اثر تنش بر ارتفاع و قطر نهال پرتقال به نتایج مشابهی دست یافتند. کاهش ارتفاع و قطر نهال *Sophora davidii* (وو و همکاران، ۲۰۰۸)، *Eucalyptus microtheca* (لی و وانگ، ۲۰۰۳) و *Pistacia khinjuk* (میرزایی و یوسف‌زاده، ۲۰۱۳) در اثر تنش خشکی نیز مشاهده شده است. از آن جایی‌که پدیده رشد گیاه، حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که آب کافی در اختیار گیاه باشد، در صورت عدم تأمین آب موردنیاز، به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، رشد ارتفاعی کم می‌شود. در حالی‌که طول ریشه به‌میزان کمتری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و تفاوت زیادی بین طول ریشه نهال‌های تحت تنش با سایر نهال‌ها وجود نداشت.

یکی از سازگاری‌های مرفولوژیکی گیاهان در زمان مواجهه با تنش خشکی، کاهش سطح و تعداد برگ می‌باشد. برگ به‌عنوان واحد فتوسنتزی نقش مهمی را در گیاه ایفا می‌کند. پایه‌هایی که دارای تعداد برگ بیشتری هستند در شرایط تنش، توان فتوسنتزی بالاتری را دارند. اما از طرف دیگر، در این گیاهان با افزایش تعداد برگ‌ها، تعرق نیز بیشتر می‌شود و این موضوع، با کمبود آب در تقابل است. بنابراین بایستی بین کاهش میزان تعرق و سطح بحرانی برگ برای فتوسنتز تعادل پایداری وجود داشته باشد. در این‌حالت، کاهش سطح برگ، یکی از سازوکارها برای ایجاد سازگاری است که گیاهان انجام می‌دهند. همزمان با کاهش سطح برگ گیاه در اثر تنش خشکی، تعرق گیاه هم کم می‌شود و هدررفت آب از طریق روزنه، به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (کلوز و همکاران، ۲۰۰۵). در این مطالعه، مشخص گردید که تنش خشکی به‌میزان قابل توجهی، باعث کاهش سطح برگ نهال‌های بنه می‌شود. کاهش سطح برگ در نهال‌های *Poncirus trifoliate* (وو و زیا، ۲۰۰٦b)، *Sophora davidii* (وو و همکاران، ۲۰۰۸)، *Coriaria nepalensis* (برگلی و تواری، ۲۰۰٤)، *Eucalyptus microtheca* (لی و وانگ، ۲۰۰۳)، *Albizzia lebbek*، *Dalbergia sissoo*، *Leucaena leucocephala*، *Shorea robusta* و *Tectona grandis* (رائو و همکاران، ۲۰۰۸) در اثر تنش خشکی، نیز گزارش شده است. استرس خشکی ضمن کاهش سطح برگ‌ها، باعث کاهش دوره رشد شده و دوره پیری آن را سرعت می‌بخشد. در این پژوهش مشخص شد که طول آخرین بند رویشی در نهال‌های تحت تنش خشکی کمتر از نهال‌های با شرایط آبیاری مناسب بود، هر چند که اختلاف آن‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. به‌عبارت دیگر، با وجود این‌که در پایان دوره، رشد جوانه انتهایی نهال‌های تحت تنش، متوقف شده بود، نهال‌هایی که تحت تنش نبودند، به رشد خود ادامه دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه‌بر این، نهال‌های تحت تنش خشکی بنه طول ریشه به ساقه بیشتری نسبت به سایر نهال‌ها داشتند. به‌عبارت دیگر، با افزایش استرس خشکی طول ریشه به ساقه در نهال‌ها افزایش یافت. چنین رفتاری باعث افزایش جذب آب شده که گیاه در شرایط استرس خشکی از خود نشان می‌دهد. به بیان دیگر، بالا بودن نسبت ریشه به ساقه، باعث ایجاد تعادل بهتر بین جذب آب توسط ریشه و دفع آن توسط اندام هوایی می‌شود (کلوز و همکاران، ۲۰۰۵). وو و همکاران (۲۰۰۸) نیز با مطالعه نهال‌های *Sophora davidii* نشان دادند که استرس خشکی باعث کاهش طول ریشه شده، اما از طرفی، سبب افزایش نسبت ریشه به ساقه نهال‌ها می‌شود، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. علاوه‌بر این، افزایش طول ریشه به ساقه در نهال‌های تحت استرس *Abies fabri* (جیو و همکاران، ۲۰۱۰)، *Arbutus unedo* (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۱)، *Jatropha curcas* (اتن و همکاران، ۲۰۱۰) نیز مشاهده شده است. قابل ذکر است که سیستم ریشه‌ای به‌جهت ارتباط مستقیم با خاک، از مهمترین پارامترهایی است که به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (کومار و همکاران، ۲۰۱۰).

در این پژوهش همچنین مشخص گردید که فعالیت‌های فیزیولوژیک نهال نیز به‌شدت تحت تأثیر استرس خشکی قرار دارند. به‌طور مثال نرخ فتوسنتز در نهال‌های تحت استرس خشکی بسیار کمتر از سایر نهال‌ها بود. علاوه‌بر این مشخص گردید که استرس خشکی باعث کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای در نهال‌های بنه می‌گردد. بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با تنش خشکی، کاهش در میزان فتوسنتز در نهال‌های *Zizyphs spinosus* (جینینگ و همکاران، ۲۰۰۷)، *Quercus rubra* (اپوستول و همکاران، ۲۰۰۹) و *Abies fraseri* (تیسنگ و همکاران، ۱۹۸۸) را نشان داده‌اند. کاهش فتوسنتز در اثر تنش خشکی، معمولاً به‌خاطر بهم‌ریختگی فرآیندهای بیوشیمیایی مرتبط با فتوسنتز است. در این پژوهش همچنین مشخص گردید که استرس خشکی بر هدایت روزنه‌ای نهال‌های بنه نیز تأثیر منفی دارد. این موضوع با پژوهش‌های (مورت و همکاران، ۲۰۱۰) (*Helianthemun almeriense*) و تسنگ و همکاران، ۱۹۸۸ (*Abies fraseri*) همخوانی دارد. جینینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز با مطالعه اثر تنش خشکی بر نهال‌های کنار (*Zizyphs spinosus*) در شرایط گلخانه‌ای، به‌این نتیجه رسیدند که تنش باعث کاهش هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز آن‌ها می‌گردد.

در نهایت با توجه به نتایج تحقیق می‌توان اظهار داشت که تنش خشکی بر فعالیت‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های بنه اثرات سویی دارد. به‌طوری که با کاهش میزان رطوبت زنده مانی، رشد ارتفاعی، رشد قطری، فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و سایر پارامترها کاهش چشم‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

دارند. بنابراین لازم است جهت رشد مناسب و بهینه این‌گونه در سال اولیه رشد، میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی نگه داشته شود.

منابع

1.Alizadeh, A. 2006. Soil, Water and Plant Relation. Emam Reza publication, Mashhad, 472p. (In Persian)

2.Achten, W.M.J., Maes, W.H., Reubens, B., Mathijs, E., Singh, V.P., Verchot, L., and Muys, B. 2010. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. Biomass and Bioenergy, 34: 667-676.

3.Apostol, K.G., Jacobs, D.F., and Dumroese, R.K. 2009. Root desiccation and drought stress responses of bare root *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. Plant Soil, 315: 229-240.

4.Bargali, K., and Tewari, A. 2004. Growth and water relation parameters in drought-stressed *Coriaria nepalensis* seedlings. Journal of Arid Environments, 58: 505–512.

5.Caravaca, F., Barea, J.M., and Roldan, A. 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil, Soil Biology and Biochemistry, 34: 1139-1145.

6.Close, D.C., Beadle, C.L., and Brown, P.H. 2005. The physiological basis of containerised tree seedling 'transplant shock': a review. Australian Forestry, 68(2): 112-120.

7.Engelbrecht, B.M.J., Comita, L.S., Condit, R., Kursar, T.A., Tyree, M.T., Turner, B.L., and Hubbell, S.P. 2007. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. Nature, 447: 80-82.

8.García, A.N., and Árias, S.P.B., Morte, A., and Sánchez-Blanco, M.J. 2011. Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. Mycorrhiza, 21(1): 53-64.

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

10.Jinying, L., Min, L., Yongmin, M., and Lianying, S. 2007. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphs spinosus* Hu) seedlings. Front. Agric. China, 1(4): 468-471.

11.Kumar, T., and Ghose, M. 2008. Status of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Sundarbans of India in relation to tidal inundation and chemical properties of soil. Wetlands Ecology and Management, 16: 471-483.

Archive of SID

www.SID.ir

12.Li, C., and Wang, K. 2003. Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. Forest Ecology and Management, 179: 377-385.
13.Lu, C., and Zhang, J. 1999. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. Journal of Experimental Botany, 50: 107-153.
14.Mirzaei, J., Akbarinia, M., Mohamadi Goltapeh, E., Sharifi, M., Rezaei Danesh, Y. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizae fungi on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under drought stress, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 291-300. (In Persian)
15.Mirzaei, J., Yousefzadeh, H. 2013. Peroxidase, superoxide dismutase and catalase activities of the *Pistacia khinjuk* seedlings under drought stress. Ecopersia, 1(4): 329-337.
16.Rao, P.B., Kaur, A., and Tewari, A. 2008. Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand. Tropical Ecology, 49(1): 43-52.
17.Tseng, E.C., Seiler, J.R., and Chevone, B.I. 1988. Effects of ozone and water stress on greenhouse-grown fraster fir seedlings growth and physiology. Environmental and Experimental Botany, 28(I): 37 41.
18.Wau, F., Bao, W., Li, F., Wu, N. 2008. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. Environmental and experimental botany, 63: 248-255.
19.Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006a. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology, 163: 417-425.
20.Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006b. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on leaf solutes and root absorption areas of trifoliate orange seedlings under water stress conditions. Frontiers of Forestry in China, 1(3): 312-317.
21.Xu, H., Biswas, D.K., Li, W.D., Chen, S.B., Zhang, L., Jiang, G.M., Li, Y.G. 2007. Photosynthesis and yield responses of ozone-polluted winter wheat to drought. Photosynthetica, 45: 582-588.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (1), 2015
http://jwfst.gau.ac.ir

Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of *Pistacia atlantica* seedlings

***J. Mirzaei[1] and A. Karamshahi[2]**
[1]Assistant Prof., Dept., of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam,
[2]Dept. of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam
Received: 9/9/2012 ; Accepted: 2/16/2015

Abstract

Drought stress is the main factor affecting on plant growth in dry and sub-dry regions. It has the most importance than other abiotic stresses at seedling establishment. So, today's, the great amounts of biological researches are about drought stresses. In this study, the effect of drought stresses (100, 75, 50 and 25% field capacity) on seedling survival, growth (height, basal diameter, leaf area, root length, root volume and root length/ height) and physiological activities (photosynthesis, transpiration, stomatal conduction, leaf surface temperature and gas exchange) of *P. atlantica* seedlings were investigated in greenhouse condition. The results showed that drought stress had significant effects on morphological and physiological characteristics of *P. atlantica* seedlings. Therefore, drought decreased survival, height growth, basal diameter, leaf surface, photosynthesis, transpiration, stomatal conduction and gas exchange of *P. atlantica* seedlings. Drought stress hadn't significant effects on root length, root/height and leaf surface temperature of seedlings.

Keywords: Drought stress, Photosynthesis, Transpiration, Morphology, *P. atlantica*

*Corresponding author: j.mirzaei@mail.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir