فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۲۳۳-۲۲۲، (۱۳۹۰)

بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی برخی صفات فیزیولوژیکی در پنج گونه اکالیپتوس

فرنوش هاشم‌پور[۱*]، تیمور رستمی شاهراجی[۲]، محمدحسن عصاره[۳] و آناهیتا شریعت[٤]

۱*- نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان. پست الکترونیک: farnoush.hashempour@gmail.com
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا.
۳- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
٤- کارشناس ارشد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/٤ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفاتی چون رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان فتوسنتز در پنج گونه اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus, E. largiflorens*, *E. robusta*, *E. sideroxylon*, *E. tereticornis*)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمار خشکی در پنج سطح پتانسیل اسمزی (۰، ۱-، ۳-، ٦-، ۱۲- بار) به‌وسیله محلول پلی‌اتیلن گلیکول اعمال گردید. در این بررسی صفاتی همچون میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوییدها، میزان فتوسنتز، پتانسیل آب برگ و تعداد روزنه‌ها اندازه‌گیری شد که بیشتر صفات مورد مطالعه در اثر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند، به‌طوری که بیشترین میزان کلروفیل، کاروتنوییدها، فتوسنتز و پتانسیل آب برگ در گیاهان شاهد گونه‌های مختلف مشاهده شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش کمتر این صفات در گونه *E. largiflorens* شده است و می‌توان این گونه را مقاوم‌ترین گونه نسبت به خشکی دانست. *E. sideroxylon* و *E. tereticornis* نیز که با کاهش زیادی در صفات مورد بررسی در اثر خشکی روبرو شدند، گونه‌های حساس به‌خشکی می‌باشند. در این میان گونه‌های *E. globulus* و *E. robusta* نیز از مقاومت نسبتاً خوبی در برابر تنش برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رنگیزه‌های گیاهی، فتوسنتز، اکالیپتوس.

مقدمه

جنگل‌کاری و ایجاد فضای سبز همواره به‌عنوان یک عامل مهم و ضروری در جوامع مختلف مطرح بوده و هست. جنگل به‌عنوان عاملی مهم در بهبودی محیط زیست نقش اساسی دارد و این در حالیست که ایران جزو کشورهای با پوشش کم جنگل به‌شمار می‌رود، بنابراین با توجه به‌ضرورت جنگل‌کاری در کشورمان که مناطق وسیعی از آن را مناطق خشک و نیمه‌خشک در برگرفته، شناسایی گونه‌های مقاوم به‌خشکی برای جنگل‌کاری در این مناطق امری بسیار ضروریست. تنش خشکی بر کلیه اعمال حیاتی گیاه اثر می‌گذارد که ازجمله می‌توان از تأثیر آن بر جنبه‌های مختلف فرایند فتوسنتز اشاره کرد. گیاهان سبز در فرایند فتوسنتز با کمک رنگیزه‌های خود، انرژی نورانی را به‌انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند. خشکی سبب کاهش محتوای رنگیزه‌های سلول‌های گیاهی (کلروفیل‌ها و کاروتنوییدها) می‌شود (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹). فتوسنتز گیاه نیز هنگام تنش خشکی کاهش می‌یابد و اغلب این کاهش بر رشد و تولید گیاه تأثیر می‌گذارد (Hassan, 2006) و هر چه گیاه به خشکی مقاوم‌تر باشد، کاهش فتوسنتز و رشد کمتر خواهد بود

Archive of SID
www.SID.ir

(Cai *et al*., 2007). طی تنش خشکی، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی منفی‌تر شده و فشار آماس به‌سمت صفر میل می‌کند (White *et al*., 1992). هر چه گیاه نسبت به خشکی مقاوم‌تر باشد، در زمان مواجهه با خشکی تغییرات کمتری در پتانسیل آب برگ خود ایجاد می‌کند (هال، ۱۳۸۲). تنش خشکی سبب ایجاد محدودیت روزنه‌ای می‌شود که با افزایش شدت تنش، افزایش محدودیت روزنه‌ای منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز می‌گردد (Yang *et al*., 2007). تعداد و تراکم روزنه در گیاهان مختلف و حتی در درون یک گونه خاص گیاهی نیز تغییرپذیر است. گیاهانی که در محیط‌های دائماً مرطوب رشد می‌کنند دارای روزنه بیشتر و کوچکتر نسبت به گیاهان رشد یافته در زیستگاه‌های خشک هستند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸٤). هرگاه تعداد روزنه‌ها کم بوده و با سرعت در برابر کاهش آب واکنش نشان داده و بسته شوند، اثر کمبود آب به تعویق می‌افتد (جعفری، ۱۳۸٤).

تأثیر تنش خشکی بر روی نهالهای دو ساله *Picea asperatan* در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (Yang *et al*., 2009). نتایج حاصل، حکایت از این داشت که تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنویید‌ها و میزان فتوسنتز شده و نتیجه گرفتند که کاهش فتوسنتز در نهالهای تحت تنش خشکی به محدودیت‌های روزنه‌ای وابسته است. تأثیر فصل خشک بر نهالهای سه ساله دو گونه گرمسیری *Eucalyptus pellita* و *Acacia crassicarpus* در جنگلهای شمال استرالیا بررسی شده است (Xu *et al*., 2007). نتایج حاصل، حکایت از این داشت که در فصل خشک و مواجهه گیاه با تنش خشکی از میزان فتوسنتز به‌مقدار قابل‌توجهی کاسته می‌شود، به‌طوری که فعالیت فتوسنتزی در آکاسیا از ۲۰/۵ μ mol co_2 m^{-2} s^{-1} در فصل مرطوب به ۱۰/۵ μ mol co_2 m^{-2} s^{-1} در فصل خشک کاهش یافته و این مقدار برای اکالیپتوس از ۹/۹۷ به ٦/۰۹ رسیده است. Gindaba *et al*. (2004) طی تحقیقی تأثیر کمبود آب بر رشد، تبادل گازی و پتانسیل آب برگ را بر روی دو گونه اکالیپتوس (*E. camaldulensis* و *E. globulus*) به‌همراه سه گونه درختی دیگر در شرایط گلخانه‌ای بررسی کرده و نشان دادند که در اثر خشکی از میزان فتوسنتز، پتانسیل آب برگ و رشد درختان کاسته می‌شود. Ngugi *et al*. (2004) تأثیرات تنش خشکی را بر تبادل گازی، پتانسیل آب برگ و تعداد روزنه‌ها در نهالهای هفت ماهه دو گونه اکالیپتوس (*E. cloeziana* و *E. argophloia*) مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در اثر خشکی از تعداد روزنه‌های برگ کاسته شده و میزان فتوسنتز و پتانسیل آب برگ نیز کاهش می‌یابد. مقایسه دو گونه نشان داد که *E. argophloia* مقاوم‌تر بوده و مقادیر فتوسنتز و پتانسیل آب برگ بیشتری را نسبت به *E .cloeziana* در شرایط تنش خشکی دارد، به‌طوری که در اثر خشکی میزان فتوسنتز در *E. cloeziana*، ۵۵ درصد کاهش یافت؛ در حالی‌که این میزان کاهش برای *E. argophloia* برابر ۳۵ درصد بود. در یک آزمایش گلخانه‌ای پتانسیل آب برگ و واکنش‌های مورفولوژیکی به شرایط خشکی در نهالهای پنج ماهه *E. globulus* مطالعه و مشخص شد که کاهش سطح برگ و کاهش پتانسیل اسمزی سبب سازگاری به خشکی می‌شود (Guarnaschelli *et al*., 2003). همچنین در پژوهشی تأثیر تنش خشکی بر نهالهای *E. globulus* بررسی و نشان داده شد که سطوح میانه تنش مانع توسعه سطح برگ و کاهش روزنه‌ها می‌شود، در حالی‌که در شرایط شدیدتر ممکن است ریزش برگ نیز رخ دهد (Battaglia *et al*., 2002). با بررسی اثر تنش خشکی بر نهالهای *Picea abies*، کاهش کلروفیل و فتوسنتز در نهالهای تحت تنش هنگام مواجهه گیاه با خشکی اعلام شده است (Skuodiene, 2001; Wallin *et al*., 2002).

از آن جا که آب قابل استفاده برای گیاه معمولاً عامل مهم محدودیت رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک است

Archive of SID

www.SID.ir

و همان‌طور که پیشتر گفته شد با توجه به نیاز روزافزون به ایجاد فضای سبز و گسترش جنگل‌کاری در این مناطق، شناسایی گونه‌های مقاوم به خشکی بسیار مفید و ضروریست؛ بنابراین این پژوهش با هدف دسترسی به گونه‌های مقاوم در برابر خشکی از میان پنج گونه اکالیپتوس و همچنین بررسی تغییرات برخی از صفات در اثر خشکی در نهالهای این گونه‌ها انجام شد.

مواد و روشها

در این تحقیق تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات گیاه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش‌های فاکتوریل در گلخانه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور بررسی شد. نهالهای شش ماهه از محیط خاک به درون سطل‌های حاوی محلول غذایی هوگلند (Heideri Sharifabad, 1994) منتقل و پس از گذشت دو ماه و اطمینان از سازگاریشان با محیط جدید، تیمارهای خشکی شامل پنج سطح پتانسیل اسمزی (شاهد، ۱–، ۳–، ٦– و ۱۲– بار) به‌وسیله پلی‌اتیلن گلیکول (٦۰۰۰) بر آنها اعمال گردید. برای محاسبه میزان پلی‌اتیلن مورد نیاز از رابطه Michel & Kaufman (1973) استفاده شد و محلول غذایی بدون پگ نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نهالها به‌مدت دو ماه تحت تیمارهای خشکی بودند. برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های گیاهی چگالی نوری عصاره کلروفیل (استخراج شده توسط استن) در طول موج‌های ٦٤٥، ٦٦۳ و ٤۷۰ نانومتر خوانده و با استفاده از رابطه‌های مربوطه مقدار کلروفیل و کاروتنویید بر حسب میلی‌گرم بر گرم، وزن تر محاسبه گردید (مؤمنی و صداقت، ۱۳۷۸). همزمان با اندازه‌گیری کلروفیل، برگهای لازم برای اندازه‌گیری شاخص پایداری کلروفیل یا CSI (Chlorophyll stability index) نیز جدا شده و به‌مدت ۱ ساعت در بن‌ماری در دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. با همان روش اندازه‌گیری کلروفیل، کلروفیل آنها نیز اندازه‌گیری شد و اختلاف کلروفیل استخراجی با تیمار حرارتی و بدون تیمار حرارتی به‌عنوان معیاری برای پایداری کلروفیل در نظر گرفته شد (Murty & Majumdar, 1962). مقدار فتوسنتز با استفاده از دستگاه Co_2 analyzer بر حسب میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه محاسبه شد. اندازه‌گیری تعداد روزنه‌ها با استفاده از روش ایجاد کپی انجام شد و تعداد روزنه‌ها براساس تعداد در میلی‌مترمربع محاسبه گردید (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹). پتانسیل اسمزی با استفاده از روش غوطه‌وری در مایع و با استفاده از تغییرات نسبی وزن نسبت به وزن اولیه بر حسب بار محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۷۸). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با بکارگیری روشهای تجزیه واریانس و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها (دانکن) در نرم‌افزار SPSS 14 انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه به‌روش دانکن نشان داد که خشکی بر تمام صفات مورد مطالعه تأثیرگذار بوده و سبب بروز اختلاف معنی‌دار در آنها شده است (جدولهای ۱ و ۲). تجزیه واریانس مربوط به اثر خشکی بر روی گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که بین پنج گونه برای تمامی صفات مورد مطالعه در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بین تیمارهای اعمال شده و کلیه صفات مورد مطالعه از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین اثر متقابل بین خشکی و گونه بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنویید‌ها بی‌معنی و بر فتوسنتز در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ولی بر روی سایر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. معنی‌داری اثر متقابل بین گونه و تیمار نشان داد که صفات مورد بررسی گونه‌ها تحت تأثیر خشکی با هم اختلاف داشتند (جدول ۱). کلیه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز نسبت کاروتنویید‌ها به کلروفیل کل تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافته و در میان تیمارها اختلاف معنی‌داری

Archive of SID

www.SID.ir

وجود داشت، به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار هر یک از این صفات به‌ترتیب در تیمار شاهد و تیمار شدید خشکی (۱۲- بار) مشاهده شد. البته نسبت کاروتنوییدها به کلروفیل کل برخلاف سایر صفات در اثر خشکی افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار شدید خشکی مشاهده شد (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر گونه و سطوح مختلف خشکی بر صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنویید	کلروفیل a / کلروفیل b	کاروتنویید / کلروفیل کل	شاخص پایداری کلروفیل	فتوسنتز	پتانسیل آب برگ	تعداد روزنه رویی	تعداد روزنه زیری	تعداد روزنه رویی / تعداد روزنه زیری
گونه	۰/۲۹۶**	۰/۱۴۹**	۰/۷۵۵**	۱۶/۷۹**	۱/۷۴**	۲/۱۹**	۰/۱۰۷**	۶/۴۶**	۷۲۰/۳۷**	۶۴۹۲۸۶۶/۶**	۲۳۰۳۴۶۶/۶**	۳/۱۷**
تیمار	۱/۷۹۳**	۰/۱۰۳**	۲/۷۵۷**	۵/۲۰۹**	۰/۸۵۵**	۰/۹۶۱**	۰/۲۳۷**	۱۲۲/۴**	۱۴۱۴۳/۸**	۱۸۷۷۵۳۳/۳**	۲۴۳۸۸۰۰**	۰/۴۸۳**
گونه × تیمار	۰/۰۶۶^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۹۹^{ns}	۰/۳۱۲^{ns}	۰/۰۵۹**	۰/۰۸۲**	۰/۰۴۰**	۰/۵۲۴*	۳۰۶/۷۲**	۷۰۵۳۳/۳**	۱۳۳۴۶۶/۶**	۰/۲۱۰**
خطا	۰/۰۴۱	۰/۰۰۴	۰/۰۶۹	۰/۲۷۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	۰/۲۳۳	۳۳/۲۵	۲۰۵۳۳/۳	۱۷۰۶۶/۶	۰/۰۴۲

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns: عدم معنی‌داری

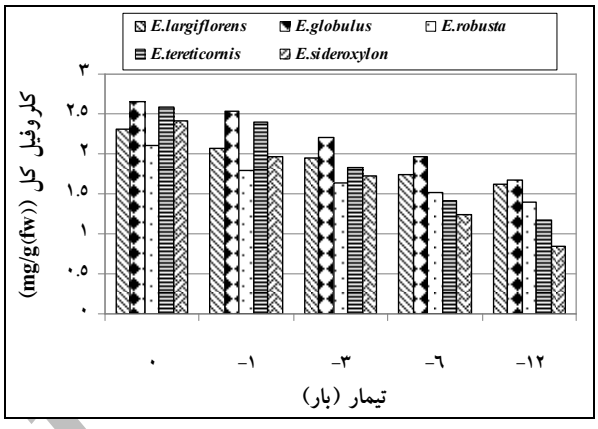
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنویید	کلروفیل a / کلروفیل b	کاروتنویید / کلروفیل کل	شاخص پایداری کلروفیل	فتوسنتز	پتانسیل آب برگ	تعداد روزنه رویی	تعداد روزنه زیری	تعداد روزنه رویی / تعداد روزنه زیری
شاهد	۱/۸۲ a	۰/۵۹ a	۲/۴۱ a	۵/۱۰ a	۳/۱۱ a	۲/۱۰ d	۰/۴۲ a	۹/۶۶ a	−۳۰/۳۰ a	۱۴۰۰ a	۱۷۶۰ a	۰/۹۰۰ a
−۱ bar	۱/۶۱ b	۰/۵۳ b	۲/۱۵ b	۴/۹۰ a	۳/۰۴ a	۲/۲۶ c	۰/۳۳ b	۷/۸۶ b	−۴۵/۳۵ b	۱۲۲۰ b	۱۶۱۳/۳ b	۰/۸۴۹ a
−۳ bar	۱/۳۸ c	۰/۴۹ c	۱/۸۷ c	۴/۴۱ b	۲/۸۷ b	۲/۳۴ c	۰/۲۲ c	۵/۵۵ c	−۶۲/۵۹ c	۱۰۰۰ c	۱۳۶۰ c	۰/۵۵۰
−۶ bar	۱/۱۴ d	۰/۴۳ d	۱/۵۸ d	۴/۰۸ b	۲/۷۱ c	۲/۵۹ b	۰/۱۵ d	۳/۶۸ d	−۸۵/۳۶ d	۷۳۳/۳ d	۹۷۳/۳ d	۰/۷۵۲ a
−۱۲ bar	۰/۹۶ e	۰/۳۸ e	۱/۳۴ e	۳/۶۵ c	۲/۵۳ d	۲/۷۳ a	۰/۱۱ e	۲/۷۹ e	−۱۰۷/۰۴ e	۵۲۶/۶ d	۸۲۰ e	۰/۴۹۶ b

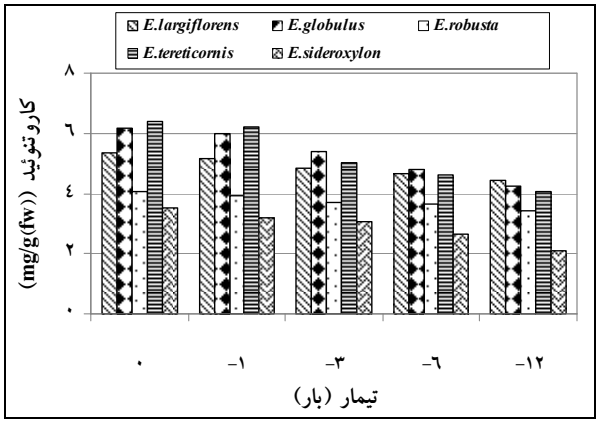
Archive of SID

www.SID.ir

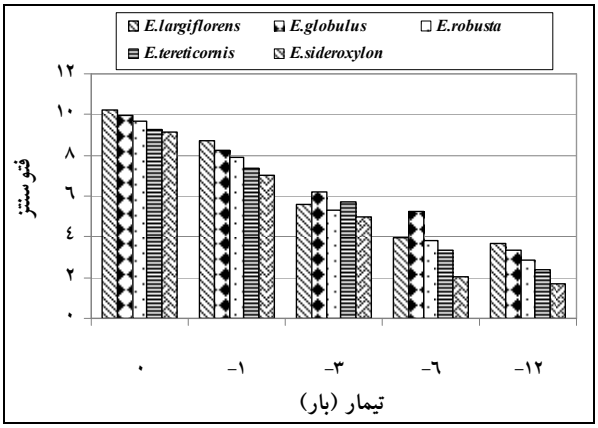
تنش خشکی، میزان کلروفیل کل را کاهش داد که این کاهش برای *E. largiflorens* بی‌معنی، برای *E. robusta* در سطح ۵ درصد معنی‌دار و برای سایر گونه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ۱). تنش خشکی میزان کاروتنوییدها را نیز کاهش داد که این کاهش برای *E. largiflorens* و *E. robusta* بی‌معنی و برای سایر گونه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ۲). با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری در سطح ۱ درصد در میزان فتوسنتز کلیه گونه‌ها مشاهده شد (شکل ۳).



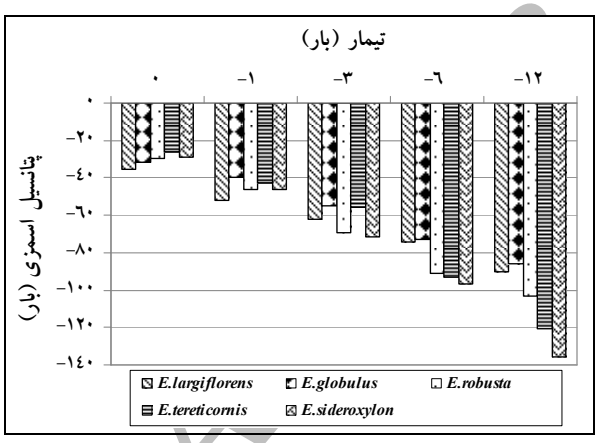
شکل ۱- اثر تنش خشکی بر کلروفیل کل



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر کاروتنوئیدها

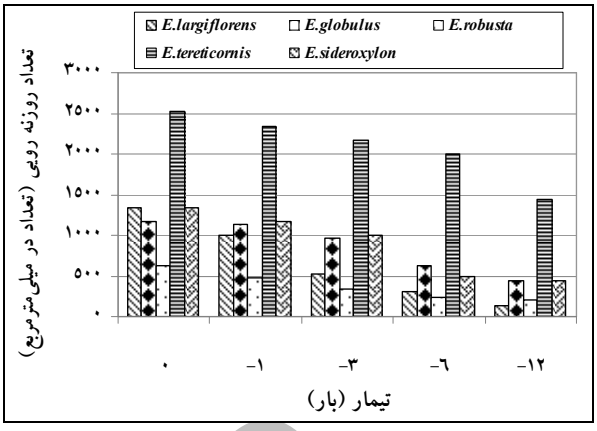


شکل ۳- اثر تنش خشکی بر فتوسنتز ($\mu mol(co_2)m^2s$)

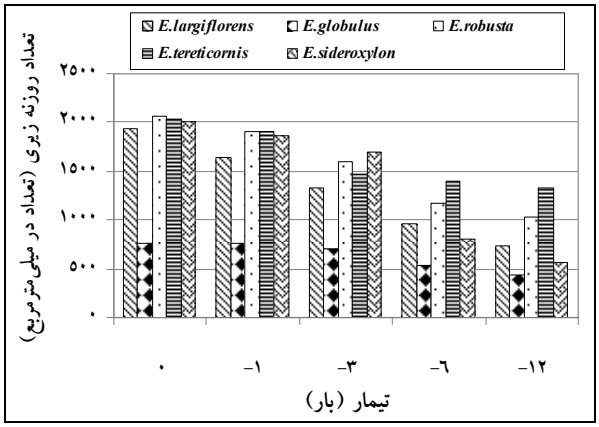


شکل ٤- اثر تنش خشکی بر پتانسیل اسمزی

www.SID.ir



شکل ۵- اثر تنش خشکی بر تعداد روزنه رویی



شکل ٦- اثر تنش خشکی بر تعداد روزنه زیری

تنش خشکی کاهش معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر میزان پتانسیل اسمزی کلیه گونه‌ها بوجود آورد (شکل ٤). با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری در سطح ۱ درصد در تعداد روزنه رویی کلیه گونه‌ها دیده شد (شکل ۵). تنش خشکی تعداد روزنه زیری را نیز کاهش داد که این کاهش برای *E. globulus* در سطح ۵ درصد معنی‌دار و برای سایر گونه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ٦). *E. globulus* با ۲/٦۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و *E. tereticornis* با ۲/۵۹ بیشترین مقدار کلروفیل را در بین گیاهان شاهد گونه‌های مختلف دارا بودند. در تیمار شدید خشکی *E. globulus* با ۱/٦۸ و *E. largiflorens* با ۱/٦۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، محتوای کلروفیلی بیشتری را در شرایط تنش داشتند. در حالی‌که *E. sideroxylon* کمترین میزان کلروفیل (۰/۸۵ mg/g(fw)) را دارا بود (شکل ۱). بیشترین مقدار کاروتنویید نیز در *E. tereticornis* (٦/٤) و *E. globulus* (٦/۱٦) میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد و در تنش شدید خشکی نیز *E. largiflorens* با ٦/٤۵ و *E. globulus* با ٤/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، بیشترین و *E. sideroxylon* با ۲/۱۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، کمترین میزان کاروتنویید را دارا بود (شکل ۲). *E. globulus* با ۸٦/٤۰- و *E. largiflorens* با ۸۹/۹۵- بار بیشترین پتانسیل اسمزی و *E. sideroxylon* با ۱۳۵/٤- بار کمترین پتانسیل اسمزی را در شرایط تنش دارا بودند. مقدار فتوسنتز نیز در گیاهان تحت تنش شدید به‌ترتیب کاهش *E. largiflorens* (۳/٦٦)، *E. globulus* (۳/۳۷)، *E. robusta* (۲/۸٤)، *E. tereticornis* (۲/۳۹) و *E. sideroxylon* (۱/۷۱) میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه بود. البته در دو شاخص یادشده، اختلاف زیادی بین گیاهان شاهد گونه‌های مختلف دیده نشد (شکل ۳ و ٤)، اما تعداد روزنه رویی در گونه‌های مختلف تفاوت آشکاری داشت، به‌طوری که *E. tereticornis* با ۲۵۳۳ عدد بیشترین تعداد و *E. robusta* با ٦۳۳ عدد کمترین تعداد را دارا بودند. در تیمار شدید خشکی نیز کمترین تعداد روزنه رویی مربوط به *E.largiflorens* با ۱۳۲ عدد در واحد سطح بود (شکل ۵). در حالی‌که *E. globulus* نیز با دارا بودن ۷٦٦ عدد روزنه در واحد سطح در گیاهان شاهد و ٤۳۳ عدد در تیمار شدید خشکی، کمترین تعداد روزنه زیری را دارا بود (شکل ٦).

بحث

در این تحقیق مشاهده شد که در اثر تنش خشکی میزان رنگدانه‌های گیاهی کاهش یافت. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها، شاخص CSI و نسبت کلروفیل a به b کاهش یافت، ولی نسبت

Archive of SID

www.SID.ir

کاروتنوئیدها به کلروفیل کل افزایش یافت. میزان کاهش کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت تنش خشکی در گونه‌های حساس بیشتر است (Parida *et al*., 2007). مقدار درصد کاهش کلروفیل کل در اثر خشکی برای گونه‌های مختلف عبارت بود از: *E. largiflorens* (۲۹/۸۷ درصد)، *E .robusta* (۳۲/۲ درصد)، *E. globulus* (۳۶/۶ درصد)، *E. sideroxylon* (۴۶/۶ درصد)، *E. tereticornis* (۵۴/۶۵ درصد). تأثیر تنش خشکی در کاهش رنگیزه‌های گیاهی پیش از این روی *Picea asperata* (Yang *et al*., 2007)، *Gossypium hirsutum* (Parida *et al*., 2007)، *Vitis vinifera* (Bertamini *et al*., 2006)، *Onobrychis* (رامک و همکاران، ۱۳۸۵)، زیتون (یزدانی، ۱۳۸۳؛ ارجی، ۱۳۸۲) و گلابی (جوادی، ۱۳۸۲) نیز گزارش شده است. کاهش مشخص کلروفیل در گیاهان دارای کمبود آب به‌دلیل کاهش محتویات کلروفیل a و کلروفیل b بود. کلروفیل a کاهش بیشتری را نسبت به کلروفیل b تحت شرایط تنش نشان می‌دهد (Oncel *et al*., 2000) که کاهش نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در این تحقیق مؤید همین مطلب است. کاهش میزان کلروفیل برگ تحت تنش سبب کاهش کارایی فتوسنتز در گیاهان می‌شود و گیاهانی که بتوانند کلروفیل خود را حفظ کنند، می‌توانند فتوسنتز بیشتری داشته باشند (بسرا و بسرا، ۱۳۷۹). افزایش نسبت کاروتنوئید به کلروفیل کل نشان دهنده این است که کاروتنوئیدها خیلی آهسته‌تر از کلروفیل‌ها تجزیه می‌شوند. کاروتنوئیدها آخرین رنگدانه‌هایی هستند که تجزیه شده و از بین می‌روند (Anon., 2008). گونه‌هایی که بتوانند محتوی کاروتنوئید بیشتری داشته باشند، در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال، دفاع موفق‌تری خواهند داشت و در مقابل تنش کمبود آب تحمل بیشتری از خود نشان می‌دهند (Noctor & Foyer, 1998). کاهش کمتر کاروتنوئید در گونه‌های *E. largiflorens* و *E. robusta* مقاومت بیشتر آنها را در مقابل خشکی نشان می‌دهد. CSI نیز شاخصی برای اندازه‌گیری میزان تجزیه کلروفیل می‌باشد. هر چه میزان CSI کمتر باشد میزان تجزیه کلروفیل کمتر و مقاومت به خشکی بیشتر خواهد بود (سالار، ۱۳۷۳). ترتیب مقدار CSI از زیاد به کم در گیاهان شاهد که نشان دهنده حساسیت بیشتر به خشکی است عبارت بود از: *E. sideroxylon*، *E. tereticorni*، *E. globulus*، *E. robusta* و *E. largiflorens*. کاهش CSI در تنش خشکی نشان دهنده تجزیه کلروفیل به‌هنگام کمبود آب است و هر چه این مقدار کمتر باشد میزان تجزیه کلروفیل بیشتر خواهد بود. به‌طوری که میزان کم CSI در تنش شدید خشکی، میزان زیاد تجزیه کلروفیل را نشان می‌دهد.

کمبود آب، میزان فتوسنتز را نیز در تمامی گونه‌ها به مقدار قابل‌توجهی کاهش داد. مقدار کاهش فتوسنتز در اثر خشکی در گونه‌های مقاوم کمتر و در گونه‌های حساس بیشتر بود. به‌نحوی که گونه‌های *E. largiflorens* و *E. globulus* بیشترین مقدار فتوسنتز را در شرایط تنش خشکی دارا بودند. به هر حال تأثیر تنش خشکی بر کاهش فتوسنتز پیش از این نیز بر روی *Picea asperata* (Yang *et al*., 2007)، *Acacia crassicarpa* و *Jasminus sambac* (Xu *et al*., 2007)، *Eucalyptus pellita* (Cai *et al*., 2007)، *Helianthus annuus* (Cechin *et al*., 2006)، *Eucalyptus globulus* و *E. camaldulensis* (Gindaba *et al*., 2005)، *Vitis vinifera* (Bertamini *et al*., 2006)، *Eucalyptus argophloia* و *E. cloeziana* (Ngugi *et al*., 2004) گزارش شده است. روزنه‌های باز در طول خشکی و فتوسنتز بیشتر از ویژگی‌های گیاهان پایدار در برابر خشکی است (Gindaba *et al*., 2005). برخی از اکالیپتوس‌ها به‌عنوان گیاهان پایدار شناخته می‌شوند، زیرا آنها تمایل به باز نگه‌داشتن روزنه‌ها و عملکرد بالا به‌رغم کاهش نسبتاً زیاد پتانسیل آب دارند (Gindaba *et al*., 2004). بین ویژگی‌های آناتومیک برگ و ویژگی‌های تبادل گازی ارتباط معنی‌داری وجود دارد. در بیشتر

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان، تنش خشکی منجر به کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود که منجر به بسته شدن روزنه‌ها شده و موجب کاهش تبادل گازی می‌گردد (Gindaba *et al*., 2005).

پتانسیل آب برگ در کلیه گونه‌ها تحت تنش خشکی با افزایش شدت تنش کاهش معنی‌داری نشان داد، به‌نحوی که کمترین میزان کاهش در *E. largiflorens* و *E. globulus* مشاهده شد، در حالی‌که بیشترین میزان کاهش مربوط به *E. sideroxylon* بود. تأثیر تنش خشکی بر کاهش پتانسیل اسمزی پیش از این نیز بر روی *Eucalyptus grandis* (Rolando & Little, 2008)، *Picea abies* (Sellin, 2007)، *Helianthus annuns* (Cechin *et al*., 2006)، *Eucalyptus globulus* و *E. camaldulensis* (Gindaba *et al*., 2005)، *E. globulus* (Silva *et al*., 2004)، *Prunus amygdalus* و *E. argophloia* (Isaakidis & Sotiropoulos, 2004)، *E. cloeziana* (Ngugi *et al*., 2004)، *Quercus rotundifolia* و *Q. faginea* (Mediavilla & Escudero, 2004)، *E. globulus* (Guarnaschelli *et al*., 2003) و *E. microtheca* (Li & Wang, 2003) گزارش شده است. گونه‌های مقاوم‌تر در برابر خشکی، پتانسیل اسمزی بیشتری نسبت به گیاهان حساس دارند. گیاهان بسیار مقاوم به خشکی در زمان مواجهه با خشکی تغییرات کمی در پتانسیل آب برگ خود ایجاد می‌کنند (هال، ۱۳۸۲).

اما نتایج بدست آمده مربوط به بررسی تعداد روزنه‌ها نشان می‌دهد که تعداد روزنه‌ها نیز در گونه‌های مختلف تحت تأثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی قرار گرفته است. تیمارهای مختلف خشکی اثر معنی‌داری بر تعداد روزنه در گونه‌های مختلف مورد بررسی اکالیپتوس داشته است. تحت شرایط تنش خشکی، تعداد روزنه در کلیه گونه‌ها و در هر دو سطح برگ کاهش نشان داد. کاهش نسبت تعداد روزنه سطح رویی به سطح زیرین نشان می‌دهد که کاهش تعداد روزنه در واحد سطح رویی برگ بیش از سطح زیرین آن می‌باشد. تعداد روزنه رویی به زیری در گونه‌های مختلف متفاوت است. در *E. globulus* و *E. tereticomis*، تعداد روزنه رویی بیشتر از زیری بود، ولی در بقیه گونه‌ها این تعداد در سطح زیرین برگ بیشتر بود. کاهش تعداد روزنه با افزایش خشکی توسط Battaglia *et al*. (2002) با مطالعه بر روی *E. globules* و Ngugi *et al*. (2004) با مطالعه بر روی *E. cloeziana* و *E. argophloia* نیز گزارش شده است. این در حالیست که ارجی (۱۳۸۲) و یزدانی (۱۳۸۳) با مطالعه تنش خشکی بر روی زیتون، افزایش تعداد روزنه‌ها را تحت شرایط خشکی مشاهده نمودند. روزنه‌های برگ نقش مهمی در زنده ماندن گیاهان تحت شرایط تنش بازی می‌کنند. علاوه بر کاهش تعداد روزنه در اثر خشکی که منجر به کاهش تعرق می‌گردد، فرایند اصلی دیگر مرتبط با روزنه، بسته شدن روزنه‌ها طی تنش خشکی است که منجر به کاهش تعرق و فتوسنتز می‌شود. استراتژی آناتومیکی برگ‌ها به‌منظور کاهش تعرق، کاهش در تعداد روزنه‌ها برای مقابله با تنش خشکی می‌باشد.

از نظر مقاومت به خشکی گونه‌های مورد آزمایش، به‌ترتیب *E. largiflorens* و *E. globulus* در شرایط مناسبی بودند و با توجه به تغییرات صفات مورد بررسی، کاهش کمتر میزان رنگیزه‌های گیاهی، میزان فتوسنتز و پتانسیل آب برگ در اثر خشکی را می‌توان از دلایل موفقیت این گونه‌ها نام برد. به‌همین ترتیب با توجه به‌میزان کاهش صفات یادشده در اثر خشکی می‌توان *E. robusta* را گونه‌ای نسبتاً مقاوم و *E. tereticornis* و *E. sideroxylon* را گونه‌های حساس به خشکی نام برد که نهال‌های *E. sideroxylon* از حساسیت زیادی در برابر تنش برخوردار بوده و در شرایط تنش با بیشترین افت در صفات خود روبرو شد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

- ارجـی، ع.، ۱۳۸۲. اثـر تـنش خشـکی بـر خصوصـیات فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی برخی از ارقـام زیتون (*Olea europaea* L.). رساله دکتری علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، ۲۱۳ صفحه.
- بسرا، آ.اس. و بسرا، آر.ک.، ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت بـه تنش‌های محیطی در گیاهان. ترجمه کـافی، م. و مهـدوی دامغـانی، ع.، انتشـارات دانشـگاه فردوسـی مشـهد، ٤٦٧ صفحه.
- جعفری، م.، ۱۳۸٤. احیای مناطق خشک و بیابانی. انتشـارات دانشگاه تهران، ۲٤۷ صفحه.
- جـوادی، ت.، ۱۳۸۲. اثـر تـنش خشـکی بـر خصوصـیات فیزیولـوژیکی و بیوشـیمیایی ۹ ژنوتیـپ گلابـی آسـیایی(*Pyrus serotina* Redh.). رسـاله دکتـری علـوم باغبانی، دانشـگاه تربیـت مـدرس، دانشـکده کشـاورزی، ۱۷۵ صفحه.
- حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۷۹. گیاه، خشـکی و خشکسـالی. انتشـارات مؤسسـه تحقیقـات جنگلهـا و مراتـع کشـور، ۲۰۰ صفحه.
- حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۸٤. جـذب آب و تعـرق. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت، کمیتـه ملـی خشـکی و خشکسالی، ۱۹٦ صفحه.
- رامک، پ.، خاوری‌نژاد، ر.، حیدری شریف‌آباد، ح.، رفیعـی، م. و خادمی، ک.، ۱۳۸۵. تأثیر تـنش آب بـر میـزان مـاده خشک و رنگیـزه‌هـای فتوسـنتزی در دو گونـه اسـپرس. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایـران، ۱٤ (۲): ۹۱-۸۰.
- سالار، ن.، ۱۳۷۳. سلکسیون واریته‌های جو برای مقاومت بـه خشکی. پژوهش و سازندگی، ۲٤: ۱٤-۱۲.
- علیزاده، ا.، ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آسـتان قدس رضوی، ۳۵۳ صفحه.
- مؤمنی، ت. و صداقت، ک.، ۱۳۷۸. کلروفیـل و پایـداری آن. انتشـارات مؤسسـه تحقیقـات جنگلهـا و مراتـع کشـور، ۱۸۱ صفحه.
- هال، آ.، ۱۳۸۲. واکنش‌های گیاهان زراعـی بـه محـیط رشـد. ترجمـه کـافی، م. و مهـدوی دامغـانی، ک.، انتشـارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۹۷ صفحه.
- یزدانی، ن.، ۱۳۸۳. تعدیل تنش خشکی به‌وسیله پکلـوبرازول روی زیتون ارقام بلیدی و میشـن. پایـان‌نامـه کارشناسـی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، ۱۵۸.
- Anonymus, 2008. Geological Survey of Iran, North-East Territory. http://www.gsinet.ir/ fa/ Chemistry of fall leaves.html.
- Battaglia, M., White, D. and Mummery, D., 2002. Modeling drought risk of Eucalyptus globulus plantations in a mediterranean climate. Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, models and parameter estimation-The forestry scenario, 2-5 June 2002, Sesimbra, Portugal: 681-691.
- Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K. and Nedunchzhian, N., 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L.C.V. Riesling) Plants. Photosynthlaetica, 44 (1): 151-154.
- Cai, H., Biswas, D.K., Shang, A.Q., Zhao, L.J. and Li, W.D., 2007. Photosynthetic response to water stress and changes in metabolites in *Jasminum sambac*. Photosynthetica, 45 (4): 503-509.
- Cechin, I., Rossi, S.C., Oliveirea, V.C. and Fumis, T.F., 2006. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. Photosyntetica, 44 (1): 143-146.
- Gindaba, J., Rozanov, A. and 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: 119-129.
- Gindaba, J., Rozanov, A. and Negash, L., 2005. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. Forest Ecology and Management, 205: 127-138.
- Guarnaschelli, A.B., Lemcoff, J.H., Prystupa, P. and Basci, S.O., 2003. Responses to drought preconditioning in *Eucalyptas globulus* Labill. provenances. Trees, 17: 501-509.
- Hassan, I.A., 2006. Effects of water stress and high temperature on gas exchange and chlorophyll fluorescence in *Triticum aestivum* L. Photosynthetica, 44: 312-315.
- Heidari Sharifabad, H., 1994. Variation in the sensivity of nodulation and nitrogen fixation to nitrate in annual *medicago* species. A thesis for the degree of doctor of physiology, Waite Agricultural Research Institute, Glen Osmond, South Australian, 179 p.
- Isaakidis, A. and Sotiropoulos, T., 2004. Response to severe water stress of the almond (*Prunus amygdalus*) ferragnes grafted on eight rootstocks. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science, 32: 355-362.

Archive of SID

www.SID.ir

seedlings planted into pots. South African Journal of Botany, 74: 133-138.
- Sellin, A., 2007. Variation in shoot water status of *Picea abies* (L.) Karst. Trees with different life histories. Forest Ecology and Management, 97: 53-62.
- Silva, F.C., Shvaleva, A., Maroco, J.P., Almeida, M.H., Chares, M.M. and Pereira, J.S., 2004. Responses to water stress in two *eucalyptus globules* clones differing in drought tolerance. Tree Physiology, 24: 1165-1172.
- Skuodiene, L., 2001. Quantitative changes in amino acid prolin and chlorophyll in the needles of *Picea abies* (L.) Karst. during stress and adaptation. Biologija, 2: 54-56.
- Wallin, G., Karlsson, P.E., Selldeh, G., Ottoso, S., Medin, E.L., Pleijel, H. and Skarby, L., 2002. Impact of four years exposure to different levels of ozone, phosphorus and drought on chlorophyll, mineral nutrients and stem volume of Norway Spruce, *Picea abies*. Plant Physiology, 114: 192-206.
- White, R.H, Engelke, M.C., Morton, S.J. and Ruemmele, B.A., 1992. Competitive turgor maintenance in *tall fescue*. Crop Science, 32: 251-256.
- Xu, S.M., Liu, L.X., Woo, K.C. and Wang, D.L., 2007. Changes in photosynthesis, Xanthophyll cycle, and sugar accumulation in two North Australia tropical species differing in leaf angles. Photoynthetica, 45 (3): 348-354.
- Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q. and Yin, H.J., 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosyntetica, 45 (4): 613-619.
- Li, Ch. and Wang, K., 2003. Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. Forest Ecology and Management, 179: 377-385.
- Mediavilla, S. and Escudero, A., 2004. Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two co-accuring Mediterranean oaks. Forest Ecology and Management, 187: 281-294.
- Michel, B.E. and Kaufman, M.R., 1973. The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
- Murty, K.S. and Majumdar, S.K., 1962. Modification of the technique for determination of chlorophyll stability index in relation to studies of drought resistance in rice. Curr. Science, 32: 470-471.
- Ngugi, M.R., Doley, D., Hunt, M.A., Ryan, P. and Dart, P., 2004. Physiological responses to water stress in *Eucalyptus cloeziana* and *E. argophloia* seedlings. Trees, 18: 381-389.
- Noctor, G. and Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Ann. Rev. plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49: 249-279.
- Oncel, I., Keles, Y. and Ustan, A.S., 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environmental Pollution, 107: 315-320.
- Parida, A.K., Dagonkar, V.S., Phalak, M.S., Umalkar, G.V. and Aurangabadkar, L.P., 2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnol. Rep., 1: 37-48.
- Rolando, C.A. and Little, K.M., 2008. Measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Archive of SID

www.SID.ir

Impact of drought stress on some physiological traits in five Eucalypt species

F. Hashempour [1*], T. Rostami Shahraji [2], M.H. Assareh [3] and A. Shariat [4]

1*- Corresponding author, M.Sc. graduated, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somesara, Iran.
E-mail: farnoush.hashempour@gmail.com
2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somesara, Iran.
3- Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
4- Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
Received: 23.02.2010 Accepted: 19.06.2010

Abstract

In order to investigate the impact of drought stress, a trail was carried out in a factorial experiment in the base of randomized complete design on traits such as pigments and photosynthesis in five *Eucalyptus* species (*E. globulus*, *E. largiflorens, E .robusta*, *E. sideroxylon*, *E. tereticornis*). Drought treatments contained polyethylene glycol solution with five levels (0, -1, -3, -6, -12 bar). In this investigation characteristics such as: chlorophyll and carotenoids, photosynthesis rate, leaf water potential and stomata number were studied. Most of the traits were significantly decreased under water stress condition. The highest amount of chlorophyll, carotenoids, photosynthesis and leaf water potential were related to control plants of different species. Results showed that these traits caused lower reduce under drought stress condition in *E. largiflorens*. Whereas these traits have positive correlation with resistance to drought, consequently *E. largiflorens* were most resistance species to drought stress. *E. sideroxylon* and *E. tereticornis* with high reduce in traits were sensitive species to drought under drought stress condition. *E. globulus* and *E. robusta* were relative high resistance species to drought stress.

Key words: drought stress, plant pigments, photosynthesis, *Eucalyptus*.

Archive of SID

www.SID.ir