دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

پارامترهای تبادلات گازی و عملکرد فلورسانس کلروفیل نهال‌های تحت تنش خشکی بلوط اوری (*Quercus macranthera* F&M) در استان گلستان

عبداله رستم‌آبادی[۱]، حمید جلیلوند[۲]، قربانعلی نعمت‌زاده[۳]، مسعود گودرزی[۴] و احسان صیاد[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: a.rostamabadi@yahoo.com)
۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۴- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران
۵- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی
تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

در این تحقیق به بررسی پارامترهای تبادلات گازی و عملکرد فلورسانس کلروفیل نهال‌های تحت تنش خشکی بلوط اوری (*Quercus macranthera* F&M) در استان گلستان پرداخته شد. به‌همین منظور نهال‌های دو ساله بلوط اوری از جمعیت استان گلستان به‌مدت ٤٥ روز در معرض سه رژیم رطوبتی خاک (شاهد، بدون تنش (٩٥٪ ظرفیت زراعی)، ٦٠٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و تنش شدید (٢٥٪ ظرفیت زراعی) قرار گرفتند و پارامترهای تبادلات گازی، روابط آبی و فلورسانس کلروفیل اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد بعد از اعمال ١٥، ٣٠ و ٤٥ روز تنش شدید کم آبی موجب کاهش معنی‌داری در فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای و بیشینه کارایی و عملکرد کارایی کوانتومی مؤثر فتوسیستم II نسبت به تیمار شاهد شد. در کل مشاهده شد که گونه بلوط اوری بعد از اعمال تنش بعد از ١٥ روز با سازوکار اجتناب از خشکی به کاهش تمامی پارامترهای تبادلات گازی مثل کاهش فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و فلورسانس کلروفیل (بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II و عملکرد کارایی کوانتومی موثر فتوسیستم II) را بکار گرفته است. همچنین استفاده از سازوکار تحمل کم آبی توسط بلوط اوری باعث شد که بعد از ٣٠ و ٤٥ روز پارامترهای تبادلات گازی (فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق) و فلورسانس کلروفیل (بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II و عملکرد کارایی کوانتومی موثر فتوسیستم II) تغییر خاصی در مقابل ١٥ روز اولیه‌اش نداشته باشد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که این جمعیت از گونه بلوط اوری با بکارگیری مناسب و به‌موقع استراتژهای اجتناب و تحمل بخوبی تنش خشکی را پشت سر بگذارند.

واژه‌های کلیدی: فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل، پتانسیل آبی، رطوبت نسبی برگ

مقدمه

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی گونه‌های سرما دوست می‌باشد که ناشی از افزایش دمای زمین در سال‌های اخیر است و انتظار می‌رود در آینده باعث کاهش منابع آب و نابودی تنوع زیستی (٢) بخصوص در ارتفاعات و عرض‌های بالای جغرافیایی شود. پیش‌بینی‌ها در مورد پدیده تغییر اقلیم در آینده در منطقه مدیترانه‌ای حاکی از تغییر در پراکنش بارندگی، افزایش دوره‌های خشکی شدید، افزایش دمای هوا و افزایش سیلاب‌ها است (١٦). بنابراین آگاهی از تغییرات درون‌گونه‌ای در پاسخ به خشکی به‌عنوان یک نیاز برای درک بهتر تغییرات ریزتکاملی که می‌تواند متأثر از پایداری گونه‌های جنگلی در بطن اقلیم جدید باشد، ضرورت دارد. انتخاب پرووننانس‌های (مبدأ بذر) سازگارتر می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد، چرا که گونه‌های گیاهی (بخصوص گونه‌های درختی) کره زمین از قدرت متفاوت در سازگاری فیزیولوژیکی نسبت به تغییرات محیطی برخوردارند (٥) و این دامنه سازگاری فیزیولوژیکی درون یک جمعیت گیاهی به تفاوت ژنوتیپی و پلاستیسیتی فنوتیپی بستگی دارد (١٤). بهر حال هرکدام از شرایط متفاوت تنش‌ها که گیاه در معرض آن قرار می‌گیرد دارای ویژگی‌های مشخصی است و می‌توانند پاسخ‌های ویژه گیاهان را به نمایش بگذارند. زمانی که شرایط تنش تداوم داشته باشد زنده‌مانی گونه‌ها در شرایط طبیعی به سازوکار سازگاری آن‌ها بستگی خواهد داشت که شامل پاسخ‌های اکوفیزیولوژیکی، ساختاری و بیوشیمیایی است. پایداری در مقابل خشکی با دو عمل اجتناب یا تحمل حاصل می‌شود. اجتناب از خشکی بوسیله مکانیسم‌هایی که مانع از مواجه شدن و در معرض تنش قرار گرفتن منتهی می‌شود مشخص است (٦). چاوز و همکاران (٨) بیان کردند که این سازوکار شامل کم کردن کمبود آب و افزایش جذب آب است و سازگاری شامل توسعه مکانیسم‌هایی عملی که به آنها اجازه می‌دهد تا در مقابل خشکی ایستادگی کنند. کاهش مقدار فتوسنتز، تعرق، افزایش راندمان مصرف آب، بسته شدن روزنه‌ها و تنظیم اسمزی از اولین نشانه‌های کم آبی است (٧). آبریل و همکاران (١) در طی بررسی وضعیت فیزیولوژیکی رشد درختی، محتوای آب خاک و پتانسیل آبی برگ، کارایی بازده کوانتومی فتوسیستم II و هدایت روزنه‌ای *Quercus sp.* در طول آزمایش در تیمار شاهد و در تیمار در معرض خشکی، اطلاعات حاصل از بازده کوانتومی فتوسیستم II و هدایت روزنه‌ای را مطالعه کردند و نشان داد که بعد از ٢٠ روز فیزیولوژی گیاهی و وضعیت فتوسنتزی متأثر از تیمار واکنش نشان داده است. فوتیل و همکاران (١٠) اثر تنش آبی بر روی فنولوژی، رشد و فعالیت روزنه‌ها و وضعیت آب در نهال‌های دوساله *Quercus frainetto*، *Quercus pubscens*، *Quercus macrolepis*

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

و *Q.ilex* به‌منظور مقایسه تحمل به خشکی این سه گونه پرداخت و مشخص شد گونه *Quercus macrolepis* با بکارگیری ساز و کار اجتناب و تحمل بخوبی تنش خشکی را تحمل می‌کند. مرز و همکاران (۱۸) کاهش ۳۵ درصدی نرخ فتوسنتز در تیمارهای تنش خشکی *Q.garryana* را نسبت به تیمار شاهد مشاهده کردند.

فلورسانس کلروفیل یکی از تکنیک‌هایی است که برای ارزیابی عملکرد گونه گیاهی در مقابل تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا که این تکنیک کاهش سلامت اولیه گیاه را قبل از آشکار شدن نشانه‌های زوال نمایان می‌سازد (۲۴). عملکرد کوانتومی مهم‌ترین شاخص فلورسانس کلروفیل تخمینی از بیشینه کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در یک شدت نور مشخص می‌باشد، در مواجه با تنش بخاطر افت فتوسنتز ناشی از اختلال در فعالیت فتوسیستم II، کاهش می‌یابد و در نهایت سبب کاهش تولید ماده خشک و کاهش رشد گیاه می‌شود (۱۵). تنش‌های زیستی از جمله تنش خشکی از طریق آسیب به فتوسیستم II سایر اجزای زنجیره انتقال الکترون سبب بازدارندگی یا کاهش شدید انتقال الکترون فتوسنتزی می‌شوند که در این صورت سهم بیشتری از انرژی نورانی جذبی بصورت گرما و فلورسانس هدر خواهد رفت (۲۸). گاله و همکاران (۱۲) کاهش عملکرد کوانتومی و کاهش بیشینه عملکرد کوانتومی نهال‌های جوان *Quercus pubscense* را در مقابل تنش مشاهده کردند درحالی‌که تغییری در مقدار پیگمان‌های فتوسنتزی مشاهده نکردند. همچنین کاهش در بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) در سایر گونه‌ها در ارتباط با کاهش رطوبت خاک برای سایر گونه‌های بلوط گزارش شده است (۲۹،۲۸،۹،۲۳). اما علی‌رغم اینکه گونه بلوط اوری (*Quercus macranthera* F&M) که از مهم‌ترین گونه‌های درختی درون اکوتون در ارتفاعات البرز در شمال کشور بشمار می‌رود (۲۵) و همان‌طور که گفته شد گونه‌های موجود در بالابند و اکوتون مناطق مدیترانه‌ای بیشتر در معرض خطر خشکی قرار دارند (۲۰) و با توجه به این‌که اطلاعات خاصی در مورد پارامترهای تبادلات گازی و روابط آبی و فلورسانس کلروفیل برای گونه بلوط اوری در رویشگاه‌های شرقی رشته کوه البرز در شمال ایران در ارتباط با تحمل به خشکی گزارش نشده است لذا این تحقیق قصد داشت تا رفتار این گونه را در مقابل خشکی بر اساس مقدار رطوبت خاک و زمان قرار گرفتن در شرایط تنش با اندازه‌گیری پارامترهای تبادلات گازی، روابط آبی و فلورسانس کلروفیل مورد مطالعه قرار داد.

مواد و روش‌ها

در پاییز سال ۱۳۹۲ بذرهای بلوط اوری (*Quercus macranthera* F&M) از منطقه درازنو در استان گرگان (طول و عرض جغرافیایی ´۴۰ °۳۶ و ´۰۹ °۵۴ که دارای ۲۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا و میانگین بارش سالیانه ۵۳۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۷/۳ درجه سانتی‌گراد) انتخاب و نمونه‌های بذر از پنج درخت مادری با صفات مورفولوژی سالم‌تر در این رویشگاه جمع‌آوری شد (۳) و در گلدان‌های دو لیتری کاشته شدند. از میان آنها ۳۶۰ اصله نهال هم‌اندازه (به ارتفاع ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر) انتخاب و با انتقال به گلدان‌های بزرگ‌تر (بدون سوراخ در کف گلدان) و بازکاشت نهال‌ها برای اعمال تنش آماده شدند. در اول تیر ماه سال ۱۳۹۴به منظور اعمال تنش، نهال‌ها با ترکیب سه تیمار رژیم رطوبتی خاک شامل بدون تنش یا شاهد (۹۵٪ ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۶۰٪ ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵٪ ظرفیت زراعی) در سه زمان (۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز) و در سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در گلخانه اجرا شد. پس از مشخص شدن بافت (رس، سیلت و شن به ترتیب ۳۵، ۳۱/۴ و ۳۳/۶ درصد)، وزن مخصوص ظاهری (۱/۴)، رطوبت خاک (۲۰ درصد)، منحنی رطوبتی خاک از طریق رابطه (۱) ترسیم شد (۲۶) و برای ظرفیت زراعی، وزن مرجع که مجموعی از وزن خاک خشک داخل گلدان، وزن گلدان، وزن پلاستیک و وزن آب (برای پتانسیل در نقطه ظرفیت زراعی، FC) تعیین شد تا میزان آبی که به هر گلدان داده می‌شود (با توجه به FC مورد نظر) با وزن مرجع مطابقت داشته باشد.

$$A = \exp^{[-4.396-0.0715(C)-4.88\times10^{-4}(S)^2-4.285\times10^{-5}(S)^2(C)]100}$$

ر ابطه (۱)

$$\Psi_m = A^{-}_{v}{}^{B}$$

$$B = -3.14 - 0/00222\,C^2 - 3.484\times10^{-5}\,S^2C$$

دراین رابطه ψ_m پتانسیل ماتریک خاک برحسب کیلو پاسکال، θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک برحسب متر مکعب بر متر مکعب و A و B ضرایبی هستند که می‌توان آنها را به ویژگی‌های خاک ارتباط داد. در این روابط C درصد رس و S درصد شن خاک می باشد (۲۶).

درختان جنگلی گیاهان (C_3) در محدوده زمانی ۴۲ روز فلوروسانس کلروفیل تمایل به ثابت شدن دارد. اندازه‌گیری پارامترهای تبادلات گازی (فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، دمای برگ، هدایت مزوفیلی) و فلو ۴۲ رسانس کلروفیلی در آخرین (سومین یا چهارمین برگ از بالا) برگ توسعه یافته با استفاده از دستگاه LCPRO و فلورومتر-PAM 2500) (Walz, Germany (۱۳) در بازه زمانی ۱۰ صبح تا ۱۴ بعدازظهر انجام گرفت؛ زیرا در گونه‌های درختی جنگلی (گیاهان C_3) در این محدوده زمانی، فلورسانس کلروفیل تمایل به ثابت شدن دارد (۲۱). بدین منظور، برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ‌ها با استفاده از گیره‌های مخصوص برگ، به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. تمامی شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ آمده است (۱۷).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

جدول ۱- شاخص‌های بیوفیزیک فلورسانس کلروفیل

Table 1. Biophysical indexess of chlorophyll fluorescence

	مؤلفه	شناسه	معادله
فلورسانس کمینه	Minimum fluorescence	(F_0)	-
فلورسانس بیشینه	Maximum fluorescence	(Fm)	-
فلورسانس متغیر	Variable fluorescence	(Fv)	$Fm- F_0$
حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II	Maximum photochemical quantum yield of photosystem II	Fv/Fm	$Fm - F_0 / Fm$
ضریب خاموشی فتوشیمیایی	Photochemical quenching coefficient	(qP)	$qP= (Fm´-Ft)/ (Fm´-F_0´)$
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی	Non-Photochemical quenching coefficient	(qN)	$qN=1- (Fm´- F_0´)/(Fm-F_0)$
کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II	Effective photochemical quantum yield of photosystem II	(YII)	$(Fm´- Ft)/ Fm´$

اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل در آخرین برگ توسعه یافته (سومین یا چهارمین برگ از بالا) با دستگاه کلروفیل‌متر (KONICA MINOLTA SPAD 502) صورت گرفت و کلروفیل از چند نقطه بر روی برگ سنجش شد و بعد از میانگین‌گیری بعنوان کلروفیل آن برگ انتخاب شد. برای اندازه‌گیری پتانسیل آبی نیم‌روز از دستگاه (Pressure Chamber, Skye, SKPM 1400, UK) و شاخه‌های بالغ قسمت میانی نهال استفاده شد. برای سنجش محتوی رطوبت نسبی برگ، ابتدا یک برگ از نهال قطع و یک دیسک از وسط آن جدا و توزین شد (FW). سپس دیسک برگی را در آب مقطر غوطه‌ور کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد و توزین شد (TW). در ادامه دیسک را در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و برای بار سوم توزین شد (DW) و رطوبت نسبی برگ (RWC٪) با استفاده از رابطه شماره ۲ به دست آمد (۱۱):

رابطه (۲) $$RWC\% = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS و SAS صورت گرفت. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنف و همگنی واریانس‌ها به‌وسیله آزمون لون تست شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها برای تعیین اختلاف آماری داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه و با توجه به همگنی واریانس‌ها و دارا بودن نمونه شاهد از آزمون مقایسه گروهی LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که اثر مدل روی تمامی پارامترهای فیزیولوژی (فتوسنتز (A)، هدایت روزنه‌ای (g_s)، تعرق (T)، دمای برگ، پتانسیل آبی نهال (ψ) و محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تنش خشکی روی تمامی پارامترهای فیزیولوژی (فتوسنتز (A)، هدایت روزنه‌ای (g_s)، تعرق (T)، دمای برگ، پتانسیل آبی نهال (ψ) و محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که اثر زمان روی تمامی پارامترهای فیزیولوژی فتوسنتز (A)، هدایت روزنه‌ای (g_s)، تعرق (T)، دما برگ و پتانسیل آبی نهال (ψ) بجز محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش در زمان بر روی پارامترهای فیزیولوژی فقط در فتوسنتز (A)، دمای برگ و پتانسیل آبی نهال (ψ) معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای تبادلات گازی، پتانسیل آبی، محتوانی نسبی آب برگ و کلروفیل کل بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی (سطح معنی‌داری)

Table 2. Analysis of variance of gas exchange parameters, water potential, relative leaf water content and total chlorophyll after 15, 30 and 45 days drought stress (significant level)

	مدل	تنش	زمان	تنش × زمان
فتوسنتز (A)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
هدایت روزنه‌ای (g_s)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۷۴ns
تعرق (T)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۸۸ns
دما برگ	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
پتانسیل آبی نهال (ψ)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
محتوای نسبی آب برگ (٪)	۰/۰۰۰**	۰/۰۲۵*	۰/۶۳۴ns	۰/۴۵۸ns
کلروفیل کل	۰/۰۰۰**	۰/۰۱۰*	۰/۷۹۳ns	۰/۳۴۸ns

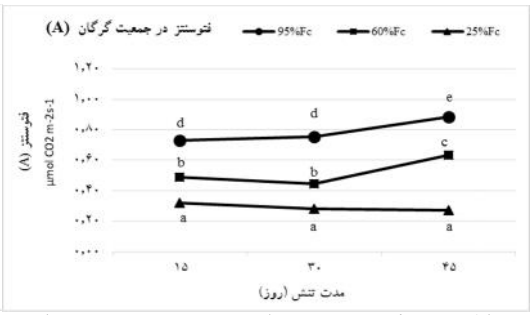
GLM (**: P<0.01, *: P<0.05, ns: not significant)

نتایج حاصل از آزمون LSD نشان داد که مقدار فتوسنتز بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به طور معنی داری (p<۰/۰۱) بیشتر از تیمار تنش شدید و متوسط بود و همچنین تیمار تنش متوسط بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۱). مقدار هدایت روزنه‌ای بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تنش شدید و متوسط بود و همچنین تیمار تنش متوسط بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۲). مقدار تعرق بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تنش شدید و متوسط بود و همچنین تیمار تنش متوسط بعد از ۳۰ و ۴۵ روز بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۳). مقدار دمای برگ فقط بعد از ۳۰ روز در تیمار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

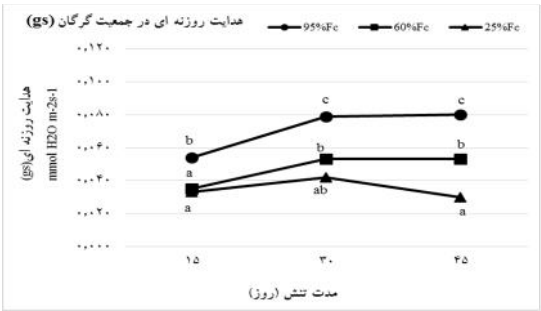
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

بدون تنش (شاهد) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تنش شدید و تیمار تنش متوسط بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۴). مقدار پتانسیل آبی بعد از ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار تنش شدید به طور معنی‌داری کمتر از تیمار بدون تنش (شاهد) بود همچنین تیمار تنش شدید فقط بعد از ۴۵ روز نسبت به تنش متوسط کاهش معنی‌دار داشت (شکل ۵). مقدار رطوبت نسبی برگ و کلروفیل کل بعد از ۱۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تنش شدید بود (شکل ۶ و ۷). اشتباه معیار پارامترهای تبادلات گازی، کلروفیل، پتانسیل آبی و رطوبت نسبی برگ بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی در جدول ۳ آمده است.



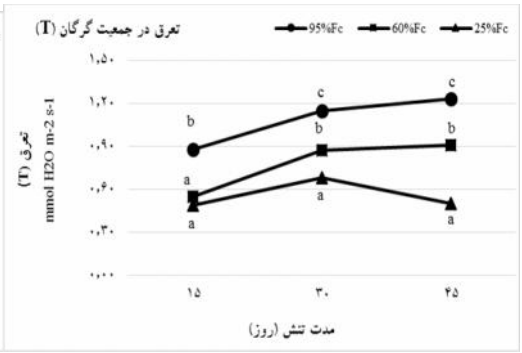
شکل ۱- میانگین فتوسنتز بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 1. The mean of photosynthesis after 15, 30 and 45 days drought stress



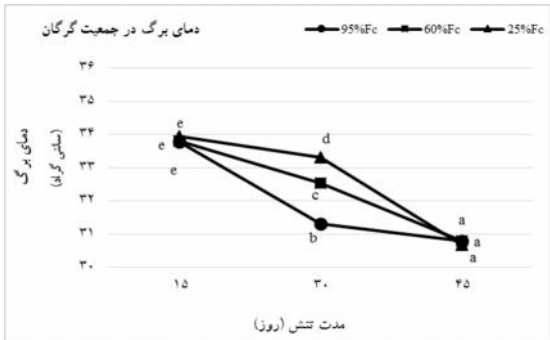
شکل ۲- میانگین هدایت روزنه‌ای بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 2. The mean of stomatal conductance after 15, 30 and 45 days drought stress



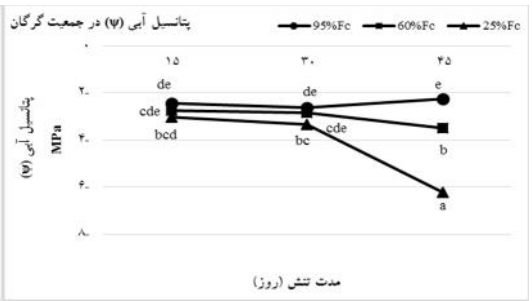
شکل ۳- میانگین تعرق بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 3. The mean of transpiration after 15, 30 and 45 days drought stress



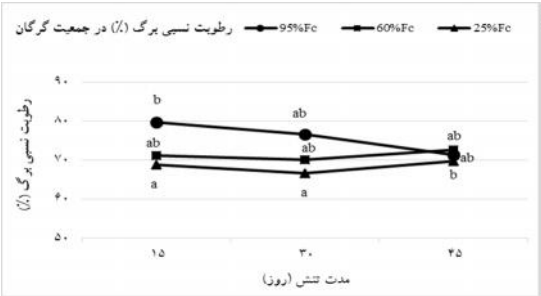
شکل ۴- میانگین دمای برگ بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 4. The mean of leaf temperature after 15, 30 and 45 days drought stress



شکل ۵- میانگین پتانسیل آبی بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 5. The mean of water potential after 15, 30 and 45 days drought stress

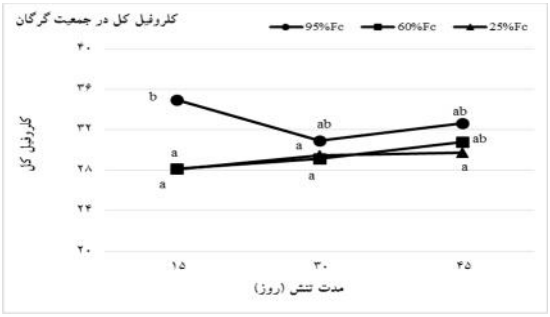


شکل ۶- میانگین درصد رطوبت نسبی برگ بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 6. The mean of relative content of leaf water after 15, 30 and 45 days drought stress

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]



شکل ۷- میانگین کلروفیل کل بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی
Figure 7. The mean of total chlorophyll after 15, 30 and 45 days drought stress

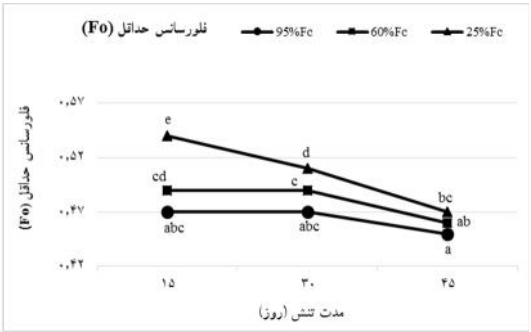
نتایج تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که اثر مدل، تنش و زمان روی تمامی پارامترهای فلورسانس کلروفیل فلورسانس متغیر(F_v)، فلورسانس بیشینه (F_m) و فلورسانس کمینه (F_0)، بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m)، ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP)، ضریب خاموشی غیرفتوشیمیایی (qN) و کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII) معنی‌دار بود (جدول ۳). ولی اثر متقابل تمامی پارامترهای فلورسانس بجز فلورسانس کمینه و ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP) در بلوط اوری دارای تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس پارامترهای فلورسانس کلروفیل بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی (سطح معنی‌داری)
Table 4. Analysis of variance of chlorophyll florescence parameters after 15, 30 and 45 days drought stress (significant)

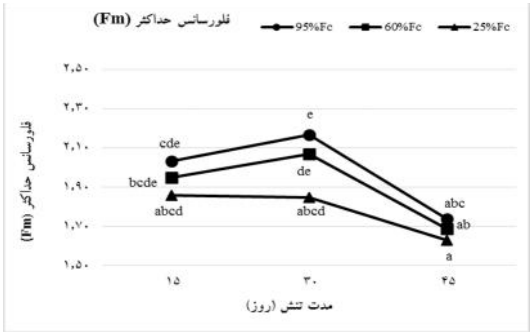
	مدل	تنش	زمان	تنش × زمان
فلورسانس کمینه (F_0)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۶*
فلورسانس بیشینه (F_m)	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۹*	۰/۰۰۱*	۰/۳۹۱ns
فلورسانس متغیر(F_v)	۰/۰۰۰**	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۲*	۰/۴۲۱ns
حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II(F_v/F_m)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۱*	۰/۵۴۲ns
ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۱۶*
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی (qN)	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۶*	۰/۰۰۰**	۰/۱۰۳ns
کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۲۳۹ns

GLM (**: P<0.01, *: P<0.05, ns: not significant)

نتایج حاصل از آزمون LSD نشان داد که مقدار فلورسانس کمینه (F_0) بعد از ۱۵، ۳۰ روز در تیمار تنش شدید به طور معنی‌داری بیشتر از بدون تنش (شاهد) و متوسط بود (شکل ۸). مقدار فلورسانس بیشینه (F_m) و فلورسانس متغیر (F_v) بعد از ۳۰ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تنش شدید بود (شکل ۹ و ۱۰). مقدار بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) بعد از ۱۵، ۳۰ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) و متوسط به طور معنی‌داری بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۱۱).

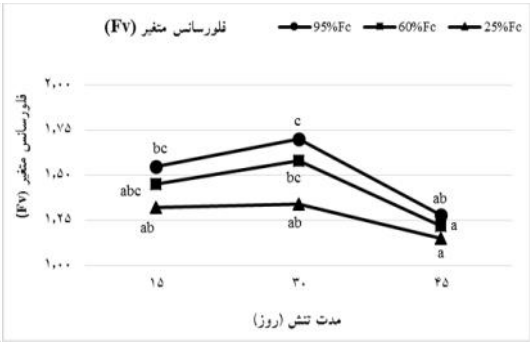


شکل ۸- میانگین فلورسانس حداقل بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی
Figure 8. The mean minimum Florescence after 15, 30 and 45 days drought stress



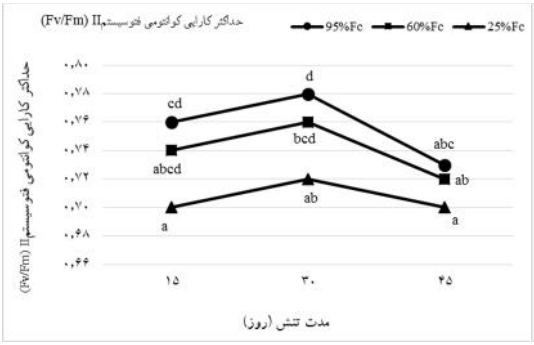
شکل ۹- میانگین فلورسانس حداکثر بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی
Figure 9. The mean of maximum Florescence after 15, 30 and 45 days drought stress

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]



شکل ۱۰- میانگین فلورسانس متغیر بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 10. The mean of variable Florescence after 15, 30 and 45 days drought stress

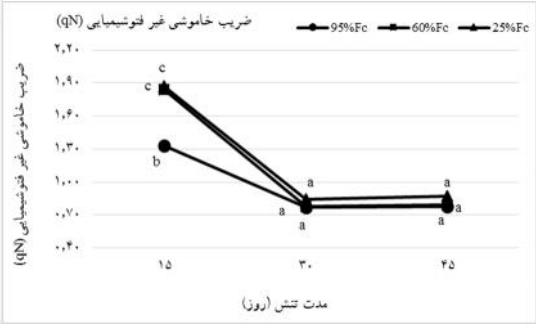


شکل ۱۱- میانگین حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 11. The mean of maximum photochemical quenching yield of photosystem II after 15, 30 and 45 days drought stress

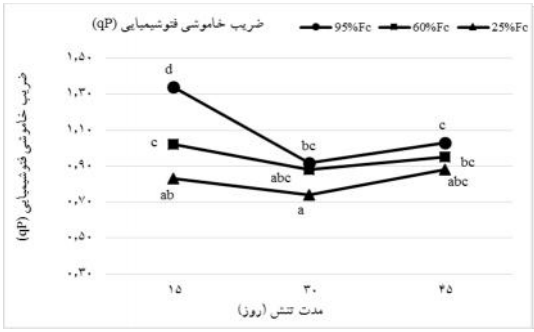
مقدار ضریب خاموشی غیرفتوشیمیایی (qN) در تیمار تنش شدید و تیمار تنش متوسط بعد از ۱۵ روز بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۱۲).

مقدار ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP) بعد از ۱۵روز در تیمار بدون تنش (شاهد) به طور معنی‌داری بیشتر از تنش متوسط و شدید بود و بعد از ۳۰ روز مقدار ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP) تیمار شاهد فقط بیشتر از تنش شدید بود (شکل ۱۳). مقدار کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII) بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش متوسط به طور معنی‌داری بیشتر تنش شدید بود (شکل ۱۴). اشتباه معیار پارامترهای فلورسانس بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی در جدول ۵ آمده است.



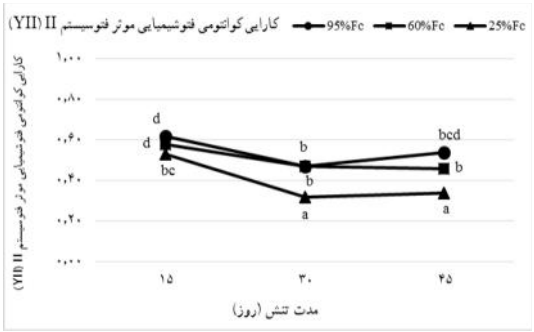
شکل ۱۲- میانگین ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 12. The mean of non-photochemical quenching coefficient after 15, 30 and 45 days drought stress



شکل ۱۳- میانگین ضریب خاموشی فتوشیمیایی بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 13. The mean of photochemical quenching coefficient after 15, 30 and 45 days drought stress



شکل ۱۴- میانگین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Figure 14. The mean of effective photochemical quantum yield of photosystem II after 15, 30 and 45 days drought stress

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

تبادلات گازی و روابط آبی

پایداری در مقابل خشکی با دو عمل اجتناب یا تحمل حاصل می‌شود. اجتناب از خشکی بوسیله مکانیسم‌هایی که مانع از مواجه شدن و در معرض تنش قرار گرفتن منتهی مشخص می‌شود (۶). چاوز و همکاران (۸) بیان کردند که این سازوکار شامل کم کردن کمبود آب و افزایش جذب آب است و سازگاری شامل توسعه مکانیسم‌هایی عملی که به گیاهان اجازه می‌دهد تا در مقابل خشکی ایستادگی کنند. به این معنی که گیاهان پتانسیل آبی پایین را با حفظ فشار داخل سلول تحمل می‌کنند. در این تحقیق با اعمال تنش خشکی مقدار فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق در تیمار تنش شدید در هر سه زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز کمتر از تیمار بدون تنش بود و حتی بعد از ۳۰ و ۴۵ روز نیز کمتر از تنش متوسط بود که این پدیده را می‌توان به سازوکار اجتناب از خشکی این گونه نسبت داد (۱۰) و مرز و همکاران (۱۸) مقدار کاهش نرخ فتوسنز در تیمارهای تنش خشکی گونه *Q.garrayan* نسبت به تیمار شاهد را ۳۵ درصد اعلام کردند. همچنین بلوط اوری به دنبال افزایش جذب آب و عدم تغییر در میزان رطوبت خود بود طوری که مقدار پتانسیل آبی بعد از ۳۰ روز در تیمار تنش شدید کمتر از تیمار بدون تنش (شاهد) و بعد از ۴۵ روز تیمار تنش شدید و متوسط کمتر از تیمار بدون تنش (شاهد) بود همچنین تیمار تنش شدید فقط بعد از ۴۵ روز کمتر از تنش شدید بود و مقدار رطوبت نسبی برگ فقط بعد از ۱۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) بیشتر از تیمار تنش شدید بود که مطابق با نتایج اچواریا زومنو و همکاران (۹) بعد از ۱۴ روز کاهش معنی‌دار در مقدار پتانسیل آبی نیم‌روز (ψ) را مشاهده کردند و فقط بعد از ۱۴ روز در تنش بدون آبیاری رطوبت نسبی برگ دارای تفاوت معنی‌دار بود. مقدار کلروفیل کل فقط بعد از ۱۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) بیشتر از تیمار تنش شدید بود. تنش کم آبی از طریق ممانعت از سنتز کلروفیل باعث کاهش در مقدار پروتئین‌های متصل به کلروفیل a و b و موجب کاهش پروتئین-پیگمان‌های مربوط به فتوسیستم II در حالت روشنایی می‌شود (۲۷). در حالیکه بعد از ۱۵ روز تیمار شاهد و دارای تنش تفاوتی با هم نداشتند که آن را می‌توان به سازماندهی مجدد سریع دستگاه فتوسنتزی نسبت داد (۱۲).

فلورسانس کلروفیل

فلورسانس یک تخمین غیرمستقیم از فعالیت دستگاه فتوسنتزی است. مقدار فلورسانس کمینه (F_0) بعد از ۱۵ و ۳۰ روز در تیمار تنش شدید بیشتر از تیمار بدون تنش (شاهد) و متوسط بود که این ممکن است بخاطر آسیب دیدن زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در اثر کاهش ظرفیت کوئینون‌ای (Q_A) و عدم اکسیداسیون کامل آن بخاطر جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II و یا بطور کلی غیر فعال شدن فتوسیستم II باشد (۳۰).

مقدار فلورسانس بیشینه (F_m) و فلورسانس متغیر(F_v) در روز ۳۰ در تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش متوسط بیشتر از تیمار تنش شدید بود. بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذبی به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد و شاخصی است معتبر برای نشان دادن اختلال ناشی از تنش در مراکز فتوشیمیایی و بازدارندگی نوری (۴،۱۷). مقدار بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) بعد از ۱۵، ۳۰ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) بیشتر از تنش شدید بود. در زمان تنش کم آبی کاهش فتوسنتز مستلزم کاهش در سرعت مصرف NADPH و ATP برای تثبیت CO_2 است. کاهش F_v/F_m در سایر گونه‌های بلوط تحت تنش خشکی شدید توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۲۹،۲۸،۹،۲۳). مقدار ضریب خاموشی غیرفتوشیمیایی (qN) در تیمار تنش شدید و تیمار تنش متوسط بعد از ۱۵ روز بیشتر از تیمار شاهد بود.

qP نسبت مراکز واکنشی باز فتوسیستم II را نشان می‌دهد (۱۹) پس با استفاده از qP می‌توان توانایی حفظ کوئینون‌های پذیرنده فتوسیستم II را به صورت اکسید یا به طور کلی باز بودن مراکز واکنشی فتوسیستم II، سنجید. qP به طور مستقیم به سرعت مصرف NADPH, H^+ و ATP تولیدی زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی وابسته است (۲۲). کاهش سرعت مصرف NADPH, H^+ و ATP می‌تواند در نتیجه افزایش خاموشی غیرفتوشیمیایی (NPQ) در آنتن‌های گیرنده فتوسیستم II باشد (۱۷). مقدار ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP) بعد از ۱۵ و ۳۰ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) بیشتر از تنش شدید بود. YII نشان دهنده نسبت نور استفاده شده در فرایند فتوسنتز به کل نور جذب شده به وسیله کلروفیل مربوط به فتوسیستم II است (۱۳، ۱۷). مقدار کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII) بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تیمار بدون تنش (شاهد) بیشتر از تنش شدید بود که می‌تواند به‌علت افزایش تنش اکسیداتیو و غیرفعال شدن فتوسیستم II باشد (۱۲). اچواریا زومنو و همکاران (۹) نیز کاهش کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII) در *Quercus ilex* را گزارش کردند.

در گیاهانی که مقاومت بیشتری دارند مقدار qP و YII بیشتر است و کمترین میزان هدررفت (qN) وجود دارد، در حالی‌که قسمت اصلی خاموشی در برگ‌های تحت تنش، در اثر فرآیند برگشت‌پذیر qN می‌باشد، بنابراین Q_A در طول خاموشی در وضعیت احیای شدید نگهداشته می‌شود (۴).

در مجموع در این تحقیق با توجه به پارامترهای تبادلات گازی و روابط آبی و فلورسانس کلروفیل گونه بلوط اوری از جمعیت استان گلستان مشخص شد که بعد از اعمال تنش بعد از ۱۵ روز تمامی پارامترهای اجتناب از خشکی مثل کاهش فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و عملکرد فلورسانس را بکار گرفته است. در ادامه تنش این گونه با سازوکار تحمل تنش بسیار خوب متوسل به افزایش جذب آب و ادامه روند فعالیت‌های فتوسنتزی پرداخت طوریکه در تنش شدید بعد از ۳۰ و ۴۵ روز، پارامترهای فتوسنتزی و مقدار کلروفیل آن و فلورسانس کلروفیل کمتر از تیمار بدون تنش بود. تیمار تنش متوسط نیز با کاهش پتانسیل آبی‌اش فعالیت‌های فتوسنتزی، تعرق و هدایت روزنه‌ای را در سطح بالاتری از تنش شدید ادامه داد. در تنش شدید هم سازوکار تحمل تنش با کاهش پتانسیل آبی دیده شد به همین خاطر بعد از ۳۰ و ۴۵ روز

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

پارامترهای تبادلات گازی و فلورسانس کلروفیل تغییر خاصی در مقابل ۱۵ روز اولیه‌اش نداشت. توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که این جمعیت از گونه بلوط اوری با بکارگیری سازوکار اجتناب و تحمل از خشکی بخوبی توانسته است تنش خشکی (با پریودها و شدت‌های مورد آزمایش) را پشت سر بگذارند.

جدول ۳- اشتباه معیار پارامترهای تبادلات گازی، کلروفیل، پتانسیل آبی و رطوبت نسبی برگ بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Table 3. Standard error of gas exchange parameters, water potential, relative content of leaf water and total chlorophyll after 15, 30 and 45 days drought stress

تنش	٪۹۵FC			٪۶۰FC			٪۲۵FC		
زمان	۱۵	۳۰	۴۵	۱۵	۳۰	۴۵	۱۵	۳۰	۴۵
فتوسنتز (A)	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲
هدایت روزنه‌ای (gs)	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
تعرق (T)	۰/۰۶۲	۰/۰۴۰	۰/۱۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۸۷	۰/۰۳۰	۰/۰۶۰	۰/۰۳۴	۰/۰۵۹
دما برگ	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	۰/۰۲۱	۰/۰۴۸	۰/۲۳۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	۰/۳۳۳
پتانسیل ابی نهال (ψ)	۰/۰۹۳	۰/۳۰۸	۰/۰۱۱	۰/۱۳۲	۰/۱۳۸	۰/۰۹۵	۰/۱۵۲	۰/۳۴۶	۰/۲۲۱
محتوای نسبی آب برگ (٪)	۴/۳۴۶	۲/۳۷۸	۲/۳۴۹	۴/۸۵۲	۳/۶۲۸	۳/۰۳۷	۱/۹۶۳	۰/۲۵۵	۱/۵۲۵
کلروفیل کل	۱/۳۸۷	۲/۳۷۸	۰/۵۴۸	۱/۳۸۷	۲/۲۴۸	۰/۵۰۱	۱/۶۸۵	۱/۹۰۷	۰/۴۸۰

جدول ۴- اشتباه معیار پارامترهای فلورسانس بعد از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز تنش خشکی

Table 4. Standard Error of florescence parameters after 15, 30 and 45 days drought stress

تنش	٪۹۵ FC			٪۶۰ FC			٪۲۵ FC	
زمان تنش	۱۵	۳۰	۴۵	۱۵	۳۰	۴۵	۱۵	۳۰	۴۵
فلورسانس کمینه (F_0)	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶
فلورسانس بیشینه (F_m)	۰/۰۳۴	۰/۰۶۱	۰/۱۵۶	۰/۱۱۵	۰/۰۵۶	۰/۱۱۴	۰/۱۲۰	۰/۰۵۱	۰/۰۳۰
فلورسانس متغیر(F_v)	۰/۰۳۷	۰/۰۵۶	۰/۱۵۵	۰/۱۲۰	۰/۰۴۹	۰/۱۱۳	۰/۱۱۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۶
حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m)	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹
ضریب خاموشی فتوشیمیایی (qP)	۰/۰۳۳	۰/۰۶۳	۰/۰۷۰	۰/۰۷۹	۰/۰۵۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۷۲	۰/۰۰۳
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی (qN)	۰/۲۵۸	۰/۱۴۳	۰/۰۹۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷
کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II (YII)	۰/۰۱۴	۰/۰۴۰	۰/۰۰۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷

منابع

1. Abril, N., J.V. Galvan, R.S. Lucas, J. Ruiz-Laguna, D.A. Mateos, I.R. Lopez, J. Jorrin-Novo and A.M. Maldonado-Alconada. 2011. Molecular and physiological studies of *Quercus ilex* response to drought stress. International conference held on the occasion of the 90th anniversary of the Forestry and Game Management Research Institute. Prague-Pruhonice. September 13-15.
2. Amiri, M.J. and S.S. Eslamian. 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal of Environmental Science and Technology, 3(4): 208-216.
3. Arend, M., T. Kuster, M.S. Gunthardt-Goerg and M. Dobbertin. 2011. Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur, Q. petraea and Q. pubescens*). Tree Physiol, 31(3): 287-297.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

4. Baker, N.R. and P. Horton. 1987. Chlorophyll fluorescence quenching during photoinhibition. In: Photoinhibition (Kyle, D.J., C.B. Osmond, and C.J. Arntzen, (eds.) Elsevier Scientific Publisher, Amsterdam, 85-94.
5. Bazzaz, F.A. 1996. Plants in changing environments. Cambridge University Press, Cambridge, 330 pp.
6. Buchanan, G. and J. editors. 2000. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists.
7. Carmo-Rehem, B., F.Z. Bertolde and A.A.F.d Almeida. 2012. Regulation of Gene Expression in Response to Abiotic Stress in Plants, Cell Metabolism - Cell Homeostasis and Stress Response, Dr. Paula Bubulya (Ed.), ISBN. 978-953-307-978-3, InTech, DOI. 10.5772/26636. Available from. http.//www.intechopen.com/books/cell-metabolism-cell-homeostasis-and-stress-response/regulation-of-gene-expression-in-response-to-abiotic-stress-in-plants.
8. Chaves, M.M, J.P. Maroco and J.S. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30: 239-264.
9. Echevarria-Zomeno, S., D. Ariza, I. Jorge, Ch. Lenz, A. Del Campo, V.J. Jesus and R.M. Navarro. 2009. Changes in the protein profile of *Quercus ilex* leaves in response to drought stress and recovery. Journal of Plant Physiol, 166(3): 233-245.
10. Fotelli, M.N., K.M. Radoglou and H.I.A. Constantinidou. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. Tree Physiology, 20: 1065-1075.
11. Galle, A., I. Florez-Sarasa, H.E. Aououad and J. Flexas. 2011. The Mediterranean evergreen *Quercus ilex* and the semideciduous *Cistus albidus* differ in their leaf gas exchange regulation and acclimation to repeated drought and re-watering cycles. Journal of Experimental Botany, 62(14): 5207-5216.
12. Galle, A., P. Haldimann and U. Feller. 2007. Hotosynthetic performance and water relations in young Blackwell Publishing Ltd pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and recovery. New Phytologist, 174: 799-810.
13. Genty, B., J.M. Briantais and N.R. Baker, 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and photochemical quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, 990: 87-92.
14. Gregorius, H.R. and J.R.G. Kleinschmit. 1999. The environmental dichotomy of adaption and the role of genetic diversity. Silvae Genet. 48:193-199.
15. Hassibi, P., F. Moradi and M. Nabipuor. 2007. Screening of rice genotypes for low temperature by chlorophyll fluorescence. Iran J. Crop Science, 9: 14-31.
16. IPCC. 2007. Climate change 2007. Impacts, adaptation and vulnerability. In. Parry ML, Canziani. fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge.
17. Li, G.M., B.B. Liu, Y. Wu and Z.R. Zou. 2008. Interactive effects of drought stresses and elevated CO2 concentration on photochemistry efficiency of cucumber seedlings. Journal of Integrative Plant Biology, 50(10): 1307-1317.
18. Merz, M.A., R.A. Donahue and M.E. Poulson. 2017. Physiological Response of Garry Oak (*Quercus garryana*) Seedlings to Drought. Northwest Science, 91(2): 140-159
19. Maxwell, K. and G.N. Johnson, 2000. Chlorophyll fluorescence–a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.
20. Nagy, L. and G. Grabherr. 2009. The Biology of Alpine Habitats. Oxford: Oxford University Press University Press, Cambridge, 976 pp.
21. Noland, T.L. and G.H. Mohammed. 1997. Fluorescein diacetate as a viability stain for tree roots and seeds. *New Forests*, 14: 221-232.
22. Ort, D.R. and N.R. Baker. 2002. A photoprotective role for O2 as an alternative electron sink in photosynthesis. Curr. Opin. Plant Biol, 5: 193-198.
23. Peguero-Pina, J.J. D. Sancho-Knapik, F. Morales, J. Flexas and E. Gil-Pelegrín. 2009. Differential photosynthetic performance and photoprotection mechanisms of three Mediterranean evergreen oaks under severe drought stress. Functional Plant Biology, 36: 453-462.
24. Percival, G.C. and C.N. Sheriffs. 2002. Identification of drought-tolerant woody perennials using chlorophyll fluorescence. Journal of Arboriculture, 28: 215-223.
25. Sabeti, H. 2009: Trees and shrubs in Iran, Third Edition, University of Yazd Press, 80 pp.
26. Saxton, K.E., W.J. Rawls, J.S. Romberger and R.I. Papendick. 1986. Estimating generalized soil water characteristics from texture. Trans. ASAE, 50:1031-1035.
27. Sayed, O.H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. Photosynthetica, 41 (3): 321-330.
28. Valero-Galvan, J., R. Gonzalez-Fernandez, R. Ma Navarro-Cerrillo, E. Gil-Pelegrin and J.V. Jorrin-Novo. 2013. Physiological and Proteomic Analyses of Drought Stress Response in Holm Oak Provenances. Journal of Proteome Research, 12: 5110-5123.
29. Vilagrosa, A., F. Morales, A. Abadía, J. Bellot, H. Cochard and E. Gil-Pelegrin. 2010. Are symplast tolerance to intense drought conditions and xylem vulnerability to cavitation coordinated? An integrated analysis of photosynthetic, hydraulic and leaf level processes in two Mediterranean drought-resistant species. Environmental and Experimental Botany, 69 (3): 233−242.
30. Zlatev, Z. and T. Yordanov. 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 30(3-4): 3-18.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]

Gas Exchange Parameters and Chlorophyll Fluorescence Yield in Iranian Oak (*Quercus macranthera* F & M) Seedling under Drought Stress in Golestan Province

Abdollah Rostamabadi[1], Hamid Jalilvand[2], Ghorbanali Nematzadeh[3], Masoud Goodarzi[4] and Ehsan Sayad[5]

1- Ph.D. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
(Corresponding Author: a.rostamabadi@yahoo.com)
2- Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
5- Assistant Prof, Razi University
Received: August 20, 2017 Accepted: September 5, 2017

Abstract

This study was investigated the gas exchange parameters and Chlorophyll fluorescence yield in Iranian oak (*Quercus macranthera* F & M) seedling under drought stress in Golestan Province. For this aims, 2 years old of Iranian oak exposed (*Quercus macranthera* F & M) seedling from Golestan province population exposed to three soil moisture regimes (control, any drought stress (95% field capacity), medium drought stress (60% field capacity) and severe drought stress (% 25 FC) for 45 days'. The gas exchange parameters, water relations and chlorophyll fluorescence were measured. The results showed that photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, F_v/F_m, YII and water potential of severe drought stress treatment after 15 days were significantly lesser compared to control treatment. In general Iranian Oak seeding after 15 days in order to avoid of water desiccation in severe drought treatment decreased the gas exchange parameters (photosynthesis, transpiration, stomatal conductance) chlorophyll fluorescence (F_v/F_m and YII) in compare with control treatment. Also using of tolerance water desiccation strategy by *Q.macranthera* led to after 30 and 45 days, the gas exchange parameters (photosynthesis, transpiration, stomatal conductance) and chlorophyll florescence fluorescence (F_v/F_m and YII) of severe drought treatment hasn't change compare to its 15 days. According to our findings, it can be concluded Iranian Oak call successfully pass the drought stress using avoidance and tolerance strtegies.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Photosynthesis, Relative water content, Water potential

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.4.5]