Archive of SID

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه ۷۱-۵۷ (۱۳۹۶)

تأثیر شدت خشکیدگی تاجی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Var Persica)

احمد حسینی*[۱]، محمد متینی‌زاده[۲] و آناهیتا شریعت[۳]

۱*. نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام
پست الکترونیک: Ahmad.phd@gmail.com

۲. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

۳. محقق، بخش زیست فناوری، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱

چکیده

در این پژوهش اثر شدت خشکیدگی تاجی درختان بلوط ایرانی بر خصوصیات فیزیولوژیک برگ و شاخه در جنگل دچار خشکیدگی ملهسیاه استان ایلام در فصول بهار و تابستان سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ پایش شد. درختان بلوط بر اساس شدت خشکیدگی تاجی به چهار گروه با تعداد شش تکرار تقسیم شدند. نمونه‌گیری از برگ و شاخه دوساله درختان بلوط در جهت جنوبی تاج آنها به‌طور تصادفی انجام و نمونه‌ها برای اندازه‌گیری آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، پرولین، کلروفیل، کارتنوئید و محتوای رطوبت نسبی برگ به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج بررسی اثر شدت خشکیدگی تاجی بر صفات مورد مطالعه نشان داد که محتوای رطوبت نسبی برگ درختان سرخشکیده بیشتر از درختان سالم است. میزان پرولین برگ درختان سرخشکیده بیشتر از درختان سالم بود. سایر صفات مورد مطالعه تغییر معنی‌داری بین درختان سالم و سرخشکیده نشان ندادند. نتایج بررسی اثر متقابل سال و فصل بر صفات مورد مطالعه نشان داد که پراکسیداز شاخه در بهار ۹۳ بیشترین میزان را داشت، در بهار و تابستان ۹۲ کمتر بود و در تابستان ۹۳ کمترین مقدار را داشت. کاتالاز برگ در بهار و تابستان ۹۲ بیشترین میزان و در بهار ۹۳ کمترین میزان بود. کاتالاز شاخه در بهار ۹۲ بیشترین میزان و در بهار و تابستان ۹۳ کمترین میزان را داشت. نتایج نشان داد که تغییرات سالیانه (از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳) میزان کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای رطوبت نسبی برگ به‌صورت افزایشی و کارتنوئید به‌صورت کاهشی بود. نتایج نشان داد که تغییرات فصلی (از بهار تا تابستان) میزان کلروفیل a، کارتنوئید و محتوای رطوبت نسبی برگ به‌صورت افزایشی، پرولین در سال اول تحقیق به‌صورت کاهشی و در سال دوم تحقیق به‌صورت افزایشی بود. نتیجه‌گیری شد که تغییرات مقادیر محتوای رطوبت نسبی برگ و پرولین در درختان سرخشکیده بلوط ایرانی در جهت کاهش تنش در پیکره درخت و گذر از بحران خشکسالی و عدم تغییرات معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌ها در جهت حفظ و تداوم فعالیت‌های حیاتی در پیکره آن است.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، خشکیدگی تاجی، پرولین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، رنگیزه‌های فتوسنتزی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب از مهمترین منابع اکولوژیکی محدودکننده بیشتر درختان و رویشگاه‌های جنگلی است. زمانی که رطوبت خاک کاهش می‌یابد درختان دچار استرس شده و به اختلالات دسترسی به منابع پاسخ می‌دهند. در شرایط خشکسالی، نقصان رطوبت خاک به مرور افزایش یافته و به‌حدی می‌رسد که نبود آن اختلالات فیزیولوژیکی را در درختان ایجاد کرده و به بافت‌ها و اندام‌های آنها آسیب می‌رساند. فقدان رطوبت خاک به‌تدریج منجر به اختلالات آبی و شکست‌های هیدرولیکی در درختان و مرگ آنها می‌شود. اثرات کمبود آب و رطوبت خاک به‌ویژه در فصل رشد درختان و گیاهان اثر تشدیدکننده داشته و در نتیجه آن روند زمانی فعالیت‌های فیزیولوژیک درختان مختل شده و از توازن طبیعی خارج شده و رشد رویشی و زایشی درختان کاهش می‌یابد (McDowel *et al.*, 2008). بر این اساس می‌توان گفت که در شرایط بحرانی شدید همانند خشکسالی‌های اخیر پیش آمده در جنگل‌های زاگرس، آسیب‌های فیزیولوژیکی شدید احتمالا منجر به خشکیدگی و مرگ درختان می‌شود.

خشکیدگی درختان از پدیده‌های پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل متعددی به‌وجود می‌آید. علاوه بر عوامل اکولوژیک مؤثر بر خشکیدگی درختی، برخی سازوکارهای فیزیولوژیک نیز در تغییرات درونی درختان در پاسخ به تغییرات بیرونی و تنش‌های زنده و غیرزنده و میزان حساسیت و سازگاری آنها به شرایط جدید دخیل‌اند. مهمترین این سازوکارهای فیزیولوژیک، شکست هیدرولیک و فقر کربن هستند که از نظر رفتار روزنه‌ای و روابط آبی درخت وجوه مشترکی دارند (McDowel *et al.*, 2008). حاصل تغییرات فیزیولوژیک درخت، تغییرات مختلف و متنوع در صفات مورفولوژیک و ریخت ظاهری درخت است.

البته روابط بین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اغلب بین گونه‌های درختی مختلف فرق کرده و از الگوی مشخصی پیروی نمی‌کند (Ogaya & Penuelas, 2006; Sardans, 2008). گونه‌های درختی مختلف پاسخ‌های متفاوتی به خشکیدگی داده و به‌تناسب مقاومت و حساسیت‌شان، تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک متفاوتی پیدا می‌کنند. چگونگی پاسخ گونه‌ها، معرف وضعیت سازگاری آنها به شرایط جدید و قدرت رقابت آنها با افراد دیگر است (Sardans, 2008). بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک گونه‌های درختی به تغییرات محیط پیرامون، گام مهمی در جهت شناخت میزان حساسیت و درجه سازگاری آنها به تغییرات رخ داده بوده و در تعیین راه‌کارهای مناسب برای احیای جنگل‌های تحت‌تأثیر، مفید خواهد بود.

پژوهش‌های زیادی در زمینه اثرات خشکسالی و تنش خشکی بر گونه‌های درختی مختلف انجام شده است (Thomas & Buttner, 1998; Poulos *et al.*, 2007; Sardans *et al.*, 2008; Ozturk *et al.*, 2010). در پژوهشی در کشور اسپانیا بر روی گونه‌ای از بلوط (*Q.ilex*)، Sala و Tenhune (۱۹۹۴) دریافتند که اثرات کمبود آب در طول مدت خشکی تابستان ۱۹۸۹ برای درختان قرار گرفته در ته دره شدیدتر از درختان مستقر بر روی یال بود. در طول دوره‌هایی که میزان تبخیر بیشتر بود، درختان روی یال استفاده بیشتری از آب حفاظتی کرده که در نتیجه موجب حفظ آنها از خشکیدگی بیشتر در اواخر تابستان شد. در پژوهشی در جنگل‌های افرا در آمریکا Liu و همکاران (۱۹۹۷) نتیجه گرفتند که میزان فتوسنتز در درختان توده دچار خشکیدگی کمتر بود. در پژوهشی در کشور یونان، Yannis و Kalliopi (۲۰۰۲) دریافتند که بلوط نسبت به راش بردبارتر به خشکی است و نتیجه‌گیری کردند که این امر به‌علت توانایی بیشتر بلوط در انجام فتوسنتز در شرایط قابلیت آبی پایین برگ است. در پژوهشی در کشور مجارستان، Meszaros و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که خشکی به‌طور معنی‌داری رویش حجمی برگ بلوط را در سال خشک ۲۰۰۳ کاهش داد. همچنین محتوای کلروفیل تغییرات بین سالی و درون تاجی را نشان داد. در پژوهشی در زیستگاه‌های کارست

www.SID.ir

Archive of SID

جنوب‌غربی چین، Liu و همکاران (۲۰۱۱) ضمن بررسی تأثیر خشکی بر رنگ‌دانه‌ها، تنظیم اسمزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ۶ گونه چوبی (دو گونه درختچه‌ای و چهار گونه درختی)، بیان کردند که دانش دقیق درباره پاسخ‌های اکوفیزیولوژی گیاهان بومی با شکلهای رویشی مختلف به تنش خشکی می‌تواند در موفقیت برنامه‌های احیایی نقش داشته باشد. خشکی به‌طور معنی‌داری محتوای رنگدانه‌ها را کاهش داد، اما نسبت کارتنویید به کلروفیل‌ها را افزایش داد. تنش خشکی شدید و طولانی فعالیت آنزیم‌ها را در گونه‌های درختی کاهش داد، اما فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را در دو گونه درختچه‌ای و آنزیم پرکسیداز را در یک گونه درختچه‌ای افزایش داد. یافته‌ها بیان می‌کند که دو گونه درختچه‌ای به‌علت توانایی بیشتر در تنظیم اسمزی و حفاظت آنتی-اکسیدان، بردباری بیشتری به تنش خشکی شدید نسبت به گونه‌های درختی دارند.

بنابراین به‌نظر می‌رسد که بررسی پاسخ‌های درختان بالغ بلوط ایرانی در عرصه به تنش خشکی و خشکیدگی-های رخ داده، گام مهمی در جهت شناخت اثرات واقعی خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک این درختان بوده و در این رابطه صفات تأثیرپذیر از خشکی شناسایی و به‌عنوان شاخص زیستی در پژوهش‌های بعدی استفاده می‌شوند. به‌منظور انجام این گونه پژوهش‌ها معمولا از بخش‌ها، اندام‌ها و بافت‌های مختلف نهال یا درخت استفاده شده است، اما به لحاظ اینکه برگ‌ها بیشتر از سایر اندام‌ها در ارتباط مستقیم با محیط بوده و راحت‌تر و زودتر از بقیه تأثیر می‌پذیرند، از این‌رو در این پژوهش، بررسی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک بر روی برگ متمرکز شده و فقط برای بررسی‌های آنزیمی از شاخه استفاده شده است.

روش‌های متعددی برای تشخیص تنش در گیاهان وجود دارد که شامل دو دسته کلی روش‌های تخریبی و غیر تخریبی هستند (Niinemets, 2010). در این پژوهش از هر دو دسته استفاده شده است. در روش غیرتخریبی از روش بصری برای درجه‌بندی و ارزیابی خشکیدگی تاج درخت و در روش تخریبی از روش‌های تجزیه‌های شیمیایی (پرولین، کلروفیل و کارتنویید) و اندازه‌گیری‌های ایزوآنزیمی استفاده شده است (Keskitalo *et al*., 2005; Vollenweider & Gunthardt-Goerg, 2005; Aldea *et al*., 2006; Fracheboud *et al*., 2009).

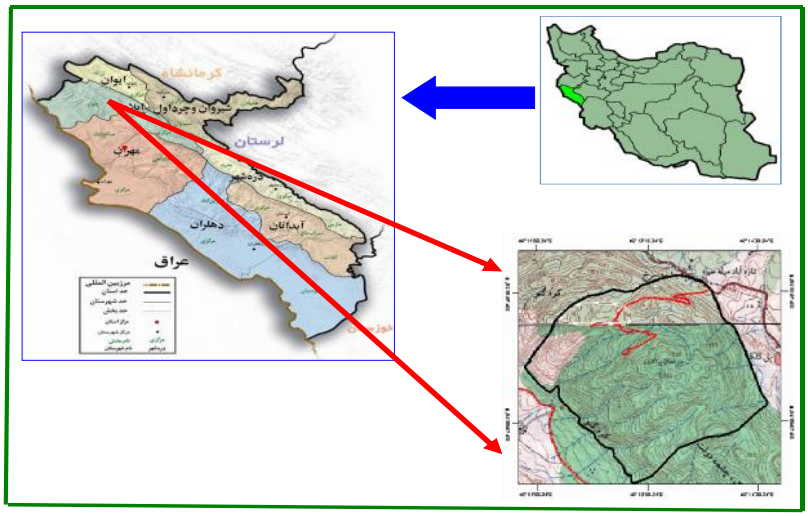
در منطقه مورد مطالعه گونه بلوط ایرانی بیشترین میزان خشکیدگی درختی را داشته و یکی از حساس‌ترین گونه‌ها به شرایط بحرانی اخیر بوده است. گستردگی خشکیدگی‌های درختی، به‌ویژه گونه بلوط، در جنگل‌های زاگرس و گستردگی قلمرو این گونه در شرایط اکولوژیکی مختلف جنگلهای زاگرس، اهمیت بررسی‌های اکوفیزیولوژیک آن را روشن می‌کند. از این‌رو این پژوهش به‌منظور بررسی چگونگی تغییرات برخی صفات فیزیولوژیک برگ و شاخه درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر شدت خشکیدگی تاجی و تغییرات اقلیمی (فصول مرطوب و خشک) و تعیین مهمترین صفات فیزیولوژیک متأثر از خشکسالی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: این پژوهش در جنگل‌های ملّه-سیاه در نیمه شمالی استان ایلام انجام شد (شکل۱). برای انجام این پژوهش محدوده‌ای جنگلی به مساحت تقریبی ۴۵ هکتار بر روی دامنه شمالی کوه ملّه‌سیاه که در شرایط یکسانی از نظر ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه قرار دارد و به‌ظاهر دارای شدت بالایی از مرگ و میر درختی نسبت به مناطق جنگلی اطراف است، انتخاب شد (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق: ابتدا بر اساس معیار نسبت خشکیدگی تاجی (Kabrick *et al*., 2008) چهار گروه درختی سالم (۵-۰ درصد خشکیدگی تاجی)، خشکیدگی ملایم (۳۳-۵ درصد)، خشکیدگی متوسط (۶۶-۳۳ درصد) و خشکیدگی شدید (بیش از ۶۶ درصد خشکیدگی تاجی) تعیین شد. سپس از هر گروه یا تیمار درختی، شش درخت که از نظر ظاهری مشابه بودند، به‌عنوان تکرار انتخاب شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شدند. نمونه‌گیری از برگ و شاخه درختان بلوط در جهت جنوبی تاج درخت و از شاخه‌های انتهایی در قسمت میانی تاج به‌طور تصادفی انجام شد. برای اندازه‌گیری آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز برگ و شاخه، پرولین، کلروفیل، کارتنویید و محتوای رطوبت نسبی برگ از هر درخت ۱۵ عدد برگ بالغ و حدود ۱۰ سانتی‌متر شاخه دوساله جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. این نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌ها در دو فصل بهار و تابستان به‌مدت دو سال تکرار شد. پس از اندازه‌گیری صفات، اثرات متقابل و مستقل شدت خشکیدگی تاجی، سال و فصل نمونهبرداری بر صفات فیزیولوژیک برگ و شاخه درختان بلوط ایرانی بررسی شد. وزن تر، اشباع و خشک نمونه‌های برگ با ترازوی دیجیتال به‌دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس برای محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ از رابطه ۱ استفاده شد (Martinez *et al*., 2007). در رابطه ذیل FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن اشباع برگ می‌باشد.

$$RWC= ((FW-DW)/ (TW-DW)) \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ، پس از مراحل عصاره‌گیری و قرائت جگالی نوری عصاره‌های کلروفیل استخراج شده در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر، مقادیر کمی کلروفیل a، b، کل و کارتنویید با استفاده از رابطه‌های مربوطه بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Hashempour *et al*., 2011). برای اندازه‌گیری پرولین برگ، عصاره‌های به‌دست آمده در حمام آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک‌ساعت قرار داده شد. سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر برحسب پی‌پی‌ام خوانده شد. در نهایت مقادیر جذب قرائت شده توسط دستگاه به‌وسیله منحنی استاندارد جذب بر اساس دامنه تغییر رنگ در نمونه‌هایی با مقادیر مختلف پرولین به مقادیر کمی پرولین تبدیل شد (Bates *et al*., 1973). برای اندازه‌گیری کمی آنزیم پراکسیداز برگ و شاخه دوساله، پس از انجام مراحل عصاره‌گیری، میزان جذب نور عصاره‌های استخراج

www.SID.ir

Archive of SID

شده در طول موج ۴۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر در زمان‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ ، ۸۰ و ۱۰۰ ثانیه قرائت شد. سپس با استفاده از رابطه مربوطه میانگین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در واحد زمان در هریک از نمونه‌ها محاسبه شد (Hemeda & Kelin, 1990; Iranmanesh *et al.*, 2009). برای اندازه‌گیری کمی آنزیم کاتالاز برگ و شاخه دوساله، عصاره‌های استخراج شده از برگ یا شاخه در داخل دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت و بعد از یک دقیقه عدد دستگاه در طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت شد. عدد قرائت شده به‌عنوان میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در واحد زمان برای هریک از نمونه‌ها منظور شد (Beers & Sizer, 1952).

مقادیر صفات فیزیولوژیک برگ و شاخه دوساله درختان بلوط ایرانی سالم و سرخشکیده در طبقه‌های شدت خشکیدگی تاجی در فصول نمونه‌برداری بهار و تابستان سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ کمی شد. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرونوف استفاده شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها، طی فرایند تبدیل با روش‌های جذری یا لگاریتمی اقدام به نرمال‌کردن داده‌ها شد. برای بررسی اثر متقابل شدت خشکیدگی تاجی، سال و فصل نمونه‌برداری بر تغییرات صفات فیزیولوژیک برگ و شاخه درختان، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. با توجه به اینکه داده‌های مورد تجزیه اکثرا نرمال بوده و بقیه نیز با روش‌های فوق‌الذکر نرمال شدند، از این‌رو برای انجام تجزیه واریانس تیمارهای خشکیدگی تاجی در هر فصل نمونه‌برداری از One Way ANOVA استفاده شد. همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شدند. به‌منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها در صورت همگن بودن داده‌ها از آزمون دانکن و در صورت ناهمگنی از آزمون دانت‌تی‌سه استفاده شد. برای بررسی تغییرات زمانی مقادیر کمی صفات فیزیولوژیک برگ و شاخه در بین فصل‌های نمونه‌برداری از One Way ANOVA استفاده شد. همچنین به‌منظور کمک به تفسیر نتایج به‌دست آمده از تغییرات زمانی صفات فیزیولوژیک درختان دچار خشکیدگی بلوط، خصوصیات اقلیمی فصل‌های نمونه‌برداری از داده‌های بارندگی و دمای ماهانه ایستگاه هواشناسی ایلام استخراج و نمودار آمبروترمیک سال‌های نمونه‌برداری ترسیم شد.

نتایج

بررسی تغییرات صفات فیزیولوژیک برگ درختان بلوط ایرانی:

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی شامل: اثر متقابل شدت خشکیدگی تاجی × فصل نمونه‌برداری × سال تحقیق، اثر متقابل شدت خشکیدگی تاجی × فصل نمونه‌برداری، اثر متقابل شدت خشکیدگی تاجی × سال تحقیق، بر تغییرات مقادیر صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه برگ معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل سال × فصل نمونه‌برداری بر پراکسیداز شاخه، کاتالاز برگ و کاتالاز شاخه معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر این اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تیمارهای مورد بررسی بر صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه و مقایسه میانگین‌های صفات فیزیولوژیک به تفکیک و ترتیب صفات در پی‌آیند ذکر می‌گردد.

اثر خشکیدگی تاجی بر محتوای رطوبت نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که شدت خشکیدگی تاجی اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت نسبی برگ در فصول بهار ۹۲، تابستان ۹۲ و بهار ۹۳ داشته است. اگرچه تغییرات محتوای رطوبت نسبی برگ در تابستان ۹۳ نیز مشاهده شد، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محتوای رطوبت نسبی برگ در بهار و تابستان ۹۲ در درختان سالم بیشترین و در درختان با خشکیدگی تاجی شدید کمترین بود. همچنین میانگین محتوای رطوبت نسبی برگ در بهار ۹۳ در درختان سالم بیشترین و در درختان با خشکیدگی تاجی متوسط کمترین بود. محتوای رطوبت نسبی برگ در تابستان ۹۳ در درختان سالم بیشتر از درختان سرخشکیده بود (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک برگ درختان بلوط ایرانی

منابع تغییر	محتوای رطوبت- نسبی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنویید	کلروفیل کل	پرولین	پراکسیداز برگ	پراکسیداز شاخه	کاتالاز برگ	کاتالاز شاخه
سال	۲۵/۳۱۱	۰/۰۱۴	۳۳/۸۹۱	۱۹/۰۶۶	۳۶/۸۹۷	۳/۵۵۶	۰/۴۱۸	۱۲/۵۴۷	۳۹/۲۹۵	۶۲/۵۹۴
	۰/۰۰۰	۰/۹۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱	۰/۵۲۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
فصل	۶۴/۸۸۲	۱۱/۴۱۱	۰/۳۱۹	۱۱/۳۹۴	۰/۴۵۵	۳/۴۷۷	۰/۱۵۸	۳۰/۲۶۶	۳/۴۲۱	۱۰/۶۶۰
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۵۷۴	۰/۰۰۱	۰/۵۰۷	**۰/۰۴۵**	۰/۶۹۸	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰	**۰/۰۰۲**
خشکیدگی تاجی	۴/۷۴۸	۰/۲۸۳	۰/۲۸۵	۰/۷۳۴	۰/۲۵۲	۳/۹۹۸	۰/۲۴۱	۲/۵۰۵	۰/۳۰۸	۰/۲۹۰
	۰/۰۴۱	۰/۸۳۷	۰/۸۳۶	۰/۵۳۶	۰/۸۶۰	**۰/۰۵۰**	۰/۸۶۷	۰/۰۶۷	۰/۸۱۹	۰/۸۳۲
سال × فصل	۰/۷۶۶	۰/۱۰۴	۱/۷۷۴	۰/۰۰۱	۱/۵۹۴	۳/۲۳۰	۰/۳۶۸	۲۳/۱۹۱	۹/۸۷۰	۸/۶۲۴
	۰/۳۸۴	۰/۷۴۸	۰/۱۸۸	۰/۹۷۱	۰/۲۱۲	۰/۰۷۸	۰/۵۴۷	۰/۰۰۰	**۰/۰۰۳**	**۰/۰۰۵**
سال × خشکیدگی تاجی	۰/۴۵۱	۰/۳۵۶	۰/۷۶۲	۰/۷۷۶	۰/۴۸۲	۰/۷۶۸	۰/۷۷۲	۰/۶۷۸	۰/۷۷۷	۰/۸۲۷
	۰/۷۱۷	۰/۷۸۵	۰/۵۲۰	۰/۱۶۲	۰/۶۹۶	۰/۵۱۸	۰/۵۱۴	۰/۵۶۹	۰/۵۱۲	۰/۴۸۵
فصل × خشکیدگی تاجی	۰/۸۷۳	۰/۷۶۸	۱/۰۸۱	۱/۱۰۵	۰/۸۴۷	۰/۵۳۳	۰/۹۲۴	۱/۲۹۰	۰/۵۶۴	۰/۵۲۱
	۰/۴۵۹	۰/۵۱۷	۰/۳۶۵	۰/۳۵۵	۰/۴۷۴	۰/۶۶۲	۰/۴۳۴	۰/۲۸۶	۰/۶۴۱	۰/۶۶۹
سال × فصل × خشکیدگی تاجی	۰/۰۶۰	۰/۵۳۸	۰/۲۲۶	۱/۰۸۳	۰/۱۲۸	۰/۲۱۹	۰/۶۶۳	۰/۵۲۹	۰/۰۵۷	۰/۴۳۷
	۰/۹۸۱	۰/۶۶۰	۰/۸۷۸	۰/۳۶۴	۰/۹۴۳	۰/۸۸۳	۰/۵۷۸	۰/۶۶۴	۰/۹۸۲	۰/۷۲۷

*سطر اول داده‌های مربوط به هر منبع تغییر، مقادیر **F** و سطر دوم سطح معنی‌داری آن است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- نتایج تجزیه محتوای رطوبت نسبی برگ درختان بلوط ایرانی در طبقه‌های خشکیدگی تاجی به تفکیک فصل نمونه‌برداری

فصل	تجزیه واریانس	مقایسه میانگین‌ها			
	آماره F	تیمار شاهد ٪۰-۵	خشکیدگی ٪۵-۳۳	خشکیدگی ٪۳۳-۶۶	خشکیدگی ٪۶۶-۹۹
بهار ۹۲	۴/۴*	۷۹/۹۹^{a}	۶۷/۷۳^{ab}	۶۸/۰۱^{ab}	۶۴/۴۹^{b}
تابستان ۹۲	۴/۵*	۷۶/۹۹^{a}	۶۴/۷۳^{ab}	۶۵/۰۱^{ab}	۶۰/۴۹^{b}
بهار ۹۳	۳/۹*	۸۸/۶۳۲^{a}	۸۰/۲۲۵^{ab}	۶۶/۵۶۷^{b}	۷۷/۸۰۶^{ab}
تابستان ۹۳	۱/۷^{ns}	۸۳/۳۶۹ ^{a}	۸۰/۸۷۴ ^{a}	۷۳/۹۱۴ ^{a}	۷۶/۸۶۷ ^{a}

مقایسات به‌صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است. *: معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns: غیر معنی‌دار

اثر خشکیدگی تاجی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات معنی‌دار میزان محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنویید در بین تیمارهای خشکیدگی تاجی وجود ندارد (جدول ۱). اما نتایج مقایسه میانگین‌ها بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی به تفکیک فصول نمونه‌برداری نشان داد که میزان کلروفیل a برگ درختان سرخشکیده در بهار و تابستان ۹۲ کمتر از درختان سالم بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه محتوای رنگیزه‌های برگ در طبقه‌های خشکیدگی تاجی به‌تفکیک فصل نمونه‌برداری

		تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها			
		آماره F	معنی‌داری	تیمار شاهد ٪۰-۵	خشکیدگی ٪۵-۳۳	خشکیدگی ٪۳۳-۶۶	خشکیدگی ٪۶۶-۹۹
بهار ۹۲	کلروفیل a	۴/۱۲۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۰۲۱^{a}	۰/۰۰۰۰۲۱^{a}	۰/۰۰۰۱۳^{b}	۰/۰۰۰۰۰۳^{c}
	کلروفیل b	۱/۴۴۳	۰/۲۶۰	۰/۰۰۰۴۷ ^{a}	۰/۰۰۰۵۷ ^{a}	۰/۰۰۰۳۷ ^{a}	۰/۰۰۰۴۶ ^{a}
	کارتنوئید	۰/۴۲۰	۰/۷۴۱	-۰/۰۰۸۴ ^{a}	-۰/۰۰۹۸ ^{a}	۰/۰۰۶۵ ^{a}	-۰/۰۰۹۲ ^{a}
	کلروفیل کل	۰/۹۳۳	۰/۴۴۳	۰/۰۰۰۷ ^{a}	۰/۰۰۰۹ ^{a}	۰/۰۰۰۶ ^{a}	۰/۰۰۰۷ ^{a}
تابستان ۹۲	کلروفیل a	۳/۰۰۸	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰۱۰^{a}	۰/۰۰۰۱۱^{a}	۰/۰۰۰۱۴^{a}	۰/۰۰۰۰۷^{b}
	کلروفیل b	۰/۶۹۵	۰/۵۶۷	۰/۰۰۰۴۲ ^{a}	۰/۰۰۰۴۹ ^{a}	۰/۰۰۰۴۶ ^{a}	۰/۰۰۰۵۷ ^{a}
	کارتنوئید	۱/۰۶۳	۰/۳۸۸	-۰/۰۰۵۰ ^{a}	۰/۰۰۰۶ ^{a}	-۰/۰۰۱۸ ^{a}	۰/۰۰۳۷ ^{a}
	کلروفیل کل	۰/۴۱۶	۰/۷۴۴	۰/۰۰۰۷۰ ^{a}	۰/۰۰۰۸۳ ^{a}	۰/۰۰۰۷۴ ^{a}	۰/۰۰۰۸۳ ^{a}
بهار ۹۳	کلروفیل a	۰/۸۰۷	۰/۵۷۰	۰/۰۰۰۱۱ ^{a}	۰/۰۰۰۰۱ ^{a}	-۰/۰۰۰۰۱ ^{a}	-۰/۰۰۰۰۱ ^{a}
	کلروفیل b	۰/۹۸۳	۰/۴۹۲	۰/۰۰۰۹۴ ^{a}	۰/۰۰۰۸۸ ^{a}	۰/۰۰۰۷۵ ^{a}	۰/۰۰۰۸۹ ^{a}
	کارتنوئید	۰/۵۲۵	۰/۷۲۴	۰/۰۱۴۲ ^{a}	-۰/۰۰۳۲ ^{a}	۰/۰۰۴۰ ^{a}	-۰/۰۰۳۹ ^{a}
	کلروفیل کل	۱/۴۱۳	۰/۳۵۱	۰/۰۰۱۵ ^{a}	۰/۰۰۱۴ ^{a}	۰/۰۰۱۲ ^{a}	۰/۰۰۱۴ ^{a}
تابستان ۹۳	کلروفیل a	۰/۴۱۶	۰/۷۹۳	۰/۰۰۰۱ ^{a}	۰/۰۰۰۱ ^{a}	۰/۰۰۰۱۸ ^{a}	۰/۰۰۰۰۷ ^{a}
	کلروفیل b	۰/۱۹۷	۰/۹۳۲	۰/۰۰۰۷۴ ^{a}	۰/۰۰۰۷۲ ^{a}	۰/۰۰۰۸۰ ^{a}	۰/۰۰۰۷۱ ^{a}
	کارتنوئید	۰/۵۳۹	۰/۷۱۳	۰/۰۰۸۱ ^{a}	۰/۰۱۰۳ ^{a}	۰/۰۲۱۴ ^{a}	۰/۰۰۳۷ ^{a}
	کلروفیل کل	۰/۲۳۴	۰/۹۱۱	۰/۰۰۱۲ ^{a}	۰/۰۰۱۲ ^{a}	۰/۰۰۱۳ ^{a}	۰/۰۰۱۲ ^{a}

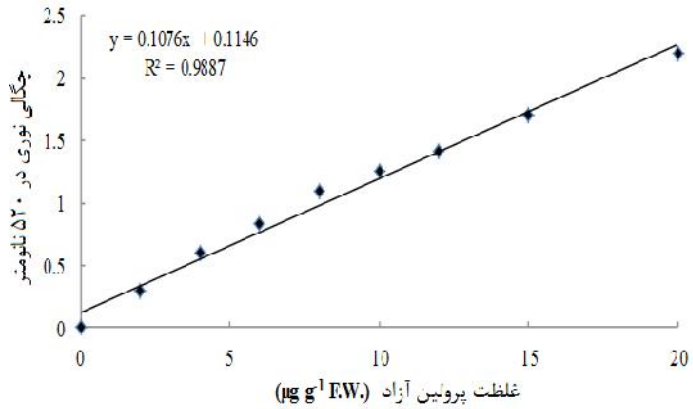
توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر خشکیدگی تاجی بر محتوای پرولین برگ

بر اساس رابطه رگرسیون خطی حاصل از ارتباط مقادیر پرولین خالص در محلول‌های استاندارد و طول موج قرائت شده متناظر آنها در اسپکتروفوتومتر، مقادیر پرولین عصاره-های گرفته شده از نمونه‌های برگ در نرم‌افزار Excel محاسبه شد (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر پرولین برگ در بین درختان با شدت‌های خشکیدگی تاجی مختلف، در کلیه فصول نمونه‌برداری با تغییراتی همراه بوده است. اما مقادیر پرولین برگ در بهار ۹۲ و تابستان ۹۲ در بین تیمارهای خشکیدگی تاجی اختلاف معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین مقادیر پرولین برگ در بهار ۹۲ در درختان سالم کمترین و در درختان با خشکیدگی تاجی شدید بیشترین بود. همچنین میانگین مقادیر پرولین برگ در تابستان ۹۲ در درختان سالم کمترین و در درختان با خشکیدگی تاجی ملایم و شدید بیشترین بود (جدول ۴).



شکل ۲- منحنی استاندارد پرولین آزاد

جدول ۴- نتایج تجزیه محتوای پرولین برگ در طبقه‌های خشکیدگی تاجی به‌تفکیک فصل نمونه‌برداری

	تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها			
	آماره F	معنی‌داری	تیمار شاهد ۰-۵٪	خشکیدگی ۳۳-۵٪	خشکیدگی ۶۶-۳۳٪	خشکیدگی ۹۹-۶۶٪
بهار ۹۲	۳/۹۱۱	۰/۰۵۰	۰/۳۶۳^{b}	۰/۹۰۰^{ab}	۰/۴۳۲^{ab}	۱/۶۶۶^{a}
تابستان ۹۲	۴/۷۴۰	۰/۰۴۶	۰/۰۶۷^{b}	۱/۸۷۴^{a}	۰/۷۳۱^{ab}	۱/۰۶۳^{a}
بهار ۹۳	۱/۸۸۹	۰/۲۱۰	-۱/۰۷۰ ^{a}	-۰/۵۸۵ ^{a}	۰/۴۱۲ ^{a}	۰/۵۵۴ ^{a}
تابستان ۹۳	۰/۴۳۲	۰/۷۳۶	۰/۲۶۹ ^{a}	۱/۲۷۴ ^{a}	۰/۹۴۸ ^{a}	۰/۹۲۷ ^{a}

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است.

اثر خشکیدگی تاجی بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز برگ و شاخه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که گرچه میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز برگ و شاخه در بین تیمارهای خشکیدگی تاجی با تغییراتی همراه بوده است، اما این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول‌های ۱ و ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ - نتایج تجزیه مقادیر کمی آنزیم‌های پراکسیدار و کاتالاز برگ و شاخه در طبقه‌های خشکیدگی تاجی

			تجزیه واریانس	
			آماره F	سطح معنی‌داری
بهار ۹۲	پراکسیداز	برگ	۰/۸۸۸	۰/۵۱۲
		شاخه	۰/۹۸۶	۰/۴۱۹
	کاتالاز	برگ	۱/۱۶۶	۰/۳۴۷
		شاخه	۰/۲۴۳	۰/۸۶۵
تابستان ۹۲	پراکسیداز	برگ	۱/۱۴۷	۰/۳۵۴
		شاخه	۰/۲۰۴	۰/۸۹۲
	کاتالاز	برگ	۰/۳۹۱	۰/۷۶۱
		شاخه	۱/۰۲۲	۰/۴۰۶
بهار ۹۳	پراکسیداز	برگ	۰/۸۴۳	۰/۴۹۶
		شاخه	۱/۴۳۱	۰/۲۸۲
	کاتالاز	برگ	۱/۱۳۱	۰/۳۹۳
		شاخه	۰/۹۹۵	۰/۴۴۳
تابستان ۹۳	پراکسیداز	برگ	۲/۶۸۲	۰/۰۹۴
		شاخه	۱/۸۶۹	۰/۱۸۹
	کاتالاز	برگ	۰/۶۰۲	۰/۶۳۲
		شاخه	۱/۰۱۳	۰/۴۳۶

اثر متقابل سال و فصل نمونه‌برداری بر صفات فیزیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال × فصل نمونه‌برداری بر پراکسیداز شاخه، کاتالاز برگ و کاتالاز شاخه معنی‌دار است و بر سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نیست (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پراکسیداز شاخه در بهار ۹۳ بیشترین میزان، در بهار و تابستان ۹۲ کمتر بوده و در تابستان ۹۳ کمترین مقدار بود. همچنین کاتالاز برگ در بهار و تابستان ۹۲ بیشترین میزان و در بهار ۹۳ کمترین میزان را داشت. کاتالاز شاخه نیز در بهار ۹۲ بیشترین میزان و در بهار و تابستان ۹۳ کمترین میزان را داشت (جدول ۶).

جدول ۶- تغییرات مقادیر صفات فیزیولوژیک برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر متقابل سال و فصل

صفات	سال ۱۳۹۲		سال ۱۳۹۳	
	بهار	تابستان	بهار	تابستان
پراکسیداز شاخه	۰/۰۱۴۶ ^{ab}	۰/۰۱۳۲ ^{ab}	۰/۰۳۱۷^{a}	۰/۰۱۰۶^{b}
کاتالاز برگ	۰/۸۳۱ ^{a}	۰/۷۴۶ ^{a}	۰/۲۲۶ ^{c}	۰/۵۴۷ ^{b}
کاتالاز شاخه	۰/۷۸۲^{a}	۰/۵۵۵^{b}	۰/۳۸۲ ^{c}	۰/۳۷۰ ^{c}

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین فصول نمونه‌برداری است.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر سال نمونه‌برداری بر صفات فیزیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سال نمونه‌برداری بر تغییرات کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و محتوای رطوبت نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تغییرات میزان کلروفیل b به‌صورت افزایشی، کلروفیل کل به‌صورت افزایشی، کارتنوئید به‌صورت کاهشی و محتوای رطوبت نسبی برگ به‌صورت افزایشی بود (جدول ۷).

جدول ۷- تغییرات سالیانه مقادیر صفات فیزیولوژیک برگ درختان بلوط ایرانی

صفات فیزیولوژیک	مقایسه میانگین‌ها	
	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کلروفیل a	۰/۰۰۰۰۶۷ a	۰/۰۰۰۰۶۹ a
کلروفیل b	۰/۰۰۰۴۹b	۰/۰۰۰۷۹a
کلروفیل کل	۰/۰۰۰۷۸b	۰/۰۰۱۳a
کارتنوییید	-۰/۰۰۴۲a	-۰/۰۰۶۷b
پرولین	۰/۷۰۱ a	۰/۶۴۹ a
پراکسیداز برگ	۰/۰۱۳۲ a	۰/۰۱۰ a
محتوای رطوبت نسبی	۷۰/۳۰۶b	۹۰/۸۴۸a

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین سال‌های نمونه‌برداری است.

اثر فصل نمونه‌برداری بر صفات فیزیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فصل نمونه‌برداری بر تغییرات کلروفیل a، کارتنوئید، پرولین و محتوای رطوبت نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول۱). تغییرات میزان کلروفیل a در سال‌های تحقیق به‌صورت افزایشی، کارتنوئید در سال‌های تحقیق به‌صورت افزایشی، پرولین در سال اول تحقیق به‌صورت کاهشی و در سال دوم تحقیق به‌صورت افزایشی و محتوای رطوبت نسبی برگ در هر دو سال دوره تحقیق به‌صورت افزایشی بود (جدول ۸).

جدول ۸- تغییرات فصلی مقادیر صفات فیزیولوژیک برگ درختان بلوط ایرانی

صفات فیزیولوژیک	مقایسه میانگین‌ها			
	بهار ۹۲	تابستان ۹۲	بهار ۹۳	تابستان ۹۳
کلروفیل a	۰/۰۰۰۰۱۵b	۰/۰۰۰۱۱a	۰/۰۰۰۰۲۷b	۰/۰۰۰۱۱a
کلروفیل b	۰/۰۰۰۴۶a	۰/۰۰۰۴۸a	۰/۰۰۰۸۴a	۰/۰۰۰۷۴a
کلروفیل کل	۰/۰۰۰۷۶ a	۰/۰۰۰۷۷ a	۰/۰۰۱۳۶ a	۰/۰۰۱۲۰ a
کارتنوییید	-۰/۰۰۸۵b	-۰/۰۰۰۸a	۰/۰۰۲۵b	۰/۰۱۰۹a
پرولین	۰/۸۴۱a	۰/۵۶۹b	۰/۴۴۹b	۰/۸۵۴a
پراکسیداز برگ	۰/۰۱۵۷ a	۰/۰۱۰۷ a	۰/۰۰۹ a	۰/۰۱۰۶ a
محتوای رطوبت نسبی	۷۰/۳۰۶b	۷۷/۶۹۱a	۸۲/۹۶۱b	۹۹/۶۲۲a

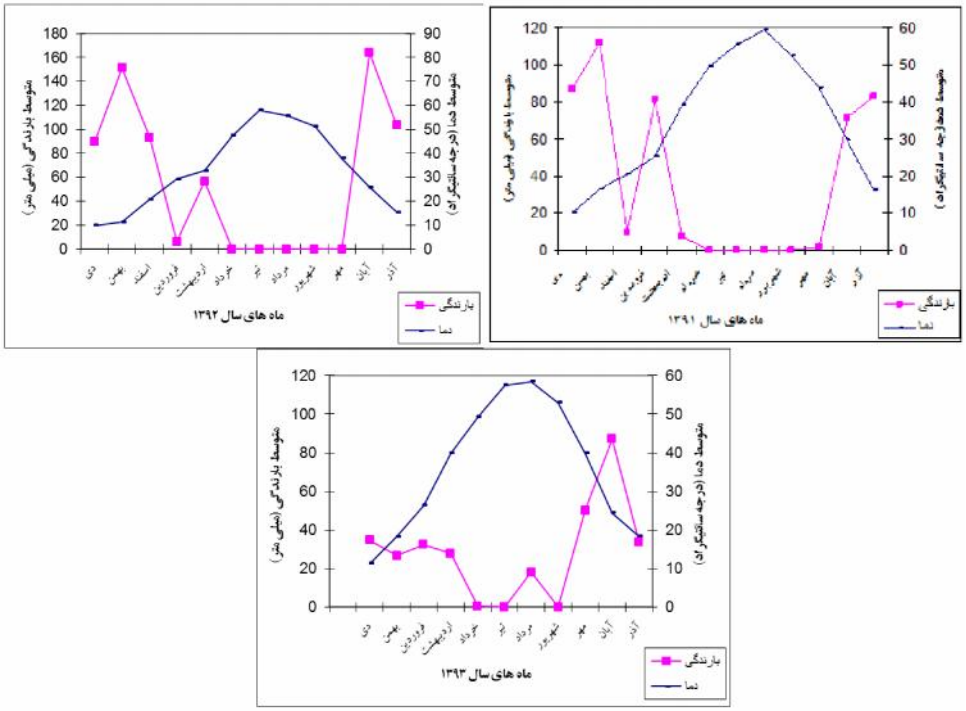
توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین فصول نمونه‌برداری است.

www.SID.ir

Archive of SID

وضعیت اقلیمی سال‌های مورد مطالعه

در این بررسی به‌وسیله مقادیر متوسط بارندگی و متوسط دمای ماهانه سال‌های تحقیق، منحنی آمبروترمیک آنها به‌تفکیک تهیه شد (شکل ۳). البته به لحاظ اینکه شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی هر سال در میزان فعالیت‌های حیاتی سال بعد تأثیر دارد، از این‌رو به‌منظور کمک به تحلیل بهتر شرایط اقلیمی، بهتر دیده شد که نمودار آمبروترمیک سال ۱۳۹۱ نیز رسم شود. نتایج با توجه به شکل ۳ نشان می‌دهد که میزان بارندگی سالانه سال ۹۱ کمتر و دمای سالانه بالاتر و توزیع ماهانه آنها نامناسب بوده است که قطعا در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال ۹۲ تأثیر منفی دارد. بعکس میزان بارندگی سالانه سال ۹۲ بیشتر و دمای سالانه پایین‌تر از سال ۹۱ بود و توزیع ماهانه آنها مناسب‌تر بود که قطعا در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال ۹۳ تأثیر بهتری دارد.



شکل ۳- منحنی‌های آمبروترمیک سال‌های مورد مطالعه (۱۳۹۳-۱۳۸۹) به‌تفکیک سال بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی ایلام

بحث

آب و روابط آبی ارتباط تنگاتنگی با میزان فعالیت حیاتی درخت و سلامت زندگی آن دارد. در فصول گرم و خشک که بارندگی وجود ندارد، درخت نیاز آبی خود را از خاک که بستر حیات و ذخیره‌گاه آبی طبیعت است، می‌گیرد. در شرایط خشکسالی نیز نیاز آبی درخت فقط از منابع زیرزمینی برآورده می‌شود. با گذشت زمان و افزایش مدت و شدت خشکسالی، بر نیاز آبی درختان افزوده شده و منابع آبی زیرزمینی به‌تدریج مصرف شده و سطح سفره آنها کاهش می‌یابد. در نتیجه فشار آبی بر درخت وارد شده و روابط آبی آن را مختل کرده که بر فعالیت‌های حیاتی درخت تأثیر گذاشته و آن را ضعیف می‌کند که نتیجه آن به‌صورت خشکیدگی‌های تاجی ظاهر می‌شود. بنابراین روابط آبی و میزان جذب آبی درخت از فاکتورهای نشان‌دهنده میزان سلامت درخت است. به‌عنوان مثال در جنگل‌های بلوط در آلمان محتوای نسبی آب کمتر در برگ درختان آسیب‌دیده

www.SID.ir

Archive of SID

بلوط (*Quercus ruber*) نسبت به درختان سالم آن حتی با وجود بارندگی کافی حکایت از خطر بالاتر تنش خشکی در سال‌های خشک دارد (Thomas and Hartmann, 1996). در این پژوهش مشخص شد که محتوای رطوبت نسبی برگ در درختان سالم بیشتر از سایرین و در تیمار خشکیدگی شدید تاجی، کمترین بود. این نتایج مبین این است که رطوبت خاک توسط برخی درختان جذب شده و برخی احتمالا به‌دلایلی از قبیل نقصان در سیستم آبرسانی ریشه‌ها یا آوندها در مسیر انتقال از ریشه تا برگ و یا به‌علت اثر عوامل کنترل‌کننده تعرق و کاهنده اختلاف قابلیت آب بین اندام‌های درخت و نیز بین ریشه درخت و خاک، جذب کمتری داشته‌اند که در نهایت بر انجام فعالیت‌های حیاتی و زنده‌مانی آنها اثر سوء داشته است. این نتایج با یافته‌های Martinez-Villata و همکاران (۲۰۰۲) مبنی بر کاهش تاج درختان بلوط سبز ناشی از اختلالات روابط آبی خاک–گیاه و با یافته‌های Thomas و Hartmann (۱۹۹۶) مبنی بر کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ درختان سرخشکیده ناشی از وجود تنش شدید خشکسالی همخوانی دارد. همچنین ممکن است درختان سرخشکیده قدرت نگهداری آبی را که توسط ریشه آنها جذب شده است، نداشته و به‌راحتی از طریق برگ آنها از بدنه درخت خارج شود. بنابراین طبیعی است که میزان محتوای رطوبت نسبی برگ در درختان سرخشکیده کاهش یابد.

از طرفی نگاهی به‌عدم معنی‌داری تغییرات میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند مبین این باشد که کمبود آب در برگ‌ها در حدی نبوده که بر میزان رنگدانه‌ها تأثیر معنی‌داری گذاشته باشد، بنابراین می‌توان گفت، فتوسنتز برگ‌ها در واحد سطح از این نظر مشکلی ندارد. این نتایج با یافته‌های Yannis و Kaliopi (۲۰۰۲) مبنی بر توان بالای بلوط در انجام فتوسنتز در شرایط قابلیت آبی پایین برگ و حفظ و ادامه فعالیت‌های فتوسنتزی در شرایط بحرانی همخوانی دارد. البته با توجه به کاهش تاج، میزان کل فتوسنتز درخت کاهش یافته و درختان سرخشکیده با کاهش انرژی مواجه خواهند شد. از این جنبه می‌توان به نتایج تحقیقات Liu و همکاران (۱۹۹۷) و Meszarose و همکاران (۲۰۰۸) اشاره کرد که با این نظر همخوانی دارد. زیرا Liu و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که میزان فتوسنتز درختان افرای دچار خشکیدگی کاهش یافته است. همچنین Mesarose و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که رویش حجمی بلوط در سال خشک کاهش یافته و این بیانگر کاهش فتوسنتز درخت بلوط تحت تأثیر خشکی است.

همچنین عدم معنی‌داری تغییرات میزان آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز درختان سرخشکیده نسبت به درختان سالم می‌تواند تا حدودی بیانگر عدم وجود تنش در برگ‌های سبز باقیمانده درختان سرخشکیده باشد. بنابراین احتمالا برگ‌های سبز باقیمانده به‌طور عادی فتوسنتز خود را انجام می‌دهند. در این زمینه Liu و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تحقیق خود نتیجه‌گیری کردند که بردباری بیشتر گونه‌های درختچه‌ای مورد مطالعه به تنش خشکی شدید به‌علت توانایی بیشتر در تنظیم اسمزی و حفاظت آنتی‌اکسیدان بوده است.

اگرچه تغییرات میزان پرولین وجود تنش را در سال اول پژوهش تا حدودی نشان داد، اما در سال دوم پژوهش تغییرات پرولین معنی‌دار نبود که احتمالا دلیل آن به‌وجود شرایط بهتر آبی ناشی از بارندگی‌های مناسب زمستان سال اول و بهار سال دوم تحقیق برمی‌گردد. در سال ۱۳۹۱ میزان بارندگی سالانه کمتر و دمای سالانه بالاتر و توزیع ماهانه آنها در طول سال نامناسب بود که قطعا در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال بعد (۹۲) تأثیر منفی داشت. بعکس در سال ۱۳۹۲ میزان بارندگی سالانه بیشتر و دمای سالانه پایین‌تر از سال ۹۱ بود و توزیع ماهانه آنها در طول سال مناسب‌تر بود که قطعاً در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال بعد (۹۳) تأثیر مثبت داشت. این تغییرات وضعیت اقلیمی در سال‌های متوالی موجب تغییر و نوسان در وضعیت فیزیولوژیکی و رشد درختان شده و بیانگر نقش آب و ضرورت وجود آن برای انجام فعالیت‌های حیاتی درختان و روابط آبی آنها از خاک به گیاه و درون گیاه از ریشه تا برگ می‌باشد. گواه این امر نتایج این تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

است. زیرا در بررسی تغییرات زمانی محتوای رطوبت نسبی برگ معلوم شد که مقدار این صفت از سال ۹۲ به سال ۹۳ افزایش یافت و این به معنای وجود رطوبت بیشتر در سال دوم تحقیق و افزایش جذب رطوبت توسط درختان بود. در بررسی تغییرات زمانی رنگیزه‌های فتوسنتزی معلوم شد که مقدار کلروفیل b، کل و کاروتنویید از سال ۹۲ به سال ۹۳ افزایش یافت و این به معنای وجود رطوبت بیشتر در سال دوم تحقیق و افزایش فعالیت‌های حیاتی و فتوسنتزی توسط درختان است. در تحقیقات Mezarose و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشخص شد که میزان کلروفیل برگ بلوط تغییرات بین سالی و درون تاجی داشته است. به‌علاوه در بررسی تغییرات زمانی آنزیم‌ها معلوم شد که مقدار کاتالاز برگ و شاخه در سال ۱۳۹۳ کمتر از سال ۱۳۹۲ بود که مبین کاهش تنش در درختان بلوط در سال دوم تحقیق تحت تأثیر بهبود شرایط آب و هوایی و افزایش رطوبت خاک است (جدول ۴).

البته تمامی تأثیرات خشکی در مقیاس کوچک و درختی بر سلامت درخت، به خصوصیات خود درخت مربوط نمی‌شود. زیرا روابط درخت با درختان مجاور بر شدت یا ضعف پاسخ‌های درخت به خشکی تأثیر می‌گذارد. بلوط ایرانی نشان داد که گونه درختی حساسی به خشکیدگی است و گونه‌های حساس در روابط رقابتی از درختان مجاور تأثیر می‌پذیرند. این نتیجه با یافته‌های Lorenz و همکاران (۲۰۰۴) در یک جنگل شاخه‌زاد مدیریت نشده همخوانی دارد. آنان نتیجه گرفتند که تغییرات رشد در بین درختان با طبقه‌های خشکیدگی تاجی، ناشی از محیط رقابتی هریک از آنهاست.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت، اگرچه محتوای رطوبت نسبی برگ درختان بلوط ایرانی سرخشکیده نسبت به درختان سالم، به دلیل کاهش توانایی آنها در جذب رطوبت خاک و یا کاهش توانایی در حفظ آب جذب شده کاهش یافت، اما در عین حال میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنها نسبت به درختان سالم تفاوت معنی‌داری پیدا نکرد که این امر می‌تواند مبین سعی درخت در تحمل تنش کمبود آب، کاهش تنش آب در پیکره خود و گذر از بحران خشکسالی باشد.

منابع مورد استفاده:

- Aldea, M., Frank, T.D. and Delucia, E.H., 2006. A method for quantitative analysis of spatially variable physiological processes across leaf surfaces. Photosynthesis Research, 90: 161-172.
- Bates, I.S., Waldem, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- Beers, R.R. and Sizer, I.W., 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Journal of Biological Chemistry, 195: 133-140.
- Fracheboud, Y., Luquez, V., Bjorken, L., Sjodin, A. and Tuominen, H., 2009. The control of autumn senescence in European aspen. Plant physiology, 149: 1982-1991.
- Hashempour, F., Rostami Shahraji, T., Assareh, M.H. and Shariat, A., 2011. Impact of drought stress on some physiological traits in five Eucalypt species. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19 (2): 222-234.
- Hemeda, H.M. and Kelin, B.P., 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. Food Science, 55: 184-185.
- Iranmanesh, Y., Korori, S.A.A., Espahbodi, K. and Azadfar, D., 2009. Comparision of qualitative and quantitative activities of peroxidase in different organs of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic, 17: 155-165.
- Kabrick, J. M., Dey, D. C., Jensen, R. G. and Wallendorf, M., 2008. The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. Forest Ecology and Management, 255: 1409-1417.
- Keskitalo, J., Bergquist, G., Gardestrom, P. and Jansson, S., 2005. A cellular timetable of autumn senescence. Plant Physiology, 139: 1635-1648.
- Liu, X., Ellsworth, D. S. and Tyree, M. T., 1997. Leaf nutrition and photosynthetic performance of sugar maple (*Acer saccharum*) in stands with contrasting health conditions. Tree Physiology, 17: 169-178.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zhenga, Y., Yuc, L. and Yangc, R., 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats

www.SID.ir

Archive of SID

some maquis (*Ceratonia siliqua* L., *Olea oleaster* Hoffm. & Link, *Pistacia lentiscus* and *Quercus coccifera* L.) plant species to drought in the east Mediterranean ecosystem. 31: 233-245.

- Poulos, H. M., Goodale, U. M. and Berlyn, G. P., 2007. Drought response of two Mexican oak species, *Quercus laceyi* and *Q. sideroxyla* (Fagaceae), in relation to elevational position. American Journal of Botany, 94: 809-818.
- Sala, A. and Tenhunen, J.D., 1994. Site-specific water relations and stomatal response of *Quercus ilex* in a Mediterranean watershed. Tree Physiology, 14 (6): 601-617.
- Sardans, J., Penuelas, J. and Ogaya, R., 2008. Drought-Induced Changes in C and N Stoichiometry in a *Quercus ilex* Mediterranean forest. Forest Science, 54(5): 513-522.
- Thomas, F. M. and Buttner, G., 1998. Nutrient relations in healthy and damaged stands of mature oaks on clay soils: two case studies in northwestern Germany. Forest Ecology and Management, 108: 301–319.
- Thomas, F.M. and Hartmann, G., 1996. Soil and tree water relations in mature oak stands of northern Germany differing in the degree of decline. Annals of Science Forest, 53: 697-720.
- Vollenweider, P. and Gunthardt-Goerg, M.S., 2005. Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. Environment Pollution, 137: 455-465.
- Yannis, R.Y. and Kalliopi, R., 2002. Physiological Responses of Beech and Sessile Oak in a Natural Mixed Stand During a Dry Summer. Oxford Journals, *Life Sciences*, Annals of Botany, 89(6): 723-730.

of southwestern China. Environmental and Experimental Botany, 71: 174–183.

- Lorenz, M., Becher, G., Mues, V., Fischer, R., Ulrich, E. and Dobbertin, M., 2004. Forest Condition in Europe. Technical Report 2004. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), UN/ECE, Geneva , 96 pp.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent J.F. and Pinto, M., 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy, 26: 30–38.
- Martinez-Vilalta, J., Pinol, J. and Beven, K., 2002. A hydraulic model to predict drought-induced mortality in woody plants: an application to climate change in the Mediterranean. Ecological Model, 155: 127–147.
- McDowell, N.G., Pockman, W.T. and Allen, C.D., 2008. Tansley Review: mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? New Phytologist, 178: 719-739.
- Meszaros, I., Veres, S., Szollosi, E., Koncz, P., Kanalas, P. and Olah, V., 2008. Responses of some ecophysiological traits of sessile oak (*Quercus petraea*) to drought stress and heat wave in growing season. Acta Biologica Szegediensis, 52:107-109.
- Niinemets, U., 2010. Responses of forest trees to single and multiple environmental stresses from seedlings to mature plants: Past stress history, stress interactions, tolerance and acclimation. Forest Ecology and Management, 260: 1623–1639.
- Ogaya, R. and Penuelas, J., 2006. Contrasting foliar responses to drought in *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. Biologia Plantarum, 50: 373-382.
- Ozturk, M., Dogan, Y., Sakcali, M.S., Doulis, A. and Karam, F., 2010. Ecophysiological responses of

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of crown dieback intensity on some physiological characteristics of Persian oak trees (*Quercus brantii* var. *persica*)

A. Hosseini[*1], M. Matinizadeh[2] and A. Shariat[3]

1* - Corresponding author, Assist. Prof., Research and Education Center of Agriculture and Natural Resource, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, I.R. Iran. Email: Ahmad.phd@gmail.com
2. Assoc. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran
3. PhD Researcher, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

Received: 16.03.2016 Accepted: 22.10.2016

Abstract

Effects of crown dieback intensity of Persian oak trees (*Quercus brantii* var. *persica*) on their leaf and branch physiological traits were monitored in drought affected Melah-Siah forest, Ilam province, Iran, during spring and summer seasons of 2013-2014. Oak trees were divided into 4 groups with 6 replicates based on the severity of crown dieback. Sampls were randomly taken on leaves and two-year old branches of oak trees in south aspect of tree crown. Several physiological traits including peroxidaz and catalaze enzymes, prolin, cholorophyll, carotenoid and leaf relative water content were studied. Results of crown dieback intensity effect on the studied traits showed that relative water content of declining trees was more than those of healthy trees. Prolin content of declining trees was more than those of healthy trees. Other studied traits did not show any significant changes among healthy and declining trees. Interaction effects of sampling year and season on the studied traits showed that branch peroxidase was at the highest level during spring 2014, lower during spring and summer 2013, and the least during summer 2014. Leaf catalaz was at the highest level during spring and summer 2013 and the least level during spring 2014. Branch catalaz was at the highest level during spring 2013 and at the lowest level during spring and summer 2014. Annual changes of cholorophyll b, total chlorophyll and RWC (from 2013 to 2014) were increasing, and for carotenoid, it was decreasing. Seasonal changes (from spring to summer) of cholorophyll a, carotenoid and RWC were positive, and for prolin, it was negative during the first year and positive during second year. It was concluded that variability of relative water content and prolin content in the declining trees was for stress reduction in tree body and transition from drought crisis, and non-significant changes of Photosynthetic pigments and enzymes is for continuing vital activities in its body.

Keywords: Antioxidant enzymes, crown dieback, Persian oak, photosynthetic pigments, prolin

www.SID.ir