مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال شانزدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۳
ص ۶۹-۵۵
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2023.376819.1910

نتایج سه‌سالهٔ پایش عناصر غذایی برگ درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های دچار زوال

احمد حسینی[۱*]، محمد متینی‌زاده[۲]، رضا سلیمانی[۳] و شمس‌اله عسگری[۴]

[۱] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

[۲] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[۳] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

[۴] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۷)

چکیده

مقدمه: پایش عناصر غذایی برگ درختان به‌منظور شناخت چگونگی تغییرات آنها در پاسخ فیزیولوژیک درختان به تنش‌های محیطی انجام می‌گیرد. در پژوهش پیش رو وضعیت عناصر غذایی برگ درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) درگیر خشکیدگی تاجی طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ پایش شد.

مواد و روش‌ها: دو رویشگاه در دامنه‌های شمالی و جنوبی در منطقهٔ ملەسیاه انتخاب و در هر رویشگاه پنج درخت سالم و پنج درخت درگیر خشکیدگی مشخص شد. از هر درخت ۲۰ برگ بالغ و سالم جدا و برای اندازه‌گیری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌برداری برگ طی سه سال و در مردادماه انجام گرفت. در سمت جنوبی تاج هر درخت چاله‌ای حفر شد و در دو افق، نمونه‌برداری خاک برای اندازه‌گیری رطوبت انجام گرفت. نمونه‌برداری خاک طی سه سال در ماه‌های فصل رویش صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقدار نیتروژن برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین (۱/۴۸ درصد) و در سال ۱۳۹۹ کمترین (۱ درصد) بود و نیز در درختان سالم بیشتر (۱/۳۰ درصد) از درختان سرخشکیده (۱/۲۲ درصد) بود. مقدار فسفر برگ در تمام سال‌های نمونه‌برداری در رویشگاه شمالی بیشتر بود. مقدار پتاسیم برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین (۲/۲۲ درصد) و در سال ۱۳۹۹ (۰/۵۸ درصد) کمترین بود. مقدار کلسیم و منیزیم برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین (به‌ترتیب ۱/۸ و ۲/۳۶ درصد) و در سال ۱۴۰۰ کمترین (به‌ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۶۹ درصد) بود. مقدار کلسیم برگ در رویشگاه شمالی (۱/۲۹ درصد) بیشتر از رویشگاه جنوبی (۰/۹۹ درصد) بود. بیشترین مقدار کلسیم برگ در رویشگاه شمالی در درختان سرخشکیده (۱/۴۶۵ درصد) و در رویشگاه جنوبی در درختان سالم (۱/۲۴۱ درصد) بود. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت خاک در تمام سال‌های نمونه‌برداری در سایت شمالی بیشتر بود. رطوبت خاک نیز با تغییرات سالیانه همراه بود که بر تغییرات مقدار عناصر برگ در سال‌های مختلف تأثیر گذاشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به تفاوت رویشگاه‌ها از نظر مقدار رطوبت خاک، اسیدیته و شوری خاک و نیز تغییرات زمانی غلظت عناصر برگ که در واقع ناشی از تغییرات اقلیمی است، نتیجه‌گیری شد که خشکیدگی تاج درختان بلوط ایرانی با سازوکارهای فیزیولوژیکی درون آنها در جذب آب و عناصر غذایی ارتباط دارد.

واژه‌های کلیدی: تجزیهٔ عناصر، جنگل‌های بلوط، رطوبت خاک، زاگرس، زوال درختی.

[*] نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۳۰۴۱۶۸۱۶۴
ایمیل: ahmad.phd@gmail.com

مقدمه

بررسی غلظت عناصر غذایی برگ درختان از راهکارهای بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان به تنش‌ها و شرایط محیطی است و به‌طور معمول به‌منظور شناخت چگونگی تغییرات عناصر در طول زمان در پاسخ درختان به تنش‌های پیرامون انجام می‌گیرد (Sardans et al., 2008a; Hosseini, 2017). خشکسالی یکی از تنش‌های محیطی است که در دههٔ اخیر به‌طور شدیدی در جنگل‌های زاگرس اتفاق افتاده است و هنوز ادامه دارد (Hosseini et al., 2012; Hosseini et al., 2017). در پی وقوع این خشکسالی‌ها زوال درختی گسترده در بیشتر نقاط جنگل‌های زاگرس مانند جنگل‌های ایلام روی داد. با وقوع خشکسالی محتوای آب خاک به حدی کاهش می‌یابد که درختان نمی‌توانند آب کافی برای انجام فرایندهای حیاتی خود به‌دست آورند و در این شرایط فعالیت‌های حیاتی آنها متوقف یا کند می‌شود (McDowell et al., 2008). تبعات خشکسالی و بروز تنش خشکی در درختان به‌صورت پژمردگی و زرد شدن برگ، برگ‌ریزی زودتر از موعد، کاهش سطح برگ، کاهش تعداد برگ، کاهش میوه، ریزش زودتر از موعد میوه و کاهش ابعاد آن، کاهش رویش قطری و رشد ریشه‌ای است و حساس شدن آنها را به آفات و بیماری‌ها و به‌ویژه سوسک‌های چوبخوار و پوستخوار در پی دارد (Mc Dowell et al., 2008).

کاهش رطوبت خاک ناشی از وقوع خشکسالی، موجب اختلال در نقل و انتقال مواد معدنی از خاک به گیاه می‌شود. رطوبت خاک منبعی ضروری برای حیات درختان بوده و در نقل و انتقال عناصر غذایی لازم است (Sardans et al., 2008a,b). با کاهش تدریجی رطوبت خاک روند تبادل مواد معدنی در اندام‌های گیاه به هم می‌خورد، رشد درختان مختل می‌شود و به اندام‌های آنها آسیب می‌رسد (Martinez-Vilata & Pinol, 2002). کمبود رطوبت خاک موجب ایجاد تنش خشکی می‌شود که در این‌صورت نیروی حیاتی درختان تضعیف می‌شود (Martinez-Vilata & Pinol, 2002)، رشدشان کاهش می‌یابد (Bigler et al., 2006) و سرانجام مرگ آنی یا تدریجی آنها فرا می‌رسد (Rebetez & Dobbertin, 2004). با عنایت به اینکه مقدار رطوبت خاک در شرایط رویشگاهی مختلف فرق می‌کند (Guarin & Taylor, 2005)، اندازهٔ رشد درختان و عملکرد آنها در شرایط کمبود رطوبت یکسان نیست و در نتیجه شدت خشکیدگی در توده‌های جنگلی واقع در موقعیت‌های فیزیوگرافیک مختلف فرق می‌کند (Stephenson, 1990). البته واکنش درختان یک گونه به خشکی یکسان نیست و درختان بسته به ویژگی‌های فیزیولوژیک خود، درجات خشکیدگی مختلفی را نشان می‌دهند (Allen & Breshears, 1998). توجه به تأثیر رطوبت خاک در انتقال عناصر در بدنهٔ درخت و ارتباط آن با غلظت عناصر برگ این ایده را فراهم کرد تا افزون‌بر پایش تغییرات عناصر برگ درختان بلوط ایرانی در طول چند سال، رطوبت خاک نیز پایش شود تا نتایج بررسی وضعیت عناصر برگ، به‌نحو بهتر و دقیق‌تری تحلیل شده و از نتایج رطوبت برای تفسیر آن کمک گرفته شود.

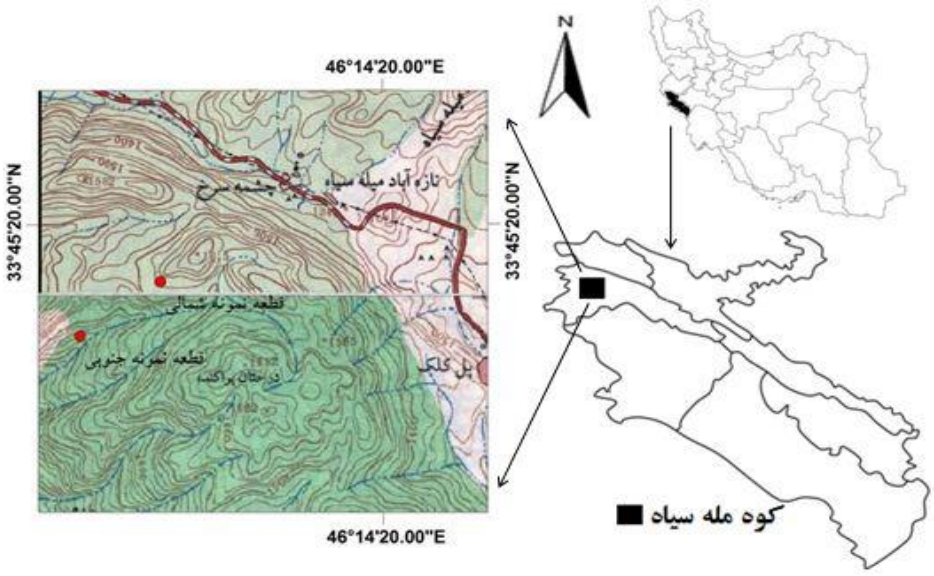
پژوهش‌ها نشان داده است که در واکنش درختان به تنش‌ها غلظت برخی از عناصر کاهش یافته و غلظت برخی دیگر به دلایل مختلف مانند سازوکارهای دفاعی درخت، در برخی اندام‌ها افزایش می‌یابد (Sardans et al., 2007; Sardans et al., 2008a,b; Hosseini, 2017). بر این اساس یکی از راه‌های بررسی و شناخت اندازه یا چگونگی تأثیر تنش بر درختان بررسی تغییرات غلظت عناصر در اندام‌های آنهاست (Sardans et al., 2008a,b; Hosseini, 2017). در پژوهشی Sardans et al. (2007) کاهش تجمع عناصر در کل زیست‌توده را ناشی از کاهش رطوبت خاک دانسته‌اند که به‌تبع آن کاهش جریان آب از خاک به گیاه رخ می‌دهد و در نتیجه مقدار فتوسنتز و رشد گیاهی کاهش می‌یابد. Batos et al.

(2010) در پژوهشی نتیجه گرفتند که تغییرات عناصر ماکرو در بین درختان بلوط (*Quercus robur* L.) معنی‌دار نیست، اما تغییرات غلظت عناصر ماکرو در برگ درختان ناشی از اثر محیط است. در پژوهشی Morilias et al. (2012) نتیجه‌گیری کردند که نرخ‌های مرگ‌ومیر زیاد در جمعیت‌های بلوط (*Quercus suber*) ممکن است با عدم تعادل نیتروژن و فسفر در درخت مرتبط باشد. در پژوهشی Hosseini (2017) چگونگی تغییرات مقدار نیتروژن و فسفر برگ، ریشه و خاک پای درختان بلوط ایرانی را در توده‌های دچار خشکیدگی منطقه ملەسیاه ایلام طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، در فصل‌های بهار و تابستان بررسی کرد. او نتیجه گرفت که نیتروژن برگ درختان سرخشکیده در بهار و تابستان ۱۳۹۲ بیشتر از درختان سالم بود. فسفر برگ درختان سرخشکیده در بهار ۱۳۹۲ بیشتر و در بهار ۱۳۹۳ کمتر از برگ درختان سالم بود. تغییرات زمانی مقدار نیتروژن برگ کاهشی بود، اما تغییرات زمانی فسفر برگ افزایشی بود. همچنین غلظت نیتروژن و فسفر برگ بیشتر از ریشه بود. در این پژوهش مقدار رطوبت، نیتروژن و فسفر خاک تفاوت معنی‌داری بین درختان سالم و سرخشکیده نشان ندادند. در پژوهشی Mohammadzadeh et al. (2021) نتیجه گرفتند که با افزایش شدت زوال درختان بلوط ایرانی، غلظت منیزیم، کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم و سدیم در شاخ و برگ آنها افزایش می‌یابد.

با توجه به تداوم خشکسالی و اثرهای آن در حوزهٔ جنگل‌های بلوط زاگرس و تداوم زوال گونه‌های درختی و به‌ویژه گونهٔ بلوط در جنگل‌های زاگرس و نیز با عنایت به اهمیت بررسی زوال درختی از منظر وضعیت عناصر غذایی درختان و پاسخ آنها به تنش‌های پیرامون، پژوهش حاضر با هدف دستیابی به ۱. نتایج پایش مقدار عناصر برگ درختان بلوط با درجه‌های خشکیدگی تاجی مختلف، ۲. نتایج پایش مقدار رطوبت خاک محیط ریشهٔ درختان بلوط با درجه‌های خشکیدگی تاجی مختلف، ۳. ارتباط تغییرات وضعیت عناصر برگ با رطوبت خاک و اقلیم در شرایط رویشگاهی مختلف و شدت‌های خشکیدگی تاجی متفاوت در جنگل‌های بلوط ایرانی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش این پژوهش در منطقهٔ جنگلی ملەسیاه در حوزهٔ شهرستان چوار، در نیمهٔ شمالی استان ایلام انجام گرفت (شکل ۱). این جنگل‌ها در منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته‌اند و از توده‌های بلوط با آمیختگی زیاد گونهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) تشکیل شده‌اند. فرم توده‌ها شاخه و دانه‌زاد بوده و درختان دانه‌زاد در ترکیب با شاخه‌زادها توده‌ها را تشکیل داده‌اند. گونه‌های درختی و درختچه‌ای بنه (*Pistacia atlantica* Desf.)، کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، زالزالک (*Crataegus pontica* C. Koch) و آلبالوی وحشی (*Cerasus microcarpa* Boiss.) در منطقه وجود دارند. رویشگاه‌های جنگلی منطقه اغلب در جهت‌های شمالی و جنوبی قرار دارند. میانگین بارندگی و دما در این منطقه بر اساس داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۴۰۰ ایستگاه هواشناسی ایلام ۵۷۷/۱ میلی‌متر و ۱۶/۹ درجهٔ سانتی‌گراد است. در این منطقه دو محدودهٔ جنگلی روی دامنه‌های شمالی و جنوبی کوه ملەسیاه انتخاب شد که در شرایط به‌نسبت یکسانی از نظر ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه قرار داشتند و به‌ظاهر دارای شدت زیاد خشکیدگی درختی نسبت به مناطق جنگلی اطراف بودند. محدودهٔ شمالی در موقعیت UTM طول شرقی ۶۱۲۸۵۵ و عرض شمالی ۳۷۳۵۲۹۲ قرار گرفته است. محدودهٔ جنوبی در موقعیت UTM طول شرقی ۶۱۲۱۴۹ و عرض شمالی ۳۷۳۴۸۷۳ قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ پژوهش
Figure 1. Geographical location of the study area

شیوهٔ اجرای پژوهش

برای این پژوهش دو محدودهٔ جنگلی یک هکتاری روی دامنه‌های شمالی و جنوبی کوه مله‌سیاه انتخاب شد. در هر محدودهٔ جنگلی دو گروه درختی از گونه بلوط ایرانی براساس شدت خشکیدگی تاجی تعیین شد. گروه اول شامل درختان بلوط سالم بود که تاج آنها تا ۵ درصد خشکیدگی داشت و گروه دوم شامل درختان بلوط دارای خشکیدگی تاجی متوسط تا شدید بود که تاج آنها خشکیدگی بیش از ۳۰ درصد داشت. از هر گروه درختی پنج درخت به‌عنوان تکرار انتخاب شد. درختان بلوط منتخب همگی از فرم دانه‌زاد بودند. نمونه‌برداری از برگ درختان در چهار سمت اصلی تاج درخت و از شاخه‌های انتهایی در قسمت میانی تاج به‌طور تصادفی انجام گرفت. ۲۰ برگ کامل و بالغ از تاج هریک از درختان منتخب جدا شده و در کیسه‌هایی جمع‌آوری شد و برای آزمایش‌های تجزیهٔ عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به آزمایشگاه انتقال یافت. همچنین در سمت جنوبی هر یک از درختان منتخب نمونه‌برداری خاک از دو افق فوقانی خاک (افق اول: ۰-۲۰ سانتی‌متر و افق دوم: ۲۰-۵۰ سانتی‌متر) انجام گرفت و نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی، آهک و بافت به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌برداری برگ و رطوبت خاک به‌مدت سه سال، در فصل تابستان در مردادماه انجام گرفت.

روش تحلیل

پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به اندازه‌گیری عناصر نمونه‌های برگ و رطوبت خاک سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰، آنالیز آماری آنها انجام گرفت. به‌منظور بررسی تأثیر جهت جغرافیایی، خشکیدگی تاجی و سال نمونه‌برداری بر مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ از آنالیز GLM در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین برای بررسی تغییرات رطوبت خاک تحت تأثیر جهت جغرافیایی، خشکیدگی تاجی و سال نمونه‌برداری از آنالیز GLM در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. همگنی داده‌ها با آزمون لون بررسی شد و مقایسهٔ میانگین‌ها به‌کمک آزمون دانکن انجام گرفت. همچنین با توجه به ارتباط رطوبت خاک با شرایط آب‌وهوایی، نمودار آمبروترمیک سال‌های پژوهش برای تفسیر وضعیت تغییرات عناصر برگ و رطوبت خاک ترسیم شد.

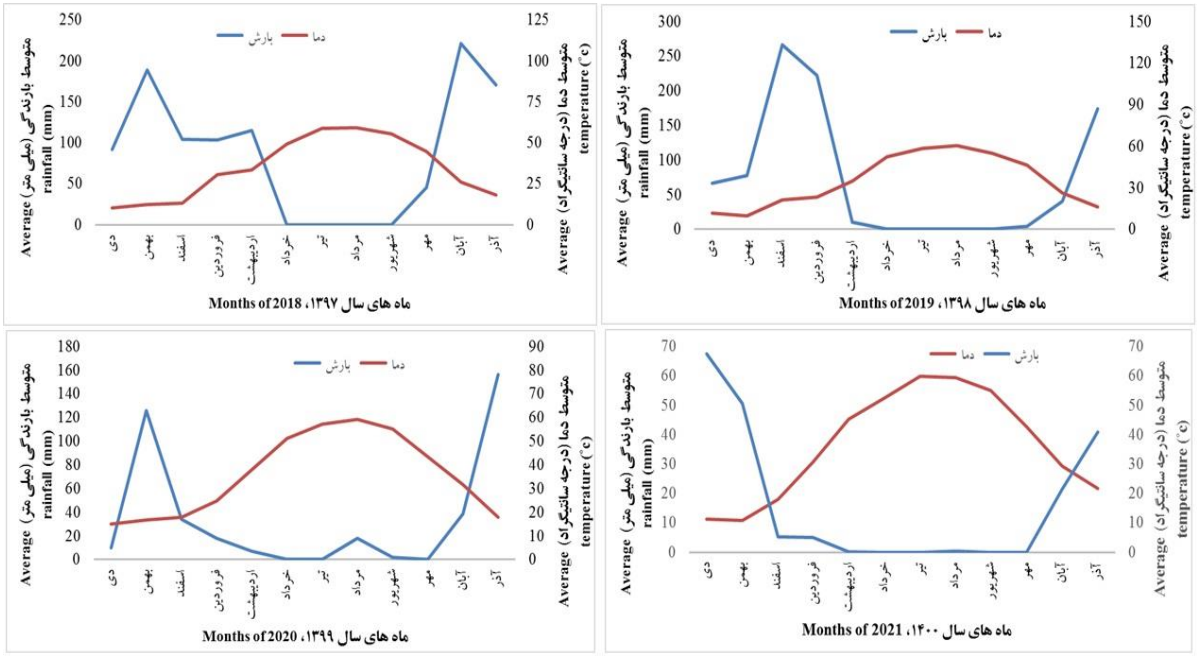
نتایج

وضعیت اقلیمی سال‌های پژوهش

این بررسی به‌کمک منحنی‌های آمبروترمیک سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ انجام گرفت (شکل ۲). با توجه به اینکه شرایط آب‌وهوایی و مقدار بارندگی هر سال در فعالیت‌های حیاتی سال بعد اثر دارد، به‌منظور کمک به تحلیل بهتر شرایط اقلیمی، بهتر دیده شد که نمودار آمبروترمیک سال ۱۳۹۷ نیز رسم شود. نتایج نشان داد که میانگین بارندگی و دمای ماهانه و توزیع آنها و نیز دامنهٔ زمانی فصل خشک در سال‌های پژوهش با یکدیگر متفاوت است. همچنین میانگین بارش سالانه و میانگین دمای سالانه سال‌های بررسی‌شده با یکدیگر فرق داشتند. مجموع بارش سالانهٔ سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۱۰۴۱، ۸۶۳/۳، ۴۱۰/۶ و ۱۹۱/۱ میلی‌متر بود که روند نزولی داشت. همزمان دمای سالانهٔ سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۱۷/۱، ۱۷/۳، ۱۷/۸ و ۱۸/۲ درجهٔ سانتی‌گراد بود که روند صعودی داشت. سال ۱۳۹۷ از مقدار بارندگی سالانهٔ بیشتر، دمای سالانهٔ کمتر، فصل خشک کوتاه‌تر و توزیع ماهانهٔ بارندگی مناسب‌تری برخوردار بود که به‌یقین در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال ۱۳۹۸ اثر مثبت دارد. به‌عکس مقدار بارندگی سالانهٔ سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ کمتر از سال ۱۳۹۷ و دمای سالانهٔ آنها بیشتر از سال ۱۳۹۷ بود که بی‌گمان در فعالیت‌های حیاتی و رویشی درختان در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اثر منفی دارد.

بررسی ویژگی‌های خاک محدوده‌های جنگلی بررسی‌شده

نتایج نشان داد که میانگین هدایت الکتریکی در محدودهٔ شمالی ۰/۲۳ دسی‌زیمنس بر متر و در محدودهٔ جنوبی ۰/۲۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقدار اسیدیتهٔ خاک در محدودهٔ شمالی ۸/۰۸ و در محدودهٔ جنوبی ۷/۵۴ بود. درصد کربن آلی خاک در محدودهٔ جنوبی اندکی بیشتر از محدودهٔ شمالی بود. درصد آهک در محدودهٔ جنوبی بیشتر از محدودهٔ شمالی بود. بافت خاک در هر دو محدوده یکسان بود (جدول ۱).



شکل ۲- منحنی آمبروترمیک سال‌های پژوهش (۱۴۰۰- ۱۳۹۷) براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی ایلام

Figure 2. Embrotermic curve of the research years (2018-2021) based on the data of Ilam meteorological station

جدول ۱- مقدار برخی ویژگی‌های خاک در محدوده‌های جنگلی بررسی‌شده
Table 1. The value of some soil characteristics in the examined forest areas

متغیر Variable	محدوده شمالی North range	محدوده جنوبی South range
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	0.23	0.26
اسیدیته خاک pH	8.08	7.54
کربن آلی خاک (درصد) OC (%)	3.28	3.89
آهک (درصد) CaCo3(%)	28.36	38.42
بافت خاک Soil Texture	شنی رسی لومی Sandy Clay Loam	شنی رسی لومی Sandy Clay Loam

پایش عناصر غذایی برگ در ارتباط با خشکیدگی تاجی

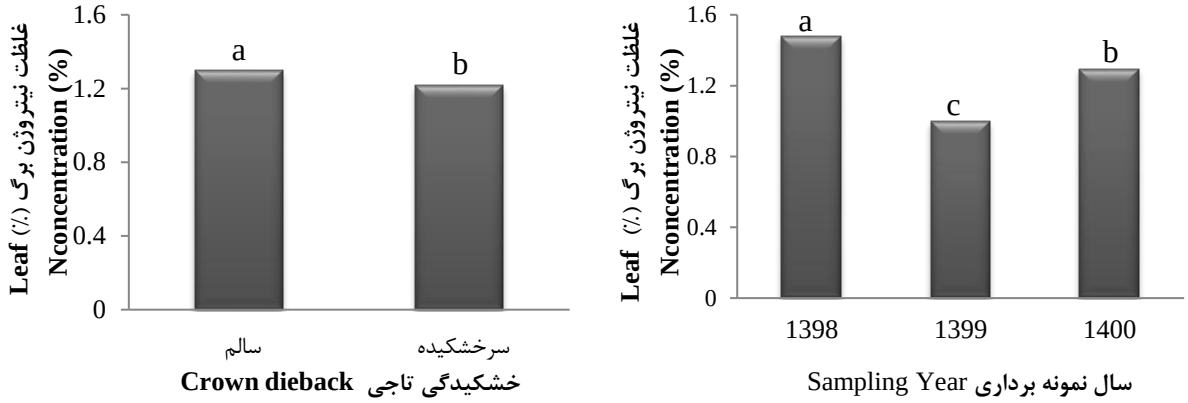
نتایج تجزیهٔ واریانس عناصر برگ در ارتباط با جهت جغرافیایی، خشکیدگی تاجی و سال نمونه‌برداری نشان داد که غلظت نیتروژن برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر معنی‌دار سال نمونه‌برداری و شدت خشکیدگی تاجی قرار دارد. مقدار فسفر برگ تحت تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سال نمونه‌برداری × جهت جغرافیایی قرار داشت. غلظت پتاسیم و منیزیم برگ تحت تأثیر معنی‌دار سال نمونه‌برداری قرار داشت. مقدار کلسیم برگ تحت تأثیر معنی‌دار اثر مستقل سال نمونه‌برداری و جهت جغرافیایی و اثر متقابل جهت جغرافیایی × شدت خشکیدگی تاجی قرار داشت (جدول ۲). بر این اساس غلظت نیتروژن برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین و در سال ۱۳۹۹ کمترین بود. همچنین غلظت نیتروژن برگ در درختان سالم بیشتر از درختان سرخشکیده بود (شکل۳). مقدار فسفر برگ در تمام سال‌های نمونه‌برداری در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی بود (جدول ۳). مقدار پتاسیم برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین و در سال ۱۳۹۹ کمترین بود (شکل ۴). مقدار منیزیم برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین و در سال ۱۴۰۰ کمترین بود (شکل ۴). مقدار کلسیم برگ در سال ۱۳۹۸ بیشترین و در سال ۱۴۰۰ کمترین بود (شکل۵). همچنین مقدار کلسیم برگ در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی بود (شکل ۵). بیشترین مقدار کلسیم برگ در رویشگاه شمالی در درختان سرخشکیده و در رویشگاه جنوبی در درختان سالم بود (جدول۴).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس اثر سال، جهت دامنه و شدت خشکیدگی تاجی بر غلظت عناصر برگ درختان بلوط ایرانی
Table 2. Analysis variance of the effect of year, aspect and severity of crown dieback on the concentration of leaf elements in Persian oak trees

متغیر Variable	منابع تغییر Change sources	درجهٔ آزادی df	آمارهٔ F Statistics F	معنی‌داری Sig.
Nitrogen (%) نیتروژن (درصد)	Year سال	2	51.962	**.000**
	Aspect جهت جغرافیایی	1	.001	.980
	Crown dieback خشکیدگی تاج	1	4.597	**.037**
	Year × Aspect سال در جهت	2	.550	.581
	Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	1.123	.334
	Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	1.492	.228
	Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	1.314	.278

ادامهٔ جدول ۲

متغیر Variable	منابع تغییر Change sources	درجهٔ آزادی df	آمارهٔ F Statistics F	معنی‌داری Sig.
Phosphorus (%) فسفر (درصد)	Year سال	2	441.124	**.000**
	Aspect جهت جغرافیایی	1	34.246	**.000**
	Crown dieback خشکیدگی تاج	1	.046	.831
	Year × Aspect سال در جهت	2	25.101	**.000**
	Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	.067	.935
	Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	.037	.849
	Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	.005	.995
Potassium (%) پتاسیم (درصد)	Year سال	2	199.241	**.000**
	Aspect جهت جغرافیایی	1	2.312	.135
	Crown dieback خشکیدگی تاج	1	1.611	.210
	Year × Aspect سال در جهت	2	1.792	.178
	Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	1.463	.242
	Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	.000	.990
	Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	.595	.555
Calcium (%) کلسیم (درصد)	Year سال	2	43.407	**.000**
	Aspect جهت جغرافیایی	1	8.144	**.006**
	Crown dieback خشکیدگی تاج	1	.620	.435
	Year × Aspect سال در جهت	2	1.524	.228
	Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	2.523	.091
	Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	15.543	**.000**
	Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	1.089	.345
Magnesium (%) منیزیم (درصد)	Year سال	2	73.346	**.000**
	Aspect جهت جغرافیایی	1	.326	.571
	Crown dieback خشکیدگی تاج	1	3.157	.082
	Year × Aspect سال در جهت	2	2.532	.090
	Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	.492	.614
	Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	3.312	.075
	Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	1.600	.212



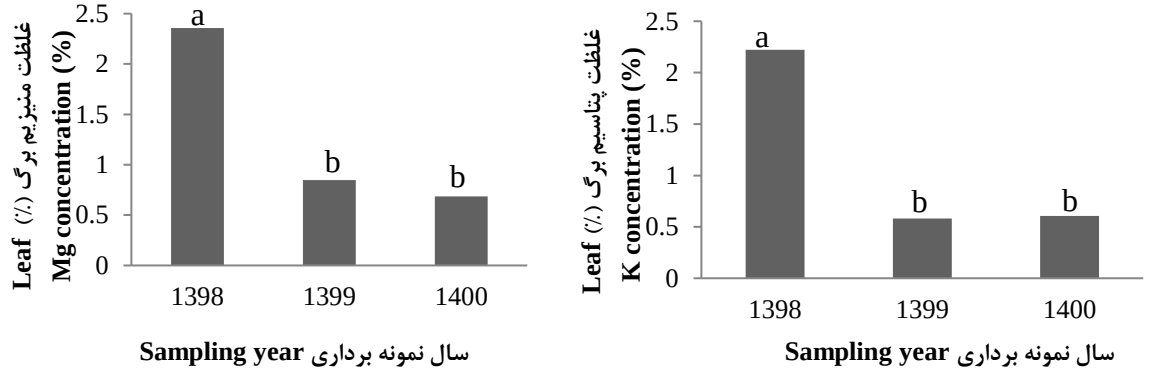
شکل ۳- میانگین مقدار نیتروژن برگ درختان بلوط در سال‌های نمونه‌برداری و در وضعیت‌های خشکیدگی تاجی

Figure 3. Leaf nitrogen mean value of oak trees in sampling years and intensities of crown dieback

جدول۳- میانگین مقدار فسفر برگ درختان بلوط در سال‌های نمونه‌برداری و جهت‌های جغرافیایی مختلف

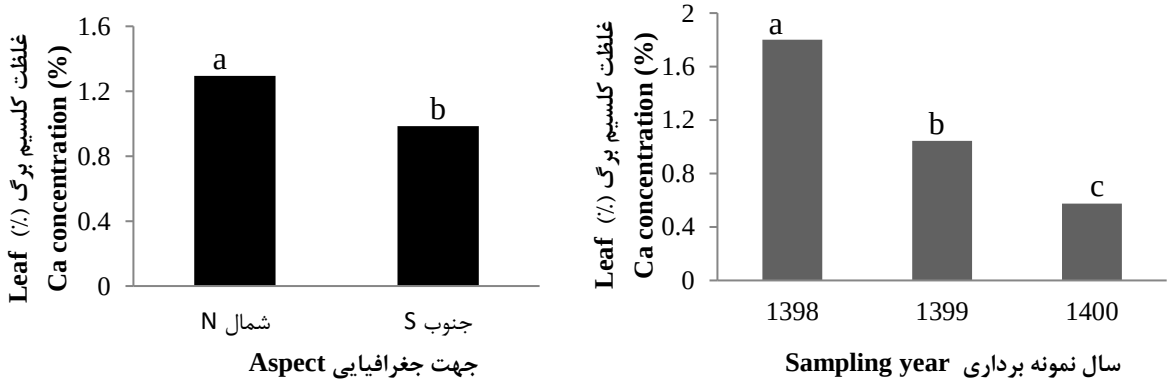
Table 3. Leaf phosphorus mean value of oak trees in different sampling years and aspects

غلظت فسفر (درصد) در جهت‌های جغرافیایی Phosphorus concentration (%) in aspects		سال نمونه‌برداری Sampling year
جنوب South	شمال North	
0.73[b]	1.18[a]	2019
0.06[b]	0.08[a]	2020
0.07[b]	0.09[a]	2021



شکل ۴- میانگین مقدار پتاسیم و منیزیم برگ درختان بلوط در سال‌های نمونه‌برداری

Figure 4. Mean value of leaf potassium and magnesium in oak trees in sampling years



شکل ۵- میانگین مقدار کلسیم برگ درختان بلوط در سال‌های نمونه‌برداری و در جهت‌های جغرافیایی

Figure 5. Leaf calcium mean value of oak trees in sampling years and aspects

جدول ۴- میانگین مقدار کلسیم برگ درختان بلوط در جهت‌های جغرافیایی و شدت‌های خشکیدگی تاجی مختلف
Table 3. Leaf calcium mean value of oak trees in different aspects and intensities of crown dieback

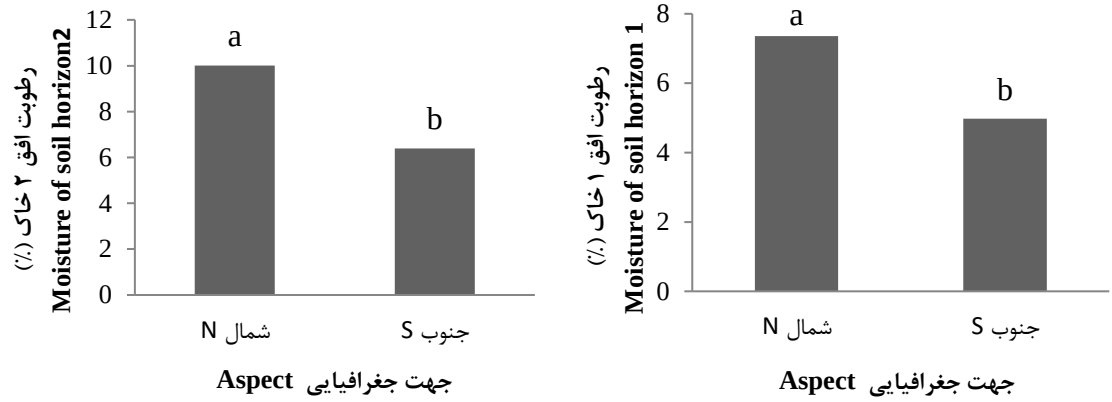
رویشگاه Site	غلظت کلسیم (درصد) در وضعیت‌های خشکیدگی تاجی Calcium concentration (%) in crown dieback status	
	سالم Healthy	سرخشکیده Declining
شمال North	1.12[ab]	1.47[a]
جنوب South	1.24[ab]	0.73[b]

پایش رطوبت خاک در ارتباط با خشکیدگی تاجی

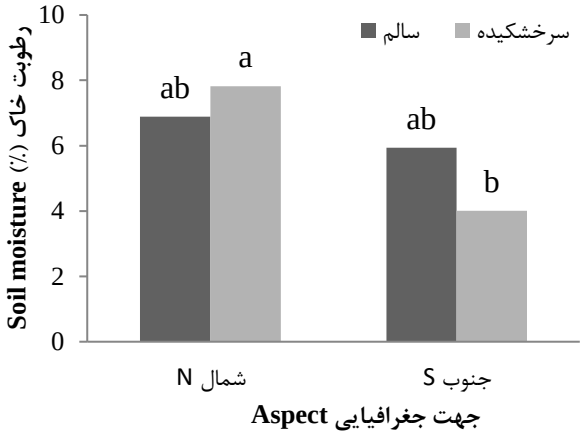
نتایج تجزیهٔ واریانس رطوبت خاک در ارتباط با جهت جغرافیایی، خشکیدگی تاجی و سال نمونه‌برداری نشان داد که مقدار رطوبت افق اول خاک محل استقرار درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر معنی‌دار اثر مستقل جهت دامنه و اثر متقابل جهت دامنه × شدت خشکیدگی تاجی قرار دارد (جدول ۵). بر این اساس در افق اول، مقدار رطوبت خاک در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی بود (شکل۶). همچنین مقدار رطوبت خاک در رویشگاه شمالی در پای درختان سرخشکیده بیشتر بود و در رویشگاه جنوبی در پای درختان سالم بیشتر بود (شکل۷). نتایج این بررسی نشان داد که مقدار رطوبت افق دوم خاک محل استقرار درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر معنی‌دار اثر جهت دامنه قرار دارد (جدول ۵). بر این اساس در افق دوم، مقدار رطوبت خاک در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی بود (شکل۶).

جدول ۵- تجزیهٔ واریانس اثر سال، جهت دامنه و شدت خشکیدگی تاجی بر رطوبت خاک محیط رشد درختان بلوط
Table 4. Analysis variance of the effect of year, aspect and severity of crown dieback on soil moisture in the growth environment of oak trees

افق نمونه‌برداری Sampling horizon	متغیر Variable	منابع تغییر Source change	درجه آزادی df	آماره F Statistics F	معنی‌داری Sig.
Horizon 1 افق ۱	Moisture رطوبت (%) (درصد)	Year سال	2	.888	.418
		Aspect جهت جغرافیایی	1	26.795	**.000**
		Crown dieback خشکیدگی تاج	1	1.181	.283
		Year × Aspect سال در جهت	2	1.393	.258
		Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	.696	.503
		Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	9.603	**.003**
		Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	.083	.921
Horizon 2 افق ۲	Moisture رطوبت (%) (درصد)	Year سال	2	.935	.400
		Aspect جهت جغرافیایی	1	38.451	**.000**
		Crown dieback خشکیدگی تاج	1	.045	.832
		Year × Aspect سال در جهت	2	.785	.462
		Year × Crown dieback سال در خشکیدگی تاج	2	.420	.660
		Aspect × Crown dieback جهت در خشکیدگی تاج	1	2.850	.098
		Year × Aspect × Crown dieback سال در جهت در خشکیدگی تاج	2	1.491	.235



شکل ۶- میانگین مقدار رطوبت افق ۱ و افق ۲ خاک محل استقرار درختان بلوط در جهت‌های جغرافیایی مختلف
Figure 6. Soil moisture mean value of horizon 1 and horizon 2 of oak trees location in different aspects



شکل ۷- میانگین مقدار رطوبت افق اول خاک محیط رشد درختان بلوط در جهت‌های جغرافیایی و شدت‌های خشکیدگی تاجی
Figure 7. Soil moisture mean value of first horizon of the growth environment of oak trees in aspects and intensities of crown dieback

بحث

پژوهش پیش رو در دو محدودهٔ یک‌هکتاری در منطقهٔ ملەسیاه صورت گرفت. سنگ مادری در هر دو محدوده، آهکی بود، اما درصد آهک در محدودهٔ جنوبی بیشتر بود. هر دو محدوده بافت خاک یکسان و از نوع Sandy Clay Loam داشتند. pH خاک در هر دو محدوده به‌صورت قلیایی بود، هرچند که مقدار آن در محدودهٔ شمالی قدری بیشتر بود. در محدودهٔ جنوبی مقدار شوری خاک تا حدودی بیشتر از محدودهٔ شمالی بود.

در پژوهش پیش رو مشخص شد که غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) تحت تأثیر معنی‌دار سال نمونه‌برداری با تغییراتی روبه‌رو بوده‌اند. این تغییرات در واقع ناشی از تغییرات آب‌وهوایی سال‌های نمونه‌برداری است که خود نتیجهٔ تفاوت در مقدار بارندگی یا دما و تفاوت در توزیع بارندگی در طول سال است. انطباق روند کاهشی تغییرات زمانی غلظت نیتروژن، فسفر، کلسیم و منیزیم برگ درختان بلوط طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ بر روند کاهشی بارندگی سالانه و روند افزایشی دمای سالانه بیان‌کنندهٔ مطلب یادشده است. این نتیجه با یافته‌های Hosseini (2017) همخوانی دارد. تغییرات وضعیت اقلیمی در سال‌های متوالی در وضعیت فیزیولوژیکی و رشد درختان تأثیر دارد و بیانگر اهمیت آب و ضرورت وجود آن برای

فعالیت‌های حیاتی درختان و روابط آبی آنها از خاک به گیاه است (Hosseini, 2017).

نتایج پژوهش نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر و کلسیم برگ تحت تأثیر معنی‌دار جهت دامنه و خشکیدگی تاجی نوساناتی داشته‌اند. نتایج برخی از پژوهش‌ها نیز با این یافته همخوانی دارد (Morilias et al., 2012; Hosseini, 2017; Jahanbazi et al., 2020; Zarafshar et al., 2021; Mohammadzadeh et al., 2021). برای مثال، Mohammadzadeh et al. (2021) نشان دادند که غلظت عناصر غذایی برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر زوال درختی است و با افزایش شدت زوال درختان بلوط ایرانی، غلظت عناصر غذایی برگ افزایش می‌یابد. Jahanbazi et al. (2020) در جنگل‌های چهارمحال و بختیاری نتیجه گرفتند که اثر جهت جغرافیایی بر نیتروژن و فسفر برگ درختان بلوط ایرانی معنی‌دار است. Zarafshar et al. (2021) نیز در جنگل‌های کوهمره سرخی فارس نتیجه گرفتند که فسفر برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر خشکیدگی تاجی قرار داشته است. Morillas et al. (2012) نیز نتیجه گرفتند که نرخ مرگ‌ومیر زیاد در جمعیت‌های بلوط (*Quercus suber*) با نبود تعادل نیتروژن و فسفر در درخت مرتبط است. بنابراین می‌توان گفت که در پژوهش پیش رو تغییرات غلظت نیتروژن و کلسیم برگ درختان بلوط ایرانی با خشکیدگی تاجی در توده‌های دچار زوال بلوط ایرانی ارتباط دارد، هرچند که اثرهای جهت دامنه بر غلظت عناصر برگ درختان بلوط، بر کیفیت ارتباط خشکیدگی تاجی با غلظت عناصر برگ تأثیر گذاشته است.

بر اساس نتایج این پژوهش، رطوبت خاک تغییرات معنی‌داری در بین طبقات خشکیدگی تاجی نشان نداد. این نتیجه در واقع نشان‌دهندهٔ آن است که درختان دارای خشکیدگی‌های تاجی متفاوت شرایط یکسانی از نظر آب در دسترس داشته‌اند (Hosseini, 2017). اما مقدار رطوبت خاک در بین رویشگاه‌های شمالی و جنوبی متفاوت و در رویشگاه شمالی بیشتر بود. Zarafshar et al. (2021) نیز در جنگل‌های کوهمره سرخی استان فارس نتیجه گرفتند که مقدار رطوبت خاک در بین رویشگاه‌ها متفاوت است. Hoseinzadeh et al. (2018) نیز در پژوهشی نشان دادند که رطوبت خاک در ماه‌های مختلف سال در جهت شمالی بیشتر از جهت جنوبی است. دامنه‌های جنوبی اشعهٔ خورشیدی بیشتری دریافت می‌کنند، تبخیر تعرق بیشتری دارند و رطوبت خاک کمتری در مقایسه با جهت‌های شمالی برای استفاده گیاه دارند (Hoseinzadeh et al., 2018). با توجه به اینکه وضعیت رطوبت در شرایط رویشگاهی مختلف فرق می‌کند (Guarin & Taylor 2005)، مقدار رشد و عملکرد درختان (Stephenson,1990) و مقدار تجمع عناصر در اندام‌های آنها (Sardans et al., 2007) در شرایط کمبود رطوبت یکسان نیست. بنابراین می‌توان گفت که اختلال در فعالیت‌های حیاتی درختان ناشی از کاهش زمینه‌ای رطوبت خاک است و مقدار رطوبت خاک و نرخ کاهش آن در فصل رشد نیز در جهت‌های جغرافیایی مختلف فرق می‌کند. شاید بتوان گفت که به‌دلیل مقدار رطوبت بیشتر خاک در رویشگاه شمالی، امکان تبادلات عناصر خاک با درخت بیشتر باشد. زیرا نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار فسفر و کلسیم برگ در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی است. Batos et al. (2010) طی پژوهشی دریافتند که تغییرات عناصر ماکرو درختان بلوط (*Quercus robur* L.) در بین رویشگاه‌ها معنی‌دار است و دلیل این امر را ناشی از اثر محیط دانستند. Moriliaris et al. (2012) نیز در پژوهشی دریافتند که مقدار فسفر برگ در دامنهٔ جنوبی کمتر از شمالی است و بر این اساس نتیجه گرفتند که فسفر در دسترس کمتری در جهت جنوبی وجود دارد. در پژوهش حاضر تغییرات فسفر برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر جهت جغرافیایی بود و می‌توان دلیل تغییرات آن را ناشی از اثرهای محیطی دانست، اما تغییرات غلظت کلسیم برگ درختان بلوط ایرانی

تحت اثر متقابل جهت جغرافیایی و خشکیدگی تاجی بود و در اینجا دلیل تغییرات عناصر به اثرهای محیطی محدود نمی‌شود و پاسخ‌های فیزیولوژیک متفاوت درختان بلوط ایرانی نیز در این امر دخیل است. نکتهٔ مهم در پژوهش Townsend et al. (2007) که ذکر آن در این مقاله لازم است، این است که عناصر غذایی برگ شاخص بهتری نسبت به عناصر غذایی خاک هستند، زیرا غلظت عناصر غذایی برگ تغییرات بیشتری دارد و وضعیت آنها در طول یک فصل رشد یا بیشتر به‌نحو بهتری نشان داده می‌شود. همسو با این مطلب، در نتایج پژوهش‌های Hosseini (2017) و Hosseini et al. (2021) در جنگل‌های ایلام نیز مشخص شد که غلظت عناصر غذایی خاک در طول فصل رشد و در طول سال‌های پژوهش تغییرات معنی‌داری نداشتند، درصورتی که تغییرات غلظت عناصر برگ به‌ویژه نیتروژن و فسفر برگ معنی‌دار بود که نشان می‌دهد غلظت عناصر برگ شاخص بهتری نسبت به عناصر غذایی خاک برای بررسی واکنش درخت به تنش محیطی هستند.

با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار رطوبت خاک در بین درختان سالم و سرخشکیده، می‌توان تغییرات غلظت عناصر برگ بین طبقات خشکیدگی تاجی را به اختلال رابطهٔ آبی خاک- گیاه نسبت داد (Martinez-Vilalta et al. 2002; Hosseini, 2017). چراکه با وجود نبود تفاوت معنی‌دار مقدار رطوبت خاک بین درختان سالم و سرخشکیده بلوط ایرانی، غلظت عناصر نیتروژن و کلسیم برگ در بین این دو طبقهٔ خشکیدگی تاجی متفاوت بود. دلیل دیگر را می‌توان اثر فیزیولوژیک عناصر در فعالیت‌های حیاتی درخت دانست. برای مثال، کلسیم تأثیر مهمی در کاهش اثر تنش محیطی بر گیاه دارد (Pessarakli et al., 2015). کلسیم در فرایند از دست رفتن آب از اندام‌های گیاه اهمیت دارد (Sardans et al., 2008b). جذب کلسیم توسط گیاه به شرایط تعرق آن بستگی دارد که البته در شرایط تنش خشکی مقدار جذب کم است (Setayeshmehr & Ganjali, 2013). همهٔ این ویژگی‌ها بیان‌کنندهٔ تأثیر این عنصر در کارایی مصرف آب در درخت است (Sardans et al., 2008b). بنابراین تغییرات غلظت کلسیم در درختان بلوط ایرانی احتمالاً با کاهش تعرق در شرایط تنش خشکی ارتباط دارد و نیز کمکی به کارایی بهتر مصرف آب است یا نشانه‌ای از تلاش درخت برای سازگاری با شرایط بحرانی پیش‌آمده است. Hosseini et al. (2018) نیز تغییرات فیزیولوژیک روی‌داده در برگ درختان بلوط ایرانی در توده‌های دچار خشکیدگی را نشانه‌ای از سازگاری مورفولوژیکی برگ به تغییرات اقلیمی رخ‌داده اعلام کردند. در پژوهش پیش رو فسفر برگ به جهت جغرافیایی واکنش نشان داد و مقدار آن در رویشگاه شمالی بیشتر بود. یکی از دلایل این امر به رطوبت بیشتر خاک در رویشگاه شمالی برمی‌گردد که امکان بهتری را برای رابطهٔ آبی از ریشه تا تاج یا از خاک به درخت فراهم کرده و تبادل عناصر غذایی را سبب شده است. فسفر اثرهای خیلی مهمی در بیولوژی گیاه داشته (Paoli et al., 2005) و با افزایش کارایی مصرف آب ارتباط دارد (Diaz & Roldan, 2000).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در پژوهش حاضر مقدار عناصر غذایی در برگ درختان بلوط ایرانی با طبقات خشکیدگی تاجی مختلف تغییراتی داشته‌اند. خشکیدگی تاجی تنها بر نیتروژن و کلسیم برگ درختان بلوط تأثیر معنی‌دار داشت، اما سال نمونه‌برداری که در واقع بازتابی از شرایط اقلیمی و تغییرات آن است، بر همهٔ عناصر غذایی بررسی‌شده در برگ تأثیر معنی‌دار داشت. شرایط رویشگاهی اثر معنی‌دار خود را بر عناصر فسفر و کلسیم برگ نشان داد. این تفاوت‌های درون‌گونه‌ای درختان بلوط از نظر خشکیدگی تاجی و تغییرات غلظت عناصر برگ، می‌تواند نشانه‌ای از سازگاری مورفولوژیکی برگ درختان بلوط به تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های

شدید اتفاق‌افتاده در منطقه باشد. تغییرات بیشتر نیتروژن در برگ درختان بلوط، به سازوکارهای رشد و دفاعی این گونه ارتباط دارد. چراکه در شرایط بحرانی پیش‌آمده و تنش خشکی ظاهر شده، به‌منظور جذب آب بیشتر توسط درخت، مقدار بیشتری از نیتروژن جذب می‌شود تا از کاهش رشد درخت و خشکیدگی تاجی آن جلوگیری شود. با توجه به تفاوت رویشگاه‌های بررسی‌شده از نظر مقدار رطوبت خاک، اسیدیته و شوری خاک و نیز تغییرات سالیانه غلظت عناصر برگ که در واقع ناشی از تغییرات اقلیمی است، می‌توان گفت که وضعیت خشکیدگی تاج درختان با سازوکارهای فیزیولوژیکی درون درختان در جذب آب و عناصر غذایی ارتباط دارد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از زیرپروژهٔ تحقیقاتی ملی «سنجش و پایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عناصر برگ با تأکید بر پدیدهٔ زوال بلوط در جنگل‌های ملەسیاه ایلام» است. از حمایت‌های مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام در اجرای این زیرپروژه سپاسگزاری می‌شود.

References

Allen, C.D., & Breshears, D.D. (1998). Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape to climate variation. *Proceedings of the National Academy of Science, 95*, 14839-14842.

Batos, B., Miletic, Z., Orlovic, S., & Miljkovic, D. (2010). Variability of nutritive macroelements in peduncalate oak (*Quercus robur* L.) leaves in Serbia. *Genetika, 42*(3), 435-453.

Bigler, C., Braker, O.U., Bugmann, H., Dobbertin, M., & Rigling, A. (2006). Drought as an Inciting Mortality Factor in Scots Pine Stands of the Valais. Switzerland. *Ecosystems, 9*, 330-343.

Diaz, E., & Roldan, A. (2000). Effects of reforestation techniques on the nutrient content, photosynthetic rate and stomatal conductance of *Pinus halepensis* seedlings under semiarid conditions. *Land Degradation and Development, 11*, 475– 486.

Guarın, A., & Taylor, A.H. (2005). Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park, California, USA. *Forest Ecology and Management, 218*, 229–244.

Hoseinzadeh, J., Tongo, A., Najafifar, A., & Hosseini, A. (2018). Relationship between Soil Moisture Changes and Climatic Indices in the MeleSiah Forest Site of Ilam Province. *Journal of Water and Soil, 32*(4), 821-830. (In Persian)

Hosseini, A., Hosseini, S.M., Rahmani, A., & Azadfar, D. (2012). Effect of tree mortality on structure of Brant's oak (*Quercus brantii*) forests of Ilam province of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20*(4), 565-577. (In Persian)

Hosseini, A. (2017). Variability of nitrogen and phosphorous in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. *Forest and Wood Products, 70*(2), 231-240. (In Persian)

Hosseini, A., Hosseini, S.M., & Linares, J.C. (2017). Site factors and stand conditions associated with Persian oak decline in Zagros mountain forests. *Forest Systems, 26*(3), e014

Hosseini, A., Hosseini, S.M., & Linares, J.C. (2018). Linking morphological and ecophysiological leaf traits to canopy dieback in Persian oak trees from central Zagros. *Journal of Forestry Research, 30*, 1755–1764.

Hosseini, A., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M., & Asgari, Sh. (2021). Effect of slope aspect and crown dieback intensity on leaf and soil nutrient status in Persian oak stands, *Quercus brantii* Lindl. (Case study, Melah-Siah forests, Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 19(2)*, 354-367. (In Persian)

Jahanbazi, H., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Shirmardi, H.A., Mehnatkesh, A.M., Pourhashemi, M., & Habibi, M. (2020). Effect of physiographic factors on absorption of essential nutritional elements of

the leaf in Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) affected by decline (Case study: Helen forest, Chaharmahal & Bakhtiari province). *Journal of Plant Research, 33*(3), 544-553. (In Persian)

Martinez-Vilalta, J., Pinol, J., & Beven, K. (2002). A hydraulic model to predict drought-induced mortality in woody plants: an application to climate change in the Mediterranean. *Ecological Modelling, 155,* 127–147.

McDowell, N.G., Pockman, W.T., & 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.

Mohammadzadeh, H., Mirzaei, J., Farashiyani, M.E., Soheili, F., Woodward, S., Abdul-Hamid, H., & Naji, H.R. (2021). Variation in the Nutrient Contents of Leaves, Bark and Wood of Persian Oak Trees (*Quercus brantii* Lindl.) Affected by Decline. *BioResources, 16*(3), 4704-4715.

Morillas, L., Gallardo, A., Portillo-Estrada, M., & Covelo, F. (2012). Nutritional status of Quercus suber populations under contrasting tree dieback. *Forestry, 85,* 369-377.

Paoli, G.D., Curran, L.M., & Zak, D.R. (2005). Phosphorus efficiency of Bornean rain forest productivity evidence against the uni model efficiency hypothesis. *Ecology, 86,* 1548–1561.

Pessarakli, M., Haghighi, M., & Sheibanirad, A. (2015). Plant responses under environmental stress conditions. *Advances in Plants and Agriculture Research, 2*(6), 276-286.

Rebetez, M., & Dobbertin, M. (2004). Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps. *Theoretical and Applied Climatology, 79,* 1-9.

Sardans, J., & Penuelas, J. (2007). Drought changes the P and K accumulation patterns in an evergreen oak *Quercus ilex* Mediterranean forest. *Functional Ecology, 21,* 191–201.

Sardans, J., Penuelas, J., & Ogaya, R. (2008a). Drought-Induced Changes in C and N Stoichiometry in a *Quercus ilex* Mediterranean Forest. *Forest Science, 54*(5), 513-522.

Sardans, J., Penuelas, J., & Ogaya, R. (2008b). Drought's impact on Ca, Fe, Mg, Mo and S concentration and accumulation patterns in the plants and soil of a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* forest. *Biogeochemistry, 87,* 49–69.

Setayeshmehr, Z., & Ganjali, A. (2013). Effects of water stress on growth and physiological characteristics *Anethum graveolens* L. *Journal of Horticultural Science, 27*(1), 27-35. (In Persian)

Stephenson, N.L. (1990). Climatic control of vegetation distribution: the role of water balance. *American Nature, 135,* 649-670.

Townsend, A.R., Cleveland, C.C., Gregory, P.A., & Bustamante, M.M.C. (2007). Controls over foliar N: P ratios in tropical rain forest. *Ecology, 88,* 107 – 118.

Zarafshar, M., Matinizadeh, M., Negahdarsaber, M.R., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., & Ziaeian, M.R. (2021). Soil characteristics and leaf nutrients of healthy and declined Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 29*(2), 140-152. (In Persian)

Iranian Journal of Forest
Vol. 16, No. 1, Spring 2024
pp. 55-69

DOI: 10.22034/ijf.2023.376819.1910

Research Article

Three-year results of monitoring the leaf nutrients of Persian oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in declining forests

A. Hosseini[1*], M. Matinizadeh[2], R. Soleimani[3], and Sh. Asgari[4]

[1] Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran.
[2] Associate Prof., Research Division of Forest, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran.
[3] Assist., Prof., Research Division of Agriculture, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran.
[4] Assist., Prof., Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran.

(Received: 10 January 2023; Accepted: 7 june 2023)

Abstract

Introduction: Monitoring the nutrients of tree leaves is crucial for understanding their physiological responses to environmental stresses. This study monitored the status of leaf nutrients in Persian oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) affected by crown dieback during the years 2019-2021.

Materials and Methods: Two sites, one northern and one southern, were selected in the Mele-Siah area. Five healthy trees and five declining trees were identified at each site. From each tree, 20 mature and healthy leaves were collected and taken to the laboratory to measure the concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium elements. Leaf sampling was conducted annually in August over three years. Soil sampling was also conducted during the growing season over three years, with a hole dug on the southern side of each tree crown to measure soil moisture in two horizons.

Results: The results showed that the amount of leaf nitrogen was highest (1.48%) in 2019 and lowest (1%) in 2020, and it was higher in healthy trees (1.30%) than in declining trees (1.22%). The amount of phosphorus was higher in the northern site in all years. The amount of potassium was highest (2.22%) in 2019 and lowest (0.58%) in 2020. The amounts of leaf calcium and magnesium were highest (1.8% and 2.36% respectively) in 2019 and lowest (0.57% and 0.69% respectively) in 2021. Furthermore, the amount of calcium was higher in the northern site (1.29%) than in the southern site (0.99%). The highest amount of calcium was found in declining trees (1.465%) in the northern site and in healthy trees (1.241%) in the southern site. The results also showed that soil moisture was higher in the northern site in all sampling years and was associated with annual changes, which affected the changes in leaf nutrients over different years.

Conclusion: Considering the differences in soil moisture, soil acidity, and salinity of the studied sites, as well as temporal changes in the concentration of leaf elements caused by climate changes, it can be concluded that the crown dieback of Persian oak trees is related to the physiological mechanisms involved in water and nutrient absorption.

Keywords: element analysis, oak forests, soil moisture, tree decline, Zagros.

[*] Corresponding author Tel: 09304168164 E-mail: Ahmad.phd@gmail.com