

اثر خشکیدگی تاجی ناشی از خشک‌سالی بر برخی عناصر غذایی در جنگل‌های بلوط ایرانی

احمد حسینی^{۱*}

ahmad.phd@gmail.com

محمد متینی زاده^۲

رضا سلیمانی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر خشکیدگی درختی ناشی از خشک‌سالی در جنگل‌های بلوط زاگرس رخ داده و بر وضعیت عناصر غذایی خاک و درخت تأثیر زیادی گذاشته است. این تحقیق به منظور تعیین تغییرات مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ، ریشه و خاک محیط ریشه درختان سرخشکیده بلوط ایرانی و تعیین تغییرات فصلی و سالیانه مقادیر آن‌ها انجام شد.

روش بررسی: در این پژوهش تغییرات مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ، ریشه و خاک محیط ریشه درختان بلوط ایرانی، در جنگل دچار خشکیدگی مله‌سیاه استان ایلام در فصول بهار و تابستان ۱۳۹۳-۱۳۹۲ پایش شد. درختان بلوط بر اساس شدت خشکیدگی تاجی به چهار گروه با تعداد شش تکرار تقسیم شدند. نمونه‌گیری از برگ، ریشه و خاک در چهار جهت اصلی تاج درخت به‌طور تصادفی انجام و برای تجزیه عناصر به آزمایشگاه منتقل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که خاک محیط ریشه درختان بلوط با شدت‌های خشکیدگی تاجی مختلف شرایط یکسانی از نظر بافت و pH دارد. اثر متقابل خشکیدگی تاجی و فصل نمونه‌برداری بر غلظت عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم برگ، ریشه و خاک توده‌های بلوط ایرانی معنی‌دار نبود. مقادیر عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم خاک تغییر معنی‌داری بین درختان سالم و سرخشکیده نداشتند. مقدار پتاسیم برگ درختان سرخشکیده در بهار ۹۳ به طور معنی‌داری بیش‌تر از درختان سالم بود. مقدار پتاسیم ریشه درختان سرخشکیده نیز در تابستان ۹۳ به طور معنی‌داری بیش‌تر از درختان سالم بود. مقدار کلسیم ریشه درختان سرخشکیده در تابستان ۹۳ به طور معنی‌داری کمتر از

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. * (مسئول مکاتبات)

۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، موسسه 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.

درختان سالم‌تر بود. مقدار منیزیم ریشه درختان سرخشکیده در بهار و تابستان ۹۳ به طور معنی‌داری کم‌تر از درختان سالم‌تر بود. همچنین غلظت پتاسیم و کلسیم خاک تغییرات کاهشی معنی‌دار از بهار تا تابستان داشتند. غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ تغییرات معنی‌دار و نامنظم بین فصلی داشتند. تغییرات غلظت کلسیم ریشه به صورت افزایشی در سال ۹۲ و کاهشی در سال ۹۳ و منیزیم ریشه به صورت کاهشی در سال ۹۳ بود.

بحث و نتیجه‌گیری: غلظت عناصر مورد مطالعه در پیکره درختان بلوط به دنبال خشک‌سالی و خشکیدگی تاجی دچار تغییراتی شده و تغییر آن‌ها در درختان سرخشکیده، با توجه نقش این عناصر در حیات درخت، در جهت مقاومت به شرایط خشکی و انجام فعالیت‌های حیاتی در حد ممکن بود. بر اساس نتایج تحقیق حاضر صفات متأثر از خشکی شناسایی شده و به عنوان شاخص زیستی در پژوهش‌های بعدی استفاده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: جنگل بلوط، خشک‌سالی، خشکیدگی درختی، عناصر غذایی برگ و خاک.

Effect of drought induced crown dieback on some nutrients in Persian oak forests

Ahmad Hosseini^{1*}

ahmad.phd@gmail.com

Mohammad Matinizadeh²

Reza Soleimani³

Date of Acceptance: April 9, 2025

Date of Submission: March 5, 2025

Abstract

Background and Objective: In recent years drought induced tree dieback has been occurred in the Zagros oak forests and has great impact on the nutrient status of soil and tree. This research was done to determine the changes of P, Ca and Mg values in the leaf, root and root zone soil of declining Persian oak trees and seasonal and annual variability of their values.

Material and Methodology: In this research variation of K, Ca and Mg nutrients in leaf, root and root zone soil of Persian oak trees was monitored in Melah-Siah forest, Ilam province during spring and summer seasons of 2013-2014 years. Oak trees were divided into four groups with six replicates based on the severity of crown dieback. Sampling of leaf, root and soil was randomly performed in four sides of tree crown and were transferred to the laboratory for analyzing of nutrients.

Findings: Results showed that the root zone soil of oak trees with different crown dieback intensities has equal condition in respected to texture and pH. The interaction effect of crown dieback and sampling season on concentration of Ca, Mg and K in leaf, root and soil of Persian oak stands was not significant. The amount of soil Ca, Mg and K had not significant variability between healthy and declining trees. The leaf K amount of declining trees in spring 2014 was more than that of healthy trees. The root K amount of declining trees in summer 2014 was more than that of healthy trees. The root Ca amount of declining trees in summer 2014 was less than that of healthy trees. The root Mg amount of declining trees in spring and summer 2014 was less than that of healthy trees. Also soil K and Ca concentration had significant decreasing changes from spring to summer. Leaf concentration of K, Ca and Mg had significant and irregular changes between seasons. Concentration variability of root Ca was increasing in 2013 and decreasing in 2014, and that of root Mg was decreasing in 2014.

Discussion and Conclusion: Concentration of studied elements in the body of oak trees has changed following drought and crown dieback, and their variability in the declining trees, with respected to their roles in tree vitality, was for resistance against drought condition and possibly perform of vital activities. Based on the results of this study the affected traits by drought are identified and used as biological indicators in further researches.

Key words: Oak Forest, Drought, Tree dieback, leaf and soil nutrients.

1- Associate professor, Department of Natural Resources, Ilam agricultural and natural resources Research and Education center, AREEO, Ilam, Iran. **(Corresponding Author)*

2- Associate professor, Department of Forest, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran.

3- Assistant professor, Department of Agriculture, Ilam agricultural and natural resources Research and Education center, AREEO, Ilam, Iran.

مقدمه

در دو دهه اخیر خشک‌سالی‌های شدید ناشی از تغییرات اقلیمی تاثیر خود را از طریق کاهش بارندگی و کاهش رطوبت خاک در ناحیه ریشه‌های درخت، بر درختان جنگلی زاگرس به‌ویژه حوزه استان ایلام گذاشته و آن‌ها را دچار تنش شدید کرده است. به دنبال وقوع این خشک‌سالی‌ها خشکیدگی‌های تاجی و مرگ و میرهای درختی زیادی در این جنگل‌ها رخ داد (۱، ۲، ۳، ۴). خشکی تأثیر زیادی بر وضعیت عناصر غذایی خاک و گیاه از طریق اثر آن بر روابط آب- خاک - گیاه می‌گذارد (۵، ۶، ۷، ۸). شواهد متعددی دال بر اثرات تنش آب بر سطح عناصر غذایی در درختان جنگلی وجود دارد. خشکی می‌تواند جذب عناصر را از طریق فرایندهایی از قبیل کاهش محتوای رطوبتی خاک، تأثیر بر خصوصیات خاک و فعالیت آنزیم‌های خاک، کاهش رشد گیاه، تغییر در وضعیت فتوسنتز و متابولیسم گیاه و توانایی آن در کسب عناصر غذایی تغییر دهد (۵). خشکی میزان اسکالروفیلی بودن برگ را افزایش می‌دهد (۹). به علاوه عناصر گیاه ممکن است تحت شرایط خشکی به دلیل اثر غلظت ناشی از کاهش رشد یا در نتیجه انباشتگی عناصر در برخی بافت‌های گیاه به عنوان یک مکانیسم اجتناب از خشکی افزایش یابند (۹). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که اثر خشکی بر غلظت عناصر غذایی خاک و اندام‌های درختی متنوع و متفاوت بوده و بستگی زیادی به نوع عنصر، نوع گونه و نوع بوم‌سازگان جنگلی دارد (۵). پاسخ به خشکی در گونه‌های گیاهی مختلف فرق می‌کند و تابعی از قدرت سازگاری، وضعیت متابولیسمی و فیزیولوژیکی آن‌ها به شرایط خشکی است (۱۰). بنابراین در گونه‌های حساس‌تر به خشکی میزان تغییرات عناصر در پیکره آنها بیش‌تر و محسوس‌تر است.

به‌طور کلی در پاسخ درختان به تنش‌ها میزان برخی از عناصر در بافت‌ها یا اندام‌های درخت کاهش یافته و میزان برخی دیگر به دلایل مختلف افزایش می‌یابد. یکی از راه‌های بررسی میزان یا چگونگی اثر تنش‌های وارده بر درختان، بررسی تغییرات میزان عناصر در بخش‌های مختلف پیکره آن‌هاست (۱۱). در این زمینه مطالعات متعددی در دنیا و بسیار کمی در ایران انجام گرفته است که به مواردی اشاره می‌گردد. در پژوهشی در

جنگل‌های ایلام مشخص شد که با افزایش شدت زوال درختان بلوط ایرانی، غلظت منیزیم، کلسیم، فسفر، آهن، پتاسیم و سدیم در شاخ و برگ آنها افزایش می‌یابد (۱۲). در پژوهشی در منطقه کوهمره‌سرخی استان فارس مشخص شد که مقدار رطوبت، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک توده‌های سالم بیشتر از توده‌های متأثر از زوال بود. همچنین درختان خشکیده از نظر فسفر، فقیر بودند، درحالی‌که مقدار نیتروژن و پتاسیم آن‌ها نسبت به درختان سالم، اختلاف معنی‌داری نداشت. ایشان نتیجه‌گیری کردند که کمبود عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک درختان خشکیده و فقر فسفر در برگ آن‌ها، نقش مهم و کلیدی در زوال بلوط داشته باشند، چرا که بیشترین تغییرات مربوط به این عناصر بود (۸).

در پژوهشی در کشور اسپانیا، مشخص شد که در گونه بلوط سبز (*Q. ilex*) خشکی بر روی پتاسیم تأثیری ندارد، اما در گونه‌های *P. latifolia* و *A. unedo* اثرات خشکی قابل‌توجه بود. نتیجه‌گیری شد، پاسخ‌های متفاوت گونه‌ها از نظر وضعیت عناصر غذایی در اثر خشکی با پاسخ‌های رشد و مرگ و میر و تولید مثل آن‌ها هم‌خوانی دارد (۹). در پژوهش دیگری در کشور اسپانیا مشخص شد که خشکی میزان منیزیم خاک را افزایش داده است که این امر با کاهش توانایی جذب گیاه و کاهش فعالیت آنزیمی خاک مرتبط است. خشکی غلظت منیزیم برگ را در هر سه گونه درختی *Q. ilex*، *P. latifolia* و *A. unedo* افزایش داد، اما در گونه‌های *Q. ilex* و *A. unedo* معنی‌دار بود. غلظت کلسیم در گونه *P. latifolia* کاهش معنی‌دار داشت. اثرات کاهش تجمع عناصر در کل بایومس با کاهش رطوبت خاک مرتبط بود که جریان آبی را کاهش داد و با کاهش میزان فتوسنتز، جریان شیره پرورده، تعرق و رشد و قدرت جذب گیاهی در شرایط خشکی همراه بود که در گونه‌های *Q. ilex* و *A. unedo* مشاهده شد. نتیجه‌گیری شد که *P. latifolia* توانایی سازگاری بیش‌تری با شرایط خشکی نسبت به دو گونه دیگر دارد (۵).

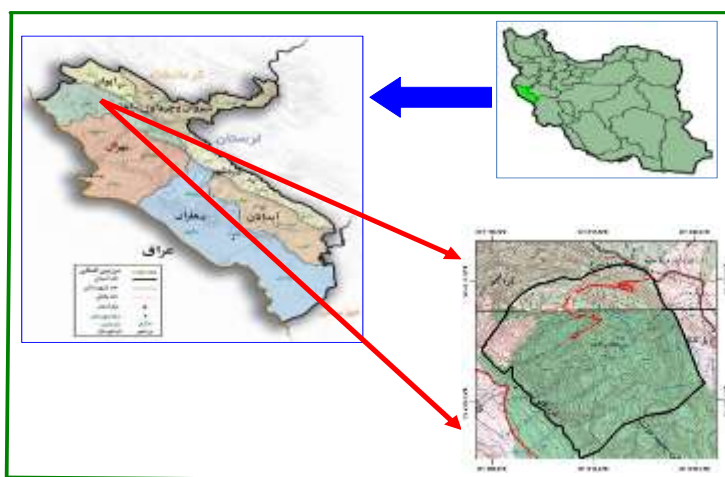
(بیش از ۶۶٪ خشکیدگی تاجی) تعیین شد (۱۳). از هر گروه شش درخت به‌عنوان تکرار انتخاب و در قالب طرح کاملاً تصادفی طی دو سال متوالی در فصول بهار و تابستان بررسی شدند. نمونه‌گیری از برگ درختان در چهار جهت اصلی تاج درخت و از شاخه‌های انتهایی در قسمت میانی تاج به‌طور تصادفی انجام شد. تعداد ۱۰۰ عدد برگ کامل از تاج هر یک از درختان جدا کرده و در کیسه‌هایی جمع‌آوری شد. نمونه‌های ترکیبی خاک از چاله‌هایی به عمق تا ۷۰ سانتی‌متر در چهار جهت اصلی درخت جمع‌آوری شد. نمونه‌های ترکیبی ریشه نیز در محدوده چاله‌های مزبور برای هر درخت جمع‌آوری شد. نمونه‌های مذکور جهت تجزیه عناصر به آزمایشگاه منتقل شدند. عصاره‌گیری نمونه‌های برگ و ریشه با اسیدکلریدریک و نمونه‌های خاک با گل اشباع انجام شد (۱۴ و ۱۵). برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از روش وزنی (۱۵)، پتاسیم خاک، برگ و ریشه از روش فلیم فوتومتری، کلسیم و منیزیم خاک، برگ و ریشه از روش جذب اتمی (۱۴ و ۱۵)، pH خاک از دستگاه pH متر و برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری (۱۴ و ۱۵) استفاده شد.

بررسی پاسخ‌های درختان بالغ بلوط ایرانی به تنش خشکی و خشکیدگی‌های رخ داده، گام مهمی در جهت شناخت اثرات خشک‌سالی بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک درختان بلوط ایرانی بوده و در این رابطه صفات متأثر از خشکی شناسایی و به‌عنوان شاخص زیستی در پژوهش‌های بعدی استفاده می‌شوند. بر این اساس تحقیق حاضر به منظور تعیین چگونگی تغییرات مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ و ریشه درختان سالم و سرخشکیده بلوط ایرانی و تعیین تغییرات فصلی و سالیانه مقادیر آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

روش انجام تحقیق

ابتدا محدوده‌ای جنگلی به مساحت تقریبی ۴۵ هکتار بر روی دامنه شمالی کوه مله سیاه، در نیمه شمالی استان ایلام که در شرایط یکسانی از نظر ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه قرار داشت و به ظاهر دارای شدت بالایی از مرگ و میر درختی نسبت به مناطق جنگلی اطراف بود، انتخاب شد (شکل ۱). سپس بر اساس معیار شدت خشکیدگی تاجی، چهار گروه درخت بلوط سالم (۵-۰٪ خشکیدگی تاجی)، خشکیدگی ملایم (۳۳-۵٪)، خشکیدگی متوسط (۶۶-۳۳٪) و خشکیدگی شدید



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of study area

تجزیه و تحلیل داده‌ها

یافته‌ها

برای بررسی اثر متقابل درجات خشکیدگی تاجی و فصل نمونه- برداری بر مقادیر کمی پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ، ریشه و خاک پای درختان از آنالیز GLM در نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرونوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. برای تجزیه واریانس تیمارهای خشکیدگی تاجی در هر فصل نمونه- برداری از One Way ANOVA استفاده گردید. به منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها در صورت همگن بودن داده‌ها از آزمون دانکن و در صورت ناهمگنی از آزمون دانت تی سه استفاده شد.

بررسی وضعیت عناصر برگ

آنالیز GLM نشان داد که اثر متقابل تیمارهای خشکیدگی تاجی و فصل نمونه‌برداری بر تغییرات مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ معنی‌دار نیست (جدول ۱). اما مقادیر عناصر مزبور با تغییرات معنی‌دار افزایشی یا کاهشی در بین فصول نمونه- برداری همراه بودند (جدول ۱). نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم برگ در بهار ۹۳ در بین تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقادیر پتاسیم برگ درختان سرخشکیده در بهار ۹۳ بیش‌تر از درختان سالم بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج آنالیز تغییرات زمانی مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Analysis of temporal changes of oak tree leaf K, Ca and Mg in study area

فصل × خشکیدگی F.value تاجی	مقایسه میانگین‌ها				تجزیه واریانس		عنصر
	تابستان ۹۳	بهار ۹۳	تابستان ۹۲	بهار ۹۲	Sig.	F	
۱/۰۵۷ ^{ns}	۰/۶۶۷ ^b	۰/۸۵۴ ^a	۰/۶۳۷ ^a	۰/۵۵۳ ^b	۰/۰۰۰	۱۱/۵۳۲	پتاسیم
۰/۶۰۳ ^{ns}	۳/۳۴۲ ^a	۲/۰۷۳ ^b	۲/۵۵۰ ^b	۳/۱۸۱ ^a	۰/۰۰۰	۶/۶۹۱	کلسیم
۱/۱۴۰ ^{ns}	۰/۶۲۱ ^b	۰/۷۱۹ ^a	۰/۵۰۳ ^a	۰/۵۴۴ ^a	۰/۰۰۲	۵/۳۶۸	منیزیم

توجه: مقایسات به صورت ردیفی و بین فصول نمونه‌برداری است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۲- نتایج آنالیز مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ در طبقه‌های خشکیدگی تاجی در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Analysis of leaf K, Ca and Mg in crown dieback classes in study area

فصل	عنصر	تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها		
		آماره F	معنی‌داری	تیمار شاهد	خشکیدگی ۳۳-۵٪	خشکیدگی ۶۶-۹۹٪
بهار ۱۳۹۲	پتاسیم (درصد)	۰/۲۷۶	۰/۸۴۲	۰/۵۷ ^a	۰/۵۵ ^a	۰/۵۲ ^a
	کلسیم (درصد)	۰/۶۳۶	۰/۶۰۰	۲/۵۴۷ ^a	۳/۱۸ ^a	۳/۵۷۲ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۸۶۰	۰/۴۷۸	۰/۵۷ ^a	۰/۶۴ ^a	۰/۴۸ ^a
تابستان ۱۳۹۲	پتاسیم (درصد)	۱/۹۷۱	۰/۱۵۱	۰/۶۸۲ ^a	۰/۶۹۳ ^a	۰/۵۱۲ ^a
	کلسیم (درصد)	۰/۱۹۷	۰/۸۹۷	۲/۷۶۷ ^a	۲/۵۴۷ ^a	۲/۳۶۳ ^a
	منیزیم (درصد)	۱/۳۳۴	۰/۲۹۱	۰/۵۱۳ ^a	۰/۵۰۳ ^a	۰/۴۱ ^a
بهار ۱۳۹۳	پتاسیم (درصد)	۱/۷۹۶	۰/۰۴۹	۰/۸۰۶ ^b	۱/۰۵۲ ^a	۰/۸۶۵ ^{ab}
	کلسیم (درصد)	۱/۳۲۳	۰/۳۰۴	۱/۹۸ ^a	۲/۴۱ ^a	۱/۹۵ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۵۶۶	۰/۶۴۶	۰/۶۴۴ ^a	۰/۸۰۳ ^a	۰/۷۳۵ ^a
تابستان ۱۳۹۳	پتاسیم (درصد)	۰/۷۴۲	۰/۵۴۳	۰/۶۲ ^a	۰/۶۲ ^a	۰/۶۶ ^a
	کلسیم (درصد)	۰/۵۰۶	۰/۶۸۴	۳/۴۸۲ ^a	۳/۶۸۵ ^a	۳/۱۵ ^a
	منیزیم (درصد)	۲/۲۵۵	۰/۱۲۴	۰/۷۶ ^a	۰/۷۴ ^a	۰/۴۷ ^a

توجه: مقایسات به صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

بررسی وضعیت عناصر ریشه

آنالیز GLM نشان داد که اثر متقابل تیمارهای خشکیدگی تاجی و فصل نمونه‌برداری بر تغییرات مقادیر کلسیم معنی‌دار بوده است (جدول ۳). اما مقادیر کلسیم و منیزیم با تغییرات معنی‌داری در بین فصول نمونه‌برداری همراه بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که در برخی از فصول نمونه‌برداری مقادیر عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در بین تیمارها اختلاف معنی-

دار دارد (جدول ۴). مقدار پتاسیم ریشه درختان سرخشکیده در تابستان ۹۳ بیش‌تر از درختان سالم بود. مقدار کلسیم ریشه درختان سرخشکیده در تابستان ۹۳ کم‌تر از درختان سالم‌تر بود. مقدار منیزیم ریشه درختان سرخشکیده در فصول بهار و تابستان ۹۳ کم‌تر از درختان سالم بود (جدول ۴).

جدول ۳- نتایج آنالیز تغییرات زمانی مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه

Table 3. Analysis of temporal changes of oak tree root K, Ca and Mg in study area

فصل × خشکیدگی تاجی F.value	مقایسه میانگین‌ها				تجزیه واریانس		عنصر
	تابستان ۹۳	بهار ۹۳	تابستان ۹۲	بهار ۹۲	Sig.	F	
۱/۵۴۴ ^{ns}	۰/۲۷۸ ^a	۰/۲۷۲ ^a	۰/۲۵۷ ^a	۰/۲۳۲ ^a	۰/۲۱۵	۱/۵۲۶	پتاسیم
۲/۸۱۷ ^{**}	۴/۹۷۰ ^b	۶/۰۸۱ ^a	۵/۱۵۳ ^a	۴/۲۲۴ ^b	۰/۰۰۰	۷/۱۵۸	کلسیم
۱/۲۸۴ ^{ns}	۰/۵۳۶ ^b	۰/۸۵۶ ^a	۰/۵۱۱ ^a	۰/۵۶۰ ^a	۰/۰۰۰	۱۴/۹۳۴	منیزیم

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین فصول نمونه‌برداری است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۴- نتایج آنالیز مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه در طبقه‌های خشکیدگی تاجی در منطقه مورد مطالعه

Table 4. Analysis of root K, Ca and Mg in crown dieback classes in study area

فصل	عنصر	تجزیه واریانس				مقایسه میانگین‌ها		
		آماره F	معنی داری	تیمار شاهد	خشکیدگی ۳۳-۵٪	خشکیدگی ۶۶-۳۳٪	خشکیدگی ۹۹-۶۶٪	
بهار ۱۳۹۲	پتاسیم (درصد)	۰/۹۹۸	۰/۴۱۶	۰/۲۵ ^a	۰/۲۶ ^a	۰/۲۱ ^a	۰/۲۱ ^a	
	کلسیم (درصد)	۱/۱۸۲	۰/۳۴۵	۳/۱۱ ^a	۴/۳۷ ^a	۴/۱۰ ^a	۵ ^a	
	منیزیم (درصد)	۱/۱۵۴	۰/۳۵۴	۰/۷۲ ^a	۰/۵۶ ^a	۰/۴۷ ^a	۰/۵۵ ^a	
تابستان ۱۳۹۲	پتاسیم (درصد)	۱/۳۲۲	۰/۲۹۵	۰/۳ ^a	۰/۲۵ ^a	۰/۲۶ ^a	۰/۲۲ ^a	
	کلسیم (درصد)	۲/۴۰۵	۰/۰۹۸	۴/۴۹ ^a	۴/۱ ^a	۵/۹ ^a	۶/۱۲ ^a	
	منیزیم (درصد)	۰/۵۵۶	۰/۶۵۰	۰/۵۸ ^a	۰/۴۵ ^a	۰/۵۲ ^a	۰/۵ ^a	
بهار ۱۳۹۳	پتاسیم (درصد)	۰/۲۷۲	۰/۸۴۵	۰/۲۷ ^a	۰/۲۶ ^a	۰/۲۶ ^a	۰/۳۰ ^a	
	کلسیم (درصد)	۱/۴۰۵	۰/۲۷۸	۵/۶۲۶ ^a	۶/۶۹۸ ^a	۵/۵۱۸ ^a	۶/۴۸۴ ^a	
	منیزیم (درصد)	۳/۸۶۱	۰/۰۳	۱/۱۲۴ ^a	۰/۸۰۲ ^b	۰/۶۹۸ ^b	۰/۸۰۲ ^b	
تابستان ۱۳۹۳	پتاسیم (درصد)	۳/۴۰۶	۰/۰۴۳	۰/۲۵ ^b	۰/۳۸ ^a	۰/۲۲ ^b	۰/۲۷ ^{ab}	
	کلسیم (درصد)	۸/۰۸۵	۰/۰۰۲	۵/۳۰۴ ^{ab}	۶/۵۳۶ ^a	۴/۲۳۴ ^{bc}	۳/۸۰۲ ^c	
	منیزیم (درصد)	۳/۸۷۶	۰/۰۲۹	۰/۶۴۴ ^a	۰/۶۴۴ ^a	۰/۵۱ ^{ab}	۰/۳۴۸ ^b	

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

بررسی وضعیت عناصر خاک

نتایج نشان داد که همه نمونه‌ها Clay - Loam بوده و از بافت یکسانی برخوردارند. همچنین تفاوت معنی‌داری از نظر pH خاک بین تیمارهای خشکیدگی تاجی وجود نداشت و میانگین مقادیر همه آن‌ها در حدود ۷/۵ بود (جدول ۵). آنالیز GLM نشان داد که اثر متقابل تیمارهای خشکیدگی تاجی و فصل نمونه‌برداری بر تغییرات مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک معنی‌دار نیست (جدول ۶). اما مقادیر پتاسیم و کلسیم با

تغییرات معنی‌داری در بین فصول نمونه‌برداری همراه بوده‌اند. پتاسیم با تغییرات زمانی کاهشی همراه بود. اما تغییرات زمانی کلسیم به‌صورت کاهشی در هر سال بود (جدول ۶). نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه مقادیر رطوبت وزنی و عناصر ماکرو خاک نشان داد که در تمامی فصول نمونه‌برداری مقادیر عناصر مزبور در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول‌های ۷ و ۸).

جدول ۵- نتایج آنالیز داده‌های pH خاک محیط ریشه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه

Table 5. Analysis of oak trees root zonal soil pH in study area

فصل	اسیدیته	تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها			
		آماره F	معنی داری	تیمار شاهد	خشکیدگی ۳۳-۵٪	خشکیدگی ۶۶-۳۳٪	خشکیدگی ۹۹-۶۶٪
بهار ۱۳۹۳	PH	۱/۰۳۵	۰/۴۰۰	۷/۵۳	۷/۴۴	۷/۵۵	۷/۵۰
تابستان ۱۳۹۳	PH	۰/۶۲۳	۰/۶۰۹	۷/۵۳	۷/۴۸	۷/۴۴	۷/۴۷

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

جدول ۶- نتایج آنالیز تغییرات زمانی مقادیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک پای درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه

Table 6. Analysis of temporal changes of soil K, Ca and Mg in study area

عناصر	تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها				فصل × خشکیدگی تاجی Fvalue
	Sig.	F	بهار ۹۲	تابستان ۹۲	بهار ۹۳	تابستان ۹۳	
پتاسیم	۰/۰۰۰	۱۴/۵۴۰	۵/۸۹۳ ^a	۴/۰۰۰ ^b	۴/۰۰۱ ^a	۳/۴۰۲ ^b	۰/۴۷۵ ^{ns}
کلسیم	۰/۰۲۲	۳/۳۹۲	۵/۵۸۷ ^a	۴/۷۵۰ ^b	۵/۵۳۵ ^a	۴/۷۸۳ ^b	۰/۸۸۸ ^{ns}
منیزیم	۰/۸۲۸	۰/۲۹۶	۱/۳۴۳	۱/۲۱۷	۱/۳۹۶	۱/۲۱۷	۰/۴۶۵ ^{ns}

توجه: مقایسات به‌صورت ردیفی و بین فصول نمونه‌برداری است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۷- نتایج آنالیز رطوبت وزنی خاک محیط ریشه در طبقه‌های خشکیدگی تاجی در منطقه مورد مطالعه

Table 7. Analysis of root zonal soil moisture in crown dieback classes in study area

فصل	تجزیه واریانس	
	آماره F	معنی داری
بهار ۱۳۹۲	۰/۹۶۵	۰/۲۱۰
تابستان ۱۳۹۲	۰/۷۲۵	۰/۵۵۵
بهار ۱۳۹۳	۰/۹۸۹	۰/۱۸۶
تابستان ۱۳۹۳	۰/۸۳۳	۰/۴۷۰

جدول ۸- نتایج آنالیز پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک در طبقه‌های خشکیدگی تاجی در منطقه مورد مطالعه

Table 8. Analysis of soil K, Ca and Mg in crown dieback classes in study area

فصل	متغیر	تجزیه واریانس		مقایسه میانگین‌ها		
		آماره F	معنی-داری	تیمار شاهد	خشکیدگی ۳۳-۵٪	خشکیدگی ۶۶-۳۳٪
بهار ۱۳۹۲	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۳۲۰	۰/۸۱۱	۵۹۲ ^a	۵۸۵ ^a	۵۵۰/۸۳ ^a
	کلسیم (درصد)	۰/۳۹۱	۰/۷۶۱	۵/۵۴ ^a	۵/۲۷ ^a	۵/۴ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۴۶۴	۰/۷۱۰	۱/۴۶ ^a	۱/۴ ^a	۱/۰۷ ^a
تابستان ۱۳۹۲	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۱/۲۵۵	۰/۳۱۷	۴۲۶/۶۷ ^b	۴۷۸/۳۳ ^a	۳۲۸/۳۳ ^b
	کلسیم (درصد)	۱/۸۳۷	۰/۱۷۳	۴/۸۷ ^a	۴/۶۷ ^a	۵/۳۳ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۸۰۰	۰/۵۰۸	۰/۹۳ ^a	۱/۶۷ ^a	۱/۰۷ ^a
بهار ۱۳۹۳	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۳۵۷	۰/۷۸۵	۴۳۵/۳ ^a	۴۰۹/۳۳ ^a	۳۸۰/۷۲ ^a
	کلسیم (درصد)	۰/۴۷۲	۰/۷۰۵	۵/۳۵ ^a	۵/۲۷ ^a	۵/۴۰ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۲۰۷	۰/۸۹۰	۱/۴۸ ^a	۱/۴ ^a	۱/۴۷ ^a
تابستان ۱۳۹۳	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۳۴۱	۰/۷۹۶	۳۸۵/۵ ^a	۳۲۲/۳۱ ^a	۳۴۲/۹ ^a
	کلسیم (درصد)	۱/۵۲۶	۰/۲۴۰	۴/۸۷ ^a	۴/۶۷ ^a	۵/۳۳ ^a
	منیزیم (درصد)	۰/۷۶۰	۰/۵۳۰	۰/۹۳ ^a	۱/۶۷ ^a	۱/۰۷ ^a

توجه: مقایسات به صورت ردیفی و بین طبقه‌های خشکیدگی تاجی است. اعدادی که حروف یک‌سان دارند، تفاوت معنی‌دار ندارند.

بررسی وضعیت اقلیمی سال‌های مورد مطالعه

و دمای سالانه بالاتر و توزیع ماهانه آن‌ها نامناسب بوده است. به‌عکس میزان بارندگی سالانه سال ۹۲ بیش‌تر و دمای سالانه پایین‌تر از سال ۹۱ بوده و توزیع ماهانه آن‌ها مناسب‌تر بوده است.

با توجه به جدول ۹ مشخص شد که میانگین بارش و دمای سالانه، میانگین بارندگی و دمای ماهانه و توزیع آن‌ها در سال-های مورد مطالعه و بازه زمانی فصل خشک آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. طبق نتایج، میزان بارندگی سالانه سال ۹۱ کم‌تر

جدول ۹- آمار بارندگی و دمای ماهانه سال‌های مورد مطالعه (۱۳۹۳-۱۳۹۱) بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی ایلام

Table 9. Statistics monthly rainfall and temperature of studied years (2012-2014) based on data from the Ilam weather station

سال	دوره	ارديبهشت	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
۱۳۹۱	بارندگی	۸۱/۴	۷/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
	دما	۱۲/۷	۱۹/۶	۲۴/۹	۲۷/۷	۲۹/۷	۲۶/۱	۲۱/۹	۱۴/۹	۸/۱	۵	۸/۲
۱۳۹۲	بارندگی	۶	۵۶/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
	دما	۲۹/۲	۳۲/۶	۴۷/۳	۵۸	۵۵/۶	۵۱/۱	۳۷/۹	۲۵/۷	۱۵/۳	۹/۸	۱۱/۲
۱۳۹۳	بارندگی	۳۲/۴	۲۷/۷	۰/۴	۰/۰	۱۸	۰/۰	۵۰/۲	۸۷/۲	۳۳/۵	۳۴/۶	۲۶/۶
	دما	۲۶/۳	۳۹/۹	۴۹/۳	۵۷/۵	۵۸/۵	۵۲/۹	۳۹/۹	۲۴/۴	۱۸/۳	۱۱/۳	۱۸/۲

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج مشخص شد که غلظت پتاسیم برگ درختان بلوط ایرانی در بهار ۹۳ با افزایش خشکیدگی تاجی افزایش داشته است. همچنین غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه این درختان در بهار و تابستان ۹۳ با تغییراتی بین تیمارهای خشکیدگی تاجی همراه بود. تغییرات غلظت عناصر برگ و ریشه بین کلاسه‌های خشکیدگی تاجی را احتمالاً می‌توان ناشی از اختلالات روابط آبی خاک - گیاه و مکانیسم فیزیولوژیک درخت بلوط ایرانی در پاسخ به تنش دانست (۶، ۱۶، ۱۷). در این شرایط بحرانی پیش‌آمده، قسمت اعظم تاج درختان کلاسه‌های خشکیدگی تاجی متوسط تا شدید، خشک شده است، لذا آب و املاح جذب شده توسط ریشه صرفاً متوجه شاخه‌ها و برگ‌های سالم و زنده شده و تجمع غلظت بیشتری از عناصر در این برگ‌ها نسبت به برگ درختان سالم صورت می‌گیرد. این نتیجه‌گیری با یافته‌های برخی محققین که خشکیدگی تاجی درختان را ناشی از مختل شدن روابط آبی خاک - گیاه و تبعات بعدی کاهش سطح برگ و کاهش تاج درخت دانستند، هم‌خوانی دارد (۶، ۹، ۱۸).

رفتار عناصر در شرایط تنش نیز می‌تواند در تغییرات غلظت آن‌ها در درختان بلوط ایرانی نقش داشته باشد. مقدار پتاسیم برگ به‌طور معنی‌داری در بین تیمارهای خشکیدگی تاجی در فصل بهار ۹۳ تغییر کرد، همچنین مقدار پتاسیم ریشه تغییرات معنی‌دار بین تیمارهای خشکیدگی تاجی داشت. غلظت پتاسیم

در خاک نیز با تغییراتی همراه بود، گرچه تغییرات آن معنی‌دار نبود. به لحاظ این که میزان پتاسیم در درختان سرخشکیده افزایش نشان داده است، می‌توان نتیجه گرفت که زیادی پتاسیم به‌منظور بهبود کارایی مصرف آب و یا مکانیسم‌های دفاعی توسط درخت بلوط جذب شده است. در پژوهش‌های دیگری در جنگل‌های بلوط نیز مشخص شد که غلظت پتاسیم برگ درختان سرخشکیده بلوط ایرانی بیشتر از درختان سالم بلوط بود (۱۶، ۱۷، ۱۹ و ۲۰). اثر پتاسیم بیش‌تر در تولید سلول‌های اپیدرمی با دیواره سلولی ضخیم است که در مقابله با بیماری‌ها مقاومت بیش‌تری می‌کند (۲۱). پتاسیم باعث افزایش جذب آب می‌گردد (۲۲) و قابلیت جذب آن ارتباط غیرمستقیم با قابلیت دسترسی به آب دارد (۹). در شرایط تنش آب به خاطر کاهش محتوای نسبی آب، میزان رطوبت نسبی در برگ‌ها کاهش می‌یابد، ولی پتاسیم موجب افزایش میزان رطوبت نسبی در برگ‌ها می‌شود و از این طریق به گیاه کمک می‌کند که فرایند متنوع فیزیولوژی از جمله فتوسنتز، فعالیت آنزیمی و متابولیسم بیوشیمیایی انجام گیرد و حتی در شرایط رطوبت کم خاک با راندمان مطلوب ادامه یابد (۲۳). کلسیم با تغییرات اندکی در برگ درختان بلوط ایرانی همراه بود. اگرچه تغییرات این عنصر در نتایج آنالیز واریانس معنی‌دار نبود، اما نتایج به-دست آمده افزایش مختصر آن را در محدوده تیمارهای خشکیدگی شدید نشان داد. کلسیم اگر به مقدار زیاد در گیاه

کلسیم و منیزیم در برگ و ریشه درختان بلوط ایرانی داشته است. تغییرات به‌وجود آمده در این عناصر به‌ویژه پتاسیم در برگ و ریشه درختان بلوط ایرانی به مکانیسم‌های دفاعی این گونه درختی و نقش خود عناصر برمی‌گردد که برای مقابله با تنش‌های ظاهر شده، جذب آب بیش‌تر، تداوم فعالیت‌های حیاتی و ممانعت از تشدید خشکیدگی تاجی صورت گرفته است. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان صفات متأثر از خشکی را شناسایی و به عنوان شاخص زیستی در پژوهش‌های بعدی استفاده کرد.

References

- 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*, Vol. 20(4), pp. 565-577. (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
- 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)
- Aazami, A., Hosseini, A., and Hoseinzadeh, J. (2018). "The effect of depth and aspect on soil moisture in dieback affected oak forests (Case study: Meleh siah Forest, Ilam Province)," *Ecology of Iranian Forests* 6(11), 41-50. (In Persian)
- Sardans, J., Penuelas, J., Ogaya, R., 2008. Drought's impact on Ca, Fe, Mg, Mo and S concentration and باشد، شدت تعرق گیاه کم می‌شود (۲۲). کلسیم نقش مهمی در قاعده فشار تورژانس بازی می‌کند (۲۴) و در پروسه از دست رفتن آب اهمیت دارد (۵). به‌علاوه در جذب NH_4^+ در برخی گونه‌ها نقش دارد (۲۵). همه این خصوصیات مبین نقش این عنصر در کارایی مصرف آب در درخت است (۵). بنابراین غلظت بیش‌تر کلسیم (هرچند اندک) در درختان سرخشکیده بلوط ایرانی احتمالاً مرتبط با کاهش تعرق در شرایط خشکی و نیز کمک به جذب بیش‌تر ازت باشد.
- هر چند تفاوت معنی‌داری در غلظت منیزیم بین درختان سالم و سرخشکیده بلوط ایرانی دیده نشد، اما مقدار آن در برگ درختان سرخشکیده کم‌تر بود. منیزیم جزء اصلی کلروفیل و یون اولیه در توازن فتوسنتز است (۲۶). کمبود منیزیم باعث کاهش مقدار کلروفیل می‌شود (۲۱). کاهش منیزیم ممکن است اثر مستقیمی بر رشد رویه‌زمینی در توده دچار خشکیدگی شود (۲۶). از علایم بارز کمبود منیزیم کلروز برگ‌هاست که بعداً به‌صورت نکروز دیده می‌شود (۲۱). به‌راستی این علایم در برگ درختان سرخشکیده بلوط ایرانی دیده شد.
- میزان رطوبت خاک و غلظت عناصر مورد مطالعه خاک در بین فصول مختلف نمونه‌برداری با تغییراتی همراه بود که علت این امر به تغییرات میزان بارندگی و دمای سالانه سال‌های تحقیق و توزیع ماهانه آن‌ها در طول سال و بهبود شرایط اقلیمی سال دوم تحقیق برمی‌گردد. مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک از سال اول تحقیق (۹۲) به سال دوم تحقیق (۹۳) کاهش یافته است و این به معنای وجود رطوبت بیش‌تر در سال دوم تحقیق و افزایش مصرف عناصر توسط درختان بلوط بوده است. همچنین مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ در سال دوم تحقیق بیش‌تر از سال اول بوده است که مبین افزایش توان جذب درختان بلوط تحت تاثیر بهبود شرایط آب و هوایی و افزایش رطوبت خاک است. این نتیجه می‌تواند مبین نقش آب در انجام فعالیت‌های حیاتی درخت و شادابی آن باشد (۶، ۱۹ و ۲۰).
- به طور کلی می‌توان گفت که شرایط بحرانی به وجود آمده اخیر در منطقه مورد مطالعه اثراتی هرچند ضعیف بر عناصر پتاسیم،

- 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.
13. Kabrick, J. M., Dey, D. C., Jensen, R. G., Wallendorf, M., 2008. The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. *Forest Ecology and Management*, vol. 255, pp. 1409-1417.
 14. Isaac, R. A., Johnson, W.C., 1984. Methodology for the analysis of soil, plant, feed, water and fertilizer samples. The University of Georgia, pp. 92-93.
 15. Zarrinkafsh, M. (1993). Applied soil science soil survey and soil - plant - water analysis, University of Tehran Press, Tehran, Iran. (In Persian)
 16. Hosseini, A., and Hosseini, S. M. (2022). "Contrasting foliar and soil nutrients responses to drought induced crown dieback in a *Quercus brantii* forest," *Dendrobiology* 87, 101-112.
 17. Hosseini, A. (2023). Comparison of Variability in Leaves and Roots Nutrient Contents of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Drought Affected Declining Forests. *Bioresources*, 18(2); 3885-3894.
 18. 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*, vol. 155, pp. 127-147.
 19. 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 accumulation patterns in the plants and soil of a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* forest. *Biogeochemistry*, vol. 87, pp. 49-69.
 6. 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)
 7. Soleimani R. and Hosseini A. (2020). The impact of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) on soil characteristics in a declining forest. *Journal of Forestry Research*, 31(6); 2359-2366.
 8. Zarafshar, M., Matinizadeh, M., Negahdarsaber, M.R., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., & Ziaei, 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)
 9. Sardans, J., Penuelas, J., 2007. Drought changes the P and K accumulation patterns in an evergreen oak *Quercus ilex* Mediterranean forest. *Functional Ecology*, vol. 21, pp. 191-201.
 10. 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)
 11. 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(10), 1623-1639.
 12. Mohammadzadeh, H., Mirzaei, J., Farashiyani, M.E., Soheili, F., Woodward, S., Abdul-Hamid, H., &

- e-keshavarzi. Publications of National Committee for Drought Management. Tehran, Iran. 154 p. (In Persian)
24. Takagi, S., Nagai, R., 1992. Several aspects of current research into the role of calcium in plant physiology. Botanical Magazine -Tokyo, vol. 105, pp. 687-697.
 25. Fenn, L. B., Feagley, S., 1999. Review of beneficial uses of calcium and ammonium salts for stimulating plant growth and metabolite translocation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, vol. 30, pp. 2627-2641.
 26. Liu, X., Ellsworth, D. S., Tyree, M. T., 1997. Leaf nutrition and photosynthetic performance of sugar maple (*Acer saccharum*) in stands with contrasting health conditions. Tree Physiology, vol. 17, pp. 169-178.
 - study, Melah-Siah forests, Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 19(2), 354-367. (In Persian)
 20. Hosseini A., Matiniazadeh M., Soleimani R., Asgari Sh. 2024. Three-year results of monitoring the leaf nutrients of Persian oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in declining forests. *Iranian journal of forest*, 16(1): 55-69. (In Persian)
 21. Salardini, A.K., 1987. Soil Fertility, University of Tehran Press, Tehran. (In Persian)
 22. Heidari Sharif-Abad, H., 2000. Plant, Dry and Drought, Institute of Forestry and Rangelands press, Tehran, Iran. 200p. (In Persian)
 23. Sabaghpour, H., 2006. Indices and Mechanisms of Drought Stress Resistance in Plants. Ministry of Jihad-