University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Monitoring the physical and chemical properties of the soil in relation to the oak decline phenomenon in the Zagros forests (Case study: Chaharmahal and Bakhtiari province)

Hasan Jahanbazy Goujani [1] | Mohammad Matinizadeh[2] | Mehdi Pourhashemi[3] | Yaghoub Iranmanesh[4] | Mahmoud Talebi[5] | Ali Morshedi[6] | Mehdi Zandebasiri[7] ✉

1. Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email: jahanbazy_hassan@yahoo.com
2.Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. Email: mohamadmatinizadeh@yahoo.com
3.Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. Email: doveyse@yahoo.com
4. Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email: iranmanesh@yahoo.com
5. Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email: mahmoodtalebi@yahoo.com
6. Soil and Water Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email:a.morshedi@areeo.ac.ir
7. Corresponding Author, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email: mehdi.zandebasiri@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 07 February 2024
Revised: 23 April 2024
Accepted: 30 Jul.y 2024
Published online: 10 September 2024

Keywords:
Forest soil,
Nutrients,
Quercus brantii,
Stress,

ABSTRACT

This study was conducted in the Zagros forests to investigate and monitor the status of elements in the soil and their absorption in areas with and without oak decline. Two plots, each with 100 trees, were randomly established in the south direction in the areas of "Sama Castle" and "White Mud," representing the decline and control (without decline) sites. In the oak decline plot, five healthy and five declining trees were selected, while only five healthy trees were chosen in the control plot. Selection of healthy and declining trees in the first year was done selectively and with proper distribution throughout the sample. In the following years, soil and leaf samples were collected from the selected trees. Soil samples were collected under the tree crowns at two depths (0-30 cm and 30-60 cm). Additionally, 20 leaves per tree were sampled in late July and early August. The results showed that the amount of phosphorus in the leaves of trees in the both decline and control sites was significantly different at a 99% confidence level. As the intensity of drought increased, the amount of phosphorus in the leaves also increased. Soil moisture was estimated at 5.74% in the decline site and 7.14% in the control site, with this difference being statistically significant. The amount of calcium in the soil of the control area was approximately 1.5 times greater than in the area experiencing decline. The results of this research, focusing on soil characteristics related to oak decline, can provide important data for the oak decline information system in the Zagros forests of Iran.
.

Cite this article: Jahanbazy, H., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Morshedi, A., Zandebasiri, M. (2024). Monitoring the physical and chemical properties of the soil in relation to the oak decline phenomenon in the Zagros forests (Case study: Chaharmahal and Bakhtiari province). *Journal of Forest and Wood Products*, 77 (2), 126-137. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.372302.1283

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.372302.1283

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با پدیدهٔ زوال بلوط (مطالعهٔ موردی: استان چهارمحال و بختیاری)

حسن جهانبازی گوجانی[۱] | محمد متینی زاده[۲] | مهدی پورهاشمی[۳] | یعقوب ایرانمنش[۴] | محمود طالبی[۵] | علی مرشدی[۶] | مهدی زندبصیری[۷]✉

۱. بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران، رایانامه: jahanbazy_hassan@yahoo.com

۲. موسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، رایانامه:mohamadmatinizadeh@yahoo.com

۳. موسسهٔ تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، رایانامه:doveyse@yahoo.com

۴. بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران، رایانامه:iranmanesh@yahoo.com

۵. بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران، رایانامه:mahmoodtalebi@yahoo.com

۶. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران، رایانامه: a.morshedi@areeo.ac.ir

۷. نویسنده مسئول، بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران. رایانامه: mehdi.zandebasiri@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰

کلیدواژه:
بلوط ایرانی،
تنش،
خاک جنگل،
مواد غذایی.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی و سنجش وضعیت عناصر موجود در خاک در جنگل‌های زاگرس و مقدار جذب آن توسط درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در مناطق متأثر از زوال و بدون زوال در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. دو قطعه‌نمونهٔ مربعی شکل با ۱۰۰ اصله درخت در جهت جنوبی در دو منطقهٔ قلعه‌سماع در شهرستان لردگان و گل‌سفید شهرستان اردل به‌ترتیب در مناطق متأثر از زوال و شاهد (بدون زوال) به‌صورت تصادفی پیاده شد. در قطعه‌نمونهٔ دارای زوال بلوط، پنج درخت سالم و پنج درخت درحال خشکیدن و در قطعه‌نمونهٔ شاهد فقط پنج درخت سالم با پراکنش مناسب در کل قطعه‌نمونه انتخاب شدند. در سال‌های پژوهش، از محل سایه‌انداز درختان از دو عمق خاک (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر) نمونهٔ مرکب خاک تهیه شد و در آزمایشگاه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد رطوبت خاک در منطقهٔ متأثر از زوال ۵/۷۴ درصد و در منطقهٔ شاهد ۷/۱۴ درصد بود و این تفاوت از نظر آماری در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود. مقدار کلسیم در خاک منطقهٔ شاهد تقریباً ۱/۵ برابر منطقهٔ متأثر از زوال (قلعه‌سماع) بود. نتایج این پژوهش در سنجش و پایش ویژگی‌های خاک در پدیدهٔ زوال می‌تواند قسمت مهمی از داده‌های مورد نیاز برای سیستم اطلاعات زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس را فراهم سازد.

استناد: جهانبازی گوجانی، حسن؛ متینی‌زاده، محمد؛ پورهاشمی، مهدی؛ ایرانمنش، یعقوب؛ طالبی، محمود؛ مرشدی، علی؛ زندبصیری، مهدی (۱۴۰۳). سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با پدیدهٔ زوال بلوط (مطالعهٔ موردی: استان چهارمحال و بختیاری). *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۷ (۲)، ۱۳۷-۱۲۶. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.372302.1283

© نویسندگان.
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.372302.1283

۱. مقدمه

بیش از یک دهه از مشاهدهٔ آثار زوال بر روی گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای و حتی بوته‌ای در منطقهٔ رویشی زاگرس می‌گذرد [۱]. برخی از گونه‌ها به‌ویژه بلوط، درگیری جدی با این معضل محیط‌زیستی در برخی از مناطق داشته و دارند [۲]. پایش پدیدهٔ زوال شامل تغییرات روند این پدیده و میزان پیشرفت آن می‌تواند در ارائهٔ مدل‌های کارشناسی برای رصد این معضل محیط‌زیستی و مدیریت آن کمک شایانی کند. اما، عدم اطلاع از نقش عوامل تعیین‌کننده ازجمله شاخص‌های خاک به‌عنوان بستر منابع طبیعی، قطعاً مدیریت و کنترل خشکیدگی را با مشکل مواجه می‌کند. از این‌رو، آگاهی از تغییرات شاخص‌های خاک شامل رطوبت، اسیدیته، بافت، مقدار عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و غیره بسیار ضروری است. همچنین، میزان انتقال مواد غذایی از خاک به برگ در شرایط مختلف ازجمله مناطق متأثر از زوال و فاقد زوال و حتی در پای درختان سالم و شاداب و درختان درگیر با زوال و پایش تغییرات آن در طی زمان برای بررسی عوامل محیطی از جمله تغییر در شاخص‌های اقلیمی، می‌تواند راهکارهای مدیریتی قوی برای مدیریت بحران زوال و خشکیدگی در منطقهٔ رویشی زاگرس ارائه کند. گیاهان خزان‌کننده ازجمله بلوط، ممکن است در شرایط تغییرات آب‌وهوایی فرآیند مبادله‌ای را جهت تعادل مواد غذایی برای رشد دوباره در پایان فصل رویش ایجاد کنند [۳].

پژوهش‌های متنوعی با موضوع شاخص‌های خاک در مناطق دارای زوال در داخل و خارج از کشور انجام شده است، ازجمله در پژوهشی در استان چهارمحال و بختیاری مشخص شد که در پدیدهٔ زوال، کربن آلی خاک در پاسخ به مدیریت اعمال شده تغییر یافته و هرچه مقدار پوشش گیاهی بیشتر شود، کربن آلی خاک بیشتر می‌شود [۴]. همچنین، در بررسی تغییرات نیتروژن و فسفر در درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و خاک توده‌های دچار خشکیدگی در استان ایلام مشخص شد که مقدار رطوبت، نیتروژن و فسفر خاک محیط ریشهٔ درختان بلوط تغییرات معنی‌داری در بین تیمارهای خشکیدگی نداشتند و تغییرات زمانی نیتروژن و فسفر خاک کاهشی بود [۵]. در بررسی دیگر، تغییرات رطوبت خاک در یکی از رویشگاه‌های بلوط ایرانی دارای زوال در استان ایلام از فروردین با حدود ۴۸ درصد، به زیر ۱۰ درصد در خرداد تا شهریور و در مرداد به‌حدود ۲ درصد در عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری رسیده بود [۶]. مقایسهٔ وضعیت عناصر غذایی در درختان بلوط ایرانی سالم و شاداب در مقایسه با درختان درگیر با پدیدهٔ خشکیدگی در منطقهٔ جنگلی هلن در استان چهارمحال و بختیاری بیانگر اختلاف معنی‌دار جذب عناصری داشت که نقش حیاتی در فتوسنتز، تولید کلروفیل و در نهایت بقای گیاه دارند [۷].

با توجه به نقش اثرگذار رطوبت و مقدار مواد غذایی در خاک و برگ بر رویش و بقای گیاهان، پژوهش‌های مختلفی با هدف بررسی و مقایسهٔ این شاخص‌ها در شرایط عادی و در زمان وقوع پدیده‌هایی نظیر زوال درختان در داخل و خارج از کشور انجام شده است. آگاهی از پراکنش مواد غذایی در خاک و فاکتورهای مؤثر بر آن، نقش کلیدی در مدیریت حاصلخیزی و حفاظت از محیط‌زیست در مناطق اکولوژیک ایفا می‌کند [۶]. در پژوهش‌های اخیر نیز گزارش شده است که جذب مواد مغذی بین گونه‌های بلوط (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*, *Q. glandulifera*, and *Q. variabilis*) متفاوت نیست، اما بین سال‌های مختلف به‌طور چشمگیری دارای اختلاف است. در میان ۱۴ عنصر ارزیابی شده، مقادیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، کربن و گوگرد نسبت به تغییرات آب‌وهوایی در سه گونهٔ بلوط حساس‌تر بود. بازدهی جذب کربن در طول خشک‌ترین سال مطالعه (۲۰۱۴) به‌طور قابل توجهی افزایش و بازدهی جذب نیتروژن با دما کاهش یافت، در حالی‌که بازدهٔ جذب نیتروژن و فسفر در ابتدا کاهش و با بارش افزایش یافت [۳]. در بررسی رابطهٔ رطوبت خاک و بلوط‌های (*Q. robur*) بالغ تحت تنش خشکی شدید در سال ۲۰۱۸ در جنوب آلمان از طریق مدل‌سازی اعلام شد که در دهه‌های آینده این توده‌ها مستعد زوال هستند. همچنین، اعلام شد که تنش خشکی منجر به ریزش شدید برگ درختان بلوط شده و در مکان‌هایی که امکان دسترسی به آب در شکاف‌های سنگی بود، ریزش برگ‌ها جزیی بود [۹].

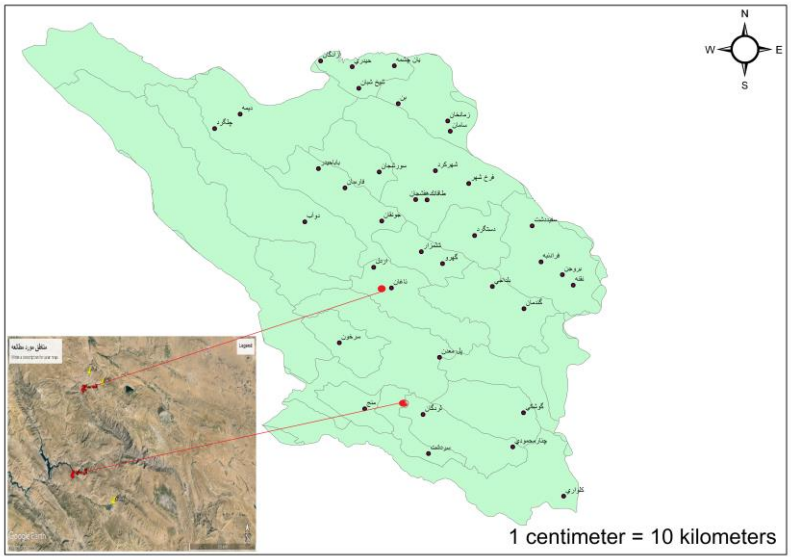
تعیین نقش شاخص‌های خاک ازجمله رطوبت موجود در خاک و تغییرات آن در لایه‌های مختلف و همچنین در طی زمان و اثر آن بر جذب مواد غذایی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش در کنار پایش وضعیت موجود و تغییرات مقادیر عناصر غذایی در خاک و مقدار جذب آن در درختان بود. جنگل‌های بلوط زاگرس نقش ارزنده‌ای در تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی، پایداری کشاورزی،

حفاظت خاک و کنترل سیل دارند. با این وجود، تغییرات اقلیمی ازجمله کاهش بارش موجب خشکیدگی بخش فراوانی از این منابع ارزشمند شده است [۱۰]. به‌همین دلایل، بررسی و پایش شاخص‌های رطوبتی و مواد غذایی در خاک و برگ در کانون‌های دارای زوال و فاقد آن از اهمیت زیادی برخوردار است که در این پژوهش به آن پرداخته شد. بدین‌ترتیب، این پژوهش با هدف بررسی وضعیت رطوبت خاک و نقش آن در خشکیدگی درختان بلوط ایرانی، ارزیابی نقش ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی و مقایسهٔ ویژگی‌های اراضی و خاک و عناصر غذایی موجود در خاک پای درختان سالم با درختان در حال خشکیدن در رویشگاه‌های قلعه‌سماع–گل سفید استان چهارمحال و بختیاری انجام شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲–۱. منطقهٔ مورد مطالعه

پژوهش حاضر در قالب طرح جامع "سنجش و پایش توده‌های جنگلی زاگرس" در جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری در یک بازهٔ زمانی ۴ ساله اجرا شد. روش اجرایی طرح، پایش مکان‌محور (Place-based monitoring) است و در انتخاب مکان‌ها سعی شد وضعیت‌های خشکیدگی توده‌های بلوط و شاهد (بدون علائم خشکیدگی) درنظر گرفته شود. این پژوهش مربوط به دو قطعه‌نمونه در دامنهٔ جنوبی به‌نام‌های قلعه‌سماع و گل‌سفید است که با مساحت متغیر و به‌طور تصادفی پیاده شدند. قطعه‌نمونه‌ها دائمی بوده و در هر قطعه‌نمونه، ۱۰۰ درخت درنظر گرفته شد. قطعه نمونهٔ قلعه‌سماع در یکی از محدوده‌های متأثر از زوال بلوط در حدفاصل روستای پل بریده تا دره‌گرم شهسوار بر اساس مختصات UTM در محدودهٔ ۳۴۹۵۲۳۴ تا ۳۴۹۵۳۴۹ طول شرقی و ۴۶۲۲۲۹ تا ۴۶۲۳۴۱ عرض شمالی واقع شده است. قطعه گل‌سفید نیز در یکی از مناطق بدون خشکیدگی در دامنهٔ جنوبی منطقهٔ دوپلان واقع در نزدیکی روستای گل‌سفید و در طول شرقی ۳۵۳۰۰۹۷ تا ۳۵۳۰۲۲۷ و۴۶۳۷۷۶ تا ۴۶۳۹۰۸ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقهٔ مورد مطالعه

۲–۲. روش تحقیق

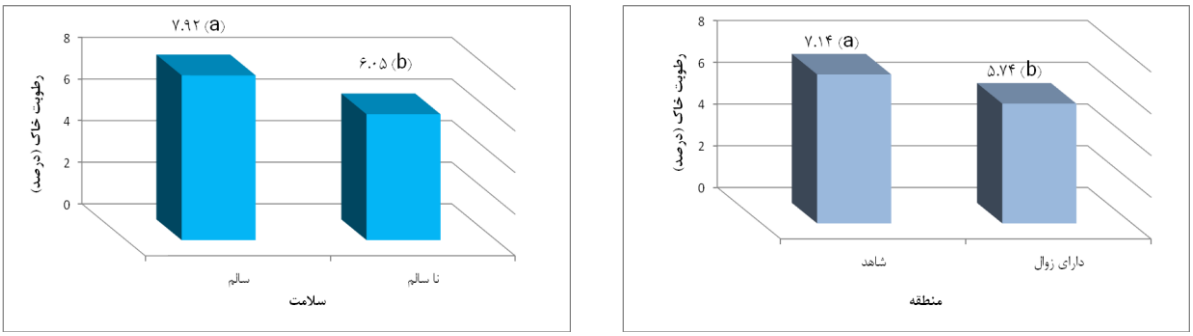
در سال اول پژوهش (۱۳۹۷)، به‌منظور بررسی و نمونه‌برداری افق‌ها و لایه‌های خاک، در هر یک از قطعه‌نمونه‌ها و در محلی که معرف آن قطعه باشد، اقدام به حفر گودال به ابعاد ۱×۲ و به عمق حدود ۱/۵ تا ۲ متر شد. خاک‌رخ (پروفیل) هر یک از گودال‌های حفر تشریح و از خاک هر یک از افق‌ها و لایه‌های خاک نمونه‌برداری شد. مشخصات اراضی قطعه‌نمونهٔ تحقیقاتی از

جمله شیب، مقدار فرسایش، نوع و پراکنش آهک و گچ، ساختمان و پایداری نیز طبق روش استاندارد مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب کشور یادداشت‌برداری شد. در قطعه‌نمونهٔ متأثر از زوال بلوط، پنج درخت سالم و پنج درخت درحال خشکیدن انتخاب و ثبت و در قطعه‌نمونهٔ شاهد فقط پنج درخت سالم انتخاب شد. از محل سایه‌انداز درختان از دو عمق خاک (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر) نمونهٔ مرکب خاک تهیه شد. زمان نمونه‌برداری خاک برای تعیین رطوبت مردادماه بود. استاندارد معمول در نمونه‌برداری از خاک به این دو عمق استناد می‌شود. بنابراین با توجه به وضعیت تجمع عناصر از دو عمق مؤثر ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ به‌عنوان لایه‌های مهم برای نمونه‌برداری استفاده شد. در تحقیقات مختلف در جنگل‌های زاگرس به‌طور عمده این دو لایه به‌عنوان لایه‌های تعیین‌کنندهٔ نمونه‌برداری عنوان شده‌اند. دلایل کم بودن تعداد نمونه در این مطالعه عبارتند از اینکه هدف این تحقیق پایش خاک در قطعات مشخصی در مناطق با زوال و بدون زوال بود. بدین‌ترتیب در دو قطعه زمین مشخص هر یک با مساحت یک هکتار نمونه‌برداری انجام شد. یکی در منطقه با زوال که از پای ۵ درخت دارای مبتلا به زوال، نمونه‌های خاک با پنج تکرار اخذ شد. همچنین از پای ۵ درخت سالم نیز در پنج تکرار نمونه تهیه شد. همچنین این نمونه‌برداری‌ها به‌منظور مقایسهٔ وضعیت عناصر در خاک زیر درختان انتخاب شد. از طرف دیگر در منطقهٔ بدون زوال نیز که سطحی معادل یک هکتار داشت، پنج درخت سالم انتخاب و از پای آنها نمونه‌برداری انجام شد (با توجه به عدم وجود درختان با زوال). با توجه به اصول آماری، خاک و شاخص‌های آن در سطحی معادل یک هکتار می‌تواند صحیح و تعیین‌کننده باشد و محققین این پژوهش، به مانند سایر پروژه‌های انجام شده، نمونه‌برداری از سطح یک هکتار را به منطقه تعمیم داده‌اند. آزمایش‌های فیزیکی لازم بر روی نمونه‌های خاک شامل درصد رطوبت، درصد حجمی سنگ‌ریزه، درصد اجزای شن، سیلت و رس به روش هیدرومتر و درصد اشباع اندازه‌گیری شد. آزمایش‌های شیمیایی لازم بر روی نمونه‌های خاک شامل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، اسیدیته گل اشباع با دستگاه pH متر، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون، گچ به روش طیف‌سنجی، نیتروژن کل با روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن با دستگاه اسپکتوفتومتری، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم با فلیم‌فتومتر و کلسیم و منیزیم محلول دستگاه جذب اتمی بود [۱۱]. به‌منظور بررسی اطلاعات برداشت شده، ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌های خاک در قطعه‌نمونه‌ها در سال‌های مختلف با تجزیهٔ مرکب برمبنای طرح کاملاً تصادفی و مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح ۹۹ درصد با آزمون دانکن توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخهٔ 9.4 انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

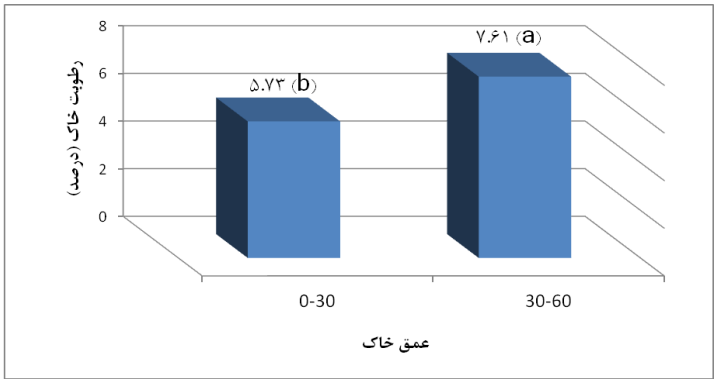
۳-۱. مقایسهٔ میانگین رطوبت خاک

شاخص رطوبت خاک در منطقهٔ دارای زوال (قلعه‌سماع)، ۵/۷۴ درصد و در منطقهٔ شاهد ۷/۱۴ درصد بود و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین، در پای درختان متأثر از زوال (ناسالم) و فاقد زوال (سالم)، رطوبت خاک از نظر آماری معنی‌دار بود، به‌طوری‌که مقدار این شاخص در پای درختان سالم ۷/۹۲ و در پای درختان متأثر از زوال ۶/۰۵ درصد برآورد شد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسهٔ رطوبت خاک (مرداد) در دو منطقهٔ شاهد و متأثر از زوال (راست) و زیر درختان سالم و متأثر از زوال (چپ)

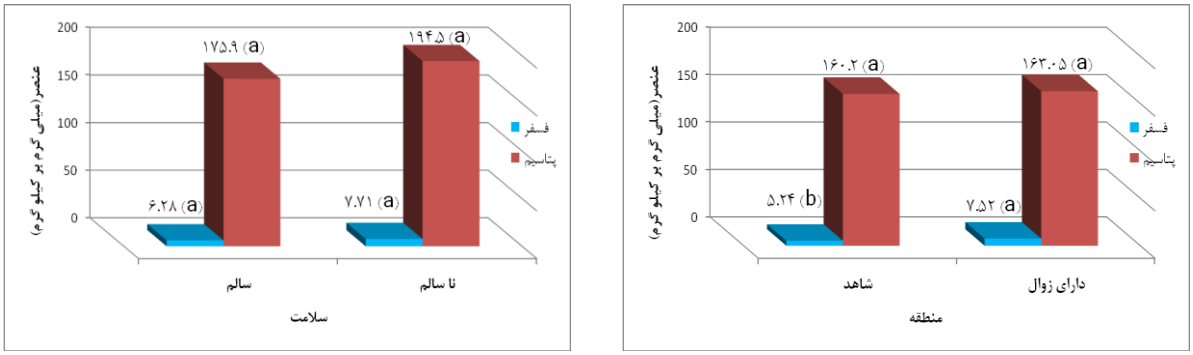
براساس نتایج، رطوبت خاک در منطقهٔ شاهد (فاقد زوال) ۷/۱ درصد و در منطقهٔ دارای زوال ۵/۷ اعلام شده است بنابراین رطوبت در منطقهٔ شاهد بیشتر از منطقهٔ دارای زوال است. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت خاک در لایهٔ سطحی و زیرین نیز دارای اختلاف معنی‌دار بود. رطوبت خاک در لایهٔ فوقانی و در عمق ۳۰–۰ سانتی‌متر ۵/۷۳ درصد و در لایهٔ پایین‌تر (۶۰–۳۰ سانتی‌متر) به‌مراتب بیشتر و به‌حدود ۷/۶۱ درصد افزایش یافت (شکل ۳). با توجه به اینکه تجزیهٔ اطلاعات در نرم‌افزار براساس فاکتورها انجام می‌شود، مقایسهٔ انجام شده مربوط به کل نمونه‌ها است.



شکل ۳. مقایسهٔ رطوبت خاک در اعماق مختلف خاک

۳–۲. مقایسهٔ وضعیت عناصر پر مصرف خاک

مقایسهٔ میانگین عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در دو منطقهٔ دارای زوال و شاهد نشان داد که مقدار نیتروژن، پتاسیم و منیزیم دارای اختلاف معنی‌دار نبود، ولی مقدار کلسیم با ۶/۱۶ میلی‌اکی والان بر لیتر تقریباً ۱/۵ برابر مقدار این عنصر در خاک منطقهٔ دارای زوال (قلعه‌سماع) بود. برعکس، مقدار فسفر در منطقهٔ شاهد با ۵/۲۴ در مقابل ۷/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک منطقهٔ دارای زوال، کمتر وجود داشت (شکل ۴).

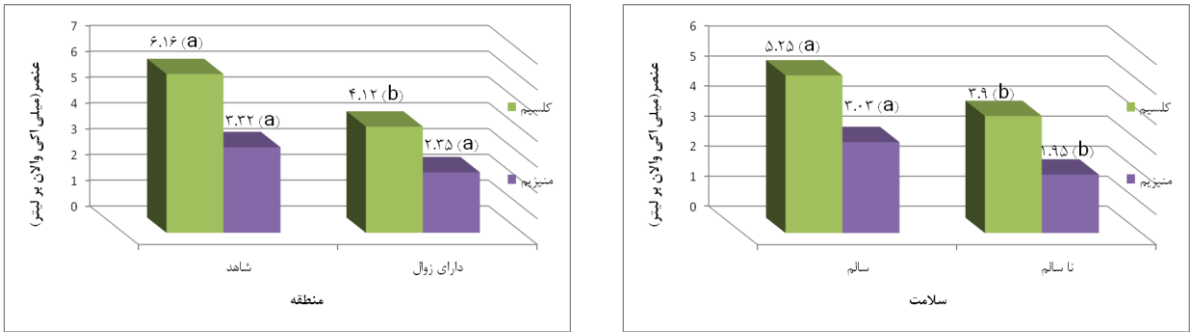


شکل ٤. مقایسهٔ عناصر فسفر و پتاسیم در دو منطقهٔ شاهد و متأثر از زوال (راست) و زیر درختان سالم و درختان متأثر از زوال (چپ)

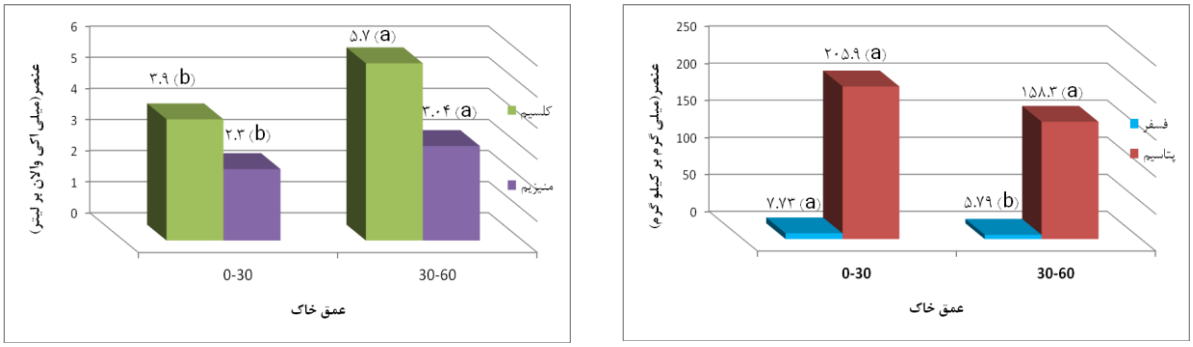
مقایسهٔ این عناصر در سطوح سلامت (سالم و ناسالم) نشان داد که از بین عناصر پرمصرف فقط مقدار منیزیم و کلسیم معنی‌دار شد و مقدار این دو عنصر در خاک زیر درختان سالم بیشتر از درختان ناسالم بود. منیزیم در زیر درختان سالم ۳/۰۳ و در زیر درختان ناسالم ۱/۹۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بود. کلسیم نیز در زیر درختان سالم و ناسالم به‌ترتیب ۵/۲۵ و ۳/۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر برآورد شد (شکل ۵).

مقایسهٔ مقدار عناصر پرمصرف در دو عمق سطحی ۳۰–۰ و نسبتاً عمیق ۶۰–۳۰ سانتی‌متری نیز نشان داد که مقدار عناصر منیزیم، کلسیم و فسفر معنی‌دار، ولی نیتروژن و پتاسیم معنی‌دار نبود. دو عنصر منیزیم و کلسیم در لایهٔ سطحی کمتر از مقدار این

عناصر در عمق ۶۰–۳۰ سانتی‌متر بودند. منیزیم در لایهٔ سطحی ۲/۳ و در عمق پایین‌تر ۳/۰۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بود و کلسیم در لایهٔ فوقانی و زیرین به‌ترتیب ۳/۹ و ۵/۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر برآورد شد. فسفر در خاک سطحی ۷/۷۳ و در خاک عمقی حدود ۵/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم از افق بالا به پایین به‌ترتیب ۲۰۵/۹ و ۱۵۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (شکل ۶).



شکل ۵. مقایسهٔ عناصر کلسیم و منیزیم در دو منطقه شاهد و متأثر از زوال (راست) و زیر درختان سالم و درختان متأثر از زوال (چپ)



شکل ٦. مقایسهٔ عناصر کلسیم و منیزیم (راست) و پتاسیم و فسفر (چپ) در خاک سطحی و عمقی

بین دو منطقهٔ دارای زوال و فاقد زوال (شاهد) نتایج نشان داد که مقدار نیتروژن، پتاسیم و منیزیم معنی‌دار نبود ولی اختلاف فسفر و کلسیم معنی‌دار شد و مقادیر آن در خاک منطقهٔ شاهد بیشتر از منطقهٔ دارای زوال بود. نقش این دو عنصر (فسفر و کلسیم) در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی و از جمله تنش خشکی بسیار تعیین‌کننده است. تجمع بیشتر این عناصر در خاک منطقهٔ فاقد زوال می‌تواند عاملی برای افزایش مقاومت درختان و درگیر نشدن آنها با زوال باشد.

۳–۳. مقایسهٔ میانگین سایر شاخص‌های خاک

تجزیه واریانس حاصل از بررسی رطوبت خاک نشان داد که اندازهٔ این شاخص بین سطوح سلامت، مناطق متأثر از زوال و شاهد و همچنین اعماق مختلف در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار بود. وزن مخصوص ظاهری خاک فقط بین مناطق متأثر از زوال و شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. اختلاف اسیدیته خاک نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد و بین سطوح سلامت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین، هدایت الکتریکی نیز بین سطوح سلامت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد منیزیم نیز بین درختان سالم و دارای زوال در سطح اطمینان ۹۹ درصد و بین مناطق و عمق خاک در سطح اطمینان ۹۵ درصد و کلسیم بین دو منطقهٔ دارای زوال و شاهد و سطوح سلامت در سطح اطمینان ۹۵ درصد و همچنین بین دو عمق خاک در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد. مقدار کربن آلی نیز فقط بین دو عمق خاک در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱. تجزیه واریانس مقایسه شاخص‌های خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		رطوبت	وزن مخصوص ظاهری	اسیدیته	هدایت الکتریکی
منطقه	۱	۴۶/۶۶ **	۰/۰۰۶۴ *	۰/۵۴۲ **	۰/۰۵۷ ns
عمق خاک	۱	۵۲/۹۴ **	۰/۰۰۴۳ ns	۰/۰۳۸ ns	۰/۱۵۵ ns
منطقه×عمق خاک	۱	۰/۲۲۳ ns	۰/۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۰۱۹ ns	۰/۰۰۰۰۰۵ ns
سلامت	۱	۲۶/۴۱ **	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۹۵ *	۱/۰۶ *
سلامت×عمق خاک	۱	۰/۰۹۹ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۱۱ ns	۰/۰۰۸۲ ns
خطا	۸	۱۰/۱۹	۰/۰۰۱۱۵	۰/۰۱	۰/۰۶۵

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		منیزیم	کلسیم	فسفر	پتاسیم	ازت	آهک	کربن آلی
منطقه	۱	۶/۲۷۳ *	۲۸/۷۸ *	۳۴/۵۰ ns	۷۱۹۴/۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۱۷۷۶/۷ **	۰/۱ ns
عمق خاک	۱	۴/۰۴۱ *	۲۴/۴۴ **	۲۸/۲۳ ns	۱۶۹۴۵/۶ ns	۰/۰۰۸ **	۱۱۶۵/۶ **	۰/۸۵ *
منطقه×عمق خاک	۱	۰/۰۲۴ ns	۰/۰۷۸ ns	۰/۴۳۵ ns	۲۱۲/۸ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۲۰۴ ns	۰/۱۶ ns
سلامت	۱	۷/۸۰ **	۱۲/۰۴ *	۱۳/۶۳ ns	۲۳۰۶/۴ ns	۰/۰۰۰۹۷ ns	۴۶۴/۸ **	۰/۰۷۲ ns
سلامت×عمق خاک	۱	۰/۰۸۷ ns	۱/۲۰۴ ns	۰/۰۲۴ ns	۱۳/۰۷ ns	۰/۰۰۰۴۵ ns	۱/۶۷ ns	۰/۰۴۱ ns
خطا	۸	۰/۶۵	۱/۴۱	۲۰/۳۱	۴۹۲۹/۴	۰/۰۰۰۷	۲۷/۵۴	۰/۰۷۸

ns غیرمعنی‌دار؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

مقایسهٔ میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در دو منطقهٔ شاهد و متأثر از زوال نشان داد که مقدار این شاخص به‌ترتیب ۱/۲۹۴ و ۱/۲۶۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود و این اختلاف معنی‌دار شد. همچنین، مقدار آهک در منطقهٔ شاهد ۳۰/۱۵ درصد و در منطقهٔ دارای زوال ۱۳/۸۳ درصد و معنی‌دار بود. اسیدیته خاک نیز در منطقهٔ شاهد و دارای زوال به‌ترتیب ۸/۰۸ و ۷/۷۹ بود و این اختلاف معنی‌دار شد. سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل کربن آلی و هدایت الکتریکی معنی‌دار نبود. مقایسهٔ میانگین شاخص‌های خاک نشان داد که بین سطوح سلامت، مقدار درصد آهک، اسیدیته و هدایت الکتریکی اختلاف معنی‌دار بود. آهک در خاک پای درختان سالم حدود ۲۲ درصد و در خاک زیر درختان ناسالم ۱۳/۷ درصد بود. اسیدیته در خاک زیر درختان سالم و ناسالم به‌ترتیب ۷/۹۵ و ۷/۷۸ و هدایت الکتریکی نیز به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۱/۱۵ دسی‌زیمنس بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. بین دو عمق خاک نیز درصد آهک، کربن آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی دارای اختلاف معنی‌دار بود. بیشینهٔ آهک با ۲۵/۵ درصد در عمق ۶۰–۳۰ و کمینهٔ آن با ۱۳/۰۳ درصد در عمق ۳۰–۰ اندازه‌گیری شد. درصد کربن آلی برعکس در افق سطحی با ۰/۸۴۸ درصد از مقدار این شاخص در عمق ۶۰–۳۰ با ۰/۵۱۲ درصد، بیشتر برآورد شد. اسیدیته در افق سطحی و پایین‌تر به‌ترتیب ۷/۸۵ و ۷/۹۲ بود. هدایت الکتریکی نیز در افق سطحی ۰/۸۱ و در افق ۶۰–۳۰ با افزایش به ۰/۹۵ رسید (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسهٔ سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده خاک

متغیر	منطقه	شاخص				
		وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد آهک	درصد کربن آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر میلی‌لیتر)
منطقه	شاهد	۱/۲۹۴ a	۳۰/۱۵ a	۰/۵۹۸ a	۸/۰۸ a	۰/۸۲ a
	متأثر از زوال	۱/۲۶۳ b	۱۳/۸۳ b	۰/۷۲ a	۷/۷۹ b	۰/۹۱ a
سلامت	سالم	۱/۲۸ a	۲۲/۰۵ a	۰/۶۵ a	۷/۹۵ a	۰/۷۵ b
	متأثر از زوال	۱/۲۶ a	۱۳/۷ b	۰/۷۵ a	۷/۷۸ b	۱/۱۵ a
عمق خاک	۰–۳۰	۱/۲۸۴ a	۱۳/۰۳ b	۰/۸۴۸ a	۷/۸۵ b	۰/۸۱ b
	۳۰–۶۰	۱/۲۶۸ a	۲۵/۵ a	۰/۵۱۲ b	۷/۹۲ a	۰/۹۵ a

میزان عناصر موجود و در دسترس گیاهان به‌ویژه در خاک و مقدار جذب آن توسط گیاه، نقش مهمی در رشدونمو و حتی افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی دارد. از این‌رو، بررسی وضعیت و نقش آنها در فرآیند سوخت‌وساز گیاه بسیار مهم است. شناخت تغییرات رطوبت به‌دلیل مرتبط بودن آن با خصوصیات هیدرولوژیکی، بوم‌شناختی و فیزیوگرافی ناحیه رویشگاهی مهم است [۴]. Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کرده‌اند که رطوبت وزنی خاک در دو جهت شمالی و جنوبی متفاوت نبود، ولی درصد رطوبت خاک در توده‌های متأثر از زوال و خشکیدگی کمتر از توده‌های سالم بود و نقش و اهمیت محتوای رطوبت خاک در پدیدهٔ زوال را مهم توصیف کردند [۱۲]. براساس نتایج، رطوبت در توده‌های شاهد و فاقد زوال سه تا چهار برابر توده‌های درگیر با زوال بود. همچنین، اثر جهت جغرافیایی و شدت خشکیدگی بر وضعیت عناصر برگ و خاک توده‌های بلوط ایرانی نشان داد که جهت دامنه و شدت خشکیدگی تاجی اثر معنی‌داری بر مقدار فسفر، کلسیم و منیزیم برگ درختان بلوط داشت، به‌طوری‌که مقدار فسفر برگ در رویشگاه شمالی بیشتر از رویشگاه جنوبی و مقدار کلسیم و منیزیم برگ در رویشگاه شمالی بیشتر از جنوبی و در درختان سرخشکیده بیشتر از درختان سالم بود [۱۳]. شاخص رطوبت خاک در منطقهٔ شاهد حدود ۷/۱۴ درصد و در منطقهٔ دارای زوال ۵/۷۴ درصد برآورد شد. این دو عدد مربوط به مقایسهٔ رطوبت بین دو منطقه (دارای زوال و شاهد) است که عدد منطقهٔ شاهد در کل بیشتر بود. اختلاف حدود ۱/۵ درصد رطوبت خاک بین دو منطقهٔ شاهد و دارای زوال می‌تواند عامل تعیین‌کننده در پیشرفت فرآیند زوال در منطقهٔ قلعه‌سماع (دارای زوال) داشته باشد. مقدار این شاخص در زیر درختان سالم ۷/۹۲ درصد و در زیر درختان ناسالم ۶/۰۵ درصد بود که نقش این عامل مهم را در مقاومت درختان در برابر تنش‌های موجود روشن می‌سازد. این دو عدد مربوط به مقایسهٔ رطوبت خاک در زیر درختان سالم و درگیر زوال است که صرفاً در قطعه‌نمونهٔ دارای زوال تهیه شده است. بدین‌ترتیب رطوبت در پای درختان سالم بیشتر از درختان درگیر زوال بود و اعداد ذکر شده کاملاً صحیح است. همچنین، مقدار رطوبت خاک در افق سطحی ۵/۷۳ درصد و در افق ۶۰–۳۰ سانتی‌متری به ۷/۷۶ درصد رسید. کمتر بودن درصد رطوبت خاک در توده‌های متأثر از زوال نسبت به توده‌های سالم پیش از این گزارش و بر نقش و اهمیت محتوای رطوبت خاک در پدیدهٔ زوال تأکید شده بود [۹]. اختلاف حدود دو درصدی رطوبت خاک در عمق ۳۰–۰ و ۶۰–۳۰ نیز از نکات مهم نتایج این پژوهش بود. درکل، ریشه‌های سطحی نقش مهمی در فرآیند جذب مواد غذایی در لایهٔ سطحی به‌دلیل تجمع بیشتر مواد غذایی ایفا می‌کنند. اختلاف معنی‌دار شاخص رطوبت خاک در دامنهٔ صفر تا ۶۰ سانتی‌متری از نکات مهم و اثرگذار در کاهش جذب مواد غذایی در درختان بلوط دارد. پیش از این نیز در پژوهشی، دو راهبرد اساسی کاهش زوال درختان بلوط، تمرکز بر فعالیت‌های آبخیزداری و حفاظت جنگل در ناحیهٔ رویشی زاگرس بیان شده بود [۱۴]. نتایج این مطالعه در زمینهٔ اختلاف بیشتر نزدیک به سه درصدی رطوبت خاک در منطقهٔ متأثر از زوال نیز در تأیید همین موضوع به نقش حفظ آب و انجام فعالیت‌های آبخیزداری مناسب برای متأثر از زوال تأکید می‌کند. هدف این پژوهش شناسایی برخی از عوامل مؤثر بر زوال بود و همان‌طور که در نتایج آورده شده است، از بین عناصر پرمصرف، مقدار فسفر و کلسیم در خاک منطقهٔ شاهد بیشتر از منطقهٔ دارای زوال بود. بی‌تردید این اختلاف نمی‌تواند بی‌تأثیر در افزایش مقاومت درختان باشد. در نهایت لازم است بیان شود از یک سو با محلول پاشی مواد غذایی از طریق برگ، افزایش جذب عناصر می‌تواند روند زوال درختان درگیر با زوال را متوقف نماید اما از آنجا که دسترسی به درختان در مناطق جنگلی برای محلول پاشی کاری سخت و هزینه‌بر است، با تمرکز اقدامات آبخیزداری در کانون‌های زوال درختان می‌توان، امکان جذب عناصر موجود در خاک را افزایش داد. از طرفی در میان و بلندمدت با قرق این کانون‌ها و جلوگیری از چرای دام و بازگشت برگ و لاشبرگ‌ها به خاک، تقویت عناصر در خاک امکان‌پذیر خواهد بود. در کل عناصر غذایی در حالت محلول قابلیت جذب بیشتر دارند. وجود عناصر در خاک و کمبود رطوبت باعث جذب کمتر و در مواردی عدم جذب آنها توسط گیاه می‌گردد. با انجام اقدامات آبخیزداری فرصت نفوذ آب در خاک بیشتر و امکان دسترسی درختان به این عامل تعیین‌کننده برای تأمین نیاز آبی و کمک به جذب مواد غذایی بیشتر می‌گردد.

۴. نتیجه‌گیری

زوال بلوط در ایران به‌دلیل عوامل مختلف و پیچیده‌ای شکل گرفته است [۱۵] که در این زمینه دستیابی به اطلاعات خاک‌شناسی جنگل در پدیدهٔ زوال اهمیت زیادی دارد. براساس نتایج این پژوهش، در زیر درختان سالم مقدار کلسیم و منیزیم

بیشتر از مقدار این عناصر در خاک زیر درختان ناسالم بود و در مقابل، مقدار پتاسیم و فسفر در خاک زیر درختان سالم نسبت به درختان ناسالم کمتر اندازه‌گیری شد. در بررسی‌های انجام شده در مناطق دارای زوال بلوط مشخص شده که در لایه‌های بالای ۲۵ سانتی‌متری خاک، به‌طور عمده مقدار عناصر غذایی به‌ویژه فسفر بسیار کم است [۱۶]. شاید مقادیر کمتر این عناصر در خاک زیر درختان سالم، ناشی از مصرف این عناصر توسط درختان و درمقابل، مقدار بیشتر در پای درختان ناسالم، ناشی از ناتوانی در جذب این عنصر مهم باشد. کاهش مقدار فسفر قابل جذب در خاک مناطق دارای خشکیدگی نسبت به مناطق بدون خشکیدگی پیش از این نیز گزارش شده است [۱۷]. Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) مقدار فسفر در خاک توده‌های سالم را به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های خشکیده اعلام کردند [۱۲]. همچنین، مقدار عناصر پرمصرف نیتروژن، پتاسیم و فسفر در خاک زیر تاج درختان سالم بیشتر از زیر تاج درختان خشکیده گزارش شده است [۱۸]. مقدار پتاسیم و فسفر در افق سطحی بیشتر و در مقابل کلسیم و منیزیم در لایه‌های پایین‌تر به مقدار بیشتر در دسترس درختان بلوط هستند. فسفر و پتاسیم از تجزیهٔ هوموس به خاک اضافه می‌شوند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد نیتروژن و فسفر قابل دسترس و ظرفیت تبادل کاتیونی با مادهٔ آلی خاک و همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پتاسیم، فسفر و نیتروژن پیش از این گزارش شده است [۱۹]. همچنین، منشأ کلسیم و منیزیم موجود در خاک‌ها، سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ خاک هستند [۲۰]. به‌نظر می‌رسد درصد بیشتر کلسیم و منیزیم در لایهٔ پایین متأثر از درصد آهک زیاد در لایه پایین‌تر باشد، به‌طوری‌که مهم‌ترین منبع منیزیم، سنگ آهک دولومیتی است که تأمین‌کنندهٔ کلسیم نیز خواهد بود. نتایج این پژوهش نشان داد که درختان بلوط در زمان تنش با جذب انتخابی عناصر غذایی، فرآیند مقابله با شرایط سخت محیطی را فعال می‌کنند. قطعاً افزایش دسترسی بیشتر درختان به این عناصر انتخابی ازجمله فسفر می‌تواند نقش مهمی در افزایش مقاومت درختان در برابر خشکیدگی و پیشرفت فرآیند زوال داشته باشد. اختلاف بیشتر نزدیک به سه درصدی رطوبت خاک در منطقهٔ شاهد با منطقهٔ دارای زوال بلوط، بیانگر نقش مؤثر این عامل مهم در جلوگیری از پیشرفت زوال است. بر این اساس، افزایش فعالیت‌های آبخیزداری با هدف ذخیرهٔ بیشتر نزولات در این مناطق می‌تواند روند رو به رشد زوال در درختان بلوط را متوقف کند.

۵. منابع

[1] Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzadeh, J., Bordbar, SK., Iranmanesh, Y., & Khodakarami, Y. (2017). The history of oak decline in Zagros forests. *Journal of Iran Nature*, 2(1), 30-37. (In Persian)

[2] Zandebasiri, M., Groselj, P., Azadi, H., Serio, F., & Abbasi Shoureshjani, R., (2021). DPSIR framework priorities and its application to forest management: a fuzzy modeling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 598.

[3] Baoming, D., Huawei, J.I., Shirong, L., Hongzhang, K. & Shan, Y. (2021). Nutrient resorption strategies of three oak tree species in response to inter-annual climate variability. *Forest Ecosystems*, 8, 70.

[4] Teimouri, M. Alizadeh, T., Iranmanesh, Y., Sadgezdeh Hallaj, M.H., & Pourhashemi, M. (2022). The evaluation of changes in the chemical and biological properties of soil in Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(1), 14-26. (In Persian)

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

[6] Aazami, A., Hosseni, A., & Hoseianzadeh, J. (2018). he 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)

[7] Jahanbazy Goujani, H., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Shirmardi, H.A., Mehnatkesh A., Pourhashemi, M., & Habibi, M. (2021). Effect of physiographic factors on absorption of essential nutritional elements of the leaf in Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests of Helen, Chaharmahal & Bakhtiari province, affected by decline. *Plant Research Journal*, 33(3), 544- 553. (In Persian)

[8] Gao, X. S., Deng, L., Li, Q., Wang, C., Li, B., Ping, O., Deng, P., & Zeng, M., (2019). Spatial variability of soil total nitrogen, phosphorus and potassium in Renshou County of Sichuan Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(2), 279-289.

[9] Subel, F., & Bruggemann, W. (2021). Tree water relations of mature oaks in southwest Germany under extreme drought stress in summer 2018. *Plant Stress*, 1, 100010.

[10] Heshmati, M., Gheitouri, M., Sheikhvaisi, M., Arabkhedri, M., & Hosin, M. (2018). Combating the forest mortality crises in Zagros regions, Iran through adaptive approaches solutions. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(3), 125-141. (In Persian)

[11] Ali Ehyaei, M., & Behbahanizadeh, A. (1994). Description of soil chemical decomposition methods. Soil and Water Research Institute, 129 p. (In Persian)

[12] Zarafshar, M., Matinizedeh, M., Negahdarsaber, M., 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*, 28(2), 140-152. (In Persian)

[13] 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)

[14] Zandebasiri, M., Soosani, J., & Pourhashemi, M. (2017). Evaluating existing strategies in environmental crisis of Zagros forests of Iran. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3), 621-631.

[15] Pourhashemi, M., & Moein Sadeghi, S.M. (2021). A review on ecological causes of oak decline phenomenon in Forests of Iran. *Ecology of Iranian Forests*, 8(16), 148-164. (In Persian)

[16] Oosterbaan, A., & Nabuur, G.J. 1991. Relationships between oak decline and groundwater class in The Netherlands. *Plant and Soil*, 136(1), 87-93.

[17] Soleimani, R., & Najafifar, A. (2020). Variability of soil chemical characteristics in Oak stands with different dieback. *Journal of Plant Ecosystem Protection*, 8(16), 265-283. (In Persian)

[18] Ahmadi, M., & Rostami, A. (2021). Investigation of the relationship between drought of Iranian Oak trees with Stand structure, physiographic factors and soil (Case study: Forests of Ilam). *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 11(2), 155-167. (In Persian)

[19] Khazaie, E., Bostani, A.A., & Davatgar, N. (2017). Geostatic and GIS evaluation of spatial variability of nitrogen, phosphorus, potassium, and cation exchange capacity in agro-industrial land of Sharif Abad in Qazvin. *Iranian Journal of Soil Research*, 31(2), 195-214. (In Persian)

[20] Veisi Sartaiere, Hg., Shekari, P., & Bahmani, A. (2017). Investigating the spatial changes of some calcium and magnesium components of surface soil in the Darband plain of Kermanshah province. The first international conference on water, environment and sustainable development, 6 to 8 October, Ardabil: 1-10. (In Persian)