

Investigating the changes of deep soil parameters adjacent to control stands and dieback trees in the forests of Kurdistan province (Case study: Marivan county)

Maziar Haidari^{*1}, Mohammad Matinizadeh², Mehdi Pourhashemi³, Elham Nouri⁴ and Seyed Mousa Sadeghi⁵

1* -Corresponding Author, Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran. Email: m.haidari@areeo.ac.ir

2- Associate Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3- Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4- Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

5- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 15.02.2024

Accepted: 09.07.2024

Abstract

Background and Objectives: Oak decline is a critical issue in Zagros forest ecosystems. Disruptions in nutrient and water uptake, exacerbated by environmental stress, weaken trees, leading to deterioration. Soil physico-chemical characteristics significantly influence forest habitat performance. Given the spread of dieback trees in Kurdistan province, this study aimed to investigate changes in deep soil parameters associated with control stands (healthy trees) and dieback trees in the coppice stands of Marivan county, northwest Kurdistan province.

Methodology: The study was conducted in dieback (Garan) and control (Dolah Naw) forest stands in Marivan county. Within each stand, ten trees (five healthy and five dieback) were selected across north and south aspects (totaling 30 trees: 10 in the control, 20 in the dieback habitat) and numbered in 2018. Soil samples were collected on the northern side of the crown, one meter from the tree trunk at a depth of 20-40 cm (first week of August). Laboratory analyses determined moisture percentage, pH, electrical conductivity, available phosphorus, potassium, nitrogen percentage, organic carbon percentage, lime percentage, calcium, and magnesium. Principal Component Analysis (PCA) using PC-ORD 5 software was employed to assess the effect of deterioration on soil physico-chemical characteristics.

Results: Statistically significant differences were observed among the ten physical and chemical parameters across the six treatments. The highest average values for electrical conductivity (599 decisiemens/cm), moisture (13.1%), lime (13.8%), available phosphorus (13 mg/kg), and potassium (1317 mg/kg) were found in soil near trees on the northern slope of control stands. Conversely, the highest levels of organic carbon (3.75%), nitrogen (0.32%), and calcium (44.2 milliequivalents/100g) were observed in soils beneath healthy trees on the southern slope of control stands. Generally, control stands (both northern and southern aspects) exhibited higher values for most soil physico-chemical parameters, except pH and magnesium. Dieback trees showed nutrient and macronutrient deficiencies, with lower element concentrations in the soil under their crowns. PCA revealed that electrical conductivity and moisture had the highest positive loading (0.42) on the first component, while organic carbon and nitrogen loaded at 0.41. Calcium, lime, and pH loaded on the second component with positive values of 0.55, 0.53,

and 0.49, respectively. PCA also indicated better soil moisture in healthy trees on the northern slope.

Conclusion: Soil physico-chemical parameters and macroelement concentrations were generally higher near trees in control stands compared to dieback-affected stands. For optimal management of dieback trees in the research area, soil enrichment and strengthening, enhanced protection measures (livestock grazing and traditional exploitation control), increased forest restoration and development in dry areas (particularly southern slopes), and sanitary cuts (branches and stems with red cracking and deterioration) are recommended.

Keywords: Dieback trees, Garan sample plots, soil nutrients, Principal Component Analysis

بررسی تغییرات مشخصه‌های خاک عمقی مجاور درختان شاهد و دچار زوال در جنگل‌های استان کردستان (مطالعه موردی: جنگل‌های مریوان)

مازیار حیدری^{۱*}، محمد متینی‌زاده^۲، مهدی پورهاشمی^۳، الهام نوری^۴ و سید موسی صادقی^۵

^۱ - نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران، پست الکترونیک: m.haidari@areeo.ac.ir

^۲ - دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۳ - استاد پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۴ - کارشناس تحقیقات، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۵ - استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: امروزه پدیده زوال بلوط مهمترین مشکل اساسی اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس محسوب می‌شود. اختلال در جذب عناصر غذایی و آب و بیشتر شدن این اختلال با افزایش تنش‌های محیطی، موجب ضعیف شدن درختان و در نهایت زوال آنها می‌شود. از اصلی‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد رویشگاه‌های جنگلی، می‌توان به مشخصه‌های فیزیکی - شیمیایی خاک اشاره کرد. با توجه به گسترش زوال و سرخشکیدگی درختان بلوط در استان کردستان، ضروری است، عوامل مؤثر مانند مشخصه‌های فیزیکی - شیمیایی خاک بر گسترش زوال بلوط در شهرستان مریوان شناسایی و بررسی شود. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تغییر مشخصه‌های خاک عمقی درختان سالم (شاهد) و درختان دچار زوال در جنگل‌های شاخه‌زاد شهرستان مریوان در شمال غرب استان کردستان بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در توده‌های جنگلی دچار زوال (گاران) و سالم (دوله‌ناو) در شهرستان مریوان انجام شد. در هر یک از رویشگاه‌ها در هر دامنه (شمالی و جنوبی)، ۱۰ درخت (پنج درخت سالم و پنج درخت دارای سرخشکیدگی) انتخاب گردید (در کل ۳۰ درخت شامل ۱۰ درخت رویشگاه شاهد و ۲۰ درخت رویشگاه دارای زوال) و در سال ۱۳۹۸ شماره‌گذاری شدند. در سمت شمالی تاج درخت (زیر تاج) در فاصله یک متری از تنه درختان در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری، اقدام به نمونه برداری خاک شد (در هفته اول مردادماه). در آزمایشگاه، مشخصه‌های درصد رطوبت وزنی، pH، هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد نیتروژن، درصد کربن آلی، درصد آهک معادل، کلسیم قابل جذب و منیزیم قابل جذب اندازه‌گیری شدند. برای بررسی تأثیر زوال بر مشخصه‌های فیزیکی - شیمیایی خاک، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار PC-ord 5 استفاده شد.

نتایج و یافته‌ها: نتایج نشان داد، بین ۱۰ مشخصه فیزیکی و شیمیایی خاک در شش تیمار مورد پژوهش، اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. برای مشخصه‌های هدایت الکتریکی (با ۵۹۹ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر)، رطوبت وزنی (با ۱۳/۱ درصد)، آهک معادل (با ۱۳/۸ درصد)، فسفر موجود (با ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پتاسیم (با ۱۳۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، بیشترین مقادیر میانگین آنها در خاک مجاور درختان دامنه شمالی در توده شاهد (سالم) مشاهده شد. از سویی، برای مشخصه‌های درصد کربن آلی (با ۳/۷۵ درصد)، نیتروژن (با ۰/۳۲ درصد) و کلسیم قابل جذب (با ۴۴/۲ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰) بیشترین مقدار آنها در درختان سالم در دامنه جنوبی توده شاهد (سالم) تأیید شد. در کل، برای تمامی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (به جز pH و منیزیم قابل جذب)، بیشترین مقادیر آنها در توده‌های شاهد (دامنه شمالی و جنوبی) تأیید گردید، بنابراین، در درختان دچار سرخشکیدگی، فقر عناصر غذایی و ماکرو مشاهده شد و مقادیر کمتر عناصر در خاک زیر تاج درختان دچار زوال مشاهده شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه مؤلفه‌های

درصد هدایت الکتریکی و رطوبت وزنی با بیشترین مقدار مثبت ۰/۴۲، کربن آلی و نیتروژن با ۰/۴۱ با مؤلفه اول و کلسیم قابل جذب، آهنک و اسیدپته با بیشترین مقدار مثبت به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۳ و ۰/۴۹ با مؤلفه دوم دسته‌بندی شدند. همچنین، نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی حکایت از آن دارد که درختان سالم موردبررسی در دامنه شمالی دارای رطوبت وزنی خاک بهتری هستند. نتیجه‌گیری: نتایج کلی نشان داد، بیشتر مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی و عناصر ماکرو خاک در مجاور درختان واقع در توده شاهد (سالم) بیشتر از خاک توده متأثر از زوال بود و برای مدیریت بهینه زوال و سرخشکیدگی درختان در منطقه موردپژوهش، غنی‌سازی و تقویت خاک، افزایش اقدامات حفاظتی (کنترل چرای دام و بهره‌برداری‌های سنتی)، افزایش برنامه‌های احیایی و توسعه جنگل در توده‌های دچار خشکیدگی (به‌ویژه دامنه جنوبی) و اجرای برش‌های بهداشتی (سرشاخه‌ها و جست‌های درگیر با سرخشکیدگی و زوال) پیشنهاد شدند.

واژه‌های کلیدی: درختان سرخشکیده، قطعه‌نمونه گاران، عناصر غذایی خاک، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

مقدمه

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان وسیع‌ترین بوم‌سازگان جنگلی طبیعی کشور هستند (Jazirehi & Ebrahimi Rastaghi, 2003) و نقش مهمی در تنظیم آب‌و‌خاک و تعادل اکولوژیک منطقه دارند. متأسفانه در سالیان اخیر، بخش‌های وسیعی از جنگل‌های بلوط زاگرس دچار سرخشکیدگی و زوال (Oak decline) شدند (Pourhashemi *et al.*, 2017; Hosseinzadeh & Pourhashemi, 2015). مهمترین نشانه بروز زوال بلوط و سرخشکیدگی درختان، به‌طور معمول در تاج درختان نمایان می‌شود (Hosseinzadeh & Pourhashemi, 2015). از نشانه‌های خشکیدگی درختان می‌توان به ریزش بیش‌ازحد شاخه‌های نازک، زردشدن و رنگ‌پریدگی تاج، مرگ سرشاخه‌ها و کل تاج درختان و ظهور جوانه‌های نابه‌جا اشاره کرد (Jahanbazi *et al.*, 2020; Ciesla & Donaubaue, 1994). از مهمترین عوامل مؤثر و تشدیدکننده زوال درختان بلوط می‌توان به تغییر در مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، وقوع خشک‌سالی، شیوع آفات و امراض، عوامل فیزیوگرافی و مشخصات ساختاری توده جنگلی اشاره نمود (Haidari *et al.*, 2023a; Azimnezhad *et al.*, 2021; Hosseini, 2017; Rozas & Sampedro, 2013; Kabrick *et al.*, 2008). بنابراین، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط فیزیوگرافی (به‌ویژه جهت دامنه) از عوامل اصلی مؤثر بر بروز و توسعه زوال درختان بلوط هستند.

پژوهشگرانی مانند Rozas و Sampedro (۲۰۱۳)، Hosseini و همکاران (۲۰۱۷)، Azimnezhad و همکاران (۲۰۲۱) و Solimani و همکاران (۲۰۱۴) بر غلظت کمتر عناصر غذایی ماکرو (سدیم، منیزیم قابل جذب، کلسیم قابل جذب و نیتروژن خاک) در خاک اطراف درختان درگیر با زوال نسبت به خاک اطراف درختان سالم تأکید نمودند و بیان کردند، درختان خشکیده و درختان با میزان زیاد سرخشکیدگی، اغلب در خاک‌های با بافت سنگین قرار گرفته‌اند و فقر عناصر غذایی، یکی از مهمترین عوامل تشدید زوال بلوط بوده است. در پژوهشی Hosseini و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند، در جنگل‌های مله‌سیاه ایلام، میزان کربن آلی خاک تحت تأثیر معنی‌دار جهت دامنه بود و میزان کربن آلی عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک در رویشگاه شمالی کمتر از رویشگاه جنوبی بود. میزان pH، کربنات کلسیم، رطوبت خاک عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر و رطوبت خاک عمق ۵۰-۲۰ سانتی‌متر نیز تحت تأثیر جهت دامنه تغییر کردند. نتایج پژوهش دیگر نشان داد، در منطقه حفاظت‌شده دنا، شیب‌های زیاد و جهت‌های جنوبی از درصد خشکیدگی بیشتری برخوردارند، اما متغیرهای خاک هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری با خشکیدگی نشان ندادند و به‌طورکلی شرایط توپوگرافی و جنگل‌شناسی از جمله عوامل مهمی بودند که بر چگونگی پراکنش خشکیدگی درختان بلوط ایرانی به‌ویژه بر درختان کوچک و شاخه‌زاد تأثیر گذاشتند (Amir Ahmadi *et al.*, 2015).

Hosseinzadeh و همکاران (۲۰۱۵)، Aazami و همکاران

سانتی‌متری) در توده‌های شاهد و متأثر از زوال در شهرستان مریوان، پژوهش جامعی انجام نشده است. در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری، مقدار و تغییرات عناصر خاک، ذخیره رطوبت زیرسطحی، حرکت عمودی و افقی رطوبت، ضخامت قسمت اشباع و عمق ریشه درختان در خاک به شدت متغیر بوده است و عناصر غذایی و ماکرو خاک در مجاور توده‌های شاهد از توده‌های دچار زوال به صورت معنی‌دار بیشتر است و به عنوان فرضیه اصلی این پژوهش انتخاب شد. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تغییر مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک‌های عمقی مجاور درختان سالم و دچار خشکیدگی در شهرستان مریوان است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در جنگل‌های شهرستان مریوان در شمال غرب استان کردستان انجام شد. مختصات جغرافیایی منطقه بر مبنای سامانه تصویر UTM با شماره زون ۳۸ شمالی، بین طول‌های ۶۲۳۶۸۰ و ۶۱۷۵۹۵ و عرض‌های ۳۹۳۴۴۶۵ و ۳۹۳۱۹۷۰ است. منطقه، کوهستانی و پرشیب است و انواع درختان بلوط، گونه‌های درختی غالب منطقه را تشکیل می‌دهند (Maleki, 2023). ساختار جنگل در مناطق گاران و دوله‌ناو به ترتیب شاخه‌زاد ناهم‌سال کم‌قطر و شاخه‌زاد هم‌سال کم‌قطر بود، تراکم جنگل در این منطقه به ترتیب ۸۵۲ و ۵۵۲ اصله درخت در هکتار است (Haidari *et al.*, 2022a; Haidari *et al.*, 2022b). رویشگاه متأثر از زوال (گاران) و رویشگاه شاهد و توده کاملاً سالم (دوله‌ناو) در این شهرستان انتخاب شدند (شکل ۱).

(۲۰۱۸) و Haidari و همکاران (۲۰۲۳b) بر اهمیت تأثیر عوامل فیزیوگرافی (به‌ویژه جهت دامنه) بر زوال درختان بلوط تأکید کردند و نشان دادند، میزان خشکیدگی در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی و در ارتفاع پایین بیشتر از ارتفاع بالا بوده است.

در مطالعه‌ای Zarafshar و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند، در جنگل‌های استان فارس، درصد رطوبت خاک در قطعات نمونه شاهد نسبت به قطعات خشکیدگی بیشتر بود. همچنین، در پژوهشی دیگر، Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند، در استان فارس، رطوبت خاک (حدود ۳-۴ برابر)، هدایت الکتریکی (حدود ۲۸-۲۹ درصد)، مقدار فسفر (حدود ۴-۵ برابر) و پتاسیم (حدود ۲ برابر) در خاک توده‌های شاهد به مراتب بیشتر از توده‌های دچار زوال بود. در کوتاه‌مدت، ریزش شاخ‌وبرگ خشکیده درختان دچار زوال تا حدودی می‌تواند کمبود مواد آلی خاک را جبران کند و با گذشت زمان و تضعیف بیشتر درختان، کاهش کیفیت خاک در بلندمدت محسوس‌تر می‌شود. Haidari و همکاران (۲۰۲۳a) نشان دادند، مقدار عناصر فسفر و پتاسیم در توده شاهد بیشتر از توده درگیر زوال و دارای سرخشکیدگی بود.

در استان کردستان، ۲۵۶۰۰۰ هکتار جنگل وجود دارد و ۸/۸ درصد از سطح استان را پوشش می‌دهد و سرخشکیدگی و در سالیان اخیر زوال درختان بلوط در این جنگل‌ها در حال گسترش است (Haidari *et al.*, 2022c). براساس پژوهش‌های انجام‌شده، تاکنون در زمینه مقایسه برخی مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک‌های عمقی (عمق ۲۰ تا ۴۰

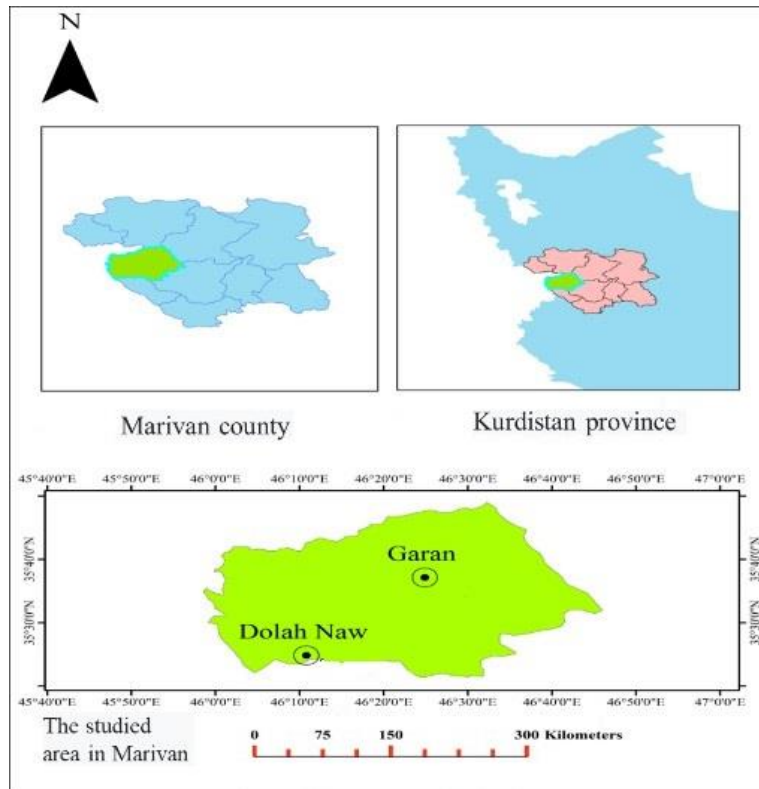
جدول ۱- برخی مشخصه‌های ساختاری توده‌های جنگل در دو رویشگاه مورد پژوهش

Table 1. Some structural parameters of the forest stands in the two researched habitats

Crown Cover (%)	Crown area (m ²)	Density (N/ha)	Tree height (meters)	Basal area (m ² /ha)	DBH (centimeters)	High forest (%)	Coppice forest (%)	Elevation of height above sea level	Habitats
51.6	6.05	852	3.2	11.95	11.63	9.9	90.1	1410	Garan
37.4	6.77	6.77	3.7	13.21	15.61	17.4	82.6	1450	Dolah Naw

سالانه به ترتیب $۸۲۴/۲$ ، $۱۳/۵$ و $۱۶۳۹/۵$ میلی‌متر در سال بود (براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی بانه و شرکت آب منطقه‌ای کردستان ۱۴۰۱-۱۳۷۷).

در سال ۱۳۹۸ (سال انجام پژوهش)، میانگین بارندگی $۷۹۰/۱$ میلی‌متر در سال، دمای هوا $۱۳/۷$ درجه سانتی‌گراد و تبخیر سالانه $۱۷۴۰/۱$ میلی‌متر در سال بود (جدول ۱) و میانگین بلندمدت مشخصه‌های بارندگی سالانه، دما و تبخیر



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش در شهرستان مریوان در استان کردستان

Figure 1. Location of the study area in Marivan county in Kurdistan province

انتخابی برای پژوهش پیشرو از طبقات قطری ۱۰ ($۱۲/۵$ - $۷/۵$) و ۱۵ سانتی‌متری ($۱۲/۵$ - $۱۷/۵$) انتخاب شدند. سپس در سمت شمالی تاج درخت در فاصله یک متری از تنه درختان (زیر تاج درختان) در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری (خاک عمقی)، اقدام به نمونه‌برداری خاک شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند و به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان منتقل شدند.

روش تحقیق

در رویشگاه دارای زوال در هر دامنه، ۱۰ درخت انتخاب شد (پنج درخت سالم و پنج درخت دارای سرخشکیدگی) و در مجموع، ۲۰ درخت انتخاب گردید (رویشگاه گاران). از سویی، در رویشگاه شاهد نیز در مجموع، ده درخت در دو دامنه (هر دامنه پنج درخت) انتخاب (در کل ۳۰ درخت در هر دو رویشگاه) و شماره‌گذاری شدند (شکل ۲). قابل ذکر است، درختان



شکل ۲- نمونه درختان انتخاب شده در هر دو رویشگاه (A: سالم، B و C: دارای سرخشیدگی)

Figure 2. Samples of healthy trees (A) and dieback trees in the two studied plot (B and C)

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون مقایسه گروهی دانکن استفاده گردید. آنالیز داده‌ها با استفاده از SPSS 20 انجام شد. برای بررسی تأثیر زوال و خشکیدگی بر مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی خاک از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. تجزیه مؤلفه‌های اصلی یکی از انواع روش‌های تحلیل داده‌های چندمتغیره است که هدف آن، کاهش متغیرهای مورد مطالعه است (Tahmasabi, 2018). تجزیه مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار PC-ORD 5 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد، بین تمامی مشخصه‌های پژوهش، درختان سرخشیده در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (غیر از فسفر موجود و منیزیم قابل جذب که اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد تأیید شد) (جدول ۲).

در آزمایشگاه خاک، مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی شامل درصد رطوبت وزنی اولیه، pH، هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد نیتروژن، درصد کربن آلی، درصد آهک معادل، کلسیم قابل جذب و منیزیم قابل جذب اندازه‌گیری شدند (Maleki et al., 2023). اندازه‌گیری pH گل اشباع با دستگاه pH متر، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (Walkley & Black, 1934)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم با فلیم‌فتمتر و کلسیم قابل جذب و منیزیم قابل جذب محلول دستگاه جذب اتمی (Emami, 1996)، نیتروژن کل با روش کج‌دال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982) و درصد آهک معادل به روش کلسی متر فشاری و با دستگاه اسپکتوفتومتری انجام شد (Tofighi, 2003).
آزمون‌های آماری و محاسبات

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس برای مقایسه مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در بین درختان سرخشکیده و شاهد (در دو

جهت جغرافیایی دامنه) در منطقه مورد پژوهش

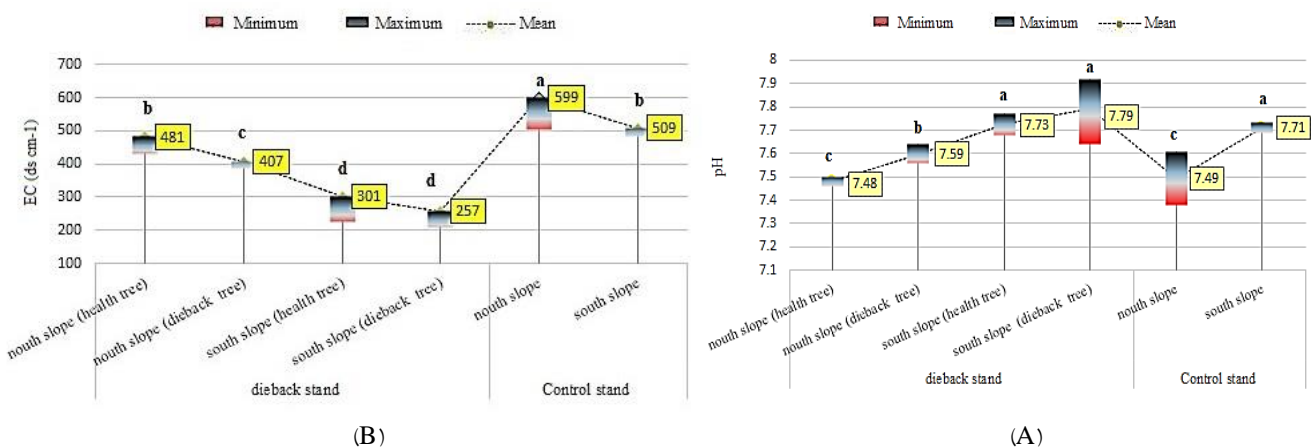
Table 2. The results of ANOVA test to compare the physical and chemical parameters of the soil between dieback and control trees (in two slope aspect) in the study area

Parameters	Degrees of freedom	Mean Square	F value	The significance level
pH	5	0.085	20.861	0.000**
EC	29	84507.040	32.879	0.000**
Phosphorus	24	38.280	3.741	0.012*
Organic Carbon	5	3.213	15.004	0.000**
Potassium	29	540013.977	5.298	0.002**
Total Nitrogen	24	0.024	14.499	0.000**
Moisture	5	16.688	140.295	0.000**
CaCO ₃	29	154.521	108.575	0.000**
Magnesium	24	27.980	2.865	0.036*
Calcium	5	326.593	16.467	0.000**

*: significant at $p < 0.05$ and **: significant at $p < 0.01$

الکتریکی خاک به ترتیب در درختان دامنه شمالی توده شاهد (با ۵۹۹ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر) و درختان سرخشکیده جنوبی توده زوال (با ۲۵۷ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر) تأیید شد (شکل ۳-ب) و این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

بر اساس نتایج، بیشترین و کمترین مقدار pH خاک در نمونه‌های درختان سرخشکیده جنوبی توده زوال با ۷/۷۹ و درختان سالم شمالی توده زوال با ۷/۴۸ مشاهده شد (شکل ۳-الف) و این اختلاف از نظر آماری در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار هدایت



شکل ۳- میانگین pH (A) و هدایت الکتریکی (B) در قطعات نمونه گاران و دوله‌ناو

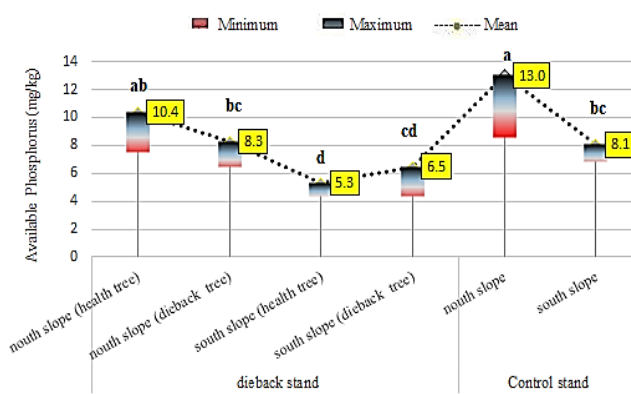
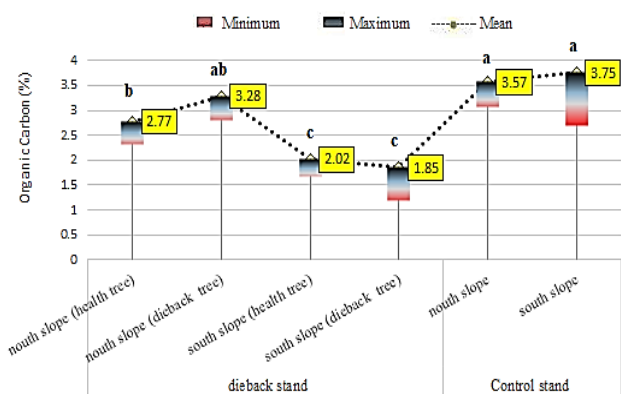
Figure 3. Average pH (A) and Soil Resistivity (B) in samples of Garan and Doleh Naw

زوال با ۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۳-الف) و این اختلاف از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار درصد

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین مقدار فسفر موجود خاک در نمونه‌های مجاور درختان دامنه شمالی توده شاهد با ۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و درختان سالم جنوبی در توده

شد (شکل ۴-ب) و این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

کربن آلی خاک به ترتیب در نمونه‌های خاک مجاور درختان دامنه جنوبی توده شاهد با ۳/۷۵ درصد و درختان سرخشکیده دامنه جنوبی توده زوال با ۱/۸۵ درصد تأیید



(B)

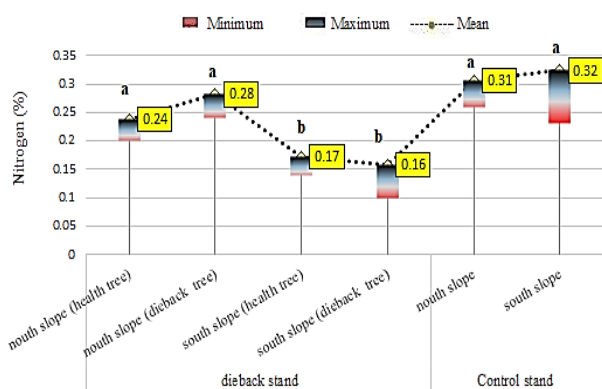
(A)

شکل ۴- میانگین مقدار فسفر موجود (A) و درصد کربن آلی (B) در قطعات نمونه گاران و دوله‌ناو

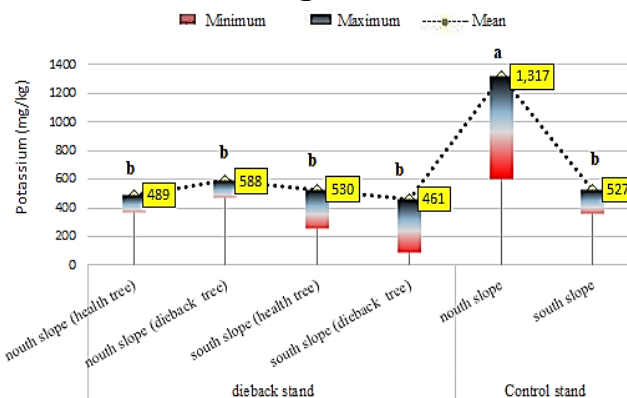
Figure 4. The average amount of available phosphorus (A) and the percentage of organic carbon (B) in the samples of Garan and Doleh Naw

(جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار درصد نیتروژن خاک به ترتیب در نمونه‌های خاک مجاور درختان دامنه جنوبی توده شاهد با ۰/۳۲ درصد و درختان سرخشکیده دامنه جنوبی توده زوال با ۰/۱۶ درصد تأیید شد (شکل ۵-ب) و این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم خاک در نمونه‌های مجاور درختان دامنه شمالی توده شاهد با ۱۳۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و درختان سرخشکیده جنوبی در توده زوال با ۴۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۵-الف) و این اختلاف از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود



(B)



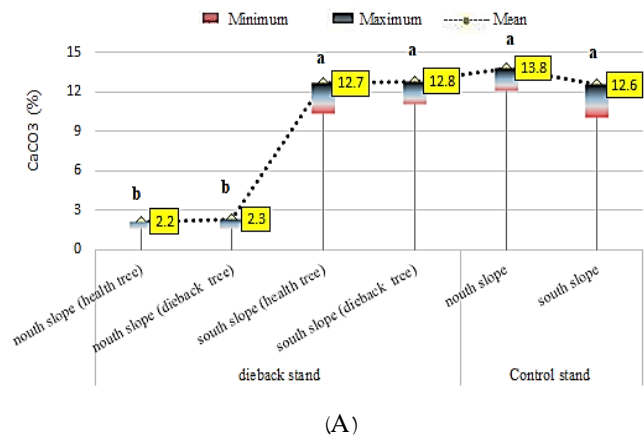
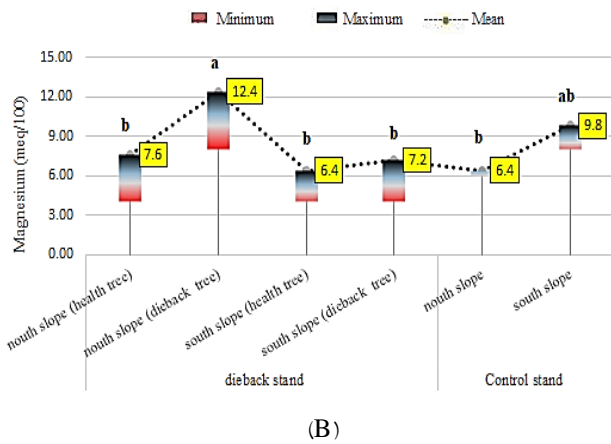
(A)

شکل ۵- میانگین مقدار پتاسیم (A) و درصد نیتروژن (B) در قطعات نمونه گاران و دوله‌ناو

Figure 5. The average amount of potassium (A) and percentage of nitrogen (B) in the samples of Garan and Doleh Naw

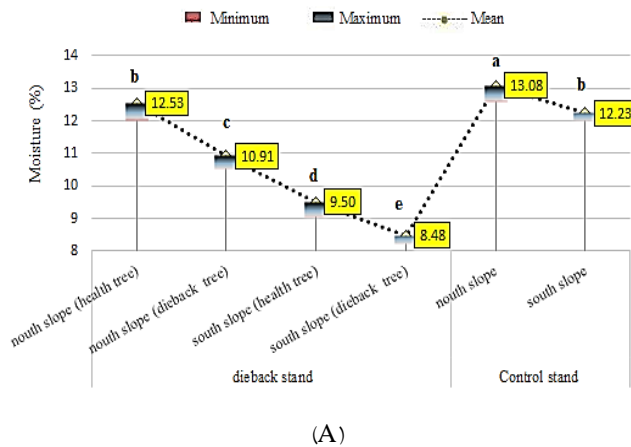
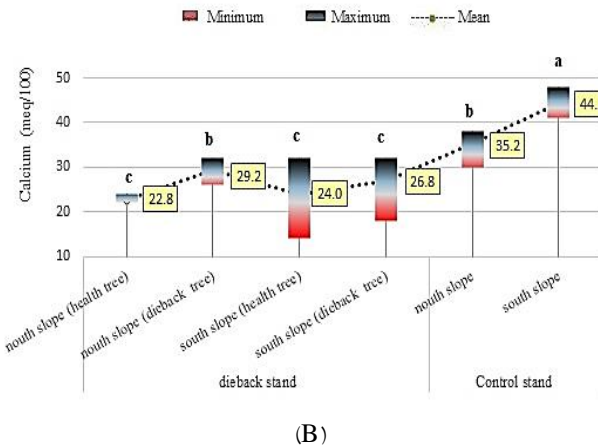
نمونه‌های خاک مجاور درختان سرخشکیده دامنه شمالی توده زوال با ۱۲/۴ میلی اکی‌والان بر ۱۰۰ و درختان سالم دامنه جنوبی توده زوال با ۶/۴ میلی اکی‌والان بر ۱۰۰ تأیید شد (شکل ۶-ب) و این اختلاف در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین درصد آهک معادل خاک در نمونه‌های مجاور درختان دامنه شمالی توده شاهد با ۱۳/۸ درصد و درختان سالم شمالی در توده زوال با ۲/۲ درصد مشاهده شد (شکل ۶-الف) و این اختلاف از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار منیزیم قابل جذب خاک به ترتیب در



شکل ۶- میانگین درصد آهک معادل (A) و مقدار منیزیم قابل جذب (B) در قطعات نمونه گاران و دوله‌ناو

Figure 6. Average percentage of lime (A) and amount of magnesium (B) in samples of Garan and Doleh Naw



شکل ۷- میانگین درصد رطوبت وزنی (A) و مقدار کلسیم قابل جذب (B) در قطعات نمونه گاران و دوله‌ناو

Figure 7. The average percentage of moisture (A) and the amount of calcium (B) in the samples of Garan and Doleh Naw

۱۳/۱ درصد و درختان سرخشکیده جنوبی توده زوال با ۸/۵ درصد مشاهده شد (شکل ۷-الف) و این اختلاف از نظر آماری

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین درصد رطوبت وزنی خاک در نمونه‌های مجاور درختان دامنه شمالی توده شاهد با

تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)

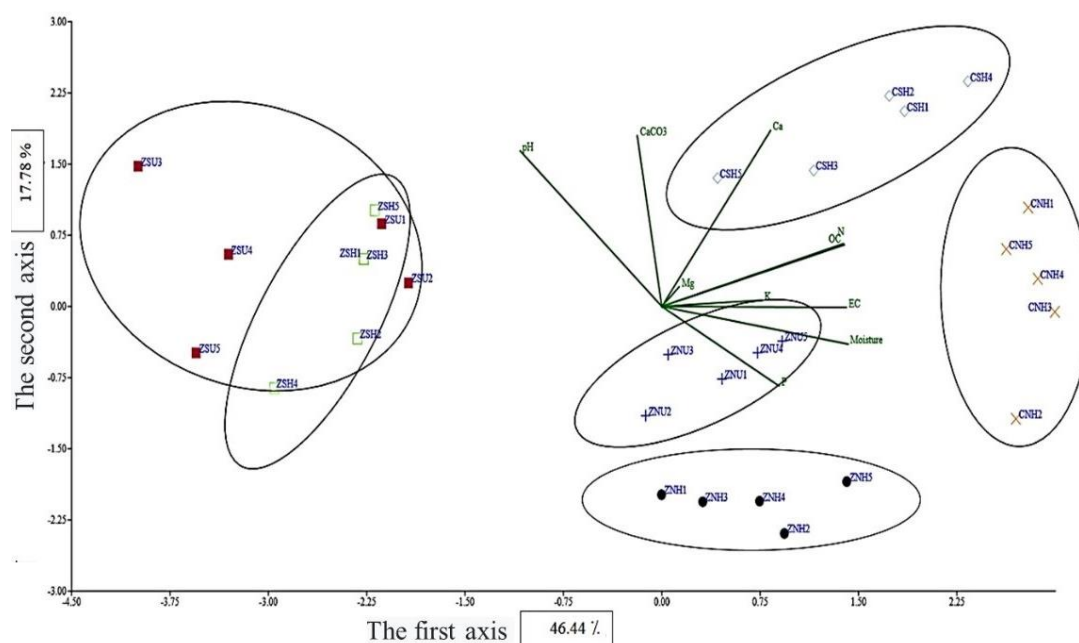
نتایج تجزیه PCA روی مشخصه‌های خاک اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ و پراکنش مشخصه‌ها روی محورهای PCA در شکل ۸ نشان داده شد.

در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار کلسیم قابل جذب خاک به ترتیب در نمونه‌های خاک مجاور درختان سرخشکیده دامنه جنوبی شاهد با ۴۴/۲ میلی اکی‌والان بر ۱۰۰ و درختان سالم دامنه شمالی توده زوال با ۲۲/۸ میلی اکی‌والان بر ۱۰۰ تأیید شد (شکل ۷-ب) و این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۳- نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در افق B (20-40 سانتی‌متری)

Table 3. Results of Principal Component Analysis for measured soil properties in B layer (20-40 cm).

The second component	The first component	Variable
0.49	-0.32	pH
-0.00	0.42	EC
-0.25	0.26	P
0.19	0.41	OC
0.01	0.22	K
0.19	0.41	N
-0.11	0.42	Moisture
0.53	-0.05	CaCO ₃ %
0.06	0.03	Mg
0.55	0.24	Ca
1.77	4.64	Eigenvalue
17.78	46.44	Variance %
64.22	46.44	Cumulative variance %



شکل ۸- مؤلفه‌های اصلی مشخصه‌های مختلف خاک با توجه به درختان ZNH (سالم در تیپ زوال شمالی)، ZNU (زوال در تیپ زوال شمالی)، ZSH (سالم در تیپ زوال جنوبی)، ZSU (زوال در تیپ زوال جنوبی)، CNH (شاهد شمالی سالم) و ZSH (شاهد جنوبی سالم)

Figure 8. The Principal Component Analysis of different soil parameters depending on the trees ZNH (Healthy in the northern decline), ZNU (Decline in the northern decline), ZSH (Healthy in the southern decline), ZSU (Decline in the southern decline), CNH (Healthy North Shahid) and ZSH (Zeval South Shahid)

مشخصه‌ها در توده‌های شاهد شمالی مشاهده شد، از سویی، برای مشخصه‌های درصد کربن آلی، نیتروژن و کلسیم قابل جذب در درختان شاهد در دامنه جنوبی تأیید شد (شکل‌های ۳ تا ۷) و درکل برای همه مشخصه‌های فیزیکی شیمیایی خاک (به جز pH و منیزیم قابل جذب)، بیشترین مقادیر آنها در توده‌های شاهد شمالی و جنوبی مشاهده شد. از سویی، برای مشخصه‌های pH و منیزیم قابل جذب بیشترین مقادیر این عناصر در درختان سرخشکیده جنوبی توده زوال و درختان سرخشکیده شمالی در توده زوال تأیید شد. همچنین، کمترین میانگین مشخصه‌های هدایت الکتریکی، کربن آلی، پتاسیم، نیتروژن و رطوبت وزنی در خاک مجاور درختان سرخشکیده دامنه جنوبی در توده زوال مشاهده شد، بیشترین مقادیر مشخصه‌های pH، آهک معادل و کلسیم قابل جذب خاک مجاور درختان سالم شمالی در توده زوال مشاهده گردید و درکل کمترین مقادیر مشخصه‌های موردپژوهش در درختان سالم و سرخشکیده در توده زوال مشاهده شد و این اختلاف‌ها در تیمارهای پژوهش از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین، در خاک مجاور درختان سالم (در توده شاهد) میانگین مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک (به‌ویژه عناصر غذایی و ماکرو) بیشتر از خاک مجاور درختان دچار زوال و سرخشکیدگی بود و این نتایج بر اهمیت مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک بر شیوع و تشدید زوال و سرخشکیدگی درختان بلوط تأکید دارد و براساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو نیز سرخشکیدگی درختان در خاک مجاور توده‌های سرخشکیده مقدار عناصر ماکرو و غذایی کمتر بود. براساس یافته‌های پژوهش بیشترین مقادیر عناصر پرمصرف فسفر موجود پتاسیم در توده شاهد دامنه شمالی و برای نیتروژن و کلسیم قابل جذب نیز در توده شاهد جنوبی مشاهده و تأیید شد و درکل میانگین عناصر پرمصرف در توده شاهد و سالم بیشتر از درختان واقع در توده‌های متأثر از زوال بود. از سویی در بیشتر مشخصه‌های مورد مطالعه درختان دامنه شمالی، نسبت به دامنه جنوبی دارای برتری (غیر از pH، کربن آلی،

با استفاده از PCA در این مطالعه مؤلفه‌های با مقادیر ویژه بالاتر از یک (مؤلفه‌های یک و دو) از آن استخراج شد که ۶۴/۲۲ درصد تغییرات ناشی از این دو مؤلفه است (جدول ۳). به‌عبارتی، این مؤلفه‌ها برآیندی از سایر متغیرها هستند که عوامل یک و دو پس از چرخش به ترتیب ۴۶/۴۴ و ۱۷/۸۷ درصد از تغییر داده‌ها را توجیه می‌نمایند. در چنین حالتی، محور عامل چنان چرخیده که بیشترین تأثیر را متناسب با ۱۰ متغیر پدید آورده است. این بدان معنی است که توزیع وزن‌های منفرد هر متغیر تا حد ممکن ساده شده است. در این ارتباط بنا بر معیار کیزر، پیش‌فرض بیشتر برنامه‌های تحلیل عاملی، تنها آن عواملی را می‌پذیرد که مقدار ویژه آنها به‌طور قابل ملاحظه‌ای بزرگ‌تر از یک باشد. براساس تجزیه انجام‌شده، درصد هدایت الکتریکی و رطوبت وزنی با بیشترین مقدار مثبت ۰/۴۲، کربن آلی و نیتروژن با ۰/۴۱ با مؤلفه اول و کلسیم قابل جذب، آهک معادل و pH با بیشترین مقدار مثبت به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۳ و ۰/۴۹ با مؤلفه دوم دسته‌بندی شدند. همچنین نتایج مؤلفه‌های اصلی حکایت از آن دارد که درختان سالم موردبررسی در دامنه شمالی دارای رطوبت وزنی خاک بهتری هستند. با توجه به ملاحظات یادشده، ماهیت متغیرهای مربوط به خوشه‌های اول و دوم، مستلزم آگاهی از خصوصیات کلسیم قابل جذب، آهک معادل، pH، هدایت الکتریکی و رطوبت وزنی رویشگاه است.

بحث

روند افزایشی توده‌های دچار زوال و خشکیدگی در استان کردستان نگران‌کننده است و شناسایی عوامل مؤثر و تشدیدکننده خشکیدگی درختان اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. یافته‌های پژوهش پیش‌رو نشان داد، بین ده مشخصه فیزیکی- شیمیایی خاک (در عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متری) در شش تیمار موردپژوهش، اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد (جدول ۲) و برای مشخصه‌های هدایت الکتریکی، رطوبت وزنی، آهک معادل، فسفر موجود و پتاسیم بیشترین مقادیر میانگین این

سالم می‌شود. از سویی، مقایسه کلی توده زوال شمالی و جنوبی نشان داد، میانگین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دامنه شمالی بیشتر از دامنه جنوبی بوده است. پژوهشگرانی مانند Amir Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵)، Aazami و همکاران (۲۰۱۸) و Mirzaei و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند، میانگین مشخصه‌های خاک در دامنه شمالی بیشتر از جنوبی بود، براساس نتایج پژوهش، این فرضیه که عناصر غذایی و ماکرو خاک در مجاور توده‌های شاهد از توده‌های دچار زوال به صورت معنی‌دار بیشتر است، تأیید شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج کلی پژوهش تأییدکننده تأثیر مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک بر زوال و سرخشیدگی درختان بوده است و اختلاف معنی‌دار این مشخصه‌های خاک در درختان توده سالم و سرخشیده نیز تأییدکننده این موضوع است. به‌طورکلی در درختان دچار سرخشیدگی، فقر عناصر ماکرو مشاهده شد و مقادیر کمتر مشخصه‌های موردبررسی در خاک مجاور درختان درگیر با زوال و سرخشیدگی مشاهده شد. براساس نتایج، برای مدیریت بهینه زوال و سرخشیدگی درختان در منطقه موردپژوهش، غنی‌سازی و تقویت خاک، افزایش اقدامات حفاظتی (کنترل چرای دام و بهره‌برداری‌های سنتی)، افزایش برنامه‌های احیایی و توسعه جنگل در توده‌های متأثر از زوال (به‌ویژه دامنه جنوبی) و اجرای برش‌های بهداشتی (سرشاخه‌ها و جست‌های درگیر با سرخشیدگی و زوال) پیشنهاد می‌شوند.

نیتروژن و کلسیم قابل‌جذب) بودند، این نتایج همسو با نتایج Rozas و Sampedro (۲۰۱۳)، Hosseini (۲۰۱۷)، Zarafshar (۲۰۲۱) و Azimnezhad و همکاران (۲۰۲۱) بود که بر اهمیت عناصر غذایی ماکرو در درختان سالم (نسبت به دچار سرخشیدگی) تأکید داشتند و نشان دادند که غلظت عناصر ماکرو مانند پتاسیم، فسفر، نیتروژن و منیزیم قابل‌جذب در خاک اطراف درختان سالم دو تا چند برابر خاک مجاور درختان سرخشیده و زوال بود. در مورد رطوبت وزنی خاک بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در خاک مجاور درختان دامنه شمالی شاهد و درختان سرخشیده جنوبی در توده زوال مشاهده و تأیید شد و رطوبت وزنی خاک در مجاورت درختان سالم بیشتر از درختان سرخشیده و متأثر از زوال بود. نتایج مطالعات Aazami و همکاران (۲۰۱۸)، Zarafshar و همکاران (۲۰۲۰) و Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) نیز بر بیشتر بودن رطوبت وزنی در دامنه شمالی و توده‌های شاهد تأکید نمودند که نتایج آنها نیز با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مطابقت دارد. علت اصلی بیشتر بودن رطوبت وزنی را در دامنه شمالی می‌توان به دریافت انرژی کمتر این دامنه (نسبت به دامنه جنوبی) نسبت داد که رطوبت وزنی خاک بیشتر حفظ می‌شود، از سویی، رطوبت وزنی خاک در توده شاهد (بدون زوال) بیشتر از توده متأثر از زوال بود و علت را می‌توان به تنش سرخشیدگی و زوال در درختان درگیر نسبت داد، درواقع، میزان مصرف آب درختان درگیر با زوال بیشتر است و رطوبت وزنی خاک در مجاورت درختان سرخشیده کمتر از درختان

References

- 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 Forest*, 6(11): 41-50 (In Persian).
- Amir Ahmadi, B., Zolfaghari, R. and Mirzaei, M.R., 2015. Relation between Dieback of *Quercus brantii* Lindl. Trees with ecological and silvicultural factors, (Study area: Dena Protected area). *Ecology of Iranian Forest*, 3(6): 19-27 (In Persian).
- Azimnezhad, Z., Bادهیان, Z., Rezaeinejad, A. and Ahmadi, S., 2021. Effect of soil properties on Oak tree dieback (*Quercus brantii* Lindl.) and its ecophysiological responses to different degrees of dieback (case study: Dadabad in Lorestan province). *Forest Research and Development*, 2(7): 263-278 (In Persian).
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-

- total. In: Page, A.L. Miller, R.H. and Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy, 9: 595-624.
- Ciesla, W.M. and Donaubauer, E., 1994. Decline and dieback of trees and forests, a global overview. FAO Forestry Paper, Rome, 92p.
- Emami, A., 1996. Methods of plant analysis. Technical Journal of Soil and Water Research Institute, 2: 982. 128p (In Persian).
- Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M. and Alizadeh, T., 2022a. Study Changes in biological indicators in forest stands with different structure in Kurdistan province. Ecology of Iranian Forests, 10(20): 64-72 (in Persian).
- Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., Alizadeh, T. and Hedayateypour, SMK., 2022b. The effect of forest structure on some physical and chemical soil properties in the forests stands of Kurdistan province. Forest and Wood Products, 74(4): 469-483 (in Persian).
- Haidari, M., Pourhashemi, M. and Jahanbazy Goujani, H., 2022c. Annual changes of oak decline in the forests of Kurdistan province. Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection Research, 20(2): 235-247 (In Persian).
- Haidari, M., Jahanbazy Goujani, H. and Pourhashemi, M., 2023a. Annual changes of oak mortality in different crown-dimensions in the forests of Kurdistan province (Case study: Baneh county). Journal of Plant Ecosystem Conservation, 10(21): 68-78 (In Persian).
- Haidari, M., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M., Nouri, E. and Keneshloo, F., 2023b. Changes in leaf nutrients of healthy and withered trees in Garan and Dezlei forests in Kurdistan province. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 10(2):194-206 (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.
- Hosseini, A., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M. and Asghari, S., 2022. 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 Forests and Rangelands Protection Research, 19(2): 354-367 (In Persian).
- Hosseinzadeh, J. and Pourhashemi, M., 2015. An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forests decline in Ilam. Iranian Journal of Forest, 7(1): 57-66 (In Persian).
- Hosseinzadeh, J., Aazami, A. and Mohammadpour, M., 2015. Influence of topography on Brant's oak decline in Meleh-Siah forest, Ilam province. Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection Research, 23(1): 190-197 (In Persian).
- Jahanbazi, H., Iranmanesh, Y., Talebi, M., Shirmardi, H.A., Mehnatkesh, A.M., Pourhashemi, M. and 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 (Iranian Journal of Biology), 33(3): 734-748 (In Persian).
- Jazirehi, M.H. and Ebrahimi Rastaghi, M., 2003. Silviculture in Zagros. Tehran University Press, Tehran, 560p (In Persian).
- Kabrick, J. M., Dey, D. C., Jensen, R. G. and Wallendorf, M., 2008. The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. Forest Ecology and Management, 255: 1409-417.
- Maleki, S., 2023. Changes in soil microbial respiration in relation to soil temperature and moisture in different directions and distances from the trunk of different Oak species (Case study: Armardeh Forests, Baneh). Environmental Erosion Research, 13(3): 194-211 (In Persian).
- Maleki, S., Pilehvar, B. and Mahmoodi, MA., 2023. Assessing the vegetation diversity of different oak types in relation with soil characteristics in the forests of north Zagros (Case study: Armardeh Baneh). Journal of Natural Environment, 76(3): 413-28 (In Persian).
- Mirzaei, M., Bonyad, A. E., Akhavan, R. and Naghdi, R., 2019. Decline modelling of *Quercus brantii* under effects of physiographic factors in Dalab forests of Ilam. Forest Research and Development, 5(2): 329-342 (In Persian).
- Olsen, S. R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. pp. 403-430, In: Page, A.L. Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. (2nded.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Bordbar, K., Iranmanesh, Y. and Khodakarami, Y., 2017. Background of Zagros oak forest decline. Iranian Nature, 2(1): 37-30 (In Persian).
- Rozas, V. and Sampedro, L., 2013. Soil chemical properties and dieback of *Quercus robur* in Atlantic wet forests after a weather extreme. Plant and Soil, 373: 673-685.
- Solimani, R., Hosseinzadeh, J., Pourhashemi, M., Rahmani, A., Mohammadpour, M., Jozeyan, E., Siavoshei, K. and Shafeieii, Z., 2014. Investigating the condition of the forest soil in the dieback oak stands of drought-affected areas in Ilam province.

- Final report of the research project. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 71p (In Persian).
- Tahmasabi, B., 2018. Multivariate analyzes in environmental sciences and natural resources. Shahrekord University Press, Shahrekord, 179p (In Persian).
- Tofighi, H., 2003. A new method for determination of soil carbonates. Iranian Journal Agriculture Science, 34(3): 517-526.
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid in soil analysis. Soil Science, 79: 459-465.
- Zarafshar, M., Negahdarsaber, M., Jahanbazi Gojani, H., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., Matinizedeh, M. and Abbasi, A., 2020. Dieback in pure stands of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in southern Zagros forests, Kohmareh Sorkhi region of Fars province. Iranian Journal of Forest, 12(2): 291-303 (In Persian).
- Zarafshar, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., Alizadeh, T., Bordbar, S.K., Rousta, M.J. and Abbasi, A., 2021. The impact of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) decline on stand soil characteristics (Case study: Kohmareh Sorkhi, Fars province). Journal of Forest and Wood Products, 74(1): 97-110 (In Persian).