

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
 شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2021.352613.1967
 جلد ۲۹ شماره ۲، صفحه ۱۵۲-۱۴۰، (۱۴۰۰)
 شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350883.1400.29.2.2.3

ویژگی‌های خاک و عناصر غذایی برگ در درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)

مهرداد زرافشار^{۱*}، محمد متینی‌زاده^۲، محمدرضا نگهدارصابر^۳، مهدی پورهاشمی^۴، سید کاظم بردبار^۳

و محمدرضا ضیایان^۴

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. پست الکترونیک: m.zarafshar@areeo.ac.ir
 ۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
 ۳- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
 ۴- کارشناس تحقیقات، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۹

چکیده

امروزه خشکیدگی درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس به یک بحران جدی تبدیل شده است. به‌منظور ارائه راهکارهای علمی و عملی برای کنترل این بحران باید پژوهش‌های متمرکز انجام شوند. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی شرایط کیفی خاک و عناصر غذایی برگ در توده‌های متأثر از زوال و مقایسه آن‌ها با توده‌های سالم در منطقه کوهمره‌سرخ در شیراز است. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک از زیر تاج درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، ویژگی‌های آن‌ها شامل رطوبت، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گچ، کربنات کلسیم و کلسیم و منیزیم محلول اندازه‌گیری شد. از هر درخت مورد مطالعه نیز نمونه‌های برگ جمع‌آوری شد و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که نمونه‌های خاک در توده‌های سالم و متأثر از زوال از نظر رطوبت خاک، هدایت الکتریکی، گچ، آهک، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. گچ و آهک کمتری در خاک توده‌های سالم مشاهده شد، اما مقدار رطوبت، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در این توده‌ها، بیشتر از توده‌های متأثر از زوال بود. تجزیه و تحلیل عناصر برگ درختان نشان داد که درختان خشکیده از نظر فسفر، فقیر بودند، در حالی که مقدار نیتروژن و پتاسیم آن‌ها نسبت به درختان سالم، اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد 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، چراکه بیشترین تغییرات مربوط به این عناصر بود.

واژه‌های کلیدی: آهک، جنگل‌های زاگرس، زوال بلوط، فسفر، فقر عناصر غذایی، گچ.

مقدمه

است. در ایران، زوال و خشکیدگی در سطوح وسیعی از جنگل‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در زاگرس

پدیده زوال بلوط در مناطق مختلف دنیا گزارش شده

می‌توان به تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند کاهش ظرفیت نگهداری آب اشاره کرد که همراه با کمبود عناصر غذایی موجب تشدید اثرات تنش خشکی و در نتیجه، زوال درختان جنگلی می‌شوند (Hallett et al., 2011). عواقب ناشی از خشکیدگی و زوال جنگل می‌تواند پیچیده باشد و در چندین مقیاس زمانی و مکانی عمل کند، به طوری که ممکن است از جایگزینی ساده برخی درختان تا تغییرات عمده در ترکیب جنگل یا حتی تغییر در سطح بهره‌وری بوم‌سازگان به دلیل افزایش دمای سطح خاک و کاهش تبخیر-تعرق، نوسان داشته باشد (Anderegg et al., 2013).

به طور معمول، زوال جنگل سبب کاهش تاج‌پوشش و به دنبال آن، افزایش در میزان تابش به سطح زمین و تبخیر می‌شود که تشدید خشکی خاک و تغییر خرداقلیم سطح آن را در پی دارد (Sardans et al., 2008)، بنابراین در یک توده جنگلی همگن انتظار می‌رود که خاک در زیر درختان خشکیده و سالم، متفاوت باشد. این موضوع می‌تواند در توده های سالم و متأثر از زوال بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس بررسی شود.

پژوهش‌های متعددی در زمینه پدیده زوال بلوط و تأثیر عوامل مختلف بر بروز آن انجام شده‌اند (Amir Ahmadi et al., 2015; Azizi et al., 2018; Parnian Kalayeh et al., 2020)، اما در مورد چگونگی تغییرات فیزیکی-شیمیایی خاک تحت تأثیر این پدیده، اطلاعات چندانی در دسترس نیست. Hosseini (۲۰۱۷) با ارزیابی تغییرات نیتروژن و فسفر در برگ، ریشه و خاک درختان بلوط خشکیده در استان ایلام گزارش کرد که مقدار رطوبت، نیتروژن و فسفر خاک محیط ریشه بین پایه‌های سالم و خشکیده تغییر معنی‌داری نداشتند، در حالی که نیتروژن و فسفر در درختان زوال‌یافته به طور معنی‌داری بیشتر از پایه‌های سالم بود یا بین درختان خشکیده و سالم از این نظر، اختلاف معنی‌داری گزارش نشد. Ostakh و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر زوال بر غلظت عناصر شیمیایی چوب در پایه‌های زوال‌یافته و سالم بلوط ایرانی در شهرستان خرم‌آباد نشان دادند که نسبت غلظت سدیم و کلسیم به پتاسیم بین درختان زوال‌یافته و سالم، اختلاف معنی‌داری

اتفاق افتاده است. براساس آمار گزارش‌شده، بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ نزدیک به ۲۵ درصد از جنگل‌های بلوط زاگرس در اثر این پدیده نابود شدند (Ostakh et al., 2020). به نظر می‌رسد که کمبود بارندگی و تنش‌های خشکی سبب تشدید زوال درختان بلوط در این جنگل‌ها شده‌اند. با توجه به پژوهش‌هایی که در زمینه عوامل مؤثر بر زوال بلوط انجام شده‌اند، تاکنون نقش فقط یک عامل مشخص در بروز این پدیده اثبات نشده است. به نظر می‌رسد که مجموعه‌ای از عوامل و اثرات متقابل آن‌ها بر زوال بلوط مؤثر هستند (Amir Ahmadi et al., 2015). شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی و دمای زیاد هوا به ویژه در دوره رویش به عنوان مهم‌ترین عوامل در شروع و گسترش این پدیده یا تضعیف درختان در برابر عوامل ثانویه مانند بیماری‌های قارچی یا آفات در نظر گرفته می‌شوند (Ghanbary et al., 2017). با توجه به روند افزایش گرمایش جهانی، نگرانی‌های بسیاری درباره تشدید تنش خشکی و از بین رفتن سطح بیشتری از جنگل‌ها در مناطق مختلف دنیا به وجود آمده است. از سوی دیگر، درختان بلوط به عنوان گونه‌هایی شناخته می‌شوند که با سازگاری‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌توانند اثرات نامساعد محیطی را به تأخیر بیندازند (Rust & Roloff, 2002). با این حال، انتظار می‌رود که با افزایش شدت تنش‌های خشکی و دوره‌های خشک‌سالی، کارایی این سازگاری‌ها کم شود.

در بوم‌سازگان‌های جنگلی، درختان به واسطه جثه بزرگ خود، نقش مهمی در چرخه اتمسفر-گیاه-خاک ایفا می‌کنند. هرگونه تغییر و اختلال در ساختار درختان و نیز شرایط آبی خاک یا اتمسفر می‌تواند باعث تغییر شرایط فیزیکی-شیمیایی خاک شود و در ادامه، فرایند انتقال آب و عناصر غذایی در درختان را تحت تأثیر قرار دهد (Bréda et al., 2006). چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان جنگلی به طور عمده به تعاملات بین ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک و نوع گونه های درختی آن بستگی دارد (Gazol et al., 2018)، بنابراین وقوع پدیده خشکیدگی در درختان می‌تواند تأثیر مهمی بر چرخه عناصر غذایی داشته باشد. از اثرات دیگر این پدیده

تغییرات عناصر غذایی پرمصرف برگ درختان بلوط در توده های مذکور ارزیابی شد. فرض بر این بود که ویژگی‌های مختلف خاک و نیز مقدار عناصر در دسترس خاک و برگ بین توده‌های زوال‌یافته و سالم بلوط ایرانی، متغیر است.

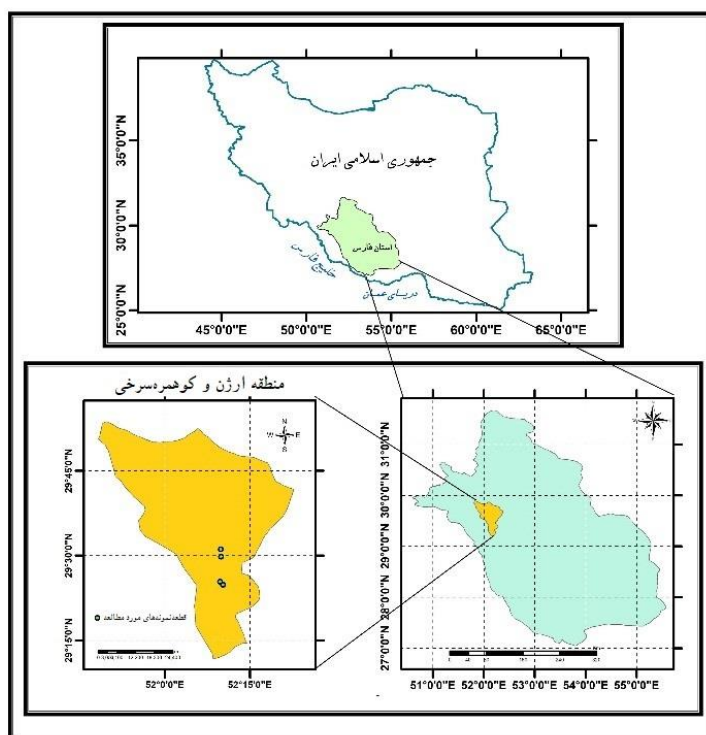
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه کوهمره‌سرخی با مساحت ۷۴۲۰۹/۱۴ هکتار و مختصات جغرافیایی $51^{\circ} 59' 37''$ تا $52^{\circ} 17' 56''$ طول شرقی و $29^{\circ} 11' 57''$ تا $29^{\circ} 36' 5''$ عرض شمالی در ۳۵ کیلومتری شهر شیراز در منطقه ارژن قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت و بارندگی سالانه در این منطقه به ترتیب ۱۹۵۰ متر، ۱۳/۸ درجه سانتیگراد و ۵۵۰ میلی‌متر هستند. بیشتر بارندگی‌ها در شش ماهه دوم سال و در دی‌ماه اتفاق می‌افتد. گونه درختی غالب در این منطقه، بلوط ایرانی است.

داشت. همچنین، غلظت پتاسیم در چوب درختان زوال‌یافته بیشتر از پایه‌های سالم بود، درحالی‌که نتایج معکوسی برای غلظت کلسیم و مس گزارش شد. Jahanbazi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر عامل‌های فیزیوگرافی بر جذب عناصر غذایی برگ در جنگل‌های دچار زوال بلوط در استان چهارمحال و بختیاری گزارش کردند که جهت جغرافیایی، تأثیر معنی‌داری بر جذب نیتروژن و کلسیم دارد. همچنین، جذب آهن، منگنز، روی و مس در برگ درختان مستقر در جهت شمالی، بیشتر از جهت جنوبی بود. درختان سالم نیز مقدار بیشتری از این عناصر را در مقایسه با درختان در حال خشکیدن جذب کرده بودند.

هدف از پژوهش پیش‌رو، درک شرایط کمی و کیفی خاک و عناصر غذایی خاک و برگ در درختان بلوط ایرانی سالم و متأثر از زوال در منطقه کوهمره‌سرخی شیراز بود، بنابراین عناصر تغذیه‌ای دو عمق مختلف خاک از سطح زیر تاج پایه‌های سالم و خشکیده در دو جهت شمالی و جنوبی از دو توده سالم و متأثر از زوال بلوط ایرانی بررسی شدند. همچنین،



شکل ۱- موقعیت منطقه کوهمره‌سرخی و قطعه‌نمونه‌های مورد مطالعه

روش پژوهش

در منطقه مورد مطالعه، چهار قطعه نمونه مربعی یک هکتاری با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر مربع در دامنه‌های شمالی و جنوبی در توده‌های سالم و متأثر از زوال انتخاب شدند (شکل ۱). این قطعه‌نمونه‌ها با عنوان‌های زوال جنوبی، شاهد جنوبی، زوال شمالی و شاهد شمالی نام‌گذاری شدند (جدول ۱). در هریک از آن‌ها حدود ۱۰۰ پایه درخت بلوط حضور داشت. در هر قطعه‌نمونه متأثر از زوال، پنج پایه سالم و پنج پایه

خشکیده (بین ۵۰ تا ۹۰ درصد تاج دارای علائم خشکیدگی) و در هر قطعه‌نمونه شاهد فقط پنج درخت سالم به صورت انتخابی، گزینش شدند. در خردادماه ۱۳۹۸، نمونه‌های خاک از محل سایه‌انداز و زیر تاج درختان هدف از دو عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری شد. با جمع‌آوری دو نمونه خاک (عمق‌های اول و دوم) از زیر تاج هرکدام از ۳۰ درخت مورد مطالعه، ۶۰ نمونه خاک به دست آمد.

جدول ۱- مشخصات عمومی قطعه‌نمونه‌های مورد مطالعه

تیپ جنگلی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شیب (درصد)	قطعه‌نمونه
خالص بلوط ایرانی	۱۴۱۵	۴۰-۳۰	زوال شمالی
خالص بلوط ایرانی	۱۶۶۲	۱۵-۱۰	شاهد شمالی
خالص بلوط ایرانی	۱۴۶۷	۴۰-۳۰	زوال جنوبی
خالص بلوط ایرانی	۱۷۳۲	۱۵-۱۰	شاهد جنوبی

جغرافیایی انجام شد، به طوری که از هر جهت تاج، پنج برگ انتخاب شد. در نهایت، ۲۰ برگ به عنوان یک نمونه مرکب برای هر درخت در نظر گرفته شد. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ‌های نمونه به روش هضم تر اندازه‌گیری شد. پس از انجام آزمون‌های کولموگروف-سمیرنوف و لون به ترتیب برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS 16، داده‌ها با روش تجزیه واریانس یک طرفه تجزیه و تحلیل شدند و میانگین تیمارها با آزمون دانکن مقایسه شد.

نتایج

بافت خاک در توده‌های سالم (دامنه‌های شمالی و جنوبی) و متأثر از زوال (دامنه‌های شمالی و جنوبی) به ترتیب رسی-سیلتی و شنی-رسی تعیین شد. تجزیه واریانس یک طرفه برای ویژگی‌های خاک در هر دو عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری نشان داد که درختان سالم از نظر رطوبت، هدایت الکتریکی، گچ، کربنات کلسیم، فسفر، پتاسیم و کلسیم

در آزمایشگاه خاک‌شناسی، درصد رطوبت وزنی و درصد اجزای شن، سیلت و رس در هر نمونه به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد. همچنین، هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل Jenway 4510، اسیدپته گل اشباع با دستگاه pH متر مدل Metrohm، 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 مدل Pharmacia LKB-Novaspec، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم با فلیم‌فتمتر مدل Jenway و در نهایت، کلسیم و منیزیم محلول در عصاره اشباع خاک توسط روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری شدند (Jafari, Haghighi, 2003).

به منظور بررسی عناصر برگ در درختان منتخب، نمونه های برگ در اواخر فصل رویش (شهریور سال ۱۳۹۸) جمع‌آوری شدند (Salehi & Tabari Kouchaksaraei, 2015). نمونه برداری برگ از میانه ارتفاع تاج درخت و در چهار جهت

منیزیم خاک با درختان خشکیده، اختلاف معنی‌داری داشتند. درختان سالم و خشکیده و در هر دو عمق خاک، معنی‌دار در مقابل، اختلاف pH، کربن آلی و نیتروژن خاک در زیر تاج نبود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های سالم و خشکیده بلوط ایرانی

صفت	عمق اول			عمق دوم		
	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
رطوبت خاک	۵	۳/۶۲۴	۰/۰۰۶**	۵	۱۱/۶۶۷	۰/۰۰۰**
pH	۵	۰/۰۰۹	۰/۸۴۷ ^{ns}	۵	۰/۰۲۳	۰/۴۱۴ ^{ns}
هدایت الکتریکی	۵	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰**	۵	۰/۰۴۷	۰/۰۰۰**
گچ	۵	۰/۰۵۶	۰/۰۲۳*	۵	۰/۰۶۲	۰/۰۰۰**
کربنات کلسیم	۵	۳۸۳/۶۹	۰/۰۰۰**	۵	۴۹۴/۷۶	۰/۰۰۰**
کربن آلی	۵	۲/۱۶۶	۰/۳۰۹ ^{ns}	۵	۰/۴۰۵	۰/۶۹۸ ^{ns}
نیتروژن	۵	۰/۰۲۲	۰/۳۰۸ ^{ns}	۵	۰/۰۰۴	۰/۷۲۶ ^{ns}
فسفر	۵	۱۱۹۴/۳۱	۰/۰۰۰**	۵	۶۴۲/۰۴	۰/۰۰۰**
پتاسیم	۵	۹۳۶۲۵/۲	۰/۰۲۴*	۵	۱۰۴۲۲۳/۸۲	۰/۰۰۰**
کلسیم	۵	۴۲/۰۹	۰/۰۰۰**	۵	۱۰/۳۵۲	۰/۰۰۰**
منیزیم	۵	۵۵/۶۲۵	۰/۰۰۱**	۵	۱۲/۹۰۶	۰/۰۰۱**

^{ns} غیر معنی‌دار؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جنوبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های متأثر از زوال شمالی و جنوبی بود. در توده سالم، این ویژگی در جهت شمالی به‌طور معنی‌داری کمتر از جهت جنوبی به‌دست آمد، اما در توده‌های خشکیده مقدار آن در جهت جنوبی کمتر از شمالی بود. به‌طور کلی، هدایت الکتریکی خاک در زیر تاج درختان سالم و خشکیده در توده‌های متأثر از زوال، اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۳).

مقدار گچ (دی‌هیدرات کلسیم سولفات) در هر دو عمق خاک فقط زیر درختان خشکیده در دامنه جنوبی، اختلاف معنی‌داری با توده‌های سالم داشت. به‌طور کلی، مقدار این ویژگی در خاک توده‌های سالم بلوط کمتر بود. در خاک زیر تاج درختان سالم و خشکیده در درون توده‌های متأثر از زوال، مقدار گچ مشابهی مشاهده شد (جدول ۳).

بیشترین و کمترین مقدار کربنات کلسیم در هر دو عمق

در عمق اول خاک، درصد رطوبت در توده‌های متأثر از زوال شمالی به‌طور معنی‌داری کمتر از خاک توده‌های سالم شمالی و جنوبی بود، درحالی‌که از این نظر بین توده‌های سالم و زوال جنوبی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در توده‌های سالم و نیز متأثر از زوال بین جهت‌های شمالی و جنوبی از نظر رطوبت خاک، اختلافی وجود نداشت. در عمق دوم خاک، توده سالم شمالی و پس‌از آن، توده سالم جنوبی بیشترین رطوبت و در مقابل، توده‌های خشکیده شمالی، کمترین درصد رطوبت را به‌خود اختصاص دادند. در مجموع، درصد رطوبت در عمق دوم خاک مانند عمق اول در توده‌های سالم نسبت به خشکیده شمالی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین، در خاک زیر تاج درختان سالم و خشکیده در درون توده‌های متأثر از زوال، درصد رطوبت مشابهی به‌دست آمد. هدایت الکتریکی در هر دو عمق خاک در توده سالم

خاک به ترتیب در توده‌های خشکیده شمالی و توده سالم جهت شمالی به دست آمد. همچنین، بین توده‌های سالم در جهت‌های شمالی و جنوبی از نظر مقدار کربنات کلسیم در هر دو عمق خاک، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که در توده‌های متأثر از زوال، مقدار این ویژگی در جهت جنوبی به طور معنی‌داری کمتر از جهت شمالی بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین (± خطای استاندارد) برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های سالم و خشکیده بلوط ایرانی

شاخص	سالم جنوبی	سالم شمالی	زوال شمالی (درختان سالم)	زوال شمالی (درختان خشکیده)	زوال جنوبی (درختان سالم)	زوال جنوبی (درختان خشکیده)
رطوبت خاک (درصد)	۳/۵۷±۰/۹ ^a	۳/۶±۰/۶۷ ^a	۱/۷۶±۰/۲۲ ^b	۱/۶۳±۰/۲۵ ^b	۲/۸۶±۰/۲۸ ^{ab}	۲/۵۵±۰/۴۴ ^{ab}
	۵/۵۲±۰/۰۹ ^{ab}	۶/۳±۰/۱۷ ^a	۲/۴۸±۰/۱۶ ^d	۲/۶۲±۰/۱۹ ^{cd}	۴/۲۵±۰/۰۶ ^{bc}	۴±۰/۱۲ ^{bcd}
pH	۷/۵۶±۰/۰۶ ^a	۷/۵۶±۰/۰۲ ^a	۷/۴۸±۰/۰۶ ^a	۷/۴۸±۰/۰۵ ^a	۷/۴۸±۰/۰۸ ^a	۷/۴۸±۰/۰۲ ^a
	۷/۵۶±۰/۰۶ ^a	۷/۶۶±۰/۰۵ ^a	۷/۵۸±۰/۰۳ ^a	۷/۴۶±۰/۰۸ ^a	۷/۶±۰/۰۸ ^a	۷/۶۲±۰/۰۷ ^a
EC (میکروزیمنس بر سانتی متر)	۰/۶۴±۰/۰۱ ^a	۰/۴۹±۰/۰۱ ^b	۰/۴۸±۰/۰۱ ^b	۰/۴۹±۰/۰۱ ^b	۰/۳۷±۰/۰۱ ^c	۰/۳۶±۰/۰۱ ^c
گج (درصد)	۰/۸۱±۰/۰۷ ^c	۰/۸۸±۰/۰۵ ^{bc}	۰/۸۸±۰/۰۳ ^{bc}	۰/۸۸±۰/۰۵ ^{bc}	۱/۰۴±۰/۰۴ ^{ab}	۱/۰۸±۰/۰۷ ^a
	۰/۹۳±۰/۰۴ ^{bc}	۰/۸±۰/۰۳ ^c	۱/۰۲±۰/۰۴ ^{ab}	۰/۹۱±۰/۰۵ ^{bc}	۱/۰۳±۰/۰۴ ^{ab}	۱/۱۲±۰/۰۴ ^a
کربنات کلسیم (درصد)	۴۵±۲/۱۸ ^{bc}	۳۹/۵±۳/۲۱ ^c	۵۸/۸±۳/۹ ^a	۵۹/۴±۲/۵۸ ^a	۴۰/۴±۲/۹۳ ^{bc}	۴۸/۷±۲ ^b
	۴۴/۳±۲/۹ ^{bc}	۳۹/۴±۲/۱۶ ^c	۶۳/۲±۲/۹۷ ^a	۶۰/۴±۴ ^a	۴۱/۹±۱/۱۱ ^c	۵۱/۴±۳/۲۷ ^b
کربن آلی (درصد)	۳/۹۵±۰/۴۸ ^a	۳/۴۸±۰/۶۸ ^a	۳/۳۵±۰/۷۳ ^a	۲/۲۴±۰/۳۴ ^a	۲/۴۴±۰/۴۶ ^a	۴/۱۱±۰/۶۹ ^a
	۲/۳۸±۰/۳۶ ^a	۲/۵۷±۰/۲۳ ^a	۲/۲۴±۰/۶۳ ^a	۱/۸۱±۰/۱۳ ^a	۲/۲۴±۰/۴۳ ^a	۲/۵۹±۰/۱۴ ^a
نیترژن (درصد)	۰/۳۹±۰/۰۴ ^a	۰/۳۴±۰/۰۶ ^a	۰/۳۳±۰/۰۷ ^a	۰/۲۲±۰/۰۳ ^a	۰/۳۴±۰/۰۴ ^a	۰/۴۱±۰/۰۶ ^a
	۰/۲۳±۰/۰۳ ^a	۰/۲۵±۰/۰۲ ^a	۰/۲۲±۰/۰۶ ^a	۰/۱۸±۰/۰۱ ^a	۰/۲۲±۰/۰۴ ^a	۰/۲۵±۰/۰۱ ^a
فسفر (پی پی ام)	۳۶/۷۲±۲/۰۱ ^a	۴۱/۸۴±۵/۰۲ ^a	۱۱±۲/۸ ^b	۶/۸±۱/۷۵ ^b	۸/۱۶±۲/۰۲ ^b	۱۳/۴۴±۲/۰۱ ^b
	۲۶/۷۶±۵/۶۲ ^a	۲۶/۱۶±۳/۸۴ ^a	۵/۷۲±۱/۹۵ ^b	۳/۱۲±۰/۵۹ ^b	۴/۵۶±۲/۲۵ ^b	۴/۹۲±۰/۵۸ ^b
پتاسیم (پی پی ام)	۵۷۹±۱۴۸ ^b	۶۳۹±۸۷ ^a	۳۲±۵۴ ^c	۳۷۴±۳۲ ^c	۳۵۲±۲۷ ^c	۳۸۶±۲۸ ^c
	۴۸۰±۸۰ ^{ab}	۶۲۸±۷۰ ^a	۲۵۳±۴۱/۵۸ ^c	۲۸۵±۳۶/۵۸ ^c	۳۱۰±۲۵/۳۸ ^{bc}	۳۲۷/۶±۱۴ ^{bc}
کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱۲/۷۸±۰/۷۹ ^a	۷/۵۲±۰/۹۶ ^b	۵/۰۸±۰/۵۵ ^b	۶/۰۴±۱/۲۸ ^b	۵/۳±۰/۸۶ ^b	۶±۰/۷۱ ^b
	۶/۶۴±۰/۹۵ ^a	۳/۹±۰/۵۴ ^b	۳/۱±۰/۱۷ ^b	۲/۸۲±۰/۲۴ ^b	۲/۸۸±۰/۳۵ ^b	۳/۹۲±۰/۶ ^b
منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱۴/۱±۱/۷ ^a	۸/۴۴±۱/۶ ^b	۵/۷±۱/۱۶ ^b	۵/۵۸±۰/۶۵ ^b	۵/۳۶±۰/۶۴ ^b	۷/۳±۱/۴۷ ^b
	۷/۶۴±۰/۸۹ ^a	۴/۵±۰/۴۱ ^b	۳/۵۴±۰/۷۶ ^b	۳/۷۶±۰/۶۴ ^b	۳/۲۸±۰/۵۴ ^b	۴/۲±۰/۵۷ ^b

در هر ردیف، سطر اول بیانگر عمق اول خاک (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) و سطر دوم بیانگر عمق دوم خاک (۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) است. حرف‌های انگلیسی متفاوت در هر سطر بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

مقدار فسفر هر دو عمق خاک در توده‌های سالم نسبت به توده‌های خشکیده به طور معنی‌داری بیشتر بود.

عمق خاک متعلق به توده سالم جنوبی بود، اما بین توده های دیگر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طور کلی، مقدار این کاتیون‌ها در خاک زیر تاج درختان سالم و خشکیده در توده‌های متأثر از زوال، اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

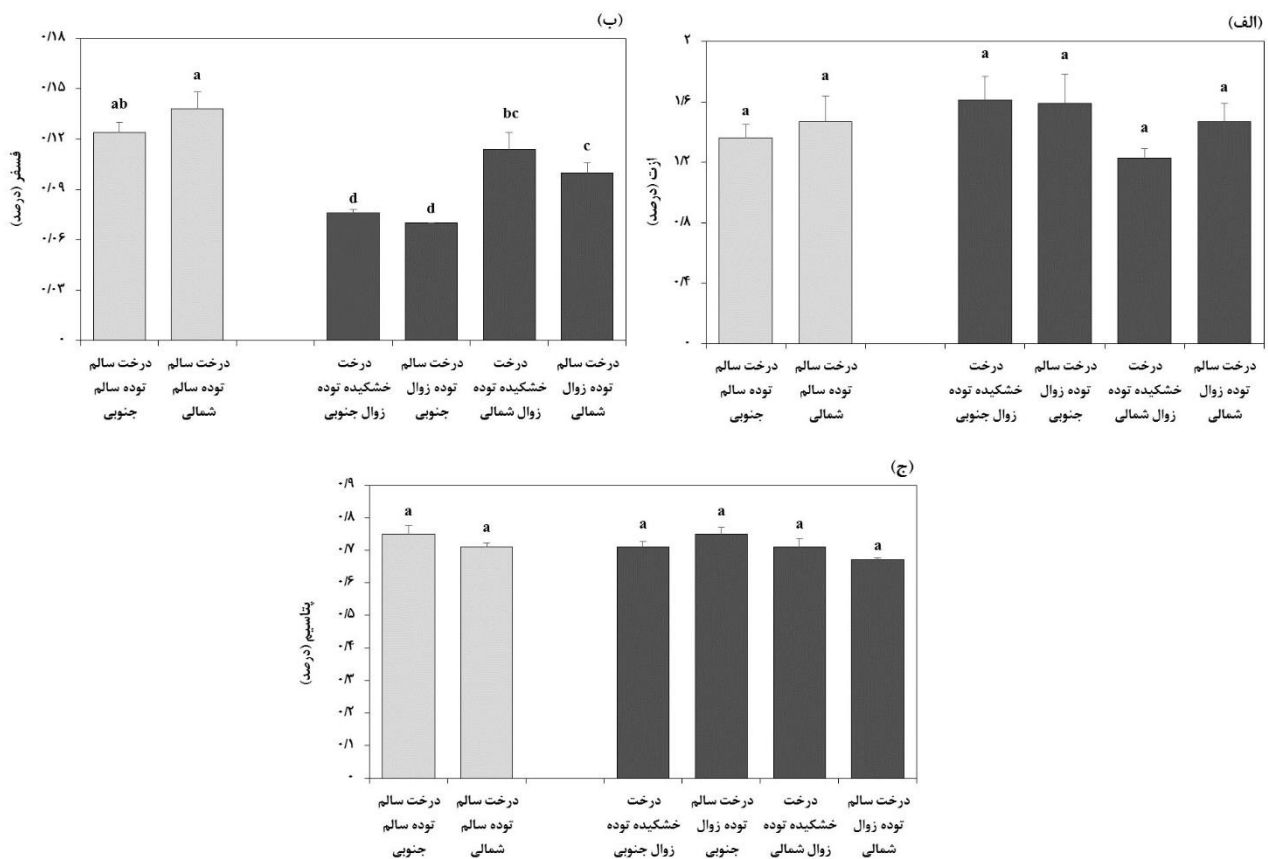
نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای برگ‌های نمونه نشان داد که از نظر مقدار نیتروژن و پتاسیم، تفاوت معنی‌داری بین برگ درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی در توده‌های سالم و متأثر از زوال وجود نداشت، درحالی‌که مقدار فسفر برگ بین درختان سالم و خشکیده توده‌های مذکور، اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). به‌طور کلی، مقدار فسفر برگ در توده‌های سالم به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های متأثر از زوال بود. در توده‌های سالم، مقدار این عنصر بین برگ درختان جهت‌های شمالی و جنوبی، اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین، در توده‌های متأثر از زوال، مقدار فسفر برگ در توده‌های شمالی بیشتر از توده‌های جنوبی بود. در این توده‌ها، فسفر برگ بین درختان سالم و خشکیده، اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲).

از این نظر، بین جهت‌های شمالی و جنوبی در توده‌های سالم و خشکیده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طور کلی، فسفر خاک در زیر تاج درختان سالم و خشکیده در توده های متأثر از زوال، مشابه بود. در عمق اول خاک، مقدار پتاسیم در توده‌های سالم نسبت به توده‌های متأثر از زوال به‌طور معنی‌داری بیشتر به‌دست آمد. همچنین، مقادیر بیشتر این عنصر در عمق دوم خاک مربوط به توده‌های سالم بودند. از نظر مقدار پتاسیم در عمق دوم خاک، اختلاف معنی‌داری بین جهت‌های شمالی و جنوبی در توده‌های سالم و خشکیده وجود نداشت. مقدار این عنصر در عمق اول خاک در توده سالم شمالی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده سالم جنوبی بود، درحالی‌که در توده‌های خشکیده، اختلافی بین جهت‌های شمالی و جنوبی وجود نداشت. درکل، بین پتاسیم خاک در زیر تاج درختان سالم و خشکیده در توده‌های متأثر از زوال، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم روند مشابهی با پتاسیم نداشت، به‌طوری‌که بیشینه مقدار پتاسیم در هر دو عمق در توده سالم شمالی مشاهده شد. این در حالی است که بیشینه کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در هر دو

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای عناصر پرمصرف برگ در درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی در توده‌های سالم و متأثر از زوال

صفت	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
نیتروژن	۵	۰/۱۰۱	۰/۴۳۸ ^{ns}
فسفر	۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰ ^{**}
پتاسیم	۵	۰/۰۰۴	۰/۰۸۷ ^{ns}

^{ns} غیر معنی‌دار؛ ^{**} اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های (\pm خطای استاندارد) نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (ج) بین برگ درختان سالم و خشکیده بلوط در توده‌های سالم و متأثر از زوال با استفاده از آزمون دانکن (حرف‌های انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند).

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که وضعیت حاصلخیزی خاک در رویشگاه‌های سالم بلوط ایرانی، بهتر از رویشگاه‌های متأثر از زوال بود، به طوری که اختلاف‌ها در سطح توده مشهود است. رطوبت خاک، یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده احیا و توسعه گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، بنابراین در این پژوهش رطوبت خاک در زیر تاج درختان ارزیابی شد. براساس نتایج به دست آمده، رطوبت خاک در توده‌های متأثر از زوال نسبت به توده‌های سالم، کمتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که زوال درختان بلوط بر تعادل رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد (Gao et al., 2014). در درون توده‌های متأثر از زوال (جنوبی و شمالی)،

رطوبت خاک زیر تاج درختان سالم و خشکیده، اختلاف معنی دار نداشت. Shahrezei و همکاران (۲۰۲۱) نتایج مشابهی را برای جنگل‌های بلوط ایرانی در استان ایلام گزارش کردند. دامنه pH خاک در زیر تاج درختان مورد مطالعه بین ۷/۴ تا ۷/۷ به دست آمد که نشان‌دهنده قلیایی بودن خاک منطقه است. این شاخص در هیچ‌کدام از توده‌های مورد مطالعه، تغییر معنی‌داری نشان نداد. مطابق با این نتایج، Hosseini و Jafari (In press) در جنگل‌های بلوط ایرانی استان ایلام نشان دادند که در محیط ریشه درختان با شدت‌های مختلف خشکیدگی تاجی، pH خاک یکسان است. Shahrezei و همکاران (۲۰۲۱) نیز نتایج مشابهی را برای این گونه گزارش کردند، بنابراین می‌توان گفت که خشکیدگی درختان بلوط ایرانی

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که وضعیت حاصلخیزی خاک در رویشگاه‌های سالم بلوط ایرانی، بهتر از رویشگاه‌های متأثر از زوال بود، به طوری که اختلاف‌ها در سطح توده مشهود است. رطوبت خاک، یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده احیا و توسعه گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، بنابراین در این پژوهش رطوبت خاک در زیر تاج درختان ارزیابی شد. براساس نتایج به دست آمده، رطوبت خاک در توده‌های متأثر از زوال نسبت به توده‌های سالم، کمتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که زوال درختان بلوط بر تعادل رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد (Gao et al., 2014). در درون توده‌های متأثر از زوال (جنوبی و شمالی)،

در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک، مشهودتر بود. بسیاری از پژوهشگران عقیده دارند که بین درصد کربنات کلسیم و مقدار جذب عناصر غذایی خاک، رابطه معکوس وجود دارد (Barrow & Ellis, 1986)، بنابراین اختلال در چرخه عناصر غذایی در توده‌های متأثر از زوال، دور از انتظار نیست.

مقدار ماده آلی خاک به پوشش گیاهی منطقه، نوع کاربری اراضی، رطوبت خاک، نوع گونه گیاهی، مقدار لاش‌برگ و بقایای گیاهی بستگی دارد (Singh et al., 2003). Amir Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در منطقه حفاظت‌شده دنا در استان کهگیلویه و بویراحمد گزارش کردند که رابطه بین ماده آلی خاک و درجات مختلف خشکیدگی پایه‌های بلوط، معنی‌دار نیست. مطابق با این نتایج، در پژوهش پیش‌رو نیز درصد کربن آلی در دو عمق خاک و در توده‌های متأثر از زوال با شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشت. حضور فراوان شاخه و برگ‌های خشکیده درختان در حال زوال در سطح خاک تا مدتی می‌تواند منبع ورود مواد آلی به خاک باشد. حتی این احتمال نیز وجود دارد که درختان خشکیده در یک مقطع زمانی کوتاه با برگ‌ریزی و برگشت شاخه‌های خشک به خاک توده سبب افزایش ماده آلی آن شوند. در راستای همین فرضیه، Shahrezei و همکاران (۲۰۲۱) برای جنگل‌های میان‌بند شهرستان ملکشاهی در استان ایلام گزارش کردند که درصد کربن آلی خاک در زیر تاج درختان خشکیده و نیمه‌خشکیده بلوط ایرانی بیشتر از درختان سالم بود، درحالی‌که نتایج معکوسی برای مناطق پایین‌بند و بالابند گزارش شد. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که با تداوم پدیده زوال در بلندمدت و کاهش ورود لاش‌برگ به دلیل خشکیدگی درختان، اختلاف بین توده‌های سالم و دچار زوال، بیشتر خواهد شد. نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که درصد نیتروژن خاک در توده‌های سالم و خشکیده با هم اختلافی نداشتند. با توجه به ارتباط نزدیک کربن آلی و نیتروژن خاک، این عدم اختلاف قابل توجیه است. برخلاف نیتروژن، غلظت فسفر و پتاسیم در هر دو عمق خاک در توده‌های سالم نسبت به خشکیده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. از این نظر بین دامنه‌های شمالی و

تحت تأثیر pH خاک نیست.

اگرچه اختلاف هدایت الکتریکی خاک در زیر تاج درختان سالم و خشکیده در توده‌های متأثر از زوال معنی‌دار نبود، اما مقدار آن در خاک توده سالم جنوبی بیشتر بود. با توجه به بازه تغییرات هدایت الکتریکی در توده‌های مورد مطالعه (بین ۰/۳ تا ۰/۶۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) می‌توان گفت که شوری خاک، عامل محدودکننده‌ای برای درختان بلوط نیست. Shahrezei و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که بین سلامت درختان بلوط ایرانی و هدایت الکتریکی خاک، ارتباطی وجود ندارد.

گچ از فراوان‌ترین مواد معدنی خاک در مناطق خشک است که می‌تواند نقش مهمی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ایفا کند (Dultz & Kühn, 2005). در پژوهش پیش‌رو، مقدار گچ در توده متأثر از زوال جنوبی (درختان خشکیده) نسبت به توده‌های دیگر به‌ویژه توده‌های سالم به‌طور معنی‌داری بیشتر بود که می‌تواند با کاهش تاج‌پوشش در توده‌های زوال‌یافته و به‌دنبال آن، افزایش در شدت تابش نور خورشید و مقدار تبخیر مرتبط باشد.

کربنات کلسیم به‌مقدار قابل‌توجهی در بسیاری از خاک‌های کشور حضور دارد. این ماده از اجزای متداول تشکیل‌دهنده خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که نقش مؤثری در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، واکنش، نفوذپذیری و تشکیل ساختمان خاک و نیز جذب، نگهداری و آزادسازی کاتیون‌ها و آنیون‌ها دارد (Reyhani Tabar, 2011). با توجه به سنگ‌بستر آهکی در زاگرس جنوبی به‌ویژه منطقه کوهمره سرخی، درصد زیاد (۴۰ تا ۶۳ درصد) آهک در خاک قابل انتظار بود. در این پژوهش، مقدار کربنات کلسیم در خاک توده‌های زوال‌یافته به‌ویژه دامنه شمالی نسبت به توده‌های سالم، بیشتر بود. روند مشابهی در پژوهش‌های Soleimani و Pourhashemi (۲۰۲۰) و نیز Shahrezei و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده شد. در این رابطه می‌توان گفت که فرایند انحلال در توده‌های متأثر از زوال با تاج‌پوشش کمتر سبب حل شدن بیشتر خرده‌سنگ‌های موجود در سطح عرصه و در نهایت، موجب کربنات‌کلسیم‌زیادتر می‌شود. این افزایش

مشاهده شد.

در این پژوهش علاوه بر شاخص‌های کیفی خاک، عناصر غذایی برگ نیز بررسی شد تا درک صحیحی از چرخه غذایی درختان سالم و زوال‌یافته به دست آید. غلظت عناصر نیتروژن (یک تا ۱/۶ درصد) و پتاسیم برگ (حدود ۰/۷ درصد) در بین درختان سالم و خشکیده مورد مطالعه اختلافی نداشتند، درحالی‌که غلظت فسفر برگ درختان در توده‌های خشکیده (۰/۰۶ تا ۰/۱ درصد) نسبت به سالم (۰/۱۲ تا ۰/۱۵ درصد) به طور معنی‌داری کمتر بود. در پژوهش‌های پیشین، دامنه تغییرات نیتروژن، پتاسیم و فسفر در برگ درختان بلوط ایرانی به ترتیب یک تا دو، ۰/۵ تا یک و ۰/۱ تا ۰/۶ درصد گزارش شده است (Hosseini, 2017; Hosseini & Jafari, In press). عدم تغییر نیتروژن در برگ را می‌توان با عدم کمبود این عنصر در خاک مرتبط دانست، بنابراین می‌توان گفت که نیتروژن خاک و برگ برای درختان در حال خشکیدگی، یک محدودیت محسوب نمی‌شود. درمقابل، مقدار کم فسفر در خاک و برگ پایه‌های متعلق به توده‌های زوال‌یافته، مشهود بود. به نظر می‌رسد که چرخه فسفر در بوم‌سازگان جنگلی تحت تأثیر پدیده زوال مختل می‌شود. Jahanbazi و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاهش جذب عناصر غذایی در درختان خشکیده نسبت به سالم را گزارش کردند.

درمجموع، یافته‌های پژوهش پیش‌رو نشان داد که ویژگی‌های خاک در ریشه‌گاه (Rhizosphere) درختان سالم و خشکیده در توده‌های متأثر از زوال، اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند، اما مقایسه این ویژگی‌ها در سطح توده (توده‌های خشکیده با توده‌های سالم) سبب نمود این اختلاف‌ها شد. به نظر می‌رسد که الگوی تغییرات و پاسخ شاخص‌های خاک به پدیده زوال با توجه به اقلیم و شرایط توپوگرافی هر منطقه متفاوت است، اما نتایج پژوهش پیش‌رو هم‌راستا با پژوهش‌های پیشین نشان داد که کمبود عناصر غذایی خاک مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، عامل محدودکننده‌ای برای درختان بلوط ایرانی به‌شمار می‌آید. از سوی دیگر، مقدار فسفر در برگ درختان خشکیده با اختلاف معنی‌داری، کمتر بود. کاربرد کودهای غنی از فسفر به‌منظور جبران این کمبود

جنوبی، اختلافی وجود نداشت. این اتفاق می‌تواند به دلیل توانایی بیشتر درختان سالم در جذب عناصر غذایی از خاک و برگ‌گشت آن‌ها توسط لاش‌برگ باشد. به بیان دیگر، درختان سالم در برقراری جریان پیوسته چرخه عناصر غذایی، موفق‌تر از درختان زوال‌یافته عمل می‌کنند. براساس نتایج گزارش‌شده توسط Hosseini و Jafari (In press) پتاسیم خاک در اطراف ریشه درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی در ایلام، اختلاف معنی‌داری نداشتند که با نتایج پژوهش پیش‌رو مغایرت دارد. مشخصه‌های کیفی خاک اغلب به‌شکل مستقیم و غیرمستقیم به کمیت و کیفیت مواد آلی آن و چرخه عناصر غذایی وابسته هستند، بنابراین خشکیدگی درختان بلوط می‌تواند سبب کاهش عناصر غذایی خاک و ورود کمتر مواد آلی به آن شود که در پژوهش‌های Dahlgren و همکاران (۲۰۰۳)، Salehi و همکاران (۲۰۱۱) و Rahimi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است. همچنین، حذف تاج‌پوشش یا کاهش آن در توده‌های زوال‌یافته و تخریب‌شده می‌تواند با تأثیر بر مقدار آب‌شویی و فرسایش آبی باعث هدررفت عناصر غذایی از جمله پتاسیم شود (Foth & Ellis, 1988).

مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم موجود در خاک تابعی از سنگ مادر، پوشش گیاهی و اقلیم هستند، به طوری‌که هوادیدگی کانی‌های حاوی کلسیم و منیزیم موجب آزادسازی این کاتیون‌ها در خاک می‌شود (Salardini, 2011). در این پژوهش، مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم خاک در توده‌های سالم جنوبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های دیگر بود. هم‌راستا با این نتایج، Rozas و Sampedro (۲۰۱۳) گزارش کردند که مقدار کاتیون‌های مذکور در خاک اطراف درختان خشکیده *Q. robur* کمتر از درختان سالم این گونه است. وجود لاش‌برگ و ماده آلی می‌تواند مقدار زیادی از کلسیم و منیزیم را به خاک وارد کند (Dahlgren & Singer, 1991). Rahimi و همکاران (۲۰۲۰) با مقایسه ویژگی‌های شیمیایی خاک در توده‌های گلازنی‌شده و دست‌نخورده در شهرستان بانه استان کردستان نشان دادند که مقدار منیزیم بین این توده‌ها، تفاوت معنی‌داری ندارد. این موضوع در همه توده‌های مورد مطالعه پژوهش پیش‌رو به‌جز توده سالم جنوبی نیز

- Fernández, D., López, M.V., Sangüesa-Barreda, G. and Igual, J.M., 2018. Beneath the canopy: Linking drought-induced forest die off and changes in soil properties. *Forest Ecology and Management*, 422: 294-302.
- Ghanbary, E., Tabari Kouchaksaraei, M., Mirabolfathy, M., Modarres Sanavi, S.A.M. and Rahaei, M., 2017. Growth and physiological responses of *Quercus brantii* seedlings inoculated with *Biscogniauxia mediterranea* and *Obolarina persica* under drought stress. *Forest Pathology*, 47(5): e12353.
- Hallett, P.D., Bachmann, J., Czachor, H., Urbanek, E. and Bin Zhang, Z., 2011. Hydrophobicity of soil: 357-385. In: Gliński, J., Horabik, J. and Lipiec, J. (Eds.). *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer, Dordrecht, Netherlands, 660p.
- Hosseini, A. and Jafari, M.R., In press. Effect of drought induced crown dieback on some nutrients in Persian oak forests. *Journal of Environmental Science and Technology* (In Persian).
- Hosseini, A., 2017. Variability of nitrogen and phosphorous in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. *Forest and Wood Products*, 70(2): 231-240 (In Persian).
- Jafari Haghghi, M., 2003. *Methods of Soil Analysis: Sampling and Important Physical & Chemical Analysis*. Nedaye Zoha Press, Sari, 236p (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*, 33(3): 734-748 (In Persian).
- Ostakh, E., Soosani, J., Abdolkhani, A. and Naghavi, H., 2020. Impact of decline on the concentration of chemical elements in the wood of declined and healthy Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 27(4): 413-424 (In Persian).
- Parnian Kalayeh, S., Moradi, M., Sefidi, K. and Basiri, R., 2020. Coarse and fine woody debris and mortality rate of Persian oak estimation in relation to some environmental factors in Zagros oak forest (Case study: Tange Alamdar, Behbahan). *Iranian Journal of Forest*, 11(4): 519-532 (In Persian).
- Rahimi, J., Mohammadi Samani, K., Shabaniyan, N. and Rahmani, M.Sh., 2020. Investigating some chemical soil properties in the pollarded and less-disturbed forest stands in the northern Zagros (case study: Baneh forest, Kurdistan). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3): 55-68 (In Persian).
- Reyhani Tabar, A., 2011. An evaluation of the reactivity و تقویت درختان خشکیده می‌تواند در پژوهش‌های آینده بررسی شود.
- ### منابع مورد استفاده
- 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 Forests*, 3(6): 19-27 (In Persian).
- Anderegg, W.R.L., Plavcová, L., Anderegg, L.D.L., Hacke, U.G., Berry, J.A. and Field, C.B., 2013. Drought's legacy: multiyear hydraulic deterioration underlies widespread aspen forest die-off and portends increased future risk. *Global Change Biology*, 19(4): 1188-1196.
- Azizi, Z., Khalili, Z. and Soltani, A., 2018. The Effect of physiographic factors on sudden oak trees death (case study area: Barz and Shvrs watershed). *Geospatial Engineering Journal*, 9(3): 19-25 (In Persian).
- Barrow, N.J. and Ellis, A.S., 1986. Testing a mechanistic model. V. The points of zero salt effect for phosphate retention, for zinc retention and for acid/alkali titration of a soil. *Journal of Soil Science*, 37(2): 303-310.
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A. and Dreyer, E., 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6): 625-644.
- Dahlgren, R. and Singer, M.J., 1991. Nutrient cycling in managed and unmanaged oak woodland-grass ecosystems. *Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management*. Davis, California, 31 Oct. - 2 Nov. 1990: 337-341.
- Dahlgren, R.A., Horwath, W.R., Tate, K.W. and Camping, T.J., 2003. Blue oak enhance soil quality in California oak woodlands. *California Agriculture*, 57(2): 42-47.
- Dultz, S. and Kühn, P., 2005. Occurrence, formation, and micromorphology of gypsum in soils from the Central-German Chernozem region. *Geoderma*, 129(3-4): 230-250.
- Foth, H.D. and Ellis, B.G., 1988. *Soil Fertility*. John Wiley & Sons, New York, 212p.
- Gao, X., Wu, P., Zhao, X., Wang, J. and Shi, Y., 2014. Effects of land use on soil moisture variations in a semi-arid catchment: implications for land and agricultural water management. *Land Degradation and Development*, 25(2): 163-172.
- Gazol, A., Camarero, J.J., Jiménez, J.J., Moret-

- area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). Iranian Journal of Forest, 3(1): 81-89 (In Persian).
- Sardans, J., Peñuelas, J. and Ogaya, R., 2008. Drought's impact on Ca, Fe, Mg, Mo and S concentration and accumulation patterns in the plants and soil of a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* forest. Biogeochemistry, 87(1): 49-69.
 - Shahrezei, H., Faramarzi, M., Heydari, M. and Pourreza, M., 2021. Comparison of some soil physico-chemical and microbial characteristics in relation to oak decline in different elevation classes in southern Zagros forest. Ecology of Iranian Forests, 8(16): 136-147 (In Persian).
 - Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L., 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester, 129(7): 859-864.
 - Soleimani, R. and Pourhashemi, M., 2020. Variability of soil chemical characteristics in oak stands with different dieback. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 8(16): 265-283 (In Persian).
 - characteristics of carbonates in some selected soils of Iran. Iranian Journal of Soil and Water Research, 41(2): 201-209 (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(1): 673-685
 - Rust, S. and Roloff, A., 2002. Reduced photosynthesis in old oak (*Quercus robur*): the impact of crown and hydraulic architecture. Tree Physiology, 22(8): 597-601.
 - Salardini, A.A., 2011. Soil Fertility. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 434p (In Persian).
 - Salehi, A. and Tabari Kouchaksaraei, M., 2015. Nutrition properties of soil and leaf of Eldar pine trees irrigated by municipal effluent. Journal of Environmental Science and Technology, 16(1): 262-274 (In Persian).
 - Salehi, A., Mohammadi, A. and Safari, A., 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged

Soil characteristics and leaf nutrients of healthy and declined Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.)

M. Zarafshar^{1*}, M. Matinizedeh², M. Negahdarsaber³, M. Pourhashemi², S.K. Bordbar³
and M.R. Ziaecian⁴

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran. Email: m.zarafshar@areeo.ac.ir

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

3- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

4- Expert, Research Division of Soil and Water, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

Received: 19.11.2020

Accepted: 17.02.2021

Abstract

Nowadays, the oak decline phenom in the Zagros region of Iran has converted into a serious crisis that needs more attention and research to provide forest managers with solutions. The aim of the study was to understand the soil quality and leaf nutrients of declined oak stands (*Quercus brantii* Lindl.) in the Kohmareh Sorkhi region. To do so, soil samples were taken from the under of the healthy and declined trees' crowns and then soil characteristics including moisture content, pH, electrical conductivity (EC), organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, gypsum, calcium carbonate, calcium, and magnesium contents were measured and compared. Moreover, NPK content was measured on taken leaves from each trees. The results indicated that soil moisture, EC, gypsum, lime, P, K, Ca, and Mg contents had significant differences. Although gypsum and lime contents were higher in the declined stands compared to the healthy ones, moisture content, EC, P, K, total Ca, and Mg content were higher in the healthy stands. The leaf nutrient statistical analysis demonstrated that the dieback individuals suffer phosphorus shortage, but N and K content were the same as the healthy ones. Given that some shortages were observed in the nutrient elements such as P, K, Ca, and Mg in soils under the crown of declined trees and P in their leaves, it seems that the nutrient shortage has an important role in the oak decline since the greatest shifts were recorded for which.

Keywords: Gypsum, lime, nutrient shortage, oak decline, phosphorus, Zagros forests.