

ارزیابی روند تغییرات ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در جنگل‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در استان چهارمحال و بختیاری

مریم تیموری^{۱*}، طاهره علی‌زاده^۲، یعقوب ایرانمنش^۳، محمدحسین صادق‌زاده حلاج^۲ و مهدی پورهایمی^۴

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: mteimouri@rifr-ac.ir

۲- کارشناس پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷

چکیده

تخریب جنگل‌ها سبب تخریب خاک به عنوان اساس حیات بوم‌سازگان‌های زمینی می‌شود، بنابراین پایش و ارزیابی روند تغییرات در طی زمان می‌تواند با ارائه اطلاعات علمی مانع از تخریب خاک و آسیب این بوم‌سازگان‌ها شود. در این پژوهش، ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در دو رویشگاه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به نام‌های چری و موز در استان چهارمحال و بختیاری بررسی شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰، ویژگی‌های شیمیایی و زیستی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج مربوط به رویشگاه چری حاکی از افزایش معنی‌دار مقدار چهار متغیر کربن آلی، ماده آلی، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون در سال دوم پایش نسبت به سال اول بود. افزایش این متغیرها را می‌توان به دلیل تنوع گونه‌ای زیاده‌تر، درصد تاج‌پوشش بیشتر و حفاظت نسبی رویشگاه چری دانست. در رویشگاه موز فقط هدایت الکتریکی و وزن خشک خاک، تغییر معنی‌داری را در سال دوم نسبت به سال اول نشان دادند که می‌تواند ناشی از کاهش بارندگی و چرای دام باشد. به نظر می‌رسد که روند تغییرات مثبت در رویشگاه چری سبب بهبود کیفیت برخی از ویژگی‌های خاک شده است. به‌طورکلی، مدیریت مبتنی بر حفاظت از رویشگاه‌های زاگرس با تأثیر مثبت خود بر ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک می‌تواند نقش قابل‌توجهی در سلامت درختان بلوط که با معضل زوال بلوط درگیر هستند، داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پایش، پتانسیل نیتریفیکاسیون، تنفس پایه، حفاظت، کربن آلی.

مقدمه

مختلف جهان را به دنبال داشته است. تغییر بوم‌سازگان‌های طبیعی مانند تخریب جنگل سبب تخریب و تغییر ویژگی‌های خاک آن‌ها می‌شود (Amusan et al., 2006). خاک به عنوان بستر حیات، نقش اساسی در استقرار، رشد و پراکنش گیاهان و درختان دارد. با توجه به اهمیت این منبع ارزشمند در حفظ تعادل بوم‌شناختی جنگل‌ها، تخریب خاک می‌تواند عواقب

حیات در کره زمین به وجود آب، هوا و خاک بستگی دارد. تشکیل خاک، به عنوان یک منبع طبیعی ارزشمند و تجدیدناپذیر، هزاران سال طول می‌کشد. متأسفانه، اهمیت خاک در گذشته نادیده گرفته می‌شد که عواقب ناخوشایندی مانند کاهش حاصلخیزی خاک و نیز وقوع گردوغبار در نقاط

تغییر دهند (Fujii *et al.*, 2012). قطع درختان جنگلی در بوم‌سازگان زاگرس، چرای مفرط دام و تغییر در محدوده اراضی جنگلی به تغییرات منفی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک منجر شده است (Hajabbasi *et al.*, 2008). بنابراین هم‌زمان با تخریب این جنگل‌ها بر سرعت تخریب خاک آن‌ها نیز افزوده شده است. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی روند تغییرات احتمالی ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در مدت دو سال (۱۳۹۸ و ۱۴۰۰) و عوامل مؤثر بر آن در دو رویشگاه با گونه غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این بررسی در جنگل‌های بلوط ناحیه رویشی زاگرس واقع در منطقه بازفت از توابع استان چهارمحال و بختیاری در دو رویشگاه مورز (رویشگاه تپیک بلوط ایرانی و دخالت‌شده) و چری (رویشگاه کمتر دخالت‌شده) انجام گرفت (شکل ۱). برخی از ویژگی‌های جنگل‌شناسی رویشگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. به‌جز از نظر ارتفاع از سطح دریا، شرایط بوم‌شناختی دو رویشگاه مذکور شبیه‌به‌هم هستند. ارتفاع رویشگاه چری و مورز به‌ترتیب ۲۲۸۵ و ۱۸۷۳ متر از سطح دریا است. هر دو رویشگاه، اقلیم بسیار سرد و مرطوب دارند. متوسط سالانه دما و بارش در آن‌ها به‌ترتیب ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۳۲۰ میلی‌متر است. جهت جغرافیایی غالب هر دو رویشگاه، جنوبی و میانگین شیب آن‌ها ۳۰ درصد است. رویشگاه‌های مورز و چری، سنگ‌بستر آهکی مربوط به دوره زمین‌شناسی ژوراسیک- کرتاسه دارند. خاک رویشگاه چری، کم‌عمق است و در گروه بزرگ Lithic Xerorthents طبقه‌بندی می‌شود. به‌نحوی که در عمق کمتر از ۵۰ سانتی‌متر، سنگ‌بستر یکپارچه مشاهده می‌شود. خاک رویشگاه مورز نیز تکامل زیادی ندارد و کم‌عمق تا نیمه‌عمیق است. خاک این رویشگاه در گروه بزرگ Typic Xerorthents طبقه‌بندی می‌شود (Anonymous, 2000). بافت خاک در هر دو رویشگاه مورد مطالعه، یکسان و لومی - شنی بود.

اقتصادی و اجتماعی جدی به‌دنبال داشته باشد، بنابراین حفظ این بوم‌سازگان‌ها از جمله خاک آن‌ها، اهمیت ویژه‌ای دارد. مدیریت صحیح یک بوم‌سازگان سبب بهبود کیفیت و سلامت خاک و جلوگیری از تخریب آن می‌شود. این مدیریت به پایش تغییرات ویژگی‌های خاک اعم از فیزیکی، شیمیایی و زیستی نیاز دارد تا از اطلاعات به‌دست‌آمده بتوان برای اتخاذ تصمیم‌های درست در راستای حفظ خاک استفاده کرد.

نتایج پژوهش‌های دقیق نشان داده‌اند که ویژگی‌های خاک از نظر زمانی متغیر هستند (Rodríguez *et al.*, 2009; Tao *et al.*, 2020). تغییر در ویژگی‌های خاک به عوامل متعددی از جمله شرایط زمین‌شناختی، آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی بستگی دارد (Liu *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021). بررسی‌ها نشان داده‌اند که تغییرات زمانی کربن آلی و ازت کل خاک با بارندگی، رابطه مستقیم و با درجه حرارت، رابطه معکوس دارد (Jackson *et al.*, 2017). بررسی تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های زیستی خاک طی سه سال در جنگل‌های بلزیک نشان داد که تغییرات زمانی مشاهده‌شده به شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد (Ratcliffe *et al.*, 2018). رطوبت و دمای خاک، عوامل اصلی کنترل‌کننده تغییرات زمانی تنفس خاک هستند (Zeng *et al.*, 2018). با کاهش رطوبت، تنفس خاک به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد (Rezaie & Raiesi, 2016). بررسی اثر تنوع گونه‌ای بر فعالیت میکروبی و آنزیمی در جنگل‌های هیرکانی نشان داد که تنوع گونه‌ای، سوزنی‌برگ یا پهن‌برگ بودن درختان و بافت خاک بر مقدار تنفس پایه خاک مؤثر هستند (Kooch *et al.*, 2018). شناخت این تغییرات برای پیش‌بینی کیفیت خاک و برنامه‌ریزی طولانی‌مدت ضروری است.

باتوجه‌به تغییر ویژگی‌ها در سطح و عمق خاک طی زمان باید به این تغییرات در مدیریت جنگل و تعادل مواد غذایی توجه شود (Wang *et al.*, 2014). مدیریت جنگل‌ها می‌تواند سبب تغییر ویژگی‌های خاک مانند افزایش کربن آلی و کاهش ازت شوند که از این تغییرات می‌توان برای توسعه جنگل در بلندمدت استفاده کرد (Jin *et al.*, 2021). فعالیت‌های انسانی نسبت به عوامل محیطی در زمان کوتاه‌تری می‌توانند ویژگی‌های خاک را



شکل ۱- نمایی از رویشگاه‌های چری (سمت راست) و مورز (سمت چپ) در استان چهارمحال و بختیاری

Figure 1. A view of Chari (right) and Mavarz (left) sites in Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های جنگل‌شناسی رویشگاه‌های مورد مطالعه

Table 1. Some silvicultural characteristics of studied sites

رویشگاه Site	تیپ جنگل Forest type	فرم جنگل Forest form	تاج پوشش (درصد) Crown cover (%)	تعداد گونه‌های درختی Number of tree species
چری Chari	برودار- بنه <i>Quercus brantii- Pistacia atlantica</i>	دانه و شاخه‌زاد Coppice with standard	56.1	7
مورز Mavarz	برودار- زالزالک زرد <i>Quercus brantii- Crataegus azarolus</i>	دانه و شاخه‌زاد Coppice with standard	30.7	2

روش نمونه‌برداری
از هر رویشگاه مورد مطالعه، یک هکتار انتخاب شد. هرکدام از قطعه‌های یک هکتاری به شش زیرقطعه مساوی با طول ۵۰ و عرض ۳۳ متر تقسیم شدند. از مرکز این زیرقطعه‌ها و نیز از مرکز هر قطعه، خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. هفت نمونه از هرکدام از دو قطعه یک هکتاری در مردادماه سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ برداشت شد (در مجموع، ۲۸ نمونه طی دو سال). نمونه‌ها در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور حذف ریشه‌ها و بقایای گیاهی دیگر، نمونه‌های خاک الک شدند. سپس آن‌ها به دو بخش تقسیم شدند: یک بخش برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خاک در دمای اتاق خشک و بخش دیگر برای اندازه‌گیری شاخص‌های زیستی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تعیین ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک
برای اندازه‌گیری pH و هدایت الکتریکی خاک از

سوسپانسیون خاک (۱:۲/۵) استفاده شد (Mclean, 1982). به منظور تعیین درصد وزن خشک خاک، نمونه‌های خاک در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و بلافاصله وزن شدند (Schlichting & Blumer, 1990). از روش‌های اکسیداسیون مرطوب، کج‌دال و آبی مولیبدات به ترتیب برای اندازه‌گیری کربن آلی، ازت و فسفر در دسترس استفاده شد (Walkley & Black, 1934; Bremner & Mulvaney, 1982; Olsen & Sommers, 1982). مقدار کربن آلی نمونه‌ها پس از استخراج با سولفات پتاسیم (۰/۵ مولار) با روش اکسیداسیون مرطوب و تیتراسیون اندازه‌گیری شد. برای تعیین مقدار ماده آلی، پس از محاسبه درصد کربن آلی، عدد به دست آمده در ۱/۷۲ ضرب شد. مقدار تنفس پایه خاک با مقدار دی‌اکسیدکربن جذب شده توسط محلول هیدروکسید سدیم پس از گرم‌خانه‌گذاری نمونه‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با روش تیتراسیون ارزیابی شد (Isermeyer, 1952). تنفس برانگیخته خاک پس از القا فعالیت میکروبی با

افزودن گلوکز در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Isermeyer, 1952). برای اندازه‌گیری کربن زی‌توده میکروبی از روش تدخین- استخراج استفاده شد (Vance & Nadkarni, 1987). به این منظور، نمونه‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت با کلروفورم تدخین شدند. پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک با اندازه‌گیری نیتريت آزاد شده از نمونه‌های خاک با استفاده از سولفات آمونیوم به عنوان سوبسترا پس از گرمخانه‌گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت تعیین شد (Berg & Rosswall, 1985).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

باتوجه به تعداد مشاهده‌ها و عدم تبعیت تفاضل سال‌های مورد بررسی از توزیع نرمال در هر دو رویشگاه، آزمون ناپارامتری رتبه‌های نشان‌دار ویلکاکسون (Related-samples Wilcoxon signed rank test) به منظور مقایسه روند تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده بین دو سال مورد مطالعه استفاده شد. به طوری که تغییرات متغیرها در هر کدام از رویشگاه‌های مورد مطالعه به صورت جداگانه بررسی شد.

جدول ۲- نتایج آزمون ویلکاکسون برای مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده خاک در رویشگاه چری

Table 2. Wilcoxon test results for measured soil parameters in Chari site

متغیر Variable	آماره آزمون Test statistic	معنی‌داری Significance
pH	13	0.866 ^{ns}
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	21.5	0.204 ^{ns}
وزن خشک Dry matter	7	0.237 ^{ns}
فسفر در دسترس Available phosphorous	14	1 ^{ns}
ازت کل Total Nitrogen	11	0.916 ^{ns}
کربن آلی Total organic carbon	28	0.018*
ماده آلی Organic matter	28	0.018*
کربن زی‌توده میکروبی Microbial biomass carbon	22	0.176 ^{ns}
تنفس پایه Basal respiration	28	1 ^{ns}
تنفس برانگیخته Substrate induced respiration	14	0.018*
پتانسیل نیتریفیکاسیون Nitrification potential	28	0.018*

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

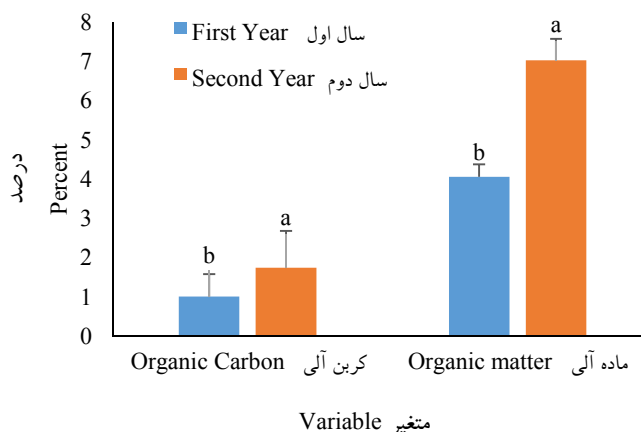
*: Significant at $p < 0.05$; ns: non-significant

نتایج

رویشگاه چری

تحلیل آماری مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده در رویشگاه چری نشان داد که کربن آلی، ماده آلی، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک، تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو سال پایش داشتند (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که مؤلفه‌های مذکور در سال دوم پایش (۱۴۰۰) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال اول پایش (۱۳۹۸) بودند (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). باین‌حال، میانگین pH، هدایت الکتریکی، وزن خشک، ازت کل، فسفر در دسترس، کربن زی‌توده میکروبی و تنفس پایه طی دو سال مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۳).

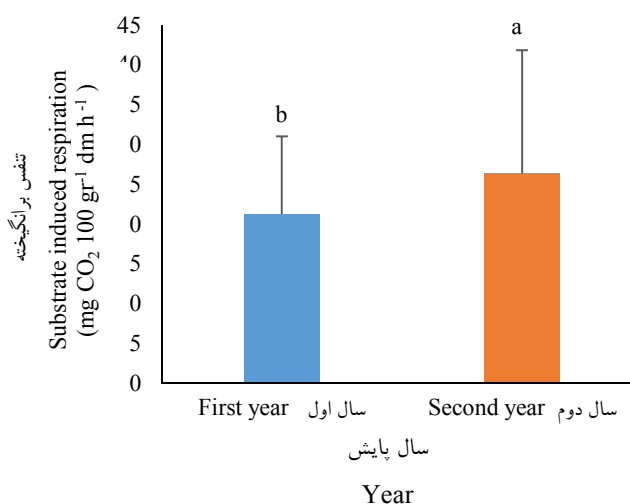


شکل ۲- مقایسه میانگین کربن و ماده آلی خاک \pm انحراف معیار بین دو سال نمونه‌برداری در رویشگاه چری

Figure 1. Mean comparison of organic carbon and matter \pm standard deviation between two years of sampling in Chari site

حرف‌های متفاوت در هر متغیر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Different letters in each variable indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

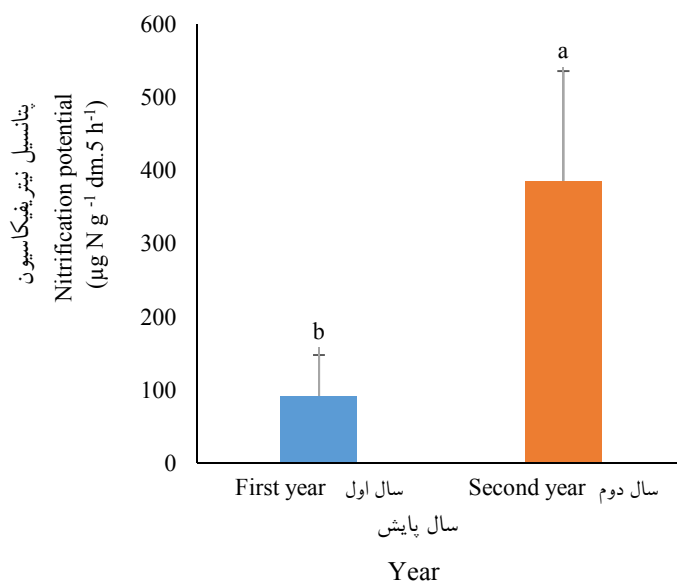


شکل ۳- مقایسه میانگین \pm انحراف معیار تنفس برانگیخته خاک بین دو سال نمونه‌برداری در رویشگاه چری

Figure 3. Mean comparison of substrate induced respiration \pm standard deviation between two years of sampling in Chari site

حرف‌های متفاوت در هر متغیر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).



شکل ۴- مقایسه میانگین \pm انحراف معیار پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک طی دو سال نمونه برداری در رویشگاه چری

Figure 4. Mean comparison \pm standard deviation of soil nitrification potential in two years of sampling in Chari site

جدول ۳- میانگین \pm انحراف معیار ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در رویشگاه چری (تفاوت معنی‌دار نیست)

Table 3. The mean \pm standard deviation of measured soil parameters in Chari site (Differences are not significant)

متغیر Variable	سال اول (۱۳۹۸) First year (2019)	سال دوم (۱۴۰۰) Second year (2021)
pH	7.72 \pm 0.16	7.72 \pm 0.2
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) Electrical conductivity (μ Siemens/cm)	239.35 \pm 52.5	272.57 \pm 26.09
وزن خشک خاک (درصد) Dry matter (%)	92.34 \pm 1.13	91.46 \pm 1.29
فسفر در دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available phosphorous (mg/kg)	37.53 \pm 10.63	38.61 \pm 11.04
ازت کل (درصد) Total nitrogen (%)	0.12 \pm 0.033	0.126 \pm 0.04
کربن زی‌توده میکروبی (میلی‌گرم کربن زی‌توده در ۱۰۰ گرم وزن خشک خاک) Microbial biomass carbon (mg C biomass 100 g ⁻¹ dm.)	1.204 \pm 0.08	1.104 \pm 0.15
تنفس پایه (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در یک گرم وزن خشک خاک در ۲۴ ساعت) Basal respiration (mg CO ₂ .g ⁻¹ dm.24 h ⁻¹)	1.889 \pm 0.35	2.018 \pm 0.29

زیستی خاک آورده شده است. در این رویشگاه فقط در دو مؤلفه وزن خشک و هدایت الکتریکی خاک، تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو سال پایش

رویشگاه مورز در جدول ۴، نتایج تجزیه ویلکاکسون داده‌های رویشگاه مورز در دو سال پایش مؤلفه‌های شیمیایی و

سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل pH، کربن آلی، ماده آلی، ازت کل، فسفر در دسترس، کربن زی‌توده میکروبی، تنفس‌های پایه، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون مشاهده نشد (جدول ۵).

مشاهده شد. مقدار هدایت الکتریکی خاک در سال اول پایش، بیشتر از سال دوم بود (شکل ۵). همچنین، خاک در سال دوم پایش، رطوبت کمتری در مقایسه با سال اول پایش داشت (شکل ۶). با این حال، تفاوت معنی‌داری در

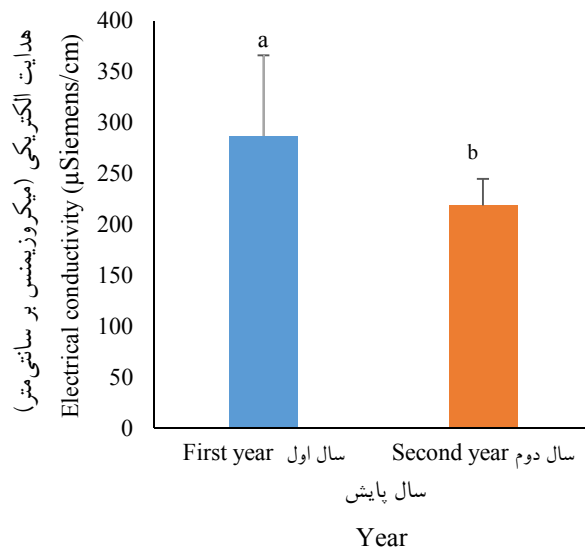
جدول ۴- نتایج آزمون ویلکاکسون برای مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده خاک در رویشگاه مورز

Table 4. Wilcoxon test results for measured soil parameters in Mavarz site

متغیر Variable	آماره آزمون Test statistic	معنی‌داری Significance
pH	8	0.31 ^{ns}
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	1	0.028*
وزن خشک خاک Dry matter	27	0.028*
فسفر در دسترس Available phosphorous	17	0.612 ^{ns}
ازت کل Total nitrogen	15	0.866 ^{ns}
کربن آلی Total organic carbon	6	0.179 ^{ns}
ماده آلی Organic matter	6.5	0.204 ^{ns}
کربن زی‌توده میکروبی Microbial biomass carbon	15	0.345 ^{ns}
تنفس پایه Basal respiration	3	0.063 ^{ns}
تنفس برانگیخته Substrate induced respiration	3	0.063 ^{ns}
پتانسیل نیتریفیکاسیون Nitrification potential	16	0.735 ^{ns}

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

*: Significant at $p < 0.05$; ns: non-significant

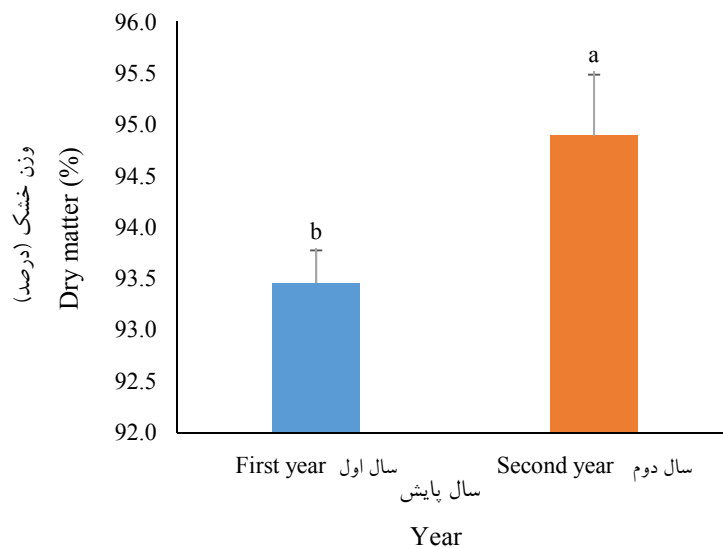


شکل ۵- مقایسه میانگین \pm انحراف معیار هدایت الکتریکی در رویشگاه مورز بین دو سال نمونه برداری

Figure 5. Mean comparison \pm standard deviation of soil electrical conductivity between two years of sampling in Mavarz site

حرف‌های متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).



شکل ۶- مقایسه میانگین \pm انحراف معیار وزن خشک خاک در رویشگاه مورز بین دو سال نمونه برداری

Figure 6. Mean comparison \pm standard deviation of soil dry matter between two years of sampling in Mavarz site

حرف‌های متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

جدول ۵- میانگین \pm انحراف معیار ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در رویشگاه مورز (تفاوت معنی‌دار نیست)

Table 2. The mean \pm standard deviation of other measured parameters in Mavarz site (Differences are not significant)

متغیر Variable	سال اول (۱۳۹۸) First year (2019)	سال دوم (۱۴۰۰) Second year (2021)
pH	7.66 \pm 0.26	7.54 \pm 0.07
فسفر در دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available phosphorous (mg/Kg)	28.92 \pm 2.75	29.93 \pm 2.67
ازت کل (درصد) Total nitrogen (%)	0.18 \pm 0.04	0.186 \pm 0.041
کربن آلی (درصد) Total organic carbon (%)	2.72 \pm 0.55	2.37 \pm 0.4
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	4.709 \pm 0.95	4.11 \pm 0.7
کربن زی‌توده میکروبی (میلی‌گرم کربن زی میکروبی در ۱۰۰ گرم وزن خشک خاک) Microbial Biomass carbon (mg C biomass 100 g ⁻¹ dm.)	0.979 \pm 0.082	1.054 \pm 0.012
میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در ۱ گرم وزن خشک خاک در ۲۴ ساعت (تنفس پایه) Basal respiration (mg CO ₂ .g ⁻¹ dm.24 h ⁻¹)	3.95 \pm 1.21	3.02 \pm 0.033
تنفس برانگیخته (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در ۱ گرم وزن خشک خاک در ۱ ساعت) Substrate induced respiration (mg CO ₂ .100g ⁻¹ dm. h ⁻¹)	39.21 \pm 10.54	30.2 \pm 3.03
پتانسیل نیتریفیکاسیون (میکروگرم ازت در ۱ گرم وزن خشک خاک در ۵ ساعت) Nitrification potential (μ g N g ⁻¹ dm.5 h ⁻¹)	179.18 \pm 93.78	232.31 \pm 30.52

بحث

تغییر در کربن آلی خاک به‌عنوان شاخص مدیریت پایدار زمین و نیز شاخص حساس کیفیت خاک می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در حاصلخیزی خاک باشد. کربن آلی خاک می‌تواند در پاسخ به مدیریت اعمال‌شده و نیز طیف وسیعی از عوامل محیطی تغییر کند. نتایج پژوهش پیش‌رو در رویشگاه چری نشان داد که از بین ویژگی‌های شیمیایی خاک، کربن آلی و پیرو آن، ماده آلی در سال دوم پایش (۱۴۰۰) بیشتر از سال اول پایش (۱۳۹۸) بود. با توجه به ویژگی‌ها و شرایط رویشگاه چری به نظر می‌رسد که نتیجه به‌دست‌آمده را می‌توان با تنوع گونه‌ای بیشتر (هفت گونه) و تاج‌پوشش به نسبت زیاد (۵۶ درصد) در این رویشگاه مرتبط دانست. هرچه مقدار پوشش گیاهی بیشتر باشد، کربن و ماده آلی خاک نیز بیشتر هستند. زیرا ریشه‌ها و بقایای گیاهان، منبع اصلی مواد آلی در خاک

در این پژوهش، ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در دو رویشگاه بلوط به‌نام‌های چری و مورز در استان چهارمحال و بختیاری بررسی شد. رویشگاه چری به دلیل شرایط توپوگرافی و عدم دسترسی، به‌طور طبیعی حفاظت شده است و دخالتی در آن انجام نمی‌شود، در حالی که فعالیت‌ها و دخالت‌های انسانی در رویشگاه مورز از جمله ورود و چرای دام مشهود است، بنابراین ارزیابی روند تغییرات ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک این دو رویشگاه می‌تواند ضمن آشکارسازی تفاوت ویژگی‌های خاک بین آن‌ها، اطلاعات بیشتری در اختیار مدیران جنگل برای برنامه‌ریزی به‌منظور کاهش اثرات مضر دخالت‌ها و فعالیت‌های انسانی در بوم‌سازگان‌های طبیعی قرار دهد.

رطوبت و هدایت الکتریکی خاک، رابطه مستقیمی وجود دارد، به نحوی که با کاهش رطوبت خاک، هدایت الکتریکی خاک نیز کاهش می‌یابد (Brevik *et al.*, 2006). کاهش هدایت الکتریکی و رطوبت خاک و به دنبال آن‌ها، افزایش وزن خشک خاک در رویشگاه موز می‌تواند ناشی از کاهش بارندگی‌ها و خشک‌سالی باشد که در بیشتر مناطق رویشی ایران از جمله رویشگاه‌های زاگرس رخ داده است. براساس آمار ایستگاه هواشناسی کوه‌رنگ، مقدار بارندگی از ۱۵۲۴ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸ به ۱۲۲۲ میلی‌متر در سال ۱۴۰۰ کاهش یافت. کاهش هدایت الکتریکی در رویشگاه موز می‌تواند علاوه بر کاهش بارندگی، ناشی از فشردگی خاک در اثر چرای دام باشد که در پژوهش Safar Alizadeh Herisi و همکاران (۲۰۲۰) نیز به آن اشاره شده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که رویشگاه چری، شرایط بهتری از نظر کیفیت خاک در مقایسه با رویشگاه موز دارد. به‌نظر می‌رسد که حتی حفاظت طبیعی ناشی از شرایط توپوگرافی و عدم دسترسی نیز می‌تواند اثرات مثبت بر ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک و نیز بر سلامت درختان به‌ویژه در مناطقی که مشکل جدی زوال بلوط وجود دارد، داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- Amusan, A.A., Shitu, A.K., Makinde, W.O. and Orewole, O., 2006. Assessment of changes in selected soil properties under different land use in Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 5(1): 1178-1184.
- Anonymous, 2000. Provincial synthesis studies: The comprehensive plan for revitalization and development of agriculture and natural resources of Chaharmahal and Bakhtiari province. Soil report, The Sixth volume. Publication of Ministry of Agriculture Jihad, Tehran, Iran, 220p (In Persian).
- Berg P. and Rosswall, T., 1985. Ammonium oxidizer numbers, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. *Biology and Fertility of Soils*, 1: 131-140.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total: 595-624. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis*, Part 2:

هستند (Lange *et al.*, 2015; Schittko *et al.*, 2022). به‌علاوه، رویشگاه چری تا حدودی حفاظت شده است و فعالیت‌های انسانی از جمله ورود دام در آن انجام نمی‌شود. اگرچه نقش قرق و حفاظت از رویشگاه‌ها در مقدار مواد آلی خاک متفاوت است. به‌طوری‌که حفاظت می‌تواند بی‌تأثیر باشد یا اثرات معنی‌دار مثبت (Feyisaa *et al.*, 2017) یا منفی (Shang *et al.*, 2017) بر مقدار ماده آلی خاک داشته باشد. به‌نظر می‌رسد که عواملی مانند زمان و شدت حفاظت می‌توانند بر مقدار کربن آلی خاک در یک رویشگاه حفاظت شده مؤثر باشند.

در رویشگاه چری، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک، دو ویژگی زیستی خاک بودند که روند تغییرات آن‌ها طی دو سال پایش، افزایشی بود. ارزیابی تنفس برانگیخته خاک در واقع روشی برای ارزیابی جمعیت میکروبی دخیل در تجزیه گلوکز و زی‌توده میکروبی خاک است که می‌تواند بقایای گیاهی با ترکیبات مختلف را تجزیه کند. مقدار تنفس برانگیخته خاک به‌وسیله عوامل متعددی از جمله دما، رطوبت، مواد آلی خاک و قدرت تجزیه‌پذیری آن‌ها توسط ریزاندامگان‌های خاک تعیین می‌شود (Deng *et al.*, 2020). رابطه مثبت بین ویژگی‌های زیستی و کربن آلی خاک به‌عنوان منبع انرژی برای ریزاندامگان‌های ثابت شده است، بنابراین افزایش تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در سال دوم نمونه‌برداری می‌تواند به‌دنبال افزایش کربن آلی رخ داده باشد. این نتایج با یافته‌های He و همکاران (۲۰۱۷) و Wu و همکاران (۲۰۱۷) همسو است.

بررسی نتایج رویشگاه موز نشان داد که از بین ویژگی‌های شیمیایی و زیستی مطالعه‌شده فقط هدایت الکتریکی و وزن خشک خاک طی دو سال پایش به‌شکل معنی‌داری تغییر کردند. این رویشگاه از نظر آب‌وهوایی در شرایط مشابه با رویشگاه چری (سرد و بسیار مرطوب) قرار دارد. هدایت الکتریکی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در پایش سلامت و کیفیت خاک بیانگر توانایی خاک در هدایت جریان الکتریکی و شاخصی از مقدار دسترسی به مواد مغذی را نشان می‌دهد (Corwin & Lesch, 2003). بین مقدار

- Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, 6(1): 6707.
- Liu, H., Yang, X., Liang, C., Li, Y., Qiao, L., Ai, Z., ... and Liu, G., 2019. Interactive effects of microplastics and glyphosate on the dynamics of soil dissolved organic matter in a Chinese loess soil. *Catena*, 182: 104177.
 - McLean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement: 199-224. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, Second Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, 1159p.
 - Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus: 403-430. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, Second Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, 1159p.
 - Ratcliffe, S., Bosman, B. and Carnol, M., 2018. Spatial and temporal variability of biological indicators of soil quality in two forest catchments in Belgium. *Applied Soil Ecology*, 126: 148-159.
 - Rezaie, R. and Raiesi, F., 2016. Effect of superabsorbent polymers on soil microbial respiration and biomass under drought stress condition. *Journal of Soil Biology*, 3(2): 151-162 (In Persian with English summary).
 - Rodríguez, A., Durán, J., Fernández-Palacios, J.M. and Gallardo, A., 2009. Spatial pattern and scale of soil N and P fractions under the influence of a leguminous shrub in a *Pinus canariensis* forest. *Geoderma*, 151(3-4): 303-310.
 - Safar Alizadeh Herisi, G., Borghei, A.M. and Sharifi Malvajerdi, A., 2020. Effect of compaction and soil moisture on apparent electrical conductivity of soil and rolling resistance of tractor tire. *Journal of Agricultural Machinery*, 10(2): 299-311 (In Persian with English summary).
 - Schittko, C., Onandia, G., Bernard-Verdier, M., Heger, T., Jeschke, J.M., Kowarik, I., ... and Joshi, J., 2022. Biodiversity maintains soil multifunctionality and soil organic carbon in novel urban ecosystems. *Journal of Ecology*, 110(4): 916-936.
 - Schlichting, E. and Blumer, H.P., 1990. *Methods of Soil Analysis*. Hamburg, Germany, 568p.
 - Shang, Z., Cao, J., Guo, R., Henkin, Z., Ding, L., Long, R. and Deng, B., 2017. Effect of enclosure on soil carbon, nitrogen and phosphorus of Alpine desert rangeland. *Land Degradation and Development*, 28(4): 1166-1177.
 - Tao, H., Liao, X., Li, Y., Xu, C., Zhu, G. and Cassidy, D.P., 2020. Quantifying influences of interacting anthropogenic-natural factors on trace element Chemical and Microbiological Properties, Second Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, 1159p.
 - Brevik, E.C., Fenton, T.E. and Lazari, A., 2006. Soil electrical conductivity as a function of soil water content and implications for soil mapping. *Precision Agriculture*, 7: 393-404.
 - Corwin, D.L. and Lesch, S.M., 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, 95: 455-471
 - Deng, J., Zhou, Y., Zhu, W. and Yin, Y., 2020. Effects of afforestation with *Pinus sylvestris* var. mongolica plantations combined with enclosure management on soil microbial community. *PeerJ*, 8: e8857.
 - Feyisa, K., Beyene, S., Angassa, A., Said, M.Y., de Leeuw, J., Abebe, A. and Megers, B., 2017. Effects of enclosure management on carbon sequestration, soil properties and vegetation attributes in East African rangelands. *Catena*, 159: 9-19.
 - Fujii, K., Funakawa, S. and Kosaki, T., 2012. Soil acidification: natural processes and human impact. *Pedologist*, 55: 415-425.
 - Hajabbasi, M., Besalatpour, A. and Melali, A.R., 2008. Impacts of converting rangelands to cultivated land on physical and chemical properties of soils in west and southwest of Isfahan. *Journal of Water and Soil Science*, 11(42): 525-534 (In Persian with English summary).
 - He, Y., Xu, M., Qi, Y., Dong, Y., He, X., Li, J., ... and Sun, L., 2017. Differential responses of soil microbial community to four-decade long grazing and cultivation in a semi-arid grassland. *Sustainability*, 9(1): 128.
 - Isermeyer, H., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 56: 26-38 (In German).
 - Jackson, R.B., Lajtha, K., Crow, S.E., Hugelius, G., Kramer, M.G. and Piñeiro, G., 2017. The ecology of soil carbon: Pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48: 419-445.
 - Jin, J., Wang, L., Müller, K., Wu, J., Wang, H., Zhao, K., Berninger, F. and Fu, W., 2021. A 10-year monitoring of soil properties dynamics and soil fertility evaluation in Chinese hickory plantation regions of southeastern China. *Scientific Reports*, 11(1): 23531.
 - Kooch, Y., Sanji, R. and Tabari, M., 2018. Increasing tree diversity enhances microbial and enzyme activities in temperate Iranian forests. *Trees*, 32: 809-822.
 - Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R.I., ... and Gleixner, G., 2015.

- Ecology and Evolution, 4(7): 1039-1048.
- Wu, Y., Shaaban, M., Deng, C., Peng, Q. and Hu, R., 2017. Changes in the soil N potential mineralization and nitrification in a rice paddy after 20 yr application of chemical fertilizers and organic matter. *Canadian Journal of Soil Science*, 97(2): 290-299.
 - Zeng, X., Song, Y., Zhang, W. and He, S., 2018. Spatio-temporal variation of soil respiration and its driving factors in semi-arid regions of North China. *Chinese Geographical Science*, 28(1): 12-24.
 - Zhang, Q., Wang, Q., Zhu, J., Xu, L., Li, M., Rengel, Z., ... and He, N., 2021. Higher soil acidification risk in southeastern Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 755(2): 143372.
 - accumulation and pollution risk in karst soil. *Science of the Total Environment*, 721: 137770.
 - Vance, E.D. and Nadkarni, N.M., 1990. Microbial biomass and activity in canopy organic matter and the forest floor of a tropical cloud forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 677-684.
 - Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
 - Wang, H.M., Wang, W.J., Chen, H., Zhang, Z., Mao, Z. and Zu, Y.G., 2014. Temporal changes of soil physico-chemical properties at different soil depths during larch afforestation by multivariate analysis of covariance.

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

M. Teimouri ^{1*}, T. Alizadeh ², Y. Iranmanesh ³, M.H. Sadgezdeh Hallaj ² and M. Pourhashemi ⁴

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agriculture, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: mteimouri@rifr-ac.ir

2- Research Expert, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agriculture, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

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

Received: 08.11.2022

Accepted: 31.12.2022

Abstract

Forest destruction can lead to soil degradation, which in turn puts terrestrial ecosystems at risk. To prevent such destruction and preserve the health of ecosystems, it is crucial to monitor and evaluate changes in soil properties over time using scientific data. This study examined the chemical and biological characteristics of soil in two sites with Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) - Chari and Mavarz - located in the Zagros Forests of Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. Soil samples were collected from a depth of 0-10 cm, and measurements were taken in 2019 and 2021. The results showed significant differences between the two sites. In the Chari site, values of organic carbon, organic matter, substrate-induced respiration, and nitrification potential increased significantly from the first year to the second year. This improvement can be attributed to factors such as greater species diversity, higher canopy percentage, and relative protection of the Chari site. On the other hand, only electrical conductivity and dry weight of soil showed significant changes in the Mavarz site in the second year compared to the first year, possibly due to livestock grazing and reduced rainfall. Overall, the trend of changes in the Chari site has been positive, suggesting an improvement in some soil characteristics. This highlights the importance of managing and protecting habitats in the Zagros Forests to promote the health of oak trees that are facing the threat of oak decline. By preserving the biological and chemical characteristics of the soil, we can prevent forest destruction and protect the delicate balance of terrestrial ecosystems.

Keywords: Basal respiration, monitoring, nitrification potential, organic carbon, protection.