دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دوازدهم، شماره بیست و چهارم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

اثر شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی بر شاخص‌های کیفیت خاک در توده‌های جنگلی راش (پژوهش موردی: جنگل الندان_مازندران)

حسن بالابندی[1]، کامبیز ابراری واجاری[2*] ، نقی شعبانیان[3]

[1]دانشجوی دکتری علوم مهندسی جنگل، علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[2]دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[3]دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی در منطقه سری۶ الندان استان مازندران انجامشد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک درسه توده جنگلی راش (شاهد، تک‌گزینی درختی و تدریجی پناهی) بررسی شد و سه قطعه نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰متر) در سه توده جنگلی، در هر توده جنگل ۲۰ نمونه خاک (مجموعاً۶۰ نمونه) از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری از مرکز و چهارگوشه قطعه نمونه برداشت و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن‌ها اندازه-گیری شد. به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرتوف و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لوناز تجزیه واریانس یک‌طرفه آنوا و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد، خاک توده جنگلی شاهد بیشترین مقداردرصد رطوبت ۴۷ درصد و شن۶۰ درصد و کمترین مقدار وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ را به خود اختصاص داد و توده مدیریت‌شده با شیوه تک‌گزینی بیشترین میزان درصد لای ۹/۹۳و رس۹/۲۹خاک را داشت. همچنین حداکثر مقادیر ماده آلی ۹/۰۶درصد،کربن آلی۵/۲۶ درصد و نیتروژن ۴/۸ درصد نیز در خاک توده جنگلی شاهد اندازه‌گیری شد، درحالی‌که بیشترین مقدار فسفر قابل جذب به خاک۸/۲۸ درصد رویشگاه با شیوه تدریجی_پناهی تعلق داشت. حداکثر مقدار تنفس میکروبی و فسفر زی‌توده میکروبی و حداقل مقدار نسبت کربن به فسفر زی‌توده میکروبی نیز به توده جنگلی شاهد تعلق داشت. تغییرات معنی‌داری در مشخصه‌های پایداری، واکنش خاک، پتاسیم قابل‌جذب، کربن زی‌توده میکروبی، نیتروژن زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی در توده‌های جنگلی مورد مطالعه مشاهده نشد. به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از اثر معنی‌دار اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی درختی و تدریجی_پناهی بر اکثر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است.

واژه‌های کلیدی: **تدریجی_پناهی، تک‌گزینی درختی، فعالیت‌های میکروبی خاک، مدیریت جنگل**

مقدمه

بوم‌سازگان جنگلی با ارائه خدمات اساسی از قبیل جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلاینده‌های اتمسفری و ریزگردها، پاکسازی آب از سموم و تنظیم دما و بارش، جلوگیری از ایجاد رواناب، حفظ حاصل‌خیزی خاک توسط چرخش عناصر غذایی، حفظ زیستگاه حیات‌وحش، ایجاد جاذبه‌های توریستی و حفظ تنوع زیستی، در مقایسه با سایر بوم سازگان خدمات زیست‌محیطی بیشتری ارائه می‌دهند (Ellison et al., 2017). بوم‌سازگان جنگلی یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار در هر کشوری محسوب می‌شوند؛ درنتیجه از اهمیت زیادی برخوردارند و به همین خاطر امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از میان جنگل‌های

* نویسنده مسئول: kambiz.abrari2003@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

پهن‌برگ معتدل نیمکره شمالی، جنگل‌های هیرکانی از اهمیت خاصی برخوردار هستند، این جنگل‌ها به دلیل تراکم زیاد درختان و قابلیت تولید چوب فراوان، تنها عرصه جنگلی ایران برای برداشت چوب صنعتی است (حجاریان و همکاران،۱۳۹۵).

وجود گونه صنعتی ارزشمند مانند *راش* (*Fagus orientalis L*) از جمله گونه‌های با ارزش جنگل‌های شمال کشور است که در چرخه توالی و تکامل این جنگل‌ها نقش به‌سزایی دارد؛ به‌طوری‌که در دامنه‌های ارتفاعی ۷۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا به عنوان یکی از گونه‌های اصلی کلیماکس جنگل‌های شمال به شمار می‌آید (دلفان اباذری و همکاران، ۱۳۸۳). درخت راش یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین درختان جنگل‌های شمال کشور است مطابق با آمار برداری سراسری جنگل های شمال ایران این گونه به تنهایی ۶/۱۷ درصد. سطح کل جنگل های شمال و همچنین ۳۲/۷ درصد حجم کل درختان جنگل های شمال ایران را تشکیل می دهد (بی نام ۱۳۶۹).

مدیریت جنگلها همیشه ویژگیهای ساختارجنگل را دستخوش تغییر می نماید (Akkala et al., 2013) و افزایش آگاهی از تاثیر مدیریت جنگل بر ساختار توده جنگلی به مدیران اجازه می‌دهد تا ابزار صحیح حفظ ساختار توده جنگلی را برگزینند (Asbeck et al., 2021).

شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی و تدریجی_پناهی از اصلی‌ترین شیوه‌های جنگل‌شناسی برای بهره‌برداری از توده‌های جنگلی طبیعی در شمال کشور بوده است (Kazemi et at., 2015). در شیوه جنگل‌شناسی تک-گزینی، درختان به‌طور انفرادی (برای برداشت در یک سطح بزرگ) انتخاب می‌شوند. در این شیوه درختان بر اساس اندازه، کیفیت، ملاحظات تنوع زیستی و ارزش زیستگاه حیات وحش به دقت انتخاب می‌شوند. برداشت در این شیوه، هم بر روی تولید چوب تجاری و هم بر زادآوری و رشد توده جنگلی توجه دارد. در واقع انتخاب درخت، اصلی-ترین بخش برای اجرای موفقیت‌آمیز شیوه تک‌گزینی است (Owari et al., 2011). در شیوه تدریجی_پناهی، زادآوری توسط برش‌های تدریجی و پناهی صورت می‌گیرد و تمامی برش‌های زادآوری دارای نظم مکانی و زمانی بوده و هدف از آن توسعه زادآوری طبیعی در پناه درختان مادری و نیز استفاده بیشتر از رویش قطری درختان مرغوب است، هدف دیگر آن ایجاد جنگل‌های دانه‌زاد همسال و غالباً تک‌گونه‌ای است اجرای شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی (قطع یکسره، نواری، پناهی، تدریجی_پناهی و تک‌گزینی) در توده‌های جنگلی به منظور بهره‌برداری، وضعیت زادآوری، تنوع گونه-های گیاهی، ساختار و رقابت توده‌های جنگلی و ویژگی‌های خاک را دستخوش تغییر می‌کند (لطفی و همکاران، ۱۴۰۱).

خاک بخشی از اکوسیستم‌های جنگی است که به تنظیم فرایندهای مهم اکوسیستم شامل جذب مواد مغذی، تجزیه و قابلیت دسترسی آب کمک می‌کند و بهزیستی و سلامت بشریت مستقیم با عملکردهای خاک گره خورده است (Page-dumroese et al., 2020)؛خاک نقش اساسی در حفظ تولید بالای بوم سازگان جنگل داشته اما ویژگیهای فیریکی و شیمیایی آن تا حدزیادی تحت تاثیر تغییرات در ترکیب گونه‌ای جنگل و فعالیت‌های مدیریتی است (Rana et al.,2020).

بنابراین حفظ سلامت و کیفیت خاک برای مدیریت پایدار جنگل حیاتی است (Kersey and David., 2021) و توجه به اجزای خاک از موارد مهم و ضروری در مدیریت جنگل‌ها محسوب می‌شود.اعمال مدیریت از طریق اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی برای برداشت چوب در مناطق جنگلی با ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک باعث ایجاد اثرات منفی در بوم سازگان جنگل می‌شود (Wang et al., 2021). با توجه به اینکه پایداری طولانی‌مدت شیوه‌های مدیریت جنگل به خصوصیات خاک وابسته است، مطالعه کیفیت خاک، تعیین قابلیت و استعداد آن از گام‌های مهم برای اعمال مدیریت پایدار به‌شمار می‌رود.از این‌رو تحقیق درباره این مسأله که روش‌های مدیریتی تا چه اندازه بر کیفیت خاک اثرگذارند، بسیار مهم است و به پایداری اکوسیستم‌های جنگلی کمک می‌کنند.

بر اساس اهمیت موضوع، تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط بااثر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های خاک در مناطق مختلف انجام شده است. در یک مطالعه لطفی و همکاران (۱۴۰۱)، تأثیر شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی و تدریجی_پناهی بر خصوصیات خاک، در جنگل‌های راش میانبند در منطقه النداان ساری را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی اثرات متفاوتی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

در پژوهشی (Moslehi et al., 2020) تأثیر شیوه جنگل-شناسی تک‌گزینی بر نیتروژن کل خاک و تغییرات فصلی آندر توده آمیخته راش_ممرز در جنگل شصت کلاته گرگان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها حاکی از کاهش میزان میانگین نیتروژن کل در منطقه مدیریت شده در مقایسه با منطقه مدیریت نشده بود.

به‌دلیل تأثیرات متفاوت شیوه‌های مدیریتی بر اکوسیستم‌های جنگلی، انتخاب شیوه جنگل‌شناسی مناسب به‌منظور دستیابی به مدیریت پایدار بسیار حائز اهمیت است. از طرفی، رسیدن به شیوه مناسب مدیریت جنگل با در نظر گرفتن پایداری شاخص‌های کیفیت خاک میسر خواهد بود. با توجه به اینکه شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی و تدریجی_پناهی، عمده‌ترین شیوه‌های اجرای شده در در جنگل‌های شمال هستند؛ لذا این پژوهش با هدف ارزیابی اثر شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی بر خصوص‌یات فی‌زی‌کی، شیمیایی و زیستی خاک در توده جنگلی راش الندان ساری انجام گرفته است.

مواد وروش‌ها

منطقه موردمطالعه

مطاله حاضر در قطعه‌های ۳۷،۳۸،۱۰از سری ۶ جنگل الندان انجام شد این سریبین عرض جغرافیای۵۷ ´۱۰ °۳۶ تا ″۱۰ ´۱۳ °۳۸ شمالی و طول جغرافیایی۰۰ ´۲۴ °۵۳ تا ″۲۶ ´۲۷ °۵۳ شرقی و درمحدوده ارتفاع بین ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. سریمذکور در ۷۲ کیلومتری شهر ساری در استان مازندران واقع شده است.متوسط حداکثر وحداقل درجه حرارت ۱۶/۸و ۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۸۵۵ میلی‌متر است. تیپ‌های غالب جنگل، تیپ راش است. قطعه شاهد به همراه ممرز و توسکا با پوشش علفی کوله‌خاس، سرخس، قطعه تک گزینی به همراه ممرز توسکا باپوشش علفی کوله‌خاس و کارکس و قطعه تدریجی پناهی همراه ممرز و انجیلی با پوشش کوله‌خاس و سرخس، تیپ خاک منطقه نیزراندزین_قهوه‌ای_شسته با افق کلاسیک قهوه‌ای پدگلی است (بی‌نام،۱۳۶۹). قطعه‌های ۳۷،۱۰ و ۳۸ به ترتیب شامل راش بهره‌برداری نشده (شاهد)، راش بهره‌برداری شده با شیوه تک گزینی درختی و راش بهره‌برداری شده با شیوه تدریجی_پناهی است. با توجه به هدف پژوهش محدوده مورد بررسی طوری انتخاب شده است که از نظر فیزیوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا درصد شیب و جهت عمومی (شمالی جنوبی) دارای حداکثر همگنی باشد و حداقل تفاوت‌ها را در خصوصیات خاک و مواد مادری داشته باشند.

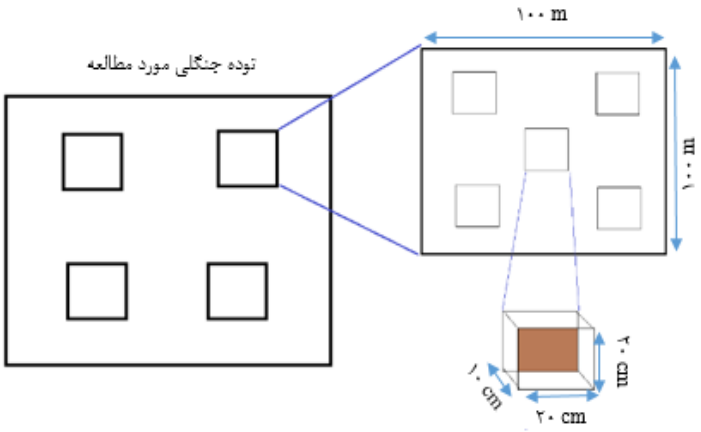
روش نمونه‌برداری خاک

نمونه‌برداری در خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری در خرداد ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. برای جمع‌آوری نمونه‌ها از قطعه نمونه‌های یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) که به‌صورت تصادفی در توده‌های جنگلی انتخاب شدند استفاده شده است. به‌طوری‌که در هر یک از سه توده، چهار قطعه نمونه یک هکتاری (در مجموع ۱۲ قطعه نمونه)، پیاده و در هر یک از قطعه نمونه‌های یک هکتاری، پنج نمونه خاک در مرکز و چهار گوشه قطعات یک هکتاری به وسیله بیلچه برداشت شدند (مجموع تعداد۶۰ نمونه خاک) (شکل۲). پس از انتقال نمونه‌های برداشت‌شده به آزمایشگاه، قسمتی از نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی در دمای اتاق خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شدند. بخشی از نمونه‌های تازه خاک برای انجام آزمایش‌های زیستی در دمای منفی۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (استان مازندران جنگل النداان ساری)

شکل ۲- موقعیت قطعه نمونه در هر پارسل برای نمونه برداری از خاک



[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک در آزمایشگاه ابتدا در سایه خشک شد؛ سپس ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل درصد رطوبت خاک به روش استاندارد وزنی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، پایداری خاکدانه‌ها به روش پودر و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شدند. اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر کربن آلی به روش والکی بلاک نیتروژن کل با دستگاه کجلدال (Hanon شرکت فرازمان)، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Agilent 240FSAA) واکنش خاک از روش پتانسیومتری مورد اندازه‌گیری شد. (جعفری حقیقی ، ۱۳۸۲).

آزمایش‌های زیستی خاک

برایاندازه‌گیری مشخصه‌های زیستی خاک از نمونه‌های خاک تازه (نگهداری‌شده در دمای منفی ۴درجه سانتی‌گراد) استفاده شد.تنفس پایه خاک با استفاده از روش بطری دربسته برحسب میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در روز اندازه‌گیری شد (Alef, 1995). برای اندازه‌گیری کربن، نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی خاک از روش تدخین_استخراج بهره‌گیری شد. در این روش ابتدا، خاک مرطوب با کلروفرم به مدت ۲۴ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین‌شده با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (۲۰ میلی‌لیتر) به مدت دو ساعت تکان داده و عصاره‌گیری شد. در پایان هم با استفاده از روش‌های و الکلی بلاک برای زی‌توده میکروبی کربن، روش کجلدال برای زی‌توده میکروبی نیتروژن و همچنین روش اولسن و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر برای (مدلVIS۷۲۰۰ کشور انگلیس) و ده میکرو بیفسفر، میزان زی‌توده‌های میکروبی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شدند (اصغر زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار اکسل به عنوان بانک اطلاعات ذخیره شدند. سپس به‌منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها ابتدا نرمال بودن آن‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون انجام شد. بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در شیوه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت. همچنین از ضرایب همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین زی‌توده‌های میکروبی خاک استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت.

نتایج

اثر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک اختلاف معنی‌داری در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه وجود دارد (جدول۱). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، میزان رطوبت خاک در توده مدیریت‌نشده (شاهد) در مقایسه با توده‌های مدیریت‌شده ۴۷ درصد بیشتر بود. بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری به خاک توده‌های جنگلی مدیریت‌شده تعلق داشت که از نظر آماری با توده شاهد تفاوت داشتند. بیشترین مقدار ۶۰درصد شن در خاک تحتانی توده جنگلی مدیریت‌نشده اندازه‌گیری شد؛ درحالی‌که بالاترین مقادیر درصد رس ۹/۲۹ و سیلت۹/۹۲ به خاک توده جنگلی مدیریت شده با شیوه تک‌گزینی درختی اختصاص یافت. در بین مشخصه-های فیزیکی تحت بررسی در این تحقیق، میزان پایداری خاک در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد (جدول۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۱- مقایسه تجزیه واریانس و میانگین (± اشتباه معیار) ویژگی‌های فیزیکی خاک در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی خاک	توده‌های جنگلی			مقدار F	معنی داری
	شاهد	شیوه تک‌گزینی درختی	شیوه تدریجی پناهی		
رطوبت (درصد)	(۴۷/۰۱ ± ۱/۹۶)^{a}	(۲۹/۵۲ ± ۱/۰۳)^{c}	(۴۰/۲۱ ± ۲/۱۵)^{b}	۲۳/۳۰	۰/۰۰۰$^{××}$
وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	(۱/۳۰ ± ۰/۰۴)^{b}	(۱/۴۶ ± ۰/۰۵)^{a}	(۱/۵۰ ± ۰/۰۵)^{a}	۵/۹۵	۰/۰۰۵$^{××}$
پایداری (درصد)	(۰/۴۱ ± ۰/۰۲)^{a}	(۰/۳۸ ± ۰/۰۲)^{a}	(۰/۴۵ ± ۰/۰۲)^{a}	۳/۴۸	۰/۰۳۷$^{×}$
شن (درصد)	(۶۰/۹۰ ± ۲/۰۱)^{a}	(۵۰/۷۹ ± ۱/۸۳)^{b}	(۶۰/۰۹ ± ۳/۰۰)^{b}	۹/۱۷	۰/۰۰۰$^{××}$
سیلت (درصد)	(۳۴/۰۶ ± ۱/۷۳)^{b}	(۳۹/۹۲ ± ۱/۲۱)^{a}	(۳۴/۲۴ ± ۲/۳۱)^{b}	۵/۳۳	۰/۰۰۷$^{××}$
رس (درصد)	(۴/۹۹ ± ۰/۶۱)^{a}	(۹/۲۹ ± ۰/۹۳)^{a}	(۵/۶۸ ± ۰/۷۴)^{a}	۲/۲۱	۰/۱۱۲^{ns}

ns بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، × بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ×× بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد حروف متفاوت بیانگر آمار معنی داری بین میانگین ها است.

همچنین نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک حاکی از تفاوت معنی‌دار بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی در بین‌توده‌های جنگلی شاهد، تک‌گزینی درختی و پناهی است (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین مقادیر ماده آلی، کربن آلی و نیتروژن کل در خاک تحتانی توده جنگلی مدیریت نشده اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار فسفر قابل جذب خاک به توده جنگلی مدیریت شده با شیوه تدریجی_پناهی تعلق داشت،درحالی‌که خاک تحتانی توده مدیریت‌شده با شیوه تک‌گزینی کمترین فسفر قابل جذب را داشت. مشخصه‌های واکنش و پتاسیم قابل جذب در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را از لحاظ آماری نشان نداد (جدول۲).

جدول ۲- مقایسه تجزیه واریانس و میانگین (± اشتباه معیار) ویژگی‌های شیمیایی خاک در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

ویژگی‌های شیمیایی خاک	توده‌های جنگلی			مقدار F	معنی داری
	شاهد	شیوه تک‌گزینی درختی	شیوه تدریجی_ پناهی		
واکنش pH خاک	(۵/۴۷ ± ۰/۰۷)^{a}	(۵/۷۹ ± ۰/۰۷)^{a}	(۵/۴۹ ± ۰/۰۸)^{a}	۲/۴۰	۰/۰۵۴^{ns}
ماده آلی (درصد)	(۹/۰۶ ± ۱/۶۰)^{a}	(۵/۵۹ ± ۰/۳۶)^{b}	(۶/۵۹ ± ۰/۴۲)^{ab}	۳/۳۳	۰/۰۴۳$^{×}$
کربن آلی (درصد)	(۵/۲۶ ± ۰/۹۳)^{a}	(۳/۲۴ ± ۰/۲۱)^{b}	(۳/۸۲ ± ۰/۲۴)^{ab}	۳۳/۳	۰/۰۴۳$^{×}$
نیتروژن کل(درصد)	(۰/۴۸ ± ۰/۰۵)^{a}	(۰/۳۳ ± ۰/۰۲)^{b}	(۰/۳۹ ± ۰/۰۲)^{ab}	۴/۴۶	۰/۰۱۶$^{×}$
نسبت کربن به نیتروژن	(۱۰/۳۳ ± ۰/۴۰)^{a}	(۹/۹۷ ± ۰/۱۹)^{a}	(۹/۸۷ ± ۰/۱۱)^{a}	۰/۸۱	۰/۴۴۹^{ns}
فسفرقابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم)	(۶/۷۵ ± ۰/۳۷)^{b}	(۴/۷۵ ± ۰/۱۴)^{c}	(۸/۲۸ ± ۰/۲۱)^{a}	۴۶/۹۸	۰/۰۰۰$^{××}$
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم)	± ۲۱/۱۳)^{a} (۳۶۲/۳۰	± ۲۱/۱۳)^{b} (۲۹۹/۳۰	± ۱۸/۷۸)^{b} (۲۸۷/۷۰	۲/۴۲	۰/۰۴۸$^{×}$

علامت ns بیانگر عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار، * بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵درصد و ** بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱درصد ویژگی‌های مورد بررسی در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه می‌باشد

اثرشیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های زیستی خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های زیستی خاک نشان داد که پارامترهای تنفس میکروبی، فسفر زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (جدول۳).درحالی‌که توده‌های جنگلی مورد مطالعه اثر معنی‌داری بر مقادیر کربن زی‌توده میکروبی، نیتروژن زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی نداشتند (جدول۳). مطابق با

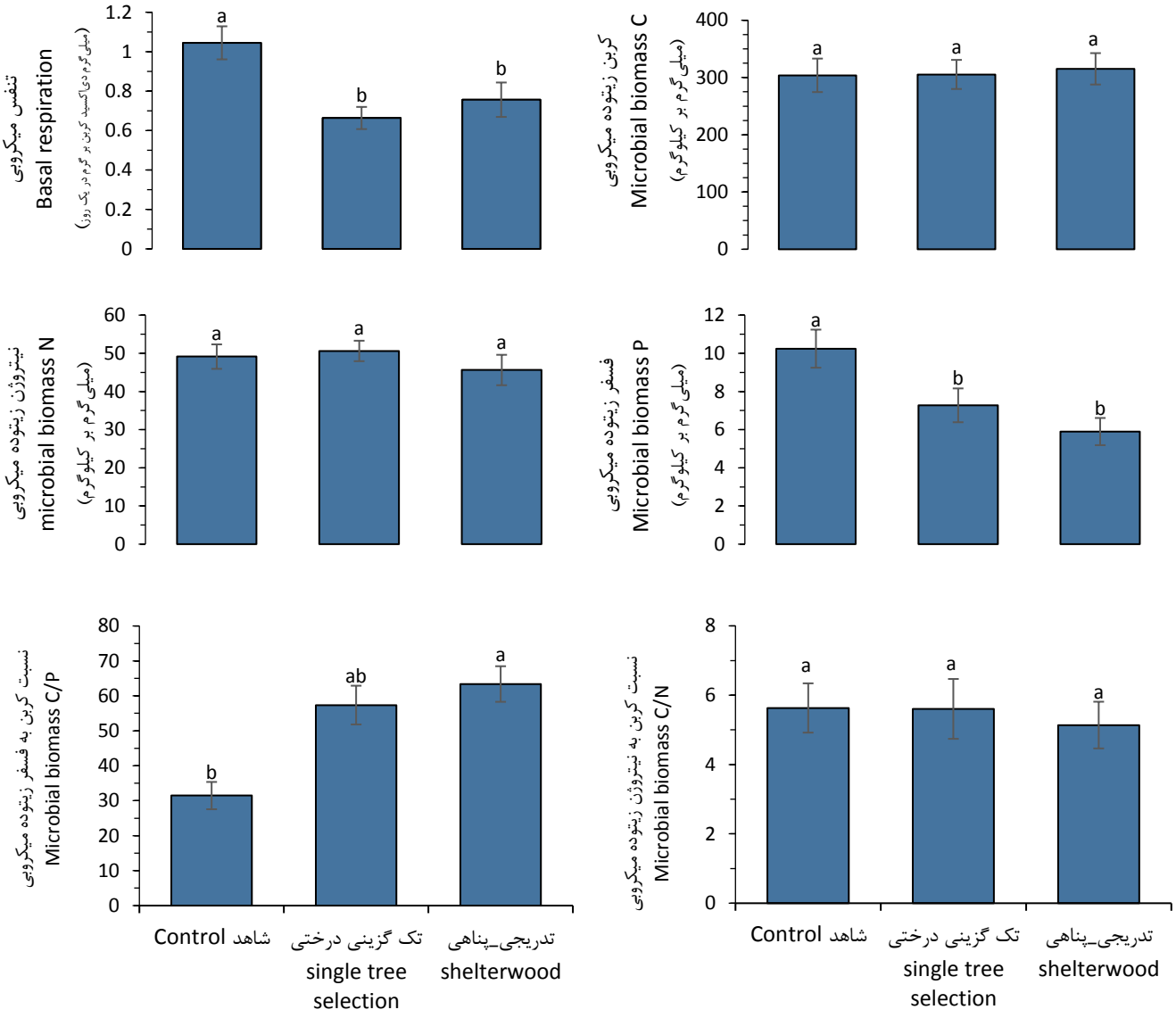
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

نتایج (شکل۲)، حداکثر میزان تنفس میکروبی در خاکتوده جنگلی مدیریت نشده شاهد به ثبت رسید؛درحالی‌که اعمال مدیریت با شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی درختی و تدریجی_پناهی باعث کاهش قابل‌توجه مقدار تنفس میکروبی خاک شده است. همچنین بیشترین مقدار فسفر زی‌توده میکروبی نیز در خاک توده جنگلی شاهد اندازه-گیری شد؛درحالی‌که بیشترین مقدار نسبت کربن به فسفر زی‌توده میکروبی به ترتیب در توده جنگلی مدیریت شده با شیوه تدریجی_پناهی، تک‌گزینی و توده جنگلی شاهد ثبت شد (شکل۳).نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد (جدول۴) که همبستگی معنی‌داردر توده جنگلی شاهد بین کربن زی‌توده میکروبی با ازت و فسفر زی‌توده میکروبی ($p<۰/۰۱$) و نیز در توده جنگلی مدیریت شده تحت شیوه تدریجی_پناهی کربن زی‌توده میکروبی با نیتروژن زی‌توده میکروبی وجود دارد($p<۰/۰۱$).

جدول ۳- تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

ویژگی‌های زیستی خاک	مقدار F	معنی‌داری
تنفس میکروبی (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر گرم در یک روز)	۶/۴۷	۰/۰۰۳**
کربن زی‌توده میکروبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۰۱	۰/۹۸۸ns
نیتروژن زی‌توده میکروبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۵۴	۰/۵۸۸ns
فسفر زی‌توده میکروبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶/۳۸	۰/۰۰۴**
نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی	۰/۱۳	۰/۸۷۹ns
نسبت کربن به فسفر زی‌توده میکروبی	۳/۸۲	۰/۰۳۱*

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۳- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های زیستی خاک در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

جدول۴- ضرایب همبستگی پیرسون کربن زی‌توده میکروبی با نیتروژن و فسفر زی‌توده میکروبی در سه توده جنگلی

متغیر	توده جنگلی			
	زی‌توده میکروبی فسفر		زی‌توده میکروبی نیتروژن	
	P	R	P	r
شاهد	۰/۰۲۹*	۰/۴۸۷	۰/۹۱۱	۰/۰۰۰**
تک‌گزینی درختی	۰/۹۳۱	۰/۲۱	۰/۱۵۱	۰/۳۳۲
تدریجی پناهی	۰/۵۸۵	۰/۰۴۳	۰/۰۰۲**	۰/۶۳۶

*همبستگی در سطح احتمال ۵درصد،** همبستگی در سطح احتمال ۱درصد

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

بحث

اثر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج این تحقیق به‌طور کلی نشان داد که اعمال مدیریت با شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی درختیو تدریجی_پناهی در توده‌های جنگلی طبیعی و مدیریت‌نشده بر بیشتر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اثر معنی‌داری داشته است. در همین در مطالعه (Latterini et al., 2023) بیان شد که اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی به منظور تولید چوب و مدیریت رویشگاه‌های جنگلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در تغییرپذیری مشخصه‌های خاک دارد. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، به دلیل کاهش تاج پوشش و لایه آلی روی سطح خاک در توده‌های مدیریت شده، درنتیجه تابش بیشتر خورشید به سطح خاک، انتظار می‌رود که دمای خاک افزایش و متعاقب آن رطوبت خاک نسبت به توده شاهد کاهش یابد. در این بررسی بیشترین میزان رطوبت به خاک توده جنگلیشاهد تعلق داشتو در مقایسه با توده‌های مدیریت شده تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نشان داد (جدول۱). با توجه به این که با افزایش مواد آلی به خاک درصد رطوبت نیز افزایش می‌یابد (Silveira et al., 2010)، در توده‌های مدیریت شده عدم وجود تاج پوشش مناسب و کاهش ورود مواد آلی باعث کاهش چشمگیر ظرفیت نگهداری آب در این رویشگاه شده است؛ چرا که لایه هوموس ناشی از شاخ و برگ درختان پوشش مناسبی برای حفظ رطوبت بیش‌تر در اراضی جنگلی محسوب می‌شود و با ایجاد خاصیت اسفنجی در زیر تاج‌پوشش بسته، ظرفیت نگهداری آب را به‌صورت چشم‌گیری به نسبت مناطق بدون لایه هوموس و تاج پوشش باز، بالا خواهد برد (Page and Cameron, 2006). در پژوهشی دیگر، (Ajami, 2007) کاهش قابل توجه درصد ماده‌آلی را دلیل اصلی کاهش میزان رطوبت اشباع خاک در رویشگاه‌های مختلف دانسته‌اند بنابراین کاهش قابل توجه رطوبت در خاک تحتانی توده‌های مدیریت شده به‌ویژه با شیوه تک‌گزینی می‌تواند به دلیل کاهش معنی‌دار میزان ماده آلی باشد.

مطابق با نتایج پژوهش حاضر میانگین مقدار وزن مخصوص ظاهری به ترتیب در خاک قطعه دیریت شده با شیوه تدریجی_پناهی و تک‌گزینی بهطور معنی‌داری از پارسل شاهد بیشتر بود (جدول۱). در تأیید نتایج مطالعه حاضر (Lotfi et al., 2022) در بررسی تأثیر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر برخی عوامل کیفیت خاک نشان دادند که وزن مخصوص ظاهری خاک در اراضی جنگلی که به‌دلیل دخالت انسان تحت فشار بوده‌اند، در مقایسه باجنگل‌های کمتر دست خورده، بیشتر است؛ بنابراین بیشتر بودن مقدار وزن مخصوص ظاهری در پارسل‌های مدیریت شده به‌ویژه با شیوه تدریجی_پناهی نسبت به جنگل کمتر دست خورده شاهد می‌تواند به‌دلیل تردد برای انجام عملیات بهره‌برداری باشد. به‌هم خوردن خاک سطحی در پی انجام عملیات بهره‌برداری در قطعه‌های مدیریت شده به‌ویژه قطعه مدیریت شده با شیوه تدریجی پناهی موجب کاهش ماده آلی و در پی آن تخریب خاک می‌شود؛ درنتیجه خلل و فرج خاک کاهش پیدا کرده و وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. فشار عملیات انجام‌شده در قطعه‌های مدیریت‌شده ماده آلی خاک را تخریب نموده و ثبات طبیعی خاکدانه‌ها را تضعیف می‌کند (Venanzi et al., 2016) درنتیجه جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد

با توجه به مطالعات انجام شده Udom and Anozie (2018 ,.) ترکیبات مواد آلی خاک باعث هم‌آوری فیزیکی و شیمیایی ذرات اولیه به صورت خاکدانه شده و باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند. مقایسه درصد پایداری خاکدانه‌ها در رویشگاه‌های مورد برسی نشان داد در بین رویشگاه‌های مختلف در ارتباط با درصد پایداری خاکدانه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول۱). در همین راستا (Demir et al., 2007) در مطالعات خود تغییر معنی‌داری را در میزان پایداری خاکدانه‌ها به‌دنبال اعمال مدیریت مشاهده نکردند. علت عدم وجود تفاوت معنی‌دار درصد پایداری خاکدانه‌ها بین توده‌های جنگلی مدیریت‌شده و شاهد می‌تواند ناشی از کوبیدگی کم، وجود لاشبرگ، ترکیب لایه معدنی با ماده آلی، ریشه دوانی گیاهان و فعالیت موجودات خاک باشد (Kazemi et al., 2015). نتایج بررسی اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار میزان شن، سیلت و رس تحت توده‌های مورد مطالعه است (جدول۱). به‌طوری‌که بیشترین مقادیر رس و لای به توده تحت مدیریت تک گزینیدرختی تعلق داشت درحالی‌که کمترین میزان درصد شن به این توده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جنگلی تعلق داشت و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با توده تحت مدیریت تدریجی_پناهی و توده شاهد نشان داد. دخالت در توده‌های جنگلی و تغییرات ویژگی‌های پوشش گیاهی در توده‌های مورد مطالعه می‌تواند از دلایل تغییرات بافت خاک در این مطالعه باشد. در همین راستا (Manjur et al., 2014) بیان کردند که گونه‌های درختی تا حدودی مقادیر ذرات رس و شن خاک را تغییر می‌دهند که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری در مقدار واکنش خاک تحت‌تأثیر اعمال مدیریت با شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی درختی و تدریجی_پناهی در منطقه مورد مطالعه نشان نداد (جدول۲). واکنش خاک تحت‌تأثیر کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در خاک می‌باشد که معمولاً باتوجه به بازگشت عناصر کاتیونی و آنیونی به خاک تغییر می‌نماید.

با توجه به اینکه گونه غالب در هر سه توده جنگلی مورد مطالعه درخت راش تعیین شده است، شباهت لاشبرگ‌های ورودی از نظر کیفی و فعالیت مشابه ریشه‌ها، عدم تفاوت معنی‌دار در میزان واکنش خاک دور از انتظار نیست. کارکرد کربن آلی، تنظیم ورود آب، مقاومت در برابر فرسایش سطحی، تسهیل حرکت و ذخیره آب، فراهم آوردن مواد مغذی برای گیاه و قابلیت تولید پایدار است و بر نفوذپذیری و هدایت هیدرولیک خاک نیز اثر گذار خواهد بود (Luna et al., 2022). تغییر در میزان ماده آلی خاک زمانی رخ می‌دهد که نسبت کربن ورودی (تولید خالص اولیه) به هدررفت کربن (تنفس میکروبی و تجزیه ماده آلی) تغییر نماید. در تحقیق حاضر دخالت در پارسل‌های مدیریت‌شده تعادل شکننده موجود مابین انباشت و آزاد شدن کربن خاک را برهم می‌زند. در پی اعمال مدیریت و به‌دنبال آن کاهش بازگشت بقایای گیاهی به خاک، کربن ورودی به اکوسیستم کم‌تر از کربن خروجی می‌شود (Masto et al., 2007) در نتیجه باعث کاهش کربن آلی خاک تحت پارسل‌های مدیریت شده، شده است. درحالی‌که ورود مواد آلی بیشتر در پارسل شاهد مقدار کربن و ماده آلی خاک را به طور معنی‌داری افزایش داده است. در همین راستا (Augusto et al., 2002) اظهار داشتند که میزان کربن و وزن ماده آلی خاک بسته به مقدار تولید، ترکیبات شیمیایی و سرعت تجزیه لاشبرگ و بقایای گیاهی تولیدی در رویشگاه‌های مختلف، میزان کربن و وزن ماده آلی خاک نیز تغییر می‌کند.

با توجه به اختلاف معنی‌دار نیتروژن در دو توده مدیریت‌شده و شاهد(جدول۲)، دلیل بیشتر بودن مقدار نیتروژن را می‌توان به بیشتر بودن مواد آلی در خاک تحتانی توده شاهد نسبت داد. همچنین کاهش مواد آلی خاک در توده‌های مدیریت شده را می‌توان از عوامل کاهش نیتروژن در خاک تحتانی این توده‌ها دانست. در همین راستا مطالعات مختلفیارتباط میزان نیتروژن خاک با میزان مواد آلی را در مناطق مختلف تأیید کرده‌اند (Wander and Herrick., 2018). در مورد اختلاف میزان فسفر تحت توده‌های مورد مطالعه می‌توان اظهار نمود که فسفر به صورت آلی قابل جذب برای گیاه نبوده و فرم معدنی آن با مداخله میکرو ارگانیسم‌ها می‌تواند به صورت قابل جذب درآمده و در اختیار گیاه قرار گیرد (Rana et al., 2020).

شاید بتوان افزایش فسفر درخاک توده مدیریت شده با روش تدریجی_پناهی را به فعالیت‌های بیولوژیکی قوی‌تر میکرو ارگانیسم‌ها، در هنگام باز شدن توده و رسیدن نور به کف جنگل و به‌دنبال آن افزایش دما درلایه‌های آلی سطح خاک در مقایسه با خاک سایر توده‌ها نسبت داد. از طرفی به‌دلیل تحرک کم فسفر درخاک (نورقلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶)، باوجود باز شدن توده در پارسل مدیریت شده با شیوه تدریجی_پناهی این عنصر کمتر دچار آبشویی شده است. سرعت بیشتر بازگشت عناصر در پارسل تحت مدیریت تدریجی_پناهی می‌تواند از دلایل دیگر افزایش فسفر در این توده باشد. پتاسیم، مناسب‌ترین کاتیون یک ظرفیتی برای فعال کردن آنزیم‌های گیاهی است، چون علاوه بر غلظت زیاد آن در سلول مقدار آن در طبیعت زیاد است. پتاسیم برای تشکیل ماده خشک، فتوسنتز، تشدید رشد، توسعه ریشه و سازگاری با تنش‌های محیطی بسیار مهم است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیق حاضر نتایج حاکی از کاهش مقدار پتاسیم قابل جذب درپی اعمال مدیریت است. در اثر دخالت و اعمال مدیریت مقدار ماده آلی خاک کاهش می‌یابد (Subedi et al., 2021) از این‌رو یکی از دلایل کاهش عنصر پتاسیم در توده‌های تحت مدیریت می‌تواند همین عامل باشد. در پارسل شاهد بالا بودن مواد آلی می‌تواند عامل بالا رفتن ظرفیت تبادل کاتیونی و متعاقب آن افزایش عناصر مفید خاک از جمله پتاسیم شود (Dahlgren et al., 2003).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

اثر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های زیستی خاک

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، بالاترین میزان تنفس میکروبی به پارسل شاهد تعلق داشت (شکل۳) و تفاوت معنی‌داری با سایر مناطق مورد بررسی نشان داد (جدول۳). هرچه تنفس میکروبی بیشتر باشد فعالیت بالقوه میکروبی در آن خاک بیشتر خواهد بود. تفاوت در ویژگی‌های شیمیای خاک، به‌ویژه نیتروژن کل و مواد مغذی در دسترس خاک از دلایل تغییرات فعالیت‌های میکروبی خاک تحت رویشگاه‌های مختلف می‌باشد (Palansooriya., 2019) که هم‌راستا بانتایج پژوهش حاضر است، به‌طوری‌که مقادیر بالاتر مواد آلی، کربن آلی و نیتروژن کل در توده جنگلی شاهد، افزایش معنی‌دار میزان تنفس میکروبی را به‌دنبال دارد، در صورتی که کاهش مواد آلی و موادمغذی در توده‌های جنگلی مدیریت شده، تنفس میکروبی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. به علاوه (Tardy, 2014) بیان کردند که کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌تواند تأثیر منفی روی مقادیر تنفس پایه و تنفس برانگیخته داشته باشد که نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند.

با توجه به نتایج (Li et al., 2004) خواص میکروبی از جمله زی‌توده میکروبی می‌تواند برای تعیین تأثیر شیوه‌های مدیریت جنگل شاخص بالقوه باشد. در همین راستا نتایج این تحقیق حاکی از تغییرات معنی‌دار زی‌توده میکروبی فسفر در اثر اعمال شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی و تدریجی_پناهی است (جدول۳). بالا بودن زی‌توده میکروبی فسفر می‌تواند به دلیل میزان زیاد مواد آلی در خاک تحتانی توده شاهد باشد که هم راستا با یافته‌های (Wang and Wang, 2007) است.

نتایج مربوط به زی‌توده میکروبی در تحقیق حاضر نشان داد که کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی، و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی در بین رویشگاه‌های مورد مطالعه (توده شاهد، توده تحت مدیریت تک‌گزینی و توده تحت مدیریت تدریجی_پناهی) تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول۳). نبود اختلاف معنی‌دار مشخصه‌های مذکور در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه می‌تواند به‌دلیل ورود بقایای گیاهی با کیفیت مشابه (کوچ، ۱۳۹۱) در منطقه مورد مطالعه باشد. در همین راستا (Cleveland and Liptzin, 2007) گزارش کردند که مقادیر تقریباً یکنواختی از زی‌توده میکروبی در خاک وجود دارد. وجود همبستگی بین زی‌توده‌های میکروبی خاک(جدول۴) بیانگر تأثیر تیپ جنگل و نیز شیوه جنگل‌شناسی به کار گرفته شده در جنگل راش شرقی است. همچنین اینارتباط می تواند به علت تغییرات خرداقلیم و عوامل محیطی (Wan et al., 2022) و مدت زمان بعد از اجرای شیوه جنگل‌شناسی باشد که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر ویژگی‌های خاک تأثیرگذار هستند. فرایندهای میکروبی خاک باعث تنظیم پایداری، حاصلخیزی و عملکرد بوم‌سازگان‌ها شده و برای ارزیابی کیفیت خاک بین پوشش گیاهی مختلف استفاده می شود (Chandra et al., 2016).

به‌طوری‌که به دنبال اعمال مدیریت، رطوبت کاهش یافته و وزن مخصوص ظاهری افزایش معنی‌داری داشته است. مقادیر ماده آلی، کربن و نیتروژن کل نیز در خاک تحتانی توده‌های جنگلی مدیریت شده کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داده است. همچنین اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی در منطقه مورد مطالعه،کاهش معنی‌دار تنفس میکروبیوزی توده میکروبی فسفر را به همراه داشت

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج به دست آمده در این تحقیق اعمال مدیریت با شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی و تدریجی_پناهی، تغییرات معنی‌دار اکثر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را به همراه داشته است که این تغییرات در جهت بدتر شدن شرایط جنگل پیشرفته است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، دخالت در توده‌های جنگلی راش طبیعی با اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی تک‌گزینی درختی و تدریجی_پناهی هم گام با طبیعت (منطقه شاهد) پیشرفته و تغییرات معنی‌داری و منفی در اکثر شاخص‌های کیفیت خاک ایجاد کرده است که خطری جدی برای پایداری اکوسیستم جنگل به‌حساب می‌آید.

منابع

اصغرزاده، ع. ۱۳۸۹. روش‌های آزمایشگاهی در بیولوژی خاک. انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ دوم، ۵۴۶ صفحه.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

بی‌نام. ۱۳۶۹. کتابچه تجدید نظر طرح جنگلداری تجن سری ۶ الندان. سازمان جنگل‌هاومراتع کشور، ۲۹۸ صفحه.

جعفری‌حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک (نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی)، انتشارات ندای ضحی، ۲۳۶ ص.

حجاریان، م.، حسین‌زاده، ف.، خالدی، ک. ۱۳۹۵. کاربرد رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه برای مدیریت جنگل‌های هیرکانی. فصلنامه علوم محیطی، ۱۴(۳)، ۱-۱۲.

حیدری، م.، پوربابایی، ح.، اسماعیل‌زاده، ب. ۱۳۹۴. ررسی تأثیر خصوصیات رویشگاهی و تخریب‌های انسانی بر تنوع گونه‌های گیاهی زیر اشکوب و خاک در اکوسیستم جنگلی زاگرس با استفاده از روش تحلیل مسیر.پژوهش های گیاهی (زیست شناسی ایران)، ۲۸ (۳): ۵۴۸-۵۳۵.

دلفان اباذری، ب.، ثاقب طالبی، خ.، نمیرانیان، م. ۱۳۸۳. بررسی مراحل تحول طبیعی راشستان‌های طبیعی در قطعات شاهد منطقه کلاردشت (لنگا). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۳): ۳۰۷-۳۲۶.

کوچ، ی. ۱۳۹۱. تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در ارتباط با پیت و ماند، حفره تاج پوشش و تک‌درختان در یک جنگل آمیخته راش هیرکانی. رساله دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

لطفی، ر.، حجتی، س.م.، پورمجیدیان.، م.ر.، اسپهبدی، ک. ۱۴۰۱. تأثیر شیوه‌های جنگل‌شناسی بر ویژگی‌های ساختاری توده جنگلی و خصوصیات خاک در جنگل‌های راش میان‌بند هیرکانی (مطالعه موردی: جنگل‌های سری الندان-ساری). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران۲۲-۱۱(۲۰)۱۰

نورقلی‌پور، ف.، میرسیدحسینی، ح.، طهرانی، م.، متشرع‌زاده، ب.، مشیری، ف. ۱۳۹۷. واکنش ارقام مختلف کلزا با تیپ رشد زمستانه به تنش کمبود فسفر. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۹(۳)، ۵۲۵-۵۱۵.

Ajami, M. 2007. Soil quality attributes micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su watershed. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 191p.

Akkala, T., Peltonen, A., Lindberg, H. 2013. The intensity of forest management affects the nest cavity production of woodpeckers and tits in mature boreal forests. *Eur J Forest Res*. https://doi.org/10.1007/s10342-023-01645-x

Alef, K., Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press.

Allison, L.E. 1975. 'Organic carbon In: Black CA', Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Part, 2.

Asbeck, T., Frey, J. 2021. Weak relationships of continuous forest management intensity and remotely sensed stand structural complexity in temperate mountain forests. *Eur J Forest Res* 140, 721–731. https://doi.org/10.1007/s10342-021-01361-4

Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59(3): 233-253.

Bargali, S. S., Padalia, K., Bargali, K. 2019. Effects of tree fostering on soil health and microbial biomass under different land use systems in the Central Himalayas. Land Degradation & Development, 30(16), 1984-1998.

Chandra, L. R., Gupta, S., Pande, V. N., Singh, N. 2016. Impact of forest vegetation on soil characteristics: a correlation between soil biological and physico-chemical properties3 Biotech (2016) 6:188.DOI 10.1007/s13205-016-0510-y.

Cleveland, C.C., Liptzin, D. 2007. C: N: P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass?. Biogeochemistry, 85(3), pp.235-252.

Dahlgren, R., Horwath, W., Tate, K.W., Camping, T. 2003. Blue oak enhance soil quality inCalifornia oak woodlands. California Agriculture, 57(2), pp.42-47.

Demir, M., Makineci, E., Yilmaz, E. 2007. Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (Quercus petrea L.) stand. Building and Environment, 42(3), 1194-1199.

.Ellison, D., Morris, C.E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., Van Noordwijk, M., Creed, I.F., Pokorny, J.,Gaveau, D. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. Global Environmental Change, 43, pp.51-61

Ghosh, A. 2020. 'Soil enzymes and microbial elemental stoichiometry as bio-indicators of soil quality in diverse cropping systems and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

changes in an umbrisol under different silvicultural treatments in a temperate forest in northwestern Mexico. Journal of Sustainable Forestry, 1-16.

Maharjan, M., Sanaullah, M., Razavi, B. S., Kuzyakov, Y. 2017. Effect of land use and management practices on microbial biomass and enzyme activities in subtropical top-and sub-soils. Applied Soil Ecology, 113, 22-28.

Manjur, B., Abebe, T., Abdulkadir, A. 2014. Effects of Scattered F. albida (Del) and C. Macrostachyus (Lam) Tree Species on Key Soil Physicochemical Properties and Grain Yield of Maize (Zea Mays). Journal of Agricultural Research, 3 (3): 63-73.

Masto, R.E., Chhonkar, P.K., Singh, D., Patra, A.K. 2007. Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. Agriculture, Ecosystems & Environment, 118(1-4), pp.130-142.

Moslehi, M., Habashi, H., Ahmadi, A., Zoghi, Z. 2020. Influence of Single-Tree Selection System on Soil Total Nitrogen and its Seasonal Changes under the Mixed Stand of Beech-Hornbeam (Case study: Shast-Kalateh forest, Gorgan). Journal of Wood and Forest Science and Technology 27 (2), 1-13.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Vatanbe, F.S., Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, U.S.D.A. cir, Washington D. C., 153–155.

Owari, T. N. M., Kimura, R.,Shimizume, Y., Takuma, N.,Tookuni, M. 2011. Using global positioning system technology for tree marking in a natural forest under single tree selection system. Formath, 10: 105-121.

Page, L., Cameron, A. 2006. Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. Forest Ecology and Management, 221(1): 260-266.

Page-Dumroese, D. S., Busse, M. D., Jurgensen, M. F., Jokela, E. J. 2020. Sustaining forest soil quality and productivity. In Soils and LandscapeRestoration (Issue January). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00003-5

Palansooriya, K.N. 2019. 'Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review', Biochar, 1, pp. 3–22.

nutrient management practices of Indian Vertisols', Applied Soil Ecology, 145, p. 103304.

Herrick, J. E., Wander, M. M. 2018. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: the importance of distribution, composition, and soil biological activity. In Soil processes and the carbon cycle (pp. 405-425). CRC Press.

Jaiyeoba, I.A. 2003. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid savannah. Soil and Tillage Research, 70: 91-98.

.Kersey, J., David, M. 2021. Response of oil health indicators to organic matter removal and compaction manipulations at six LTSP sites in the Western US. Forest Ecology and Management, 490, 119104.

Langenbruch, C., Helfrich, M.,Flessa, H. 2012. Effects of beech (Fagus sylvatica), ash (Fraxinus excelsior) and lime (Tilia spec.) on soil chemical properties in a mixed deciduous forest. Plant and Soil, 352(1-2), pp.389-403.

Latterini, F., Venanzi, R., Picchio, R., Jagodziński, A. M. 2023. Short-term physicochemical and biological impacts on soil after forest logging in Mediterranean broadleaf forests: 15 years of field studies summarized by a data synthesis under the meta-analytic framework. Forestry, cpac060.

Li, Q., Allen, H. L., Wollum II, A. G. 2004. Microbial biomass and bacterial functional diversity in forest soils: effects of organic matter removal, compaction, and vegetation control. Soil Biology and Biochemistry, 36(4), 571-579.

Lotfi, R., Hojjati, S.M., Pourmajidian, M.R., Espahbodi, K. 2022. The effect of Silvicultural Methods on the Structural Characteristics of Forest Stand and Soil Properties in the Intermediate Hyrcanian Beech Forests (Case study: Alandan-Sari Series Forests). ifej 10 (20) :11-22

Luna Robles, E. O., Cantú-Silva, I., & Bejar Pulido, S. J. (2022). Soil organic carbon changes in an umbrisol under different silvicultural treatments in a temperate forest in northwestern Mexico. Journal of Sustainable Forestry, 1-16.

Luna Robles, E. O., Cantú-Silva, I., Bejar Pulido, S. J. 2022. Soil organic carbon

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Venanzi, R., Picchio, R., Piovesan, G. 2016. Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (Castanea sativa Mill.) Mediterranean coppice. Ecological Engineering, 92, 82-89.

Wang, Q.K., Wang, S.L. 2007. Soil organic matter under different forest types in Southern China. Geoderma, 142(3-4), pp.349-356.

Wan, P., He, R., Wang, P., Cao,A.2022. Implementation of different forest management methods in a natural forest: Changes in soil microbial biomass and enzyme activities.Forest Ecology and Management.https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120409

Walkley, A., 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, Y., Chen, L., Xiang, W., Ouyang, S., Zhang, T., Zhang, X., Zeng, Y., Hu, Y., Luo, G., Kuzyakov, Y. 2021. Forest conversion to plantations: A meta-analysis of consequences for soil and microbial properties and functions. Global Change Biology, 27, 56

Rana, M. S., Hu, C. X., Shaaban, M., Imran, M., Afzal, J., Moussa, M. G., Sun, X. 2020. Soil phosphorus transformation characteristics in response to molybdenum supply in leguminous crops. Journal of Environmental Management, 268, 110610.

Silveira, M.L., Comerford, N.B., Reddy, K.R., Prenger, J., DeBusk, W.F. 2010. Influence of military land uses on soil carbon dynamics in forest ecosystems of Georgia, USA. Ecological Indicators, 10(4), pp.905-909.

Subedi, P., Jokela, E. J., Vogel, J. G., Bracho, R., Inglett, K. S. 2021. The effects of nutrient limitations on microbial respiration and organic matter decomposition in a Florida Spodosol as influenced by historical forest management practices. Forest Ecology and Management, 479, 118592.

Tardy, V. 2014. 'Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity', Environmental microbiology reports, 6(2), pp. 173–183.

Udom, B. E., Anozie, H. 2018. Micro-aggregate indices and structural stability of soils under different management. Nigerian Journal of Soil Science, 28, 66-71.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Effects of different silvicultural systems on oil characteristic indices of beech (Fagus orientalis L.) forest stands (Case study: Alandan forest, Mazanrdan)

Hasan Balabandi[1], Kambiz Abrari Vajari[2]*, Naghi Shabanian[3]

[1]PhD candidate of Silviculture and Forest Ecology, Forestry Dept., Lorestan University
[2]Associate Prof. in Silviculture, Forestry Dept. Natural Resources Faculty, Lorestan University
[3]Associate Prof. in Silviculture , Forestry Dept., University of Kurdistan

Received: 2023/10/12; Accepted: 2024/07/1

Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of silvicultural practices on some soil physical, chemical and biological characteristics of the beech forest stand (control, single-selection and shelter wood systems) in series 6 of Alandan_Sari Forest, Mazandaran province. For this purpose, after randomly establishing three sample plots of one hectare in all three forest stands, 20 soil samples (60 samples in total) were taken from the center and four corners of the plots from a depth of 0-20 cm and their characteristics were measured. According to the results, soil of the control forest mass had the highest moisture percentage of 47% and sand of 60% and the lowest apparent specific gravity of 1.3, and the mass managed with the single selection method had the highest percentage of silt 9.93 and clay 9.29. had Also, the maximum amounts of organic matter 9.06%, organic carbon 5.26% and nitrogen 4.8% were also measured in the soil of the control forest stand while the highest amount of absorbable phosphorus belonged to the soil of 8.28% of the habitat with the gradual - shelter method. The maximum amount of microbial respiration and microbial biomass phosphorus and the minimum ratio of microbial biomass carbon to microbial biomass phosphorus also belonged to the control stand. No significant changes were observed in stability, pH, absorbable potassium, microbial biomass carbon and nitrogen, and the ratio of microbial biomass carbon to microbial biomass nitrogen in the forest stands. In general, the results indicate the significant effect of the implementation of the silvicultural methods of single tree selection and shelter wood on most of the soil characteristics.

Keywords: Shelter wood system, Single tree selection, Soil microbial activities, Forest management

* Corresponding author: kambiz.abrari2003@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]