

Evaluation of Soil Quality Indicators in Degraded and Converted Forest Habitats to Rangeland in Western Mazandaran

ATEFEH SHAH PIRI¹, YAHYA KOOCH^{1*}, GHASEMALI DIANATI TILAKI¹

1. Range Management Department, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nur, Iran
(Received: Dec. 27, 2020- Revised: Jan. 16, 2021- Accepted: Jan. 27, 2021)

ABSTRACT

Degradation of forest habitats and change of land cover can have significant effects on the variability of soil quality indicators. In the present study, different soil characteristics in forest habitat (almost intact) dominated by *Zelkova carpinifolia*, rangeland cover dominated by *Festuca ovina* and single trees of *Zelkova carpinifolia* and *Ulmus minor*, rangeland cover dominated by *Dactylis glomerata* and *Thymus transcaspicus* and rangeland cover dominated by *Stachys byzantina* in Zanous region of Kojoor district of Mazandaran province were examined. For this purpose, 36 soil samples (including 12 samples at spring, summer and autumn) were taken from each land cover from a depth of 0-10 cm and transferred to the laboratory. The results indicating the variability of most of the studied soil characteristics in different seasons of the year under different land covers. Based on the principal component analysis (PCA), higher amounts of clay, macro and micro aggregate, pH, total nitrogen, nitrogen in macro and micro aggregate have lead to increasing soil biochemical and microbial activities (i.e. ammonium, nitrate, carbon microbial ratio and nitrogen mineralization) under *Zelkova* and *Festuca* covers. While *Stachys* and *Dactylis* cover with higher amounts of sand, carbon in macro and micro-aggregate had the lowest soil biochemical and microbial activities. According to the results of this study, it can be claimed that the presence of tree cover (i.e. *Zelkova carpinifolia* and *Ulmus minor*) in habitats can provide better conditions for soil functions, which can be considered by managers to rehabilitate degraded lands.

Keywords: Mountainous Area, *Zelkova carpinifolia*, Rangelands, Seasonal Dynamics, Soil Carbon and Nitrogen Mineralization.

ارزیابی شاخص‌های کیفی خاک در رویشگاه‌های جنگلی تخریب و تبدیل‌شده به مرتع در غرب مازندران

عاطفه شه‌پیری^۱، یحیی کوچ^{۱*}، قاسمعلی دیان‌تی تیلکی^۱

۱. گروه علوم و مهندسی مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۸)

چکیده

تخریب رویشگاه‌های جنگلی و تغییر پوشش اراضی می‌تواند اثرات برجسته‌ای در تغییرپذیری شاخص‌های کیفی خاک داشته باشد. در پژوهش حاضر، مشخصه‌های مختلف خاک در رویشگاه جنگلی (تقریباً دست‌نخورده) با غالبیت *Zelkova carpinifolia*، پوشش مرتعی با غالبیت *Festuca ovina* و تک درختانی از *Zelkova carpinifolia* و *Ulmus minor*، پوشش مرتعی با غالبیت *Dactylis glomerata* و *Thymus transcaspicus* و پوشش مرتعی با غالبیت *Stachys byzantina*، در منطقه زانوس بخش کجور استان مازندران، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، از هر یک از پوشش‌های اراضی تعداد ۳۶ نمونه خاک (شامل ۱۲ نمونه در فصول بهار، تابستان و پاییز) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج حاکی از تغییرپذیری غالب ویژگی‌های مورد مطالعه خاک در فصول مختلف سال تحت انواع پوشش‌های اراضی می‌باشند. بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)، مقادیر بالاتر رس، ماکرو و میکروخاکدانه، واکنش (pH)، نیتروژن کل، مقدار نیتروژن در ماکرو و میکروخاکدانه‌های خاک منجر به افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی و میکروبی (آمونوم، نترات، سهم میکروبی کربن، معدنی‌شدن نیتروژن) خاک تحت پوشش اراضی *Zelkova* و *Festuca* شده است. در حالی که پوشش‌های اراضی *Stachys* و *Dactylis* با دارا بودن مقادیر بزرگتر شن و مقدار کربن در ماکرو و میکروخاکدانه‌های خاک، دارای کمترین فعالیت‌های بیوشیمیایی و میکروبی خاک بوده‌اند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اذعان داشت، که حضور پوشش‌های درختی (آزاد و اوجا) در رویشگاه‌ها می‌تواند شرایط مناسب‌تر و بازدهی بیشتری برای عملکرد خاک فراهم نماید، که این موضوع می‌تواند جهت احیای اراضی تخریب‌یافته مورد توجه مدیران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: منطقه کوهستانی، درخت آزاد، رویشگاه‌های مرتعی، پویایی فصلی، معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک.

مقدمه

خصوصیات زیستی و شیمیایی خاک از خصوصیات فیزیکی آن تأثیر می‌پذیرد. تغییر پوشش اراضی نقش بسیار مهمی در تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی خاک دارند (Kooch and Zoghi, 2014). بافت خاک، یکی از مشخصه‌های ثابت خاک بوده و تغییر آن در اثر نوع پوشش اراضی در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نمی‌باشد، به هر حال، تغییر نوع کاربری‌های اراضی می‌تواند در یک دوره بلندمدت بر تغییرات اجزای بافت خاک مؤثر واقع گردند (Meyfroidt et al., 2013). ارزیابی ساختمان خاک معمولاً بر اساس نوع خاکدانه‌ها، ماکروخاکدانه (ذرات بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر) و میکروخاکدانه (ذرات کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر)، بیان می‌شود و به عنوان شاخص مهمی برای سنجش مشخصه‌های فیزیکی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی در نظر گرفته می‌شوند (Li et al., 2015). یکی از اثرات برجسته تخریب پوشش‌های جنگلی و تغییر پوشش اراضی، تغییرات میزان ماده آلی خاک می‌باشد. محتوی ماده آلی و پویایی آن در خاک یک مشخصه

تخریب منابع طبیعی بویژه جنگل‌ها، یکی از چالش‌های مهم اقتصادی- اجتماعی بسیاری از کشورها از جمله ایران است. در طی چند دهه گذشته، وسعت نواحی جنگلی ایران به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. تخریب جنگل‌ها باعث تخریب اراضی و در نتیجه تخریب خاک می‌شود (Teimouri et al., 2015). قسمت وسیعی از جنگل‌های شمال ایران (نزدیک به ۶۰۰ هزار هکتار)، جزو جنگل‌های مخروطه به حساب می‌آیند (Marvi-Mohajer, 2005). تخریب رویشگاه‌های جنگلی و تغییر پوشش اراضی می‌تواند اثرات برجسته‌ای در تغییرپذیری شاخص‌های کیفی خاک داشته باشد (Wu et al., 2007). در همین راستا، کیفیت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ارزیابی مدیریت اراضی به شمار آمده و مطالعه ویژگی‌های مختلف خاک (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) را شامل می‌شود. از نقطه نظر اکولوژیکی، خواص فیزیکی خاک دارای اهمیت زیادی هستند، به طوری که

مناطق بیلاقی، که غالباً به عنوان اکوسیستم‌های شکننده و حساس به شمار می‌آیند، کمتر مورد توجه قرار گرفته و اطلاعات چندانی وجود ندارد. در تحقیق پیش رو، علاوه بر ارزیابی پویایی (تغییرات فصلی) انواع مشخصه‌های خاک تحت پوشش‌های اراضی جنگلی و مرتعی، معدنی‌شدن کربن و نیتروژن و فعالیت‌های میکروبیوم خاک نیز مورد بررسی و مطالعه قرار خواهند گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد نظر در منطقه زانوس بخش کجور، در فاصله ۷۰ کیلومتری شهرستان نوشهر و بین طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۱۴ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۵۱ درجه، ۱۴ دقیقه و ۲۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه، ۳۱ دقیقه و ۱۴ ثانیه تا ۳۶ درجه، ۳۱ دقیقه و ۱۶ ثانیه شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم کوهستانی نیمه‌خشک و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۹۰۰ متر بوده، میزان بارندگی متوسط سالانه آن ۳۸۰ میلی‌متر و پتانسیل تبخیرسالانه آن برابر با ۱۳۰۰ میلی‌متر است. پوشش گیاهی غالب منطقه، آزاد (*Zelkova carpinifolia* K. Koch) و اوجا (*Ulmus minor* Mill.) بوده و در بخشی از سطوح، به دلیل تخریب‌های انسانی که تقریباً ۳۰ سال پیش رخ داده (مطابق با گزارش شفاهی کارشناسان مجرب اداره کل منابع طبیعی نوشهر)، توسط انواع پوشش‌های مرتعی پوشیده شده است. مطابق با گزارش (Pasha 2019)، پوشش اراضی فعلی منطقه شامل: (۱)، رویشگاه جنگلی (تقریباً دست‌نخورده) با غالبیت گونه آزاد (۵۹ درصد) همراه با گونه اوجا (۱۸ درصد)، (۲)، پوشش مرتعی با غالبیت *Festuca ovina* L. (۶۰ درصد) و تک درختانی از آزاد (۱۱ درصد) و اوجا (۷ درصد)، (۳)، پوشش مرتعی با غالبیت *Dactylis glomerata* L. (۶۲ درصد) و *Thymus transcaspicus* Klokov. (۱۷ درصد) و (۴)، پوشش مرتعی با غالبیت *Stachys byzantina* K. Koch (۷۵ درصد) می‌باشد. همچنین، پوشش‌های *Berberis integerrima*, *Crataegus melanocarpa* M. B. و *Medicago minima* L. Bunge. و *Xanthium spinosum* L. به عنوان گونه‌های گیاهی همراه (تقریباً ۵ درصد) در هر یک از پوشش اراضی اشاره شده بصورت مشترک وجود دارند.

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

در این مطالعه، بخش‌هایی از این پوشش‌های اراضی انتخاب شد، که به صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب، در آنها

ضروری برای ارزیابی تغییرات در مورد انواع پوشش‌های اراضی است. امروزه از شاخص لایه‌بندی^۱ ماده آلی (مقدار ماده آلی در لایه بالایی تقسیم بر مقدار آن در لایه پایینی)، بجای مقادیر مطلق آن، جهت ارزیابی کیفیت خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی استفاده می‌شود و به عنوان شاخصی از میزان ورودی ماده آلی به خاک به حساب می‌آید (Zhao et al., 2019). واکنش (pH) خاک به عنوان یک شاخص شیمیایی در کیفیت خاک محسوب شده و بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که دسترسی به عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از محیط شیمیایی و بویژه واکنش خاک تأثیر می‌پذیرند. بنابراین، واضح است که واکنش خاک باید به عنوان یک شاخص کلیدی در شیمی خاک در نظر گرفته شود (Schoenholtz et al., 2000). عناصر غذایی خاک دارای نقش‌های ویژه و ضروری در سوخت و ساز گیاه می‌باشند. آزاد شدن مواد غذایی از لاشه‌ریزه‌های در حال تجزیه، بخش مهمی از چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌های خشکی می‌باشد، که مقدار عناصر غذایی قابل دسترس برای جذب توسط گیاه و یا خروج از بوم-سازگان را کنترل می‌نماید (Pe' rez-Suarez et al., 2009).

مشخصه‌های میکروبی و بیوشیمی خاک به عنوان شاخص-های کیفیت و سلامت خاک قلمداد می‌شوند. زیرا میکروارگانیسم‌ها به طور مستقیم نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی (کربن، نیتروژن و فسفر) داشته و پاسخ سریعی به تغییر در شرایط محیطی خاک می‌دهد. بنابراین ارزیابی جمعیت و فعالیت میکروبی به عنوان شاخصی مناسب، می‌تواند تغییر کیفیت خاک را در اثر اعمال مدیریت نشان دهد (Zeng et al., 2020). در همین راستا، بر شاخص‌های بیوشیمیایی (آمونیم و نترات) و معدنی‌شدن عناصر غذایی، بویژه کربن و نیتروژن خاک تأکید شده است (Tang et al., 2018). در راستای تغییرات فعالیت‌های میکروبی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی پژوهش‌های متعددی گزارش شده است. در واقع، مرور منابع پیشین حاکی از آنست، که بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته فوق‌الذکر، بر مقادیر مطلق مشخصه‌های میکروبی خاک تأکید داشته‌اند، در حالی که امروزه (Xu et al., 2017; Zhang et al., 2018; Pang et al., 2018) بر سهم میکروبی خاک به عنوان شاخصی از چرخه-های عناصر غذایی (بویژه کربن، نیتروژن و فسفر) تأکید می‌شود. در واقع، سهم میکروبی خاک یک تخمین غیرمستقیم از کیفیت ماده آلی بوده و مقادیر کمتر آن بیانگر کیفیت پایین‌تر ماده آلی و سهم کمتر زیستوده میکروبی خاک در تثبیت کربن، نیتروژن و فسفر می‌باشد (Bini et al., 2013). بررسی و مطالعه ویژگی‌های خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی جنگلی و مرتعی در ارتفاعات

متغیره و تعیین ارتباط فعالیت‌های بیوشیمیایی و میکروبی با مقادیر مشخصه‌های فیزیکیوشیمیایی خاک در انواع پوشش‌های اراضی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه PC-ORD تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

تجزیه واریانس مشخصه‌های خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی و فصول مورد بررسی حاکی از آنست، که مشخصه‌های شن، سیلت، رس، درصد ماکرو و میکروخاکدانه‌ها و نیتروژن در ماکرو و میکروخاکدانه‌ها فقط متأثر از نوع پوشش اراضی بوده‌اند، در حالی که مشخصه‌های کربن آلی، سهم میکروبی نیتروژن و فسفر فقط تحت تأثیر فصل، تفاوت‌های آماری معنی‌داری را نشان داده‌اند. مشخصه‌های واکنش خاک، کربن در ماکرو و میکروخاکدانه‌ها، نیتروژن کل، آمونیوم، نترات و سهم میکروبی از هر دو عامل نوع پوشش اراضی و فصل تأثیر معنی‌داری پذیرفته‌اند. لایه‌بندی ماده آلی خاک، تفاوت آماری معنی‌داری را در بین انواع پوشش‌های اراضی و فصول سال نشان نداده‌اند (جدول ۱). بیشترین مقادیر شن خاک در پوشش اراضی *Stachys* مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقادیر سیلت به رویشگاه *Dactylis* تعلق داشت. پوشش‌های اراضی *Zelkova* و *Festuca* دارای بیشترین مقادیر رس خاک بوده‌اند. پوشش جنگلی *Zelkova* دارای بالاترین مقادیر ماکروخاکدانه‌های خاک بوده، در حالی که بیشترین مقادیر میکروخاکدانه‌های خاک در پوشش‌های اراضی *Zelkova* و *Festuca* مشاهده شد (جدول ۲). واکنش خاک دارای بالاترین مقادیر در پوشش‌های اراضی *Zelkova* و *Festuca*، بویژه در فصول بهار و تابستان، بوده است. بالاترین مقادیر کربن آلی خاک به فصل پاییز اختصاص داشته، در حالی که نوع پوشش اراضی اثر معنی‌داری بر این مشخصه نداشته است. پوشش اراضی *Stachys*، دارای بالاترین مقادیر کربن در ماکرو و میکروخاکدانه‌های خاک، بویژه در فصل پاییز، بوده است. بیشترین مقادیر نیتروژن کل خاک در پوشش جنگلی *Zelkova*، بخصوص در فصل پاییز، مشاهده شد. پوشش‌های اراضی *Zelkova* و *Festuca*، دارای بالاترین مقادیر نیتروژن در ماکروخاکدانه‌های خاک بوده‌اند، در حالی که پوشش جنگلی *Zelkova*، دارای بالاترین مقادیر نیتروژن در میکروخاکدانه‌های خاک بوده است (جدول ۳). بالاترین مقادیر آمونیوم و نترات خاک نیز به پوشش‌های اراضی *Zelkova* و *Festuca*، بویژه در فصل پاییز، تعلق داشته است. پوشش جنگلی *Zelkova*، دارای بیشترین مقادیر سهم میکروبی کربن، بخصوص در فصول تابستان و بهار بوده، در حالی که بالاترین مقادیر سهم-های میکروبی نیتروژن و فسفر خاک در فصل تابستان مشاهده

مشاهده می‌شود. فصول بهار، تابستان و پاییز جهت نمونه‌برداری خاک مدنظر قرار گرفت (به دلیل کوهستانی بودن منطقه و به دلیل پوشش برف ضخیم در عرصه، نمونه‌برداری در فصل زمستان انجام نشد). در هر یک از فصول فوق‌الذکر، سه قطعه یک هکتاری (۱۰۰ متر × ۱۰۰ متر) مجزا از هم در هر یک از پوشش‌های اراضی مدنظر قرار گرفت. در داخل هر یک از قطعات یک هکتاری، تعداد ۴ نمونه خاک (در گوشه‌های قطعات نمونه) از عمق ۱۰-۰ سانتی-متری و در یک سطح ۳۰ سانتی‌متر × ۳۰ سانتی‌متر (Kooch and Noghre, 2020) برداشت شد. در مجموع، از هر یک از پوشش‌های اراضی مورد مطالعه تعداد ۳۶ نمونه خاک (شامل ۱۲ نمونه در فصل بهار، ۱۲ نمونه در فصل تابستان و ۱۲ نمونه در فصل پاییز) به آزمایشگاه منتقل گردید. همچنین به منظور سنجش لایه‌بندی ماده آلی (نسبت ماده آلی در عمق بالا به عمق پایین)، نمونه‌برداری خاک علاوه بر عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری از عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری نیز صورت پذیرفت. یک بخش از نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و بخش دوم نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های میکروبی تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. مشخصه‌های بافت (شن، سیلت، رس)، درصد ماکرو و میکروخاکدانه‌ها، واکنش خاک، کربن آلی، نیتروژن کل، آمونیوم، نترات، سهم میکروبی کربن (نسبت زیتوده میکروبی کربن به کربن)، نیتروژن (نسبت زیتوده میکروبی نیتروژن به نیتروژن) و فسفر (نسبت زیتوده میکروبی فسفر به فسفر) خاک با استفاده از روش‌های استاندارد در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری و با توجه به روابط موجود مورد محاسبه قرار گرفتند (Jafari Haghighi, 2003; Aliasgharzade, 2010). معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، به ترتیب در طول مدت ۱۷ هفته و ۳۵ روز، طی فرآیند انکوباسیون آزمایشگاهی (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد (Kooch et al., 2020).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست گردید. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مورد مطالعه در ارتباط با پوشش‌های اراضی و فصول مختلف سال، از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به کار گرفته شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. همچنین به منظور انجام آنالیز چند

تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مشخصه‌های شن، کربن در ماکرو و میکروخاکدانه‌ها در سمت راست محور قرار گرفته و حاکی از افزایش این مقادیر در پوشش اراضی *Stachys* و *Dactylis* می‌باشد، در حالی که قرارگیری مشخصه‌های رس، ماکرو و میکروخاکدانه‌ها، واکنش خاک، نیتروژن کل، نیتروژن در ماکرو و میکروخاکدانه، آمونیوم، نیترات، سهم میکروبی کربن و معدنی شدن نیتروژن در سمت چپ محور حاکی از مقادیر بالاتر این مشخصه‌ها در پوشش اراضی *Zelkova* و *Festuca* می‌باشد (شکل ۱).

شد (جدول ۴). تغییرات معدنی شدن کربن خاک تا قبل از هفته هفدهم در بین انواع پوشش‌های اراضی تفاوت آماری معنی‌داری داشته و پوشش‌های *Festuca* و *Zelkova* دارای بیشترین مقادیر بوده‌اند، در حالی که بالاترین مقادیر معدنی شدن نیتروژن (در طول زمان‌های مورد بررسی) به پوشش جنگلی *Zelkova* اختصاص داشته است (جدول ۵). تحلیل مولفه‌های اصلی بیانگر تمایز انواع پوشش‌های اراضی بر اساس ویژگی‌های مورد مطالعه خاک می‌باشد. مطابق با نتایج، محورهای اول و دوم به ترتیب ۴۰/۰۹ و ۱۸/۲۳ درصد واریانس را توجیه می‌نمایند. بر مبنای

جدول ۱- تجزیه واریانس مشخصه‌های خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی.

ویژگی خاک	پوشش اراضی		فصل		پوشش اراضی * فصل	
	مقدار F	معنی‌داری	مقدار F	معنی‌داری	مقدار F	معنی‌داری
شن	۴/۵۲۸	۰/۰۰۵	۰/۲۴۰	۰/۷۸۷	۰/۰۲۶	۰/۹۵۶
سیلت	۲/۸۳۴	۰/۰۴۱	۰/۰۹۲	۰/۹۱۲	۰/۰۵۴	۰/۹۹۹
رس	۱۵/۳۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۲۶	۰/۹۷۵	۰/۰۸۶	۰/۹۹۸
ماکروخاکدانه	۲۶/۳۵۵	۰/۰۰۰	۰/۱۳۰	۰/۷۸۷	۰/۰۳۶	۰/۸۹۷
میکروخاکدانه	۱۹/۶۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۹۹۵	۰/۰۰۴	۰/۹۸۵
لایه‌بندی ماده آلی	۰/۱۴۷	۰/۹۳۲	۱/۰۱۱	۰/۳۶۷	۰/۴۰۲	۰/۸۷۷
واکنش خاک	۱۵/۷۹۰	۰/۰۰۰	۸/۴۴۷	۰/۰۰۰	۰/۷۰۴	۰/۶۴۷
کربن آلی	۱/۴۶۸	۰/۲۲۶	۱۷/۸۵۴	۰/۰۰۰	۰/۵۷۰	۰/۷۵۴
کربن در ماکروخاکدانه	۱۴/۱۴۱	۰/۰۰۰	۸/۱۱۲	۰/۰۰۰	۰/۲۸۱	۰/۹۴۵
کربن در میکروخاکدانه	۹/۷۵۰	۰/۰۰۰	۱۴/۴۳۶	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۹۰۹
نیتروژن کل	۲۱/۵۶۲	۰/۰۰۰	۴/۸۹۷	۰/۰۰۹	۰/۱۳۹	۰/۹۹۱
نیتروژن در ماکروخاکدانه	۵/۷۵۷	۰/۰۰۱	۲/۵۲۹	۰/۰۸۴	۰/۱۷۸	۰/۹۸۲
نیتروژن در میکروخاکدانه	۷/۳۹۴	۰/۰۰۰	۱/۹۲۶	۰/۱۵۰	۰/۱۸۴	۰/۹۸۱
آمونیم	۵۱/۴۳۲	۰/۰۰۰	۶/۲۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۷۵	۰/۹۸۳
نیترات	۳۲/۶۷۰	۰/۰۰۰	۳/۸۳۴	۰/۰۲۴	۰/۱۶۶	۰/۹۸۵
سهم میکروبی کربن	۱۲/۵۵۸	۰/۰۰۰	۱۰/۹۶۰	۰/۰۰۰	۱/۴۶۵	۰/۱۹۵
سهم میکروبی نیتروژن	۰/۴۱۱	۰/۷۴۵	۶/۶۳۲	۰/۰۰۲	۰/۲۸۵	۰/۹۴۳
سهم میکروبی فسفر	۰/۱۹۸	۰/۸۹۸	۳۱/۳۶۷	۰/۰۰۰	۰/۲۵۱	۰/۹۵۸

جدول ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های فیزیکی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی.

ویژگی خاک	فصل	<i>Zelkova</i>	<i>Festuca</i>	<i>Dactylis</i>	<i>Stachys</i>
شن (درصد)	بهار	۲۳/۳۳±۱/۶۶	۲۸/۱۶±۲/۴۸	۲۸/۵۸±۲/۴۰	۳۲/۴۱±۴/۴۴
	تابستان	۲۲/۸۳±۲/۲۱	۲۶/۸۳±۱/۹۶	۲۸/۶۶±۴/۱۶	۳۱/۹۹±۵/۱۹
	پاییز	۲۴/۵۰±۱/۷۷B	۲۷/۶۶±۲/۱۰AB	۳۰/۳۵±۲/۸۵AB	۳۳/۸۳±۲/۳۷A
سیلت (درصد)	بهار	۳۱/۵۰±۴/۷۲	۳۲/۲۵±۶/۱۷	۴۲/۰۰±۳/۱۶	۳۷/۴۱±۴/۲۱
	تابستان	۳۳/۰۰±۳/۳۱	۳۳/۰۰±۳/۶۰	۳۹/۵۰±۴/۹۶	۳۸/۰۰±۴/۶۴
	پاییز	۳۱/۸۳±۳/۵۷	۳۱/۴۱±۴/۴۲	۴۰/۰۰±۲/۴۹	۳۵/۷۵±۳/۵۰
رس (درصد)	بهار	۴۲/۳۳±۲/۴۱A	۴۳/۲۵±۲/۹۷A	۴۹/۴۱±۱/۸۲B	۳۰/۱۶±۲/۶۸B
	تابستان	۴۲/۳۳±۲/۴۱A	۴۳/۲۵±۲/۹۷A	۴۹/۴۱±۱/۸۲B	۳۰/۱۶±۲/۶۸B
	پاییز	۴۲/۳۳±۲/۴۱A	۴۳/۲۵±۲/۹۷A	۴۹/۴۱±۱/۸۲B	۳۰/۱۶±۲/۶۸B
ماکروخاکدانه (درصد)	بهار	۵۲/۹۱±۲/۴۷A	۴۳/۶۶±۲/۰۷AB	۴۳/۷۵±۶/۲۲BC	۲۷/۰۸±۲/۷۵C
	تابستان	۵۱/۲۵±۳/۶۴A	۴۲/۰۸±۴/۷۶A	۴۱/۵۸±۲/۸۲B	۲۷/۲۵±۲/۳۷B
	پاییز	۵۲/۴۱±۴/۵۳A	۴۱/۴۱±۳/۵۹B	۴۲/۵۸±۲/۳۵BC	۲۷/۴۱±۳/۸۶C
میکروخاکدانه (درصد)	بهار	۳۷/۰۸±۵/۶۷A	۳۴/۰۰±۲/۵۸AB	۲۴/۸۳±۱/۸۷BC	۱۹/۶۶±۲/۰۲C
	تابستان	۳۷/۰۸±۲/۶۳A	۳۳/۸۳±۲/۳۲A	۲۴/۳۳±۳/۰۰B	۱۹/۹۱±۲/۵۱B
	پاییز	۳۷/۱۶±۲/۲۸A	۳۳/۶۶±۲/۹۸A	۲۴/۲۵±۴/۲۳B	۱۹/۵۸±۲/۷۵B
میانگین	۳۷/۱۱±۲/۱۵A	۳۳/۸۳±۱/۶۷A	۲۴/۴۷±۱/۷۸B	۱۹/۷۲±۱/۳۷B	

حروف انگلیسی بزرگ (در هر سطر)، بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشخصه‌ها بین انواع پوشش‌های اراضی می‌باشد. عدم وجود حروف انگلیسی، بیانگر

عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار مشخصه‌ها در بین انواع پوشش‌های اراضی (در یک فصل مشخص و یا تمامی فصول مورد بررسی) می‌باشد.

جدول ۳- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های شیمیایی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی.

ویژگی خاک	فصل	Zelkova	Festuca	Dactylis	Stachys
لایه‌بندی ماده آلی	بهار	۱/۷۱±۰/۲۴	۱/۷۸±۰/۳۸	۱/۵۶±۰/۲۳	۱/۷۱±۰/۳۸
	تابستان	۱/۶۹±۰/۲۲	۱/۸۵±۱/۰۸	۱/۸۲±۰/۸۶	۲/۱۳±۱/۳۳
	پاییز	۲/۱۱±۰/۱۸	۲/۱۴±۰/۲۷	۱/۹۳±۰/۲۷	۱/۷۳±۰/۱۵
واکنش خاک	میانگین	۱/۸۴±۰/۱۲	۱/۹۲±۰/۱۸	۱/۷۷±۰/۱۴	۱/۸۶±۰/۱۸
	بهار	۷/۰۶±۰/۱۰Aa	۶/۸۴±۰/۱۵A	۶/۲۴±۰/۰۹B	۶/۱۷±۰/۲۴B
	تابستان	۶/۹۴±۰/۱۶Aa	۶/۶۰±۰/۱۳A	۶/۱۲±۰/۱۷B	۶/۰۱±۰/۱۲B
کربن آلی (درصد)	پاییز	۶/۲۷±۰/۲۰Ab	۶/۴۳±۰/۱۹AB	۵/۹۸±۰/۱۶AB	۵/۷۵±۰/۱۵B
	میانگین	۶/۷۶±۰/۱۰۰A	۶/۶۲±۰/۰۹A	۶/۱۱±۰/۰۸B	۵/۹۷±۰/۱۰۰B
	بهار	۲/۶۷±۰/۲۷b	۲/۷۳±۰/۳۱b	۲/۸۶±۰/۳۱b	۲/۹۴±۰/۵۲b
کربن در میکروخاکدانه (درصد)	تابستان	۳/۰۰±۰/۲۳b	۳/۱۶±۰/۲۹ab	۳/۷۹±۰/۳۸a	۳/۹۰±۰/۲۲ab
	پاییز	۴/۰۸±۰/۱۸a	۳/۹۴±۰/۱۹a	۴/۰۱±۰/۱۸a	۴/۱۷±۰/۲۱a
	میانگین	۳/۲۵±۰/۱۶	۳/۲۸±۰/۱۷	۳/۵۵±۰/۱۹	۳/۶۷±۰/۲۱
کربن در ماکروخاکدانه (درصد)	بهار	۰/۲۱±۰/۰۱Bb	۰/۲۷±۰/۰۱B	۰/۳۳±۰/۰۴ABb	۰/۴۳±۰/۰۸A
	تابستان	۰/۲۸±۰/۰۲Ba	۰/۳۴±۰/۰۵B	۰/۴۴±۰/۰۶ABab	۰/۵۲±۰/۰۷A
	پاییز	۰/۳۰±۰/۰۲Ca	۰/۳۹±۰/۰۶BC	۰/۵۱±۰/۰۴ABa	۰/۶۴±۰/۰۵A
کربن در میکروخاکدانه (درصد)	میانگین	۰/۲۶±۰/۰۱C	۰/۳۳±۰/۰۲C	۰/۴۳±۰/۰۳B	۰/۵۳±۰/۰۴A
	بهار	۰/۱۴±۰/۰۱Cb	۰/۱۹±۰/۰۱BC	۰/۲۰±۰/۰۱ABb	۰/۲۵±۰/۰۲Ab
	تابستان	۰/۱۶±۰/۰۲Bab	۰/۲۱±۰/۰۲AB	۰/۲۳±۰/۰۲ABb	۰/۲۹±۰/۰۲Aab
نیترژن کل (درصد)	پاییز	۰/۱۸±۰/۰۱C	۰/۲۲±۰/۰۱BC	۰/۲۶±۰/۰۲AB	۰/۳۱±۰/۰۲A
	بهار	۰/۴۱±۰/۰۳A	۰/۳۰±۰/۰۴B	۰/۲۲±۰/۰۲B	۰/۲۴±۰/۰۴B
	تابستان	۰/۴۹±۰/۰۵A	۰/۳۸±۰/۰۲AB	۰/۲۸±۰/۰۲B	۰/۲۷±۰/۰۳B
نیترژن در ماکروخاکدانه (درصد)	پاییز	۰/۵۱±۰/۰۲A	۰/۳۹±۰/۰۳B	۰/۲۹±۰/۰۳C	۰/۲۸±۰/۰۲C
	میانگین	۰/۴۷±۰/۰۲A	۰/۳۵±۰/۰۲B	۰/۲۶±۰/۰۱C	۰/۲۶±۰/۰۲C
	بهار	۰/۲۶±۰/۰۰۳	۰/۲۴±۰/۰۰۳	۰/۱۳±۰/۰۰۳	۰/۱۵±۰/۰۰۵
نیترژن در میکروخاکدانه (درصد)	تابستان	۰/۳۱±۰/۰۴A	۰/۲۶±۰/۰۳AB	۰/۱۹±۰/۰۴B	۰/۱۷±۰/۰۳B
	پاییز	۰/۴۰±۰/۱۰	۰/۳۱±۰/۰۸	۰/۲۲±۰/۰۲	۰/۱۹±۰/۰۰۴
	میانگین	۰/۳۲±۰/۰۴A	۰/۲۷±۰/۰۳A	۰/۱۸±۰/۰۲B	۰/۱۷±۰/۰۲B
نیترژن در میکروخاکدانه (درصد)	بهار	۰/۱۹±۰/۰۰۳	۰/۱۲±۰/۰۰۴	۰/۱۱±۰/۰۰۲	۰/۱۰±۰/۰۰۲
	تابستان	۰/۲۳±۰/۰۰۴A	۰/۱۷±۰/۰۰۲AB	۰/۱۲±۰/۰۰۲B	۰/۱۱±۰/۰۰۲B
	پاییز	۰/۲۶±۰/۰۰۵A	۰/۱۹±۰/۰۰۲AB	۰/۱۳±۰/۰۰۱B	۰/۱۲±۰/۰۰۱B
میانگین	۰/۲۲±۰/۰۰۲A	۰/۱۶±۰/۰۰۲B	۰/۱۲±۰/۰۰۱B	۰/۱۱±۰/۰۰۱B	

حروف انگلیسی بزرگ (در هر سطر) و کوچک (در هر ستون)، به ترتیب بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشخصه‌ها بین انواع پوشش‌های اراضی و فصل-های مورد بررسی می‌باشد. عدم وجود حروف انگلیسی، بیانگر عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار مشخصه‌ها در بین انواع پوشش‌های اراضی (در یک فصل مشخص و یا تمامی فصول مورد بررسی) می‌باشد.

جدول ۴- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی.

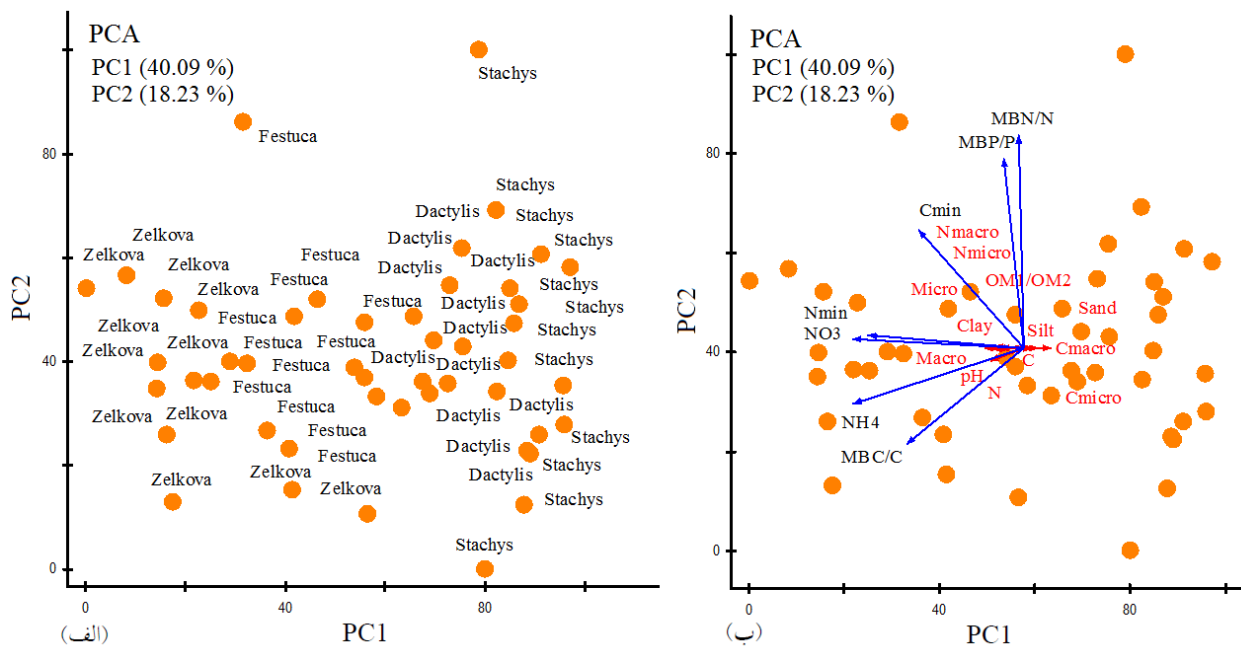
ویژگی خاک	فصل	Zelkova	Festuca	Dactylis	Stachys
آمونیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	بهار	۳۶/۶۳±۲/۴۵A	۳۳/۹۸±۲/۰۱A	۱۹/۹۶±۱/۲۶B	۱۸/۲۹±۱/۸۶B
	تابستان	۴۲/۷۳±۳/۹۳A	۳۸/۰۶±۲/۹۳A	۲۳/۵۹±۲/۵۷B	۲۱/۴۴±۱/۹۸B
	پاییز	۴۵/۴۷±۲/۴۶A	۴۰/۶۱±۲/۰۳A	۲۴/۷۶±۲/۹۹B	۲۲/۵۷±۱/۵۴B
نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم)	میانگین	۴۱/۶۱±۱/۸۱A	۳۷/۵۵±۱/۵۸A	۲۲/۷۲±۱/۳۸B	۲۰/۷۷±۱/۰۵B
	بهار	۴۳/۰۴±۲/۵۹A	۴۲/۳۲±۴/۰۸A	۲۷/۲۵±۳/۴۳B	۲۵/۸۸±۲/۲۳B
	تابستان	۵۰/۷۶±۴/۸۹A	۴۶/۱۹±۵/۲۲A	۳۰/۱۱±۲/۵۳B	۲۸/۵۰±۱/۸۱B
سهام میکروبی کربن	پاییز	۵۱/۷۳±۲/۹۷A	۴۷/۷۸±۲/۳۳A	۳۲/۹۸±۱/۳۶B	۳۰/۰۰±۱/۶۲B
	میانگین	۴۸/۵۱±۲/۱۲A	۴۵/۴۳±۲/۲۹A	۳۰/۱۱±۱/۵۰B	۲۸/۱۳±۱/۱۰B
	بهار	۲۱۵/۲۶±۵۲/۸۴Aa	۱۳۸/۲۳±۲۳/۸۰ABab	۱۲۸/۲۱±۳۰/۵۰AB	۹۵/۹۶±۱۷/۷۱Ba
سهام میکروبی نیتروژن	تابستان	۲۳۰/۶۶±۲۳/۷۲Aa	۱۶۲/۰۷±۲۴/۶۰Ba	۸۷/۱۹±۹/۸۶C	۶۹/۱۳±۱۳/۵۹Cab
	پاییز	۹۵/۴۱±۱۲/۰۸Aa	۸۷/۶۲±۲۰/۱۸Aa	۷۱/۵۱±۱۰/۰۵AB	۳۸/۲۱±۵/۲۵Bb
	میانگین	۱۸۰/۴۵±۲۱/۷۰A	۱۲۹/۳۱±۱۳/۸۹B	۹۵/۶۳±۱۱/۶۰BC	۶۷/۷۷±۸/۹۲C
سهام میکروبی فسفر	بهار	۱۱۷/۲۹±۱۷/۰۹ab	۱۳۴/۹۲±۲۴/۵۳	۱۳۱/۵۷±۱۳/۳۱ab	۱۳۰/۶۲±۱۱/۹۵
	تابستان	۱۴۶/۷۲±۲۷/۳۶a	۱۵۱/۸۵±۲۹/۴۰	۱۴۳/۱۲±۲۱/۴۰a	۱۵۹/۰۳±۴۱/۵۸
	پاییز	۸۸/۷۲±۶/۲۶Bb	۱۲۱/۵۸±۱۵/۴۰A	۹۰/۱۵±۸/۶۰Bb	۷۷/۳۷±۹/۶۵B
سهام میکروبی فسفر	میانگین	۱۱۷/۵۸±۱۱/۳۶	۱۳۶/۱۲±۱۳/۵۲	۱۲۱/۶۱±۹/۴۳	۱۲۲/۳۴±۱۶/۲۸
	بهار	۲/۳۲±۰/۲۶a	۲/۳۴±۰/۲۹a	۲/۰۲±۰/۱۹a	۲/۳۹±۰/۴۰a
	تابستان	۱/۷۵±۰/۱۸a	۱/۸۰±۰/۲۱a	۱/۵۹±۰/۲۷ab	۱/۶۸±۰/۳۴ab
پاییز	۰/۹۱±۰/۱۵b	۰/۸۶±۰/۰۷b	۱/۰۱±۰/۱۲b	۰/۹۳±۰/۱۰b	
میانگین	۱/۶۶±۰/۱۵	۱/۶۷±۰/۱۵	۱/۵۴±۰/۱۳	۱/۶۷±۰/۲۰	

حروف انگلیسی بزرگ (در هر سطر) و کوچک (در هر ستون)، به ترتیب بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشخصه‌ها بین انواع پوشش‌های اراضی و فصل-های مورد بررسی می‌باشد. عدم وجود حروف انگلیسی، بیانگر عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار مشخصه‌ها در بین انواع پوشش‌های اراضی (در یک فصل مشخص و یا تمامی فصول مورد بررسی) می‌باشد.

جدول ۵- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی.

معنی داری	مقدار F	Stachys	Dactylis	Festuca	Zelkova	زمان (روز)	ویژگی خاک
۰/۰۰۹	۴/۳۷۰	۴۶/۹۱±۲/۸۱B	۵۳/۸۳±۲/۳۴AB	۵۸/۴۱±۳/۳۵A	۶۰/۷۵±۳/۰۴A	۷	معدنی شدن کربن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۰۰	۷/۲۴۲	۱۰۰/۷۵±۶/۰۹B	۱۰۰/۰۸±۴/۶۷B	۱۲۰/۰۰±۹/۳۹AB	۱۳۹/۳۳±۶/۶۸A	۱۴	
۰/۰۰۰	۱۰/۲۱۷	۱۰۳/۰۸±۴/۰۶B	۱۲۰/۰۸±۶/۳۹B	۱۴۶/۵۰±۷/۹۸A	۱۵۳/۷۵±۹/۷۴A	۲۸	
۰/۰۰۰	۱۲/۵۷۲	۱۰۸/۶۷±۸/۱۶B	۱۹۳/۸۳±۱۱/۸۵A	۲۰۳/۶۷±۱۴/۹۲A	۲۱۶/۵۸±۱۸/۱۹A	۳۵	
۰/۰۰۰	۱۹/۵۴۶	۱۱۶/۸۳±۳/۳۷B	۱۲۲/۶۷±۸/۶۷B	۲۲۷/۷۵±۲۰/۵۷A	۲۴۳/۰۸±۱۹/۲۰A	۵۶	
۰/۰۰۴	۵/۲۱۲	۲۱۳/۳۳±۱۵/۹۷B	۲۹۰/۴۲±۲۱/۱۳A	۲۸۳/۴۲±۱۶/۵۲A	۳۰۵/۳۳±۱۷/۵۵A	۸۴	معدنی شدن نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۱۹۸	۱/۶۲۳	۲۵۰/۵۸±۱۳/۰۲	۲۹۳/۲۵±۲۲/۲۶	۳۰۰/۲۵±۲۹/۷۲	۳۲۰/۰۸±۲۳/۷۱	۱۱۹	
۰/۰۰۶	۴/۷۳۵	۳۸/۶۶±۲/۰۱B	۴۷/۴۱±۳/۱۱AB	۴۹/۹۱±۴/۳۹A	۵۶/۰۰±۳/۲۵A	۷	
۰/۰۵۰	۲/۸۱۵	۴۵/۹۱±۴/۸۰B	۵۱/۲۵±۴/۴۴AB	۵۷/۵۰±۳/۱۰AB	۶۱/۸۳±۴/۱۰A	۱۴	
۰/۰۰۴	۵/۱۵۶	۵۶/۱۶±۳/۱۷B	۶۴/۴۱±۴/۱۹B	۶۴/۵۰±۳/۷۴B	۷۶/۹۱±۳/۸۸A	۲۱	
۰/۰۰۱	۶/۹۳۰	۷۴/۴۱±۴/۵۶B	۷۹/۹۱±۱۰/۱۱B	۸۶/۳۳±۹/۳۵B	۱۲۷/۲۵±۱۱/۰۴A	۲۸	معدنی شدن نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۰۰۰	۲۶/۷۰۰	۹۳/۳۳±۳/۰۲B	۹۵/۹۱±۵/۰۰B	۱۰۷/۱۷±۴/۲۱B	۱۶۶/۶۷±۱۱/۲۱A	۳۵	

حروف انگلیسی بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی دار مشخصه‌ها بین انواع پوشش‌های اراضی می‌باشند.



شکل ۱- ارتباط انواع پوشش‌های اراضی (الف) با ویژگی‌های خاک (ب) در آنالیز مؤلفه‌های اصلی

بحث و نتیجه‌گیری

انواع پوشش‌های اراضی می‌باشند. اگرچه بافت خاک یکی از مشخصه‌های تقریباً ثابت خاک تلقی می‌شود، اما در هر حال مطابق با گزارش (Meyfroidt et al., 2013)، اجزای بافت (شن، سیلت و رس) خاک در بلندمدت می‌تواند تغییرات معنی داری را به واسطه تحولات خاک و همچنین توالی‌های پوشش گیاهی نشان دهد، که هم راستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. تغییرات در میزان مواد آلی خاک در انواع پوشش‌های اراضی به دلیل تفاوت در نوع پوشش، کمیت و کیفیت لاشه‌ریزه ورودی می‌باشد (Mao et al., 2010). بر همین اساس میزان ماده آلی در لایه‌های مختلف خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی متفاوت خواهد بود. در پژوهش حاضر، رویشگاه‌های مورد مطالعه تفاوت آماری معنی داری در خصوص لایه‌بندی ماده آلی خاک نشان نداده‌اند. این

تأثیر انواع پوشش‌های اراضی بر کیفیت خاک و تفسیر تغییرات مشاهده شده را می‌توان به واسطه اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک ارزیابی کرد. از سویی، درک ساز و کار اثر انواع پوشش‌ها بر روی کیفیت خاک، می‌تواند راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت پوشش اراضی در مناطق مشابه باشد (Mandal et al., 2010). خاک پوشش‌های جنگلی به علت دارا بودن مواد آلی زیاد و ساختمان مناسب همواره مورد توجه بوده‌اند، ولی تغییر در مدیریت و کاربری آنها، عموماً اثرات متفاوتی بر میزان ماده آلی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌گذارد (Mao et al., 2010). نتایج پژوهش حاضر، حاکی از تغییرپذیری غالب ویژگی‌های مورد مطالعه خاک در فصول مختلف سال تحت

نوع پوشش گیاهی اراضی می‌تواند اثرات معنی‌داری بر تغییرپذیری مقادیر آمونیوم و نیترات خاک داشته باشد. در همین خصوص، مرور منابع (Wang and Wang, 2006) و Li *et al.*, (2014) بیانگر اثرات مثبت پوشش‌های درختی بر انباشت محتویات آمونیوم و نیترات خاک می‌باشد. با توجه به اینکه، این مشخصه‌های خاک در ارتباط مستقیم با مقادیر نیتروژن کل و واکنش خاک می‌باشند (Li *et al.*, 2014)، لذا افزایش آمونیوم و نیترات تحت پوشش‌های جنگلی می‌تواند به واسطه تجمع بیشتر نیتروژن و مقادیر بالاتر pH در خاک این نوع از پوشش اراضی باشد. تخریب اراضی جنگلی یکی از عواملی است که با تأثیر بر نسبت اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک می‌تواند نقش بسزایی در تغییرپذیری تنفس میکروبی ایفا نماید (Tang *et al.*, 2018). اگر چنانچه بافت خاک محتوی رس بیشتری باشد، میزان تخلخل‌ها نیز بزرگ‌تر هستند و همین امر منجر به انتشار بیشتر میزان گاز دی‌اکسید کربن ناشی از تنفس میکروبی خاک می‌گردد (Benítez *et al.*, 2006). در پژوهش حاضر نیز بیش‌ترین درصد رس به عرصه جنگلی تعلق داشت و رابطه مثبتی (با توجه به تحلیل مولفه‌های اصلی) بین میزان رس و تنفس میکروبی خاک مشاهده شد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد با گذشت زمان، بدنبال تجزیه و مصرف بقایای گیاهی موجود (سوبسترا)، میزان معدنی شدن کربن پس از ۱۲ هفته تقریباً یکنواخت شده و تفاوت‌های آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. تغییر کمیت و کیفیت لاشه‌ریزه پوشش‌های گیاهی به وسیله تغییرات ترکیب گونه‌های گیاهی، بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک اثر می‌گذارد (Ollinger *et al.*, 2002). وجود گونه‌های درختی در رویشگاه‌ها می‌تواند اثرات مثبتی بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک داشته باشد (Thomas and Prescott, 2000). در مطالعه حاضر، با تغییر نوع پوشش‌های گیاهی در اراضی مورد بررسی، استراتژی‌های متفاوتی جهت استفاده از نیتروژن و تجزیه لاشه‌ریزه‌های این گونه‌ها ایجاد می‌شود، که همین موضوع می‌تواند بر تغییرپذیری میزان نیتروژنی که به خاک بر می‌گردد، اثرگذار باشد (Huang *et al.*, 2007). تحلیل مولفه‌های اصلی نیز مؤید اثرگذاری مشخصه‌های مختلف فیزیکوشیمیایی بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی می‌باشد. در همین راستا، میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک با محتوی نیتروژن کل همبستگی مثبت نشان می‌دهد (Yan *et al.*, 2008). همچنین یافته‌ها حاکی از آنست، که معدنی‌شدن نیتروژن با محتوی رس و میزان واکنش خاک همبستگی مثبت دارد، به طوری که با افزایش مقادیر رس و واکنش خاک، معدنی‌شدن نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (Qi *et al.*, 2011). در همین ارتباط، مقادیر بالاتر محتوی

موضوع می‌تواند به دلیل کوهستانی بودن منطقه (دمای پایین) و شدت تجزیه مواد آلی خاک در بستر رویشگاه‌ها باشد (Melillo *et al.*, 2002). در همین ارتباط، Celik (2005) اشاره داشته‌اند، که نرخ متفاوتی از ورود ماده آلی به خاک، رژیم رطوبتی و حرارتی و سرعت تجزیه بر میزان لایه‌بندی خاک در رویشگاه‌ها بسیار مؤثر است. به علاوه، یافته‌های این تحقیق حاکی از عدم تغییرات معنی‌دار مشخصه کربن آلی خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی می‌باشد. به نظر می‌رسد پوشش‌های گیاهی (که لاشه‌ریزه آنها یکی از منابع اصلی کربن خاک به شمار می‌آیند) مستقر در رویشگاه‌های مورد مطالعه دارای محتویات کربن تقریباً مشابهی می‌باشند. البته این تفسیر مستلزم مطالعه کیفیت بقایای گیاهی (لاشه‌ریزه انواع پوشش‌های گیاهی) می‌باشد که نیازمند بررسی‌های بیشتر در پژوهش‌های بعدی است. همچنین، وجود برخی گونه‌های گیاهی مشترک (گونه‌های همراه) در عرصه‌های مورد مطالعه، که در بخش منطقه مورد مطالعه به آنها اشاره شده است، می‌تواند در عدم معنی‌داری تغییرات مشخصه کربن خاک نیز اثرگذار باشد. با توجه به افزایش دما در فصل تابستان و همچنین افزایش شدت تجزیه بقایای گیاهی، مقادیر کربن آلی خاک در انتهای فصل رویش (در فصل پاییز) افزایش معنی‌داری داشته است که با نتایج Kia (2018) همخوانی دارد. لاشه‌ریزه‌های درختی آزاد و اوجا دارای مقادیر قابل توجهی نیتروژن می‌باشد (Noghre, 2020)، بر همین اساس تجمع بیشتر نیتروژن در خاک رویشگاه‌های جنگلی با غالبیت آزاد و اوجا قابل پیش‌بینی بوده است. در پژوهش حاضر، وجود گونه‌های درختی منجر به بهبود درصد ماکرو و میکروخاکدانه‌های خاک شده، در حالی که تغییر کاربری اراضی از جنگل به مرتع کاهش معنی‌داری را در این ساختارهای خاک ایجاد نموده است. در همین راستا، پژوهش‌های پیشین (Sotomayor-Ramírez and Espinoza, 2010) و Kumari *et al.*, (2011) اشاره داشته‌اند، که با توجه به ساختمان خاک، درصد ماکرو و میکروخاکدانه‌ها در انواع پوشش‌های اراضی، تجمع محتویات کربن و نیتروژن در این ساختارها هم متفاوت می‌باشد. از این رو، تغییرپذیری محتویات کربن و نیتروژن در اجزای خاکدانه‌ها بسیار متغیر بوده و تابع شرایط رویشگاه و نوع پوشش‌های گیاهی است. نوع و کیفیت لاشه‌ریزه پوشش‌های جنگلی و همچنین نوع و تراکم پوشش علفی بستر رویشگاه‌ها، احتمالاً می‌تواند توجیه‌کننده تغییرات میزان واکنش خاک تحت انواع پوشش‌های اراضی باشد. هم راستا با نتایج این تحقیق، Moghimian *et al.* (2018) اشاره داشته‌اند، که در اثر تجزیه مواد آلی، اسیدهای ضعیفی تشکیل می‌شود، که می‌تواند باعث کاهش مقادیر واکنش خاک در اراضی با شدت تخریب کم باشد.

می‌شود. میزان بالای سهم میکروبی کربن بیانگر رشد میکروبی خوب در خاک است، که ناشی از میزان بالای حاصل‌خیزی خاک و سوبسترای در دسترس و همچنین مقادیر کمتر C/N تحت پوشش‌های گیاهی چوبی می‌باشد (Xu *et al.*, 2017). مطابق با نتایج حاضر، تغییر پوشش‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه تفاوت‌های آماری معنی‌داری در سهم‌های میکروبی نیتروژن و فسفر خاک ایجاد نکرده است، که این موضوع می‌تواند به جمعیت‌های میکروبی مؤثر در چرخه‌های نیتروژن و فسفر خاک مرتبط باشد (Allen *et al.*, 2015). مطابق با گزارش Azizi (2020)، افزایش دما اثر مثبتی بر فعالیت‌های میکروبی خاک دارد. در همین ارتباط، سهم‌های میکروبی خاک افزایش معنی‌داری را در فصل تابستان در اراضی مورد مطالعه نشان داده‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است، که تخریب رویشگاه‌های جنگلی، اثر قابل توجهی بر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. تخریب جنگل با افت شاخص‌های کیفیت مواد آلی و خاک باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند در خصوص ارزیابی توان اکولوژیک و چرخه عناصر غذایی انواع پوشش‌های اراضی، اطلاعات ارزشمندی در اختیار مدیران منابع طبیعی قرار داده و کمک شایانی نماید.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Aliasgharzade, N. (2010). Laboratory methods in soil biology. Tabriz University. Press, 522 p. (In Farsi)
- Allen, K., Corre, M.D., Tjoa, A. and Veldkamp, E. (2015). Soil nitrogen-cycling responses to conversion of lowland forests to Oil Palm and Rubber Plantations in Sumatra, Indonesia. *PloS one*, 10(7):1-21.
- Azizi Mehr, M. (2020). The effect of forest degradation and land cover change on dynamic of soil carbon and nitrogen mineralization in the Hyrcanian region. MSc. Dissertation, Tarbiat Modares University, 155 pp. (In Farsi)
- Benítez, M., Lacasta, C., Maire, N. and Meco, R. (2006). Effect of different fertilization management on productivity and soil biochemical parameters in a dry land cereal system. *Tierras de Castilla y León. Agriculture (España)*, 129: 54-66.
- Bini, D., Dos Santos, C.A., Bouillet, J.P., de Moraes Goncalves, J.L. and Cardoso, E.J.B.N. (2013). *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in monoculture and intercropped plantations: evolution of soil and litter microbial and chemical attributes during early stages of plant development. *Applied Soil Ecology*, 63(4): 57-66.
- Celik, I. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research*, 83(5): 270-277.
- Cheng, F., Peng, X., Zhao, P., Yuan, J., Zhong, C., Cheng, Y. and Zhang, S. (2013). Soil microbial biomass, basal respiration and enzyme activity of main forest types in the Qinling Mountains. *PloS one*, 8(6): 1-12.
- Huang, J., Wang, X. and Yan, E. (2007). Leaf nutrient concentrations, nutrient desorption and litter decomposition in an evergreen broad-leaved forest in Eastern China. *Forest Ecology and Management*, 239(5): 150-158.
- Jafari Haghghi, M. (2003). Soil analysis methods (sampling and important physical and chemical analysis). Nedaye Zohi Publication, 236p. (In Farsi)
- Kia, S. (2018). Dynamic of seasonal some soil chemical properties in the forest habitats of Golband Nowshahr. MSc. Dissertation, Islamic Azad University, 98 pp. (In Farsi)
- Kooch, Y. and Noghre, N. (2020). Nutrient cycling and soil-related processes under different land covers of semi-arid rangeland ecosystems in northern Iran. *Catena*, 193(4):1-9.

رس، واکنش و نیتروژن خاک در اراضی جنگلی شرایط مساعدتری را برای فعالیت‌های میکروبی مؤثر در فرآیند معدنی‌شدن نیتروژن خاک فراهم آورده است.

نتایج پژوهش حاضر مؤید آنست، که واکنش خاک از عوامل اصلی تعیین‌کننده اندازه و فعالیت‌های میکروبی درگیر با چرخه کربن است و با توجه به مشخصه‌های شیمیایی پیچیده لاشه‌ریزه رویشگاه، منعکس‌کننده‌ی دسترسی کم ماده آلی خاک است (Moscatelli *et al.*, 2007). سهم میکروبی خاک برای اندازه‌گیری تجمع کربن در فرآیندهای تخریب اکولوژیکی استفاده می‌شود و با میزان کربن آلی خاک رابطه منفی دارد (Cheng *et al.*, 2013). بنابراین، مقادیر بالای کربن آلی (Liu *et al.*, 2012) باعث کاهش سهم میکروبی کربن در پوشش‌های مرتعی خالص می‌شود، در حالی که مقادیر بالای واکنش خاک باعث بهبود این نسبت در اراضی جنگلی می‌گردد (Zeng *et al.*, 2017). میزان سهم میکروبی کربن کمتر در پوشش‌های مرتعی خالص نشان می‌دهد سوبسترای در دسترس در خاک رویشگاه کم بوده و میزان C/N آن بالا می‌باشد (Vance and Chapin, 2001). نتایج بررسی (Liu *et al.*, 2012) نشان داد، که میزان سهم میکروبی کربن خاک تحت اراضی جنگلی بیشتر از پوشش‌های مرتعی خالص می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد، که تجزیه مواد آلی حاصل از لاشه‌ریزه گیاهان برای میکروارگانیس‌م‌ها دشوار است، به خصوص در خاک‌های اسیدی که توسعه میکروبی و گردش کربن مختل

- Kooch, Y. and Zoghi, Z. (2014). Comparison of soil fertility of *Acer insigne*, *Quercus castanefolia*, and *Pinus brutia* in the Hyrcanian Forest of Iran. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 20(4): 899-905.
- Kooch, Y., Moghimian, N., Wirth, S. and Noghre, N. (2020). Effects of grazing management on leaf litter decomposition and soil microbial activities in northern Iranian rangeland. *Geoderma*, 361(6): 1-11.
- Kumari, M., Chakraborty, D., Gathala, M.K., Pathak, H., Dwivedi, B.S., Tomar, R.K. and Ladha, J.K. (2011). Soil aggregation and associated organic carbon fractions as affected by tillage in rice – wheat rotation in North India. *Soil Science Society of America Journal*, 75(2): 560-567.
- Li, M., Zhou, X., Zhang, Q. and Cheng, X. (2014). Consequences of afforestation for soil nitrogen dynamics in Central China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 183(4): 40–46.
- Li, W., Zheng, Z., Li, T., Zhang, X., Wang, Y., Yu, H., He, S. and Liu, T. (2015). Effect of tea plantation age on the distribution of soil organic carbon fractions within water-stable aggregates in the hilly region of Western Sichuan, China. *Catena*, 133(4): 198-205.
- Liu, Y., Wei, X., Guo, X., Niu, D., Zhang, J., Gong, X. and Jiang, Y. (2012). The long-term effects of reforestation on soil microbial biomass carbon in sub-tropic severe red soil degradation areas. *Forest Ecology and Management*, 285(8): 77-84.
- Mandal, D., Singh, R., Dhyani, S.K. and Dhyani, B.L. (2010). Landscape and land use effects on soil resources in a Himalayan Watershed. *Catena*, 81(3): 203–208.
- Mao, R., Zeng, D.H., Yan, A.G., Yang, D., Li, L.J. and Liu, Y.X. (2010). Soil microbiological and chemical effects of a nitrogen-fixing shrub in poplar plantations in semi-arid region of Northeast China. *European Journal of Soil Biology*, 46(3): 325-329.
- Marvi-Mohajer, M.R. (2005). *Silviculture*. University of Tehran Press. 385p. (In Farsi)
- Melillo, J.M., Steudler, P.A., Aber, J.D., Newkirk, K., Lux, H., Bowles, F.P., Catricala, C., Magill, A., Ahrens, T. and Morrisseau, S. (2002). Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. *Science*, 298(8): 2173-2176.
- Meyfroidt, P., Phuong, V.T. and Anh H.V. (2013). Trajectories of deforestation, coffee expansion and displacement of shifting cultivation in the Central Highlands of Vietnam. *Global Environmental Change*, 23(5):1187-1198.
- Moghimian, N., Hosseini, S.M., Kooch, Y. and Zarei, B. (2018) The effects of disturbance caused by land use change on the dynamics of topsoil earthworm's activity, nematodes and carbon dioxide emission in the Nowshahr region (Case study: Gerdekoh-Safak). *Journal of Soil and Water Research*, 49(4): 915-924. (In Farsi)
- Moscatelli, M.C., Tizio, A.D., Marinari, S. and Grego, S. (2007). Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97(1): 51-59.
- Noghre, N. (2020). The effect of vegetation cover changes on labile fractions of organic matter and soil micro biome of Central Alborz Rangelands. MSc. Dissertation, Tarbiat Modares University, 143 pp. (In Farsi)
- Ollinger, S.V., Smith, M.L., Martin, M.E., Hallett, R.A., Goodale, C.L. and Aber, J.D. (2002). Regional variation in foliar chemistry and N cycling among forests of diverse history and composition. *Ecology*, 83(2): 339-355.
- Pang, D., Wang, G., Li, G., Sun, Y., Liu, Y. and Zhou, X. (2018). Ecological stoichiometric characteristics of two typical plantations in the Karst Ecosystem of Southwestern China. *Forests*, 12(5): 236-242.
- Pasha, R. (2019). Study of vegetation types in Zanoos area of Nowshahr. MSc. Dissertation, Islamic Azad University, 105 pp. (In Farsi)
- Pe´rez-Suarez, M., Arredondo-Moreno, J.T., Huber-Sannwald, E. and Vargas-Hernandez, J. J. (2009). Production and quality of senesced and green litter fall in a pine-oak forest in central northwest Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258 (5): 1307-1315.
- Qi, G., Wang, Q., Zhou, W., Ding, H., Wang, X., Qi, L. and Dai, L. (2011). Moisture effect on carbon and nitrogen mineralization in topsoil of Shanghai Mountain, Northeast China. *Journal of Forest Science*, 57(8): 340-348.
- Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H. and Burger, J.A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(7): 335-356.
- Sotomayor-Ramírez, D. and Espinoza, Y. (2010). Soil aggregation and organic carbon fractions in the Río Grande de Arecibo watershed. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 94(2): 25-39.
- Tang, T., Sun, X., Luo, Z., He, N. and Sun, O.J. (2018). Effects of temperature, soil substrate, and microbial community on carbon mineralization across three climatically contrasting forest sites. *Ecology and Evolution*, 8(2): 879–891.
- Teimouri, M., Khoshnevis, M., Matinzadeh, M. and Rahman, A. (2015). Investigation and comparison of bacterial population involved in damaged and undamaged areas of beech forest. *Journal of Plant Research*, 28(3): 499-509. (In Farsi)
- Thomas, K.D. and Prescott, C.E. (2000). Nitrogen availability in forest floors of three tree species on the same site: the role of litter quality. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(8): 1698-1706.
- Vance, E.D. and Chapin, F.S. (2001). Substrate limitations to microbial activity in Taiga forest floors. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(2): 173-188.
- Wang, Q.K. and Wang, S.L. (2006). Microbial biomass

- in subtropical forest soils: effect of conversion of natural secondary broad-leaved forest to *Cunninghamia lanceolata* plantation. *Journal of Forestry Research*, 17(3): 197-200.
- Wu, W.B., Peng, Y.A., Tang, H. J., Ongaro, L. and Ryosuke, S. (2007). Regional variability of the effects of land use systems on soil properties. *Agricultural Sciences in China*, 6(2): 1369-1375.
- Xu, Z., Chang, Y., Li, L., Luo, Q., Xu, Z., Li, X. and Wang, Y. (2018). Spatial estimation of soil carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry in complex terrains: a case study of Schrenk's spruce forest in the Tianshan Mountains. *Biogeosciences Discussions*, 1-27.
- Yan, E.R., Wang, X.H., Huang, J.J., Li, G.Y. and Zhou, W. (2008). Decline of soil nitrogen mineralization and nitrification during forest conversion of evergreen broad-leaved forest to plantations in the Subtropical Area of Eastern China. *Biogeochemistry*, 89(2): 239–251.
- Zeng, L., Liu-Yi, X., Jun-Hui, Z. and Qian-Feng, G. (2020). Effect of the characteristics of surface cracks on the transient saturated zones in colluvial soil slopes during rainfall. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79(3): 699-709.
- Zeng, Y., Fang, X., Xiang, W., Deng, X. and Peng, C. (2017). Stoichiometric and nutrient resorption characteristics of dominant tree species in subtropical Chinese forests. *Ecology and Evolution*, 7(2):11033–11043.
- Zhang, D., Wang, C., Li, X., Yanga, X., Zhao, L., Liua, L., Zhua, C. and Lia, R. (2018). Linking plant ecological stoichiometry with soil nutrient and bacterial communities in apple orchards. *Applied Soil Ecology*, 126(2): 1–10.
- Zhao, Zh., Wei, X., Wang, X., Ma, T., Huang, L., Gao, H., Fan, J., Li, X. and Jia, X. (2019). Concentration and mineralization of organic carbon in forest soils along a climatic gradient. *Forest Ecology and Management*, 432(4): 246-255.